



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

-----  
-----  
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
"ZARAGOZA"

FENOLOGIA COMPARATIVA DE CUATRO ESPECIES  
PERENNES DEL ESTRATO HERBACEO SOMETIDAS  
A LIMITANTES HIDRICAS

**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 :

**CAROLINA TRINIDAD DIAZ BAÑOS**

ASESOR: DR. ARCADIO MONROY ATA

ADSCRIPCION: LABORATORIO DE BIOFISICA E.N.E.P. "ZARAGOZA" U.N.A.M.



MEXICO, D. F.

1993

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

# INDICE

Página

## RESUMEN

v

## I. INTRODUCCION

1

Ciclo de vida de los vegetales

2

Definición de fenología

2

División del ciclo de vida de los vegetales

3

Factores que intervienen en el ciclo de vida de las plantas

4

Características funcionales de plantas de zonas áridas

5

## II. MARCO TEORICO

6

Recolonización de zonas áridas

6

Factores a controlar en el cultivo de plantas bajo condiciones de invernadero

6

Autoecología

8

Biología de las especies en estudio

9

Evapotranspiración

13

Transpiración

13

Influencia del agua en la fenología

14

Plasticidad fenotípica y genética

15

Proceso de Germinación

16

Factores que intervienen en la germinación

16

## III. PROBLEMÁTICA

18

## IV. HIPOTESIS

20

## V. OBJETIVOS

21

Objetivo General

21

Objetivos Particulares

21

## VI. MATERIAL Y METODOS

22

Material Biológico

22

Selección de semillas

22

Germinación

22

Trasplante de plántulas y aplicación de tratamientos

22

Registro de datos fenológicos

23

Cálculo de tasas de crecimiento de hojas

23

Cálculo de volumen estimado por planta

23

Determinación de biomasa en peso fresco y seco

24

Relación biomasa de raíces-biomasa aérea

24

Contenido de agua	24
Análisis estadístico de los datos	25
<b>VII. RESULTADOS Y DISCUSION</b>	<b>26</b>
Germinación	26
Fenología	28
Tasas de crecimiento de hojas	32
Volumen estimado por planta	36
Biomasa aérea en peso seco	38
Biomasa de raíces en peso seco	39
Biomasa total en peso seco	42
Cociente biomasa de raíces-biomasa aérea	42
Biomasa total en peso fresco y contenido de agua	44
Resultados comparativos de <i>Trifolium repens</i> y las gramíneas	46
<b>VIII. CONCLUSIONES</b>	<b>47</b>
<b>IX. REFERENCIAS</b>	<b>49</b>

## INDICE DE GRAFICAS Y TABLAS

Página

Gráfica 1. Porcentaje acumulado de semillas germinadas	27
Gráfica 2. Fenograma que muestra las fases del ciclo de vida de las cuatro especies durante el tiempo de observación, dentro del tratamiento húmedo (400 mm) y tratamiento seco (200 mm)	29
Gráfica 3. Variación en el tiempo de inicio de la floración en <i>Cenchrus ciliaris</i>	31
Gráfica 4. Crecimiento promedio de la hoja más larga dentro del tratamiento húmedo	34
Gráfica 5. Tendencia del crecimiento de la hoja más larga dentro del tratamiento húmedo	34
Gráfica 6. crecimiento promedio de la hoja más larga dentro del tratamiento seco	35
Gráfica 7. Tendencia del crecimiento de la hoja más larga dentro del tratamiento seco,	35
Gráficas 8a, 8b, 8c, 8d: Variación del volumen estimado por especie dentro del tratamiento húmedo (400 mm) y seco (200 mm)	37
Gráfica 9. Biomasa aérea en peso seco, producida por especie dentro del tratamiento húmedo (400 mm) y seco (200 mm)	40
Gráfica 10. Biomasa radical en peso seco producida por especie dentro del tratamiento húmedo (400 mm) y seco (200 mm)	41
Gráfica 11. Biomasa total en peso seco producida por especie dentro de tratamiento húmedo (400 mm) y seco (200 mm)	43
Gráfica 12. Biomasa total en peso fresco producida por especie dentro del tratamiento húmedo (400 mm) y seco (200 mm)	45
Tabla 1. Índice y velocidad promedio de crecimiento dentro del tratamiento húmedo (400 mm) y seco (200 mm)	32
Tabla 2. Cociente raíz-tallo de las especies dentro del tratamiento húmedo (400 mm) y seco (200 mm)	39
Tabla 3. Biomasa en gramos y porcentaje de agua acumulado para las cuatro especies dentro del tratamiento húmedo (400 mm) y seco (200 mm) al final del experimento	44

## RESUMEN

Bajo condiciones de invernadero se examinaron tres gramíneas: *Cenchrus ciliaris* L., *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr, *Bouteloua gracilis* (H. B. K.) Lag. ex Steud y una leguminosa *Trifolium repens* L. La investigación fue planteada con el fin de conocer el desarrollo fenotípico y fenológico de las cuatro especies y de observar la influencia de la disponibilidad de agua sobre su fenología.

Se comparó el desarrollo de las cuatro especies, las cuales pertenecen al mismo estrato vegetal, bajo dos regímenes hídricos contrastantes y se evaluó la posible complementariedad funcional entre ellas. Para esto se aplicaron dos tratamientos de riego, el primero con riego inicial de 56 mm y riegos semanales de 6 mm (tratamiento seco) para completar 200 mm al final del experimento, en el segundo se aplicó exactamente el doble de estas cantidades (tratamiento húmedo). Para cada una de las especies se tomaron datos fenotípicos y fenológicos desde la germinación, así como la altura de plantas, el crecimiento de hojas (longitud), diámetros mayor y menor de la parte aérea de la planta, anthesis y se determinó la biomasa aérea y de raíces en peso fresco y seco al final del experimento.

Al comparar la fenología de las cuatro especies, sólo *Cenchrus ciliaris* y *Bouteloua curtipendula* llegaron a la fase de floración y de éstas *C. ciliaris* hasta fructificación, ambas especies presentaron diferencias significativas en los tiempos de inicio de la floración. Asimismo, se determinó la relación biomasa de raíces-biomasa aérea, y se encontró que esta relación se incrementa cuando las plantas se someten a un régimen de menor disponibilidad hídrica. Las tasas de crecimiento de todas las especies no fueron significativamente diferentes entre ellas y entre los tratamientos.

Se concluyó que la diferencia en el régimen hídrico empleado no altera significativamente los tiempos de aparición de la floración. El volumen que ocupan las especies medido como un cono invertido disminuye significativamente cuando la disponibilidad de agua decrece, a excepción de *B. gracilis*. Cuando el agua no es un factor limitante, la producción de biomasa entre las especies sí es significativamente diferente, pero al ser limitante, las plantas tienden a una producción homogénea de biomasa entre ellas, sin que existan diferencias significativas. El cociente biomasa de raíces-biomasa aérea se incrementa cuando la disponibilidad de agua disminuye, lo cual muestra un mecanismo de compensación del factor limitante en las plantas estudiadas.

## I. INTRODUCCION

En México un 50% del territorio está cubierto por zonas áridas y semiáridas (Velasco-Molina, 1991) las que probablemente en la actualidad son utilizadas como agostadero. Por ello es importante estudiar especies de alto potencial forrajero, a fin de promover un mayor aprovechamiento de los recursos naturales renovables del país.

La República Mexicana tiene registradas aproximadamente 21600 especies de plantas vasculares, sin tomar en cuenta las introducidas (Rzedowzki, 1991), pero no ha sido caracterizada la flora mexicana en su totalidad ni desde el punto de vista ecológico, ni taxonómico, ni florístico. Sólo algunas se han estudiado desde el punto de vista ecológico, sin embargo, hay otras que podrían incorporarse al grupo de plantas domesticadas, para incrementar la diversidad y posibilidades de uso de especies vegetales mexicanas.

Para México representa un gran problema el enorme porcentaje del territorio nacional que se encuentra cubierto de zonas áridas y semiáridas (Beltrán, 1964). Esto es más preocupante ya que tienden a incrementarse con la práctica del desmonte de la vegetación natural, para su incorporación a labores agrícolas y ganaderas, por lo que estas tierras posteriormente quedan sin protección vegetal, expuestas a los agentes erosionantes.

En lugares donde el suelo esta siendo desgastado por diversos factores, lo ideal es regenerarlos, para ello se puede introducir vegetación con características ecológicas propias para ecosistemas áridos y semiáridos; muchas especies forrajeras perennes tienen la capacidad de resistir a la sequía, además de representar un gran valor para el suelo por la protección que le proporcionan durante todo el año. En efecto, con su masa densa de tallos y hojas, producen una interceptación máxima de la lluvia, dado que la precipitación se suspende en las hojas para escurrir más tarde por los tallos; asimismo, los sistemas de raíces de estas plantas contribuyen a una mayor acumulación de materia orgánica en el suelo (Hughes *et al.*, 1982), con lo que aumenta la retención de agua del mismo.

El presente estudio pretende contribuir al conocimiento ecológico de especies forrajeras, cultivadas bajo condiciones de invernadero, donde se controla únicamente el suministro de agua y el tipo de suelo. Para ello las especies *Cenchrus ciliaris*, *Bouteloua curtipendula*, *Bouteloua gracilis* y *Trifolium repens*, especies forrajeras perennes, se sometieron a dos regímenes de riego y de esta manera se observó si las diferencias en la disponibilidad de agua alteraban su ciclo de vida; con los resultados obtenidos se hizo una evaluación de la plasticidad fenotípica de las cuatro especies,

puesto que una especie altamente plástica en su morfología mejorará la funcionalidad del estrato en el que se desarrolla.

### **Ciclo de vida de los vegetales**

Uno de los aspectos básicos a estudiar en los vegetales es el ciclo de vida, ya que éste comprende la sucesión de los acontecimientos que componen la vida de un individuo. El ciclo de vida de los vegetales puede durar diferente tiempo, por lo que es posible clasificarlos según Guillaumin y colaboradores (1970) en: anuales, que son aquellas plantas que desde la germinación completan su ciclo vital en un año; bienales, éstas producen frutos en un año, pero su ciclo vital aún no concluye, sino que sus raíces napiformes enterradas, quedan en estado de vida latente para comenzar su vida activa completando su ciclo vital en el curso de un segundo año; finalmente las perennes, las cuales completan su ciclo vital en varios años; en este grupo se encuentran algunas especies que tienen perennes todos sus órganos vegetativos, otras acumulan reservas en determinada parte de su organismo y las que pierden parte de sus órganos epigeos; estos últimos, al llegar el invierno soportan un período de reposo absoluto y se les conoce como plantas vivaces. En general casi todas las plantas perennes pueden fructificar varias veces en el curso de su existencia, para ello establecen fases consecutivas a manera de ciclos vegetativos anuales.

Los vegetales pasan por una serie de estados antes de alcanzar su completo desarrollo. La sucesión de estos estados está programada genéticamente e íntimamente ligada a las condiciones ambientales (Ray, 1985).

Mediante estudios fenológicos se conocen la fecha y duración de los períodos de vegetación y de reposo de una determinada planta en un lugar dado (Guillaumin *et al.*, 1970).

### **Definición de fenología**

La fenología vegetal es el estudio de los fenómenos biológicos en el curso del ciclo de vida de las plantas, como el brote de yemas, el inicio de la floración, la maduración de los frutos, la caída de las hojas, etc. (Larcher, 1983). Estos fenómenos se determinan genética y ontogénicamente y se relacionan parcialmente con el clima.



de la localidad donde ocurren. La fenología puede indicar el clima de un lugar y sobre todo el microclima (Hinojosa, 1979).

### **División del ciclo de vida de los vegetales**

Durante el ciclo de desarrollo de los seres vivos, éstos presentan variaciones continuas en volumen, peso, forma, estructura. Su sensibilidad y sus necesidades están afectadas tanto genéticamente como por el ambiente. Por lo tanto para poder sistematizar el estudio de la fenología, es conveniente dividir el período de la vida de una especie en varias etapas y así facilitar y generalizar la comprensión del comportamiento de los seres vivos, a través de su desarrollo (Azzi, 1971).

La fecha de aparición y el ritmo de sucesión de las fases de desarrollo resultan íntimamente relacionadas con la temperatura y la humedad, así como también con la duración del día. Conocidos estos factores, es posible calcular con buena aproximación los datos promedios de cada fase de desarrollo para una cierta especie, aún en aquellos lugares en que no se ha cultivado.

El ciclo de vida de cualquier especie se puede dividir según Brom (1970) en:

- a) Períodos
- b) Subperíodos
- c) Fases

#### *Períodos*

Período es un intervalo del ciclo biológico durante el cual las plantas presentan una máxima o una mínima susceptibilidad a la acción de un factor determinado del ambiente, por ejemplo el período de latencia, es un intervalo en el cual la planta presenta una mínima sensibilidad a los factores del medio, o bien, una máxima sensibilidad como en el caso del período reproductivo, que abarca desde el inicio de la floración hasta la maduración de los frutos (Azzi, 1971).

#### *Subperíodo*

Subperíodo es el intervalo de tiempo limitado por dos fases. Durante cada subperíodo las tendencias de las plantas varían en una sola dirección o permanecen

constantes. Por ejemplo en el caso de frutales se consideran los siguientes Subperíodos (Azzi, 1971):

SUBPERIODO	INTERVALO	NOMBRE
Primero	Término cosecha-brotación yema	Dormancia
Segundo	Brotación yemas-floración	Floración
Tercero	Floración-fructificación	Fructificación I
Cuarto	Fructificación-inicio madurez	Fructificación II
Quinto	Inicio madurez-final madurez	Madurez
Sexto	Fin madurez-cosecha	Cosecha

### *Fases*

Las fases se refieren a los diversos estados que presentan los vegetales dentro de los subperíodos, es decir a la aparición, transformación o desaparición de elementos y órganos de la planta. Estas profundas transformaciones se presentan en intervalos muy breves (Hinojosa, 1979).

Hablar de fases de los cultivos se asocia en parte con la inminencia de que pronto todo el cultivo estará en cierto estado, por ejemplo la fase de germinación, floración, etc.

### **Factores que intervienen en el ciclo de vida de las plantas.**

La fenología abarca también todos los estudios de las relaciones entre los factores climáticos y los fenómenos periódicos en los organismos, por lo que también se define a la fenología como la combinación de las constantes biológicas de cada planta con los factores climáticos.

Después de varios años de observación se proponen los siguientes elementos del clima, como las principales causas de los fenómenos periódicos en las plantas (Brom, 1970):

- a) La variación de la temperatura a través del año y del día.
- b) La variación periódica de la duración de la luz del día.

- c) El régimen pluviométrico.
- d) El continuo hídrico suelo-planta-atmósfera.

Dado que los factores ambientales son los que determinan el desarrollo con éxito del ciclo vital de los vegetales, tenemos que en zonas áridas y semiáridas el agua es el principal factor limitante del crecimiento vegetal.

### **Características funcionales de plantas de zonas áridas.**

Los ecólogos han clasificado los vegetales de acuerdo a sus relaciones con el agua en **Hidrófitos**, **Mesófitos** y **Xerófitos** (Daubenmire, 1990). Los xerófitos, son un grupo de vegetales que viven en zonas habitualmente secas como los desiertos, con precipitaciones pluviales raras, mínimas y aleatorias, por lo que se adaptan a estas condiciones diversas formas de vida vegetal (Kramer *et al.*, 1985) por ejemplo, las denominadas **plantas efímeras**, que tienen un ciclo de vida muy breve, de manera que viven pocas semanas mientras está disponible el agua, para quedar finalmente como semillas hasta nuevas lluvias (Rojas *et al.*, 1988). Otro tipo de plantas con características especiales dentro de este grupo es el de las **suculentas**, como las cactáceas que crecen de tal modo que almacenan agua en sus tallos globosos, así aunque el suelo quede seco, sus tejidos permanecen hidratados; por último se tiene el conjunto de plantas llamadas **perennes no suculentas**; muchas de estas plantas pueden resistir períodos de marchitez permanente, otras plantas leñosas se limitan a un corto período activo y en algunos pastos y hierbas dura meses o años el período pasivo (Daubenmire, 1990). Los principales rasgos morfológicos y fisiológicos que permiten a las plantas perennes no suculentas soportar la sequía son: a) morfológicos, como la presencia de amplio sistema de raíces y tallo corto, hojas pequeñas, etc., b) fisiológicos, como la capacidad de entrar en vida latente temporada en la que tiran las hojas, c) histológicos como la presencia de pelillos en las hojas, estomas en criptas epidérmicas, gruesas capas cuticulares etc. (Rojas *et al.*, 1988), aunque también hay respuestas bioquímicas y celulares.

Cada conjunto que integra este gran grupo de los xerófitos, enfrenta individualmente el problema de la falta de agua, con el desarrollo de características adaptativas adecuadas al medio en el que se encuentra.

## II. MARCO TEORICO

### Recolonización de zonas áridas

Los suelos de muchas zonas áridas del mundo, son profundos y ricos en minerales, su potencialidad agrícola es muy grande si se logra irrigarlos. La posibilidad de hacer llegar agua a las tierras de esas regiones, ha constituido siempre el factor principal de preocupación para sus habitantes y de atención para los gobiernos; un ejemplo lo constituye la próspera agricultura de algodón en la región limítrofe de los Estados de Coahuila y Durango, donde se aprovechan las aguas de las avenidas del Río Nazas (Beltrán, 1964).

Para recolonizar estas áreas se han desarrollado una serie de actividades como:

- Perforación de pozos para alcanzar mantos freáticos.

- Construcción de presas, y en algunas ocasiones, se han abierto extensos distritos de riego por bombeo; tal situación cambia radicalmente las condiciones de las áreas beneficiadas que, a pesar de no modificarse el clima, dejan de presentar, en lo que respecta a su utilización, los problemas propios de las zonas áridas.

- En otros casos donde no existe el riego se ha llegado a adquirir una gran habilidad para realizar un tipo de agricultura que aproveche al máximo el agua disponible, incluso el rocío.

- Siembra de pastizales y especies forrajeras resistentes a la sequía, métodos de manejo que permiten minimizar la pérdida de agua.

### Factores a controlar en el cultivo de plantas bajo condiciones de invernadero

Para el desarrollo de plantas cultivadas en condiciones de invernadero, es necesario considerar ciertos factores, que pueden ser controlados, según Brom (1970), como los siguientes:

#### *Luz*

Para permitir una buena transmisión de la luz, debe usarse un vidrio que no absorba ningún tipo de radiación, si se desea que estén expuestas a la radiación

completa. Asimismo se debe verificar, a intervalos, la capacidad de este vidrio para continuar la transmisión de rayos ultravioleta.

La cantidad de la luz puede aumentarse durante los días nublados por medio de luz suplementaria de lámparas fluorescentes instaladas debajo de reflectores, aunque la luz más útil para una planta es la que llega directamente del sol.

### **Temperatura.**

Así como algunas plantas requieren de bajas temperaturas para desarrollar o diferenciar primordios florales, otras requieren de temperaturas altas. El control de la temperatura no es particularmente complicado a condición de que las unidades de refrigeración así como las de calefacción cuenten con termostatos adecuados. En este caso el período de altas temperaturas nunca debe exceder de 8 horas.

### **Agua.**

Para mejorar el balance del agua en las plantas se pueden adoptar las siguientes medidas:

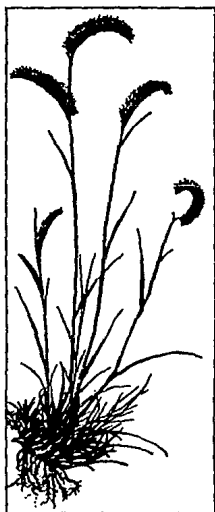
1. Aumentar el abastecimiento de agua mediante el riego o disminuyendo los escurrimientos
  
2. Reducir la tasa de evapotranspiración mediante las siguientes acciones:
  - a) Cubrir las plantas con paja, papel, etc.
  - b) Establecer instalaciones de protección contra el viento
  - c) Reducir las áreas foliares, al podarlas moderadamente
  - d) Rociar el follaje con emulsiones que reduzcan la transpiración
  - e) Disminuir la densidad de siembra

En este estudio sólo se controló el suministro de agua y el tipo de suelo en el que se cultivaron las plantas, así como la influencia del viento, ya que las macetas se colocaron dentro de un invernadero con ventilación en la parte cercana al techo.

## Autoecología.

La ecología se divide en dos grandes áreas: sinecología y autoecología, esta última denominada también ecología de las especies trata de explicar por qué una especie en particular se encuentra viviendo en un determinado ambiente (Margalef, 1977) o bien, de acuerdo a su definición la autoecología estudia una especie en particular y sus relaciones con el ambiente (Jogman *et al.*, 1987). La sinecología por su parte, estudia la estructura, el desarrollo, la función y las causas de la distribución de un conjunto de especies (Odum, 1982).

Algunos botánicos consideran a la autoecología vegetal como un punto de vista o aspecto de las ramas básicas de la botánica. En la botánica aplicada, las consideraciones ecológicas son muy importantes en aspectos tales como el manejo de los bosques, de los grandes pastizales, la patología de las plantas y la agricultura. En cada una de estas ramas, el conocimiento de las relaciones recíprocas entre las plantas y el ambiente proporciona las bases fundamentales para el manejo adecuado de la vida vegetal (Jogman *et al.*, 1987).



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

**Nombre común:** Pasto navajita

**Familia:** *Graminae*

**Tallos:** Presenta tallos erectos y cortos, con 2 a 3 nudos, crece amacollado o bien cespitoso bajo condiciones de pastoreo, lisos o glabros.

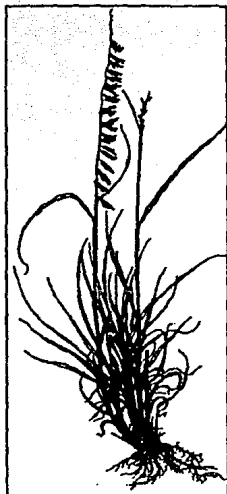
**Talla de las unidades de crecimiento:** Llega a medir de 20 a 60 cm de altura.

**Tipo de hojas:** Hojas delgadas, aproximadamente de 2.5 mm y de 7 a 12 cm de largo, involutas cuando menos cerca de la punta larga y delgada, los márgenes lisos o escabrosos o algunas veces dispersamente pilosos.

**Tipo de flores:** Presenta inflorescencias con 1 a 3 espigas, de 2.5 a 5 cm de largo, generalmente curvadas; raquis terminado en un punto; espiguillas casi de 6 mm de largo; raquilla con un mechón de tricomas largos bajo la espiguilla rudimentaria; primera gluma angosta, acuminada, de 3 mm de largo; la segunda más ancha, acuminada, de 4 mm de largo.

**Origen biogeográfico:** Norteamericano.

**Otras características:** Es un pasto perenne, crece en suelos arcillosos incluso en alcalinos; tiene la particularidad de emitir rizomas. Esta especie es sumamente resistente al pastoreo; se restablece después de condiciones de extrema sequedad; baja tolerancia a la sombra. Descrita por: Gould 1979, Sánchez 1979, McVaugh 1983, Ackerman 1987 y Harper 1990.



*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.

**Nombre común:** Pasto banderilla

**Familia:** *Graminae*

**Tallos:** Culmos solitarios o en pequeños macollos, a veces con rizomas o estolones.

**Talla de unidades de crecimiento:** Suele alcanzar hasta un metro de altura.

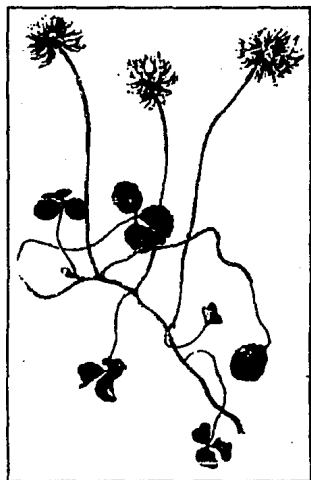
**Tipo de hojas:** Hojas glabras o en ocasiones pubescentes, planas, generalmente de 3 a 7 mm de ancho y de color azul y verde, por lo general con escasos cilios sobre papilas en los márgenes hacia la base.

**Tipo de flores:** presenta inflorescencias típicamente largas, con 40 a 70 o más ramificaciones reflexas sobre un eje fuerte; cada rama tiene en promedio de 3 a 7 espiguillas; glumas y lemas típicamente púrpuras o con manchas púrpura; anteras de color rojo o rojo-naranja o raramente de color naranja, amarillo o púrpura.

**Origen biogeográfico:** Norteamericano.

**Otras características:** Es un pasto perenne; encontrado en una gran variedad de sitios, incluso bien drenados, mesetas y arena rocosa; tolerancia a la sequía de favorable a buena. Esta especie es resistente al frío, crece en un rango altitudinal de 1800 a 2400 m sobre el nivel del mar; se desarrolla en lugares con precipitaciones aproximadas de 800 mm anuales, es resistente al pastoreo y excelente pasto forrajero. Descrita por: Gould 1979, Rzedowski et al. 1990, Sánchez 1979, McVaugh 1983, Ackerman 1987 y Harper 1990.





*Trifolium repens* L.

**Nombre común:** Trébol blanco

**Familia:** *Leguminosae*

**Aspecto y tallo:** tallo rastrero y estolonífero, con raíces en los nudos, muy ramificado.

**Talla de unidades de crecimiento:** Llega a medir de 10 a 30 cm de altura.

**Tipo de hojas:** Hojas con peciolo de 5 a 2.5 cm de largo; folíolos casi sésiles, anchamente elíptico ovalados o algo orbiculares, de 1 a 3 cm de largo.

**Tipo de flores:** Flores dispuestas en umbelas globosas, densas, de casi 3 cm de diámetro, en pedúnculos más largos que las hojas.

**Origen biogeográfico:** Eurásico.

**Otras características:** Es una planta herbácea perenne, de hábito postrado, presenta un sistema de raíces superficial se adapta a regiones de clima templado cálido, en ambientes con pluviosidad relativamente alta y suelos arcillosos. No es adecuada para climas tropicales. Descrita por: Calvino 1972, Guillet *et al.* 1973, Gould 1979, Sánchez 1979 y Harper 1990.



*Cenchrus ciliaris* L.

**Nombre común:** Pasto buffel

**Familia:** *Graminae*

**Tallos:** Tallo ramificado erecto o semi erecto y grueso en la base, con raíces largas fuertes y abundantes, corona fuerte y nudosa.

**Talla de unidades de crecimiento:** Alcanza de 50 cm a 1 m de altura.

**Tipo de hojas:** Hojas lineares lanceoladas, estrechas de 2 a 8 mm de ancho, y de poca pubescencia distribuida en el haz, las hojas son de color verde azulado, muy abundantes en la parte superior de los tallos y escasas en la parte inferior.

**Tipo de flores:** Inflorescencias en una panícula en forma de espiga, densa y cilíndrica, comúnmente de 2.5 a 8 cm de largo. Parten del extremo superior de los tallos, cuando están tiernas son de color verdoso y al madurar se tornan rojizas.

**Origen biogeográfico:** Africano (probable).

**Otras características:** Es un pasto perenne, crece en suelos profundos y de escasa humedad, de textura ligera, aunque tolera los arcillosos. Se adapta a precipitaciones de 225 mm, o bien a zonas con precipitaciones que van de 600 a 700 mm anuales, temperaturas entre los 15 y 30 °C, propio de la zona tropical o cálida entre los 500 y 1000 m.s.n.m. A menos de 500 m, su producción se reduce e igualmente ocurre entre los 1000 y 1500 m, no prospera en grandes altitudes. Período de floración a principios de primavera y finales de otoño.

Es muy resistente a la sequía y a la quema; esta condición de rusticidad puede deberse a que las plantas, en la base del tallo, forman una especie de bulbillos que le permiten almacenar humedad para posteriores recuperaciones vegetativas del pastizal. Descrita por: Ojeda *et al.* 1980, McVaugh 1983 y Ackerman 1987.

## Evapotranspiración

La evaporación y la transpiración de comunidades vegetales suele llamarse frecuentemente evapotranspiración para describir la naturaleza conjunta de plantas y suelo en relación con sus superficies evaporantes.

La evaporación del suelo y la transpiración de las plantas implican procesos básicamente similares, el suelo y las plantas pueden ser considerados como caminos alternativos a través de los cuales el agua avanza hacia la superficie, y desde las cuales acaba por difundirse en la masa de aire libre de la atmósfera. Lo heterogéneo de la superficie evaporante y la variabilidad, biológicamente controlada por cada especie, de la resistencia al flujo interno modifican el movimiento del agua a través de la vegetación (Kramer, 1974).

## Transpiración

Las plantas continuamente pierden agua hacia la atmósfera: aproximadamente de un 90 a 95% del agua que transpiran las hojas se pierde a través de los estomas, lo cual demuestra que la cutícula es relativamente eficaz. Sólo en casos muy raros la transpiración cuticular excede o iguala a la transpiración estomática. La transpiración cuticular no está sujeta a las regulaciones fisiológicas, cosa que sí ocurre con la transpiración estomática.

La transpiración se considera benéfica ya que acelera la ascensión de los nutrimentos a la parte superior de la planta y hace posible el enfriamiento de las hojas (Kramer *et al.*, 1985).

Cuando la pérdida de vapor es tan fuerte que las hojas pierden su alta presión de turgencia, las funciones normales del protoplasma se ven obstaculizadas. El crecimiento se efectúa únicamente cuando la absorción excede a la transpiración, ya que se requiere agua en exceso para dilatar las vacuolas de los protoplastos nuevamente divididos. Una excesiva transpiración puede desecar el protoplasma por debajo del contenido mínimo de agua que le permite permanecer vivo (Kramer, 1974).

La relación que existe entre la absorción del agua y su pérdida se denomina balance del agua en la planta. Debido a que la absorción y la transpiración en parte están controladas por el ambiente y en parte por la planta, existen tanto aspectos internos como externos en el balance del agua. Los aspectos externos consisten en: a)

la cantidad de agua disponible para los órganos absorbentes y b) la intensidad de los factores que estimulan la transpiración. Los aspectos internos dependen en gran parte de las características estructurales y funcionales de las diferentes especies (Daubenmire, 1990).

### **Influencia del agua en la fenología.**

Las relaciones bio-hídricas en el desarrollo de una planta varían de una fase a otra. El estudio de estas variaciones permite orientar la práctica de la irrigación. Los períodos críticos se manifiestan en los intervalos durante los cuales el aumento de peso alcanza su máxima velocidad y los procesos de transpiración y asimilación toman el ritmo más intenso (Azzi, 1971).

Las plantas que crecen con un balance de agua desfavorable poseen las siguientes características (Daubenmire, 1990):

#### *Rasgos Morfológicos*

- 1) Tamaño reducido del brote (enanismo)
- 2) Incremento del tamaño del sistema de raíces
- 3) Células más pequeñas en las hojas, las cuales a su vez derivan en:
  - a) Láminas pequeñas y gruesas o láminas segmentadas
  - b) Estomas menores y muy juntos entre sí
  - c) Isletas venosas más pequeñas
  - d) Mayor pubescencia por unidad de área, si las superficies son vellosas
- 4) Cutícula y paredes celulares más gruesas, con más lípidos en las superficies de transpiración
- 5) Tejido en empalizada del mesófilo mejor desarrollado
- 6) El tejido esponjoso del mesófilo menos desarrollado
- 7) Paredes epidérmicas menos sinuosas
- 8) Espacios intercelulares más pequeños
- 9) Las células del xilema son más pequeñas, pero con una mayor proporción de tejidos endurecidos lignificados

### *Rasgos fisiológicos:*

- 10) Tasa de transpiración más rápida por unidad de área, aún cuando la transpiración neta por planta puede disminuir
- 11) Tasa de fotosíntesis más rápida por unidad de área
- 12) Menos almidón con relación a la proporción de azúcar
- 13) Menor potencial osmótico
- 14) Menor viscosidad protoplasmática
- 15) Mayor permeabilidad protoplasmática
- 16) Mayor resistencia a la marchitez
- 17) Anticipación en la floración y la producción de frutos
- 18) Aumento en el porcentaje de agua ligada por unidad de peso seco de los tejidos
- 19) Mayor longevidad

### **Plasticidad fenotípica y genética**

Las diferencias entre los hábitats pueden constituir no sólo diferencias acerca de la naturaleza de las fuerzas operantes, sino que también será diferente la intensidad con la que éstas operan (Watkin, 1965).

Cuando una serie de plantas genéticamente idénticas crecen en regiones diferentes, las características de un individuo se desarrollan de acuerdo con el hábitat particular en el cual crece. El grado de plasticidad y, por lo tanto las variaciones, oscilan desde diferencias importantes hasta cambios ligeros, según la constitución hereditaria de la planta (Lovett *et al.*, 1988).

La importancia ecológica de la plasticidad fenotípica reside en el hecho de que esté relacionado con los tipos de hábitats que puede ocupar una especie, ya que las formas más plásticas pueden colonizar una mayor escala de ambientes mientras que aquellas otras que sólo pueden tolerar estrechas diferencias ambientales, llegarán a tener una distribución limitada (Watkin, 1965).

## Proceso de Germinación

La germinación se define como la emergencia y desarrollo inicial de aquellas estructuras esenciales que provienen del embrión y que manifiestan la capacidad de la semilla para producir una planta normal bajo condiciones favorables (Moreno, 1984).

Durante el proceso de germinación suceden en el embrión en latencia una serie de cambios. El primer paso que se lleva a cabo en este proceso es la absorción de agua, de aquí se continúa una activación enzimática, es decir el comienzo de la síntesis protoplasmática (Meyer *et al.*, 1978).

## Factores que intervienen en la germinación

Existen en el medio ambiente una serie de factores que ejercen efectos pronunciados sobre la germinación y el crecimiento temprano de las semillas. Dentro de estos factores los más importantes son: humedad, temperatura y oxígeno; en algunos casos también se consideran importantes el bióxido de carbono y la luz (Fuller *et al.*, 1979)

### *Humedad*

Para que la germinación se inicie debe existir suficiente humedad en el medio, por la presencia de agua se llevan a cabo una serie de procesos, como el ablandamiento de las testas de las semillas para que de esta manera la radícula y el epicótilo emerjan a través de ellas, a la vez se favorece la entrada de oxígeno. El agua también permite a las enzimas activar los procesos fisiológicos tales como la digestión, movimiento de elementos entre los tejidos dentro de la semilla, respiración y crecimiento. El agua a la vez proporciona la presión interna necesaria para el enzanchamiento y crecimiento de las células.

### *Oxígeno*

Durante la germinación la velocidad de respiración es alta por lo tanto se requiere de un suministro apropiado de oxígeno.

## *Temperatura*

Las semillas de especies distintas varían grandemente de una a otra en cuanto a sus necesidades de temperatura para la germinación, así como en su tolerancia de temperaturas extremas; parece poder generalizarse que las semillas de la mayoría de las especies germinan mejor entre los 20 y 25°C, pocas lo hacen a temperaturas del suelo por debajo de 5°C, y temperaturas arriba de los 40°C son a menudo perjudiciales para las semillas en germinación.

## *Luz*

Algunas semillas para poder germinar necesitan haber sido expuestas a la luz, los investigadores han mostrado que tales semillas contienen cantidades diminutas de un pigmento proteínico sensible a la luz, el fitocromo, que permite la germinación después de una breve exposición a la luz roja (Fuller *et al.*, 1984).

### III. PROBLEMATICA

Es común observar en la naturaleza la coexistencia de un gran número de especies vegetales diferentes, desde las que pertenecen a diferentes estratos hasta especies del mismo estrato. Estas últimas guardan ciertas relaciones interespecíficas que les permiten coexistir, gracias a una serie de adaptaciones morfológicas, fisiológicas y de funcionalidad dentro de la comunidad, para ello llevan a cabo en diferente tiempo algunas fases de su ciclo vital como son la brotación de renuevos, floración, fructificación, etc. Estas fases requieren para su desarrollo de un gran consumo de nutrimentos y principalmente agua, por lo que las plantas desarrollan conjuntamente estas fases cuando las condiciones del medio no se convierten en limitantes para ninguna o utilizan sucesivamente los recursos escasos cuando esto es posible; de esta manera es posible ver una enorme diversidad de especies en algunos ecosistemas.

En lugares donde el agua es el factor limitante, ésta se encuentra disponible en cierta proporción y sólo en determinada época del año, por ello en principio la competencia entre especies de un mismo estrato se incrementa; pero si estas especies presentan diferencias en los tiempos en que se expresan las fases de su ciclo de vida, en las que los requerimientos hídricos son mayores, esto es, que exista una complementariedad fenológica, será más fácil que logren coexistir en un ambiente árido o semiárido, por lo que, la teoría de repartición temporal de recursos entre especies ha sido sugerida como un mecanismo para reducir la competencia y permitir la coexistencia de especies, de esta manera se explica parcialmente, la diversidad de un sistema ecológico (Shirley, 1984).

En este estudio se determinará si los ciclos de vida de estas cuatro especies les permiten coexistir en un determinado ambiente. Para ello las especies se someterán a dos regímenes de riego y de esta manera se observará si las diferencias en la disponibilidad de agua alteran su ciclo de vida, ya que la necesidad del recurso agua es diferente para cada etapa de desarrollo de las plantas, por ejemplo se requiere de una mayor disponibilidad de agua durante la antesis que durante el crecimiento vegetativo.

En el caso de las gramíneas es posible evaluar sus tasas de crecimiento por el cambio en la longitud de láminas u hojas. En efecto, al evaluar de esta manera sus tasas de crecimiento, se apreciará la velocidad de apropiación de recursos. Si se toma en cuenta que una característica benéfica para el establecimiento con éxito de una planta en diversos medios, es su alta plasticidad fenotípica (Watkin, 1965), en el



experimento se buscará también evaluar la plasticidad fenotípica de las cuatro especies, puesto que una especie altamente plástica en su crecimiento mejorará la funcionalidad del estrato en el que se desarrolle. Esto se evaluará mediante el cociente biomasa de raíces-biomasa aérea, cuando las plantas estén sometidas a un régimen húmedo y a uno seco. Estos resultados podrán dar una aproximación del posible establecimiento conjunto de estas especies sin que los tiempos de apropiación sustantiva del recurso limitante, el agua, se traslapen y ésta se convierta en el factor limitante para su desarrollo y coexistencia. Estos datos posiblemente darán la pauta para evaluar la viabilidad de una complementariedad funcional entre las especies, puesto que pertenecen al mismo estrato vegetal.

La especie *Trifolium repens* se incluye en el estudio a pesar de no coincidir con la característica de ser resistente a condiciones de sequía, esto permitirá contrastar la respuesta de una especie que se desarrolla en un clima templado-húmedo con la respuesta de especies características de zonas con baja precipitación; ya que es común que los cultivos de gramíneas se asocien con leguminosas.

En síntesis, en este estudio se desea responder a las siguientes interrogantes: ¿El régimen hídrico durante el establecimiento de las cuatro especies afecta significativamente su ciclo de vida? ¿Los tiempos de mayor apropiación del recurso hídrico son diferentes entre las cuatro especies? ¿Que tan plásticas son las especies en su cociente biomasa de raíces-biomasa aérea? ¿Es viable su coexistencia?.

#### IV. HIPOTESIS

Si las gramíneas *Cenchrus ciliaris*, *Bouteloua curtipendula*, *Bouteloua gracilis* y la leguminosa *Trifolium repens*, todas ellas especies perennes del estrato herbáceo, se someten a dos regímenes hídricos contrastantes, sus tasas de crecimiento serán significativamente diferentes entre tratamientos. Asimismo, es probable que haya una variación en la antesis y en la repartición de biomasa entre el vástago y la raíz debidas al régimen hídrico. Esto podrá mostrar la plasticidad fenotípica de estas especies y se podrá evaluar la posibilidad de su coexistencia.

## **V. OBJETIVOS**

### **Objetivo General:**

**Comparar el desarrollo fenológico de cuatro especies pertenecientes al mismo estrato vegetal bajo dos regímenes hídricos y evaluar la posible complementariedad funcional entre ellas.**

### **Objetivos Particulares:**

**-Aplicar dos tratamientos de riego y determinar si hay diferencias en la tasa de crecimiento y fenología de las especies debidas al aporte hídrico.**

**-Determinar si hay influencia debida al aporte hídrico en la relación biomasa de raíces-biomasa aérea en cada una de las especies.**

**-Determinar la posible complementariedad ecológica de las cuatro especies, con base a los datos registrados.**

## VI. MATERIAL Y METODOS

### Material Biológico

Semillas de las especies:

*Cenchrus ciliaris* L.

Graminae

*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.

Graminae

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

Graminae

*Trifolium repens* L.

Leguminosae

### Selección de semillas

Las semillas de las cuatro especies se obtuvieron en una casa distribuidora de semillas para cultivo. *Trifolium repens* colectada en noviembre de 1988 e importada de Australia, *Bouteloua curtipendula* y *B. gracilis* con fecha de colecta de octubre de 1990 e importadas de Texas y *Cenchrus ciliaris* se colectó en septiembre de 1990 y se importó de Texas. Las semillas se seleccionaron de tal manera que tuvieran un tamaño homogéneo, y en el caso de las gramíneas se eliminaron las glumas.

### Germinación

La germinación se llevó a cabo bajo condiciones de invernadero, para ello se prepararon semilleros con tierra, la que se colocó previamente en una estufa a una temperatura de 120° C durante 24 horas (Hartman *et al.*, 1971) para esterilizarla; en cada semillero, con la tierra a capacidad de campo se colocaron lotes de 50 semillas con un total de 100 por cada especie. El conteo de semillas germinadas y el riego para mantener la capacidad de campo del suelo se hizo tres veces por semana, registrándose el número de plántulas que emergían.

### Trasplante de plántulas y aplicación de tratamientos

A los dos meses de la germinación, las plántulas se transfirieron a macetas con capacidad de 12 litros y orificios para el drenado de agua; las macetas se prepararon

previamente con una mezcla de tierra cernida en un tamiz con luz de malla de 1.8 mm, tierra de hoja de bosque y agrolita. Se prepararon dos lotes de plantas (I y II), con cinco repeticiones de cada especie. 24 horas antes del trasplante a las macetas, se inició el tratamiento hídrico con 56 y 112 mm y se continuó con riegos semanales de 6 mm hasta completar 200 mm y 12 mm hasta completar 400 mm, respectivamente para el tratamiento I ó seco y II ó húmedo.

Los lotes de plantas se separaron: por un lado las del tratamiento I ó seco y por otro lado el tratamiento II ó húmedo . Se instalaron en los bancales dentro de un invernadero, en el que se registraron temperaturas medias máximas de 36°C y medias mínimas de 18°C, con ventilas abiertas permanentemente. Los lotes de plantas se cubrieron con una malla fina (cuya sombra fue mínima) para evitar la depredación por aves. El tiempo de observación duró siete meses a partir del día 15 de enero de 1991 (día del trasplante) al 16 de julio de 1991 (día del corte de plantas).

#### **Registro de datos fenológicos**

El registro de datos fenológicos se hizo mediante una hoja de registro en la cual se anotaban semanalmente los siguientes parámetros: altura de plantas, diámetros mayor y menor de plantas, % de hojas verdes, número de ramas, porte de la planta, longitud de hoja, número de estructuras reproductivas, longitud de inflorescencias y observaciones generales.

#### **Cálculo de tasas de crecimiento de hojas**

Para determinar las tasas de crecimiento de hojas se utilizó el modelo matemático de crecimiento poblacional  $r = dN/(N dt)$ , donde  $r$ =coeficiente instantáneo de crecimiento poblacional (Krebs 1978). Para obtener la velocidad de crecimiento promedio en cm/día, se determinaron las velocidades parciales de crecimiento, dividiendo el incremento en longitud de la hoja entre el tiempo transcurrido en lograr el incremento.

## **Cálculo de volumen estimado por planta**

Para determinar el volumen estimado por planta se utilizaron los datos de altura y diámetros mayor y menor; de estos dos últimos datos se determinó un diámetro promedio, con el diámetro promedio y la altura de las plantas se calculó el volumen de un cono invertido, el que se asemeja más a la forma de las plantas.

## **Determinación de biomasa en peso fresco y seco**

Primeramente se determinó la biomasa aérea en peso fresco para los dos tratamientos (seco y húmedo), se hizo cortando de la base de las raíces hacia arriba, los pesos para cada especie se obtuvieron a partir del peso de cada una de las cinco repeticiones, se pesaron en una balanza con precisión de un miligramo. Para la parte subterránea (biomasa de raíces) en peso fresco, se separaron minuciosamente las raíces de la tierra, se trató de eliminarla totalmente en el caso de las raíces grandes y para las raíces pequeñas se utilizó un tamiz con malla de 1.5 mm; se procedió a pesar de la misma forma que en la parte aérea.

La biomasa en peso seco tanto para la parte aérea como para la parte subterránea (raíces) en los dos tratamientos (seco y húmedo) se determinó después de eliminar el agua, lo que se logró colocando la biomasa en una estufa a 65°C (Chapman *et al.*, 1981) hasta lograr un peso constante, para pesar se utilizó una balanza con precisión de un miligramo.

## **Relación biomasa de raíces-biomasa aérea**

La relación entre las raíces y la parte aérea de la planta se determinó como el cociente de la biomasa de raíces entre la biomasa aérea para ambos tratamientos.

## **Contenido de agua**

El contenido de agua se determinó por la diferencia entre el peso fresco y el peso seco de la biomasa, se tomó esta diferencia como el porcentaje de agua contenido en los tejidos frescos, que correspondían a un 100%.

## **Análisis estadístico de los datos.**

El análisis estadístico del tiempo de inicio de floración, volumen estimado por planta y tasas de crecimiento se hizo mediante pruebas t de student. Los resultados de biomasa se procesaron con un análisis de varianza de una vía.

## VII. RESULTADOS Y DISCUSION

### Germinación

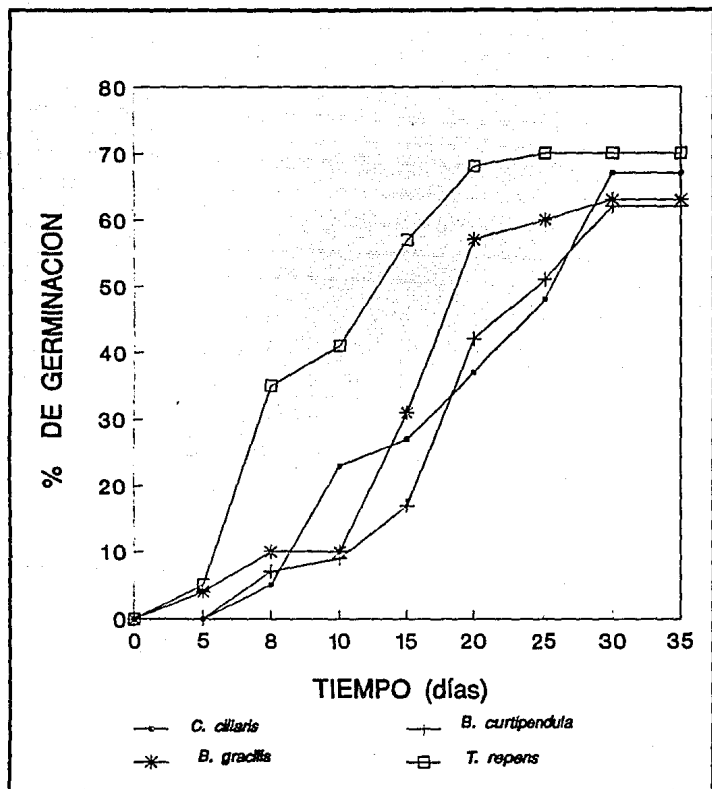
La gráfica 1 muestra para las cuatro especies los porcentajes de germinación y el tiempo empleado para la máxima cantidad de semillas germinadas. Al comparar entre ellas respecto al tiempo de inicio, es posible observar que las especies *B. gracilis* y *T. repens* inician esta fase y tres días después *B. curtispindula* y *C. ciliaris*. Esta diferencia observada en los tiempos de inicio podría deberse a la diferencia en la estructura de las testas de las semillas, puesto que esto lleva a diferencias en la absorción de agua y por lo tanto en la ruptura de la latencia del embrión. Esto es probable ya que todas las especies difieren en cuanto a la estructura de la cubierta de las semillas o permeabilidad de éstas (Moreno, 1984).

Los tiempos observados después de los cuales ya ninguna semilla germina, fueron iguales para las especies *B. curtispindula*, *C. ciliaris*, y *B. gracilis* (30 días) y para *T. repens* 27 días.

La ventaja que puede representar tanto el que entre las especies existan diferencias en la ruptura de la latencia del embrión (inicio de germinación) como el que no todas las semillas de una misma especie germinen al mismo tiempo, es positiva por un lado, puesto que la variabilidad reduce la competencia por el agua, pero por otro lado, sería una desventaja ya que los requerimientos de agua para el crecimiento de las plántulas son mayores por la formación de tejidos nuevos y seguramente habrá un cierto porcentaje de mortalidad de plántulas de las semillas que germinan después.

Con respecto a los porcentajes de germinación, éstos siempre serán diferentes, puesto que cada especie especie presenta un porcentaje característico, además de que la viabilidad de las semillas se ve afectada por factores como tiempo de almacenamiento, madurez (tiempo de corte de la planta madre), temperatura, humedad, etc. (Scott *et al.*, 1984); en este caso la especie *T. repens* alcanzó el porcentaje más alto de las cuatro (70%), lo cual pudo estar determinado por el tiempo de almacenamiento de las semillas, ya que puede alcanzar porcentajes de 85 a 90% (Calvino, 1972). *C. ciliaris* con un porcentaje de germinación 67% ocupa el segundo lugar (Gráfica 1), para esta especie se tiene una enorme variabilidad en cuanto a porcentajes de germinación, que pueden ir desde un 4.1 a un 92.5% como máximo, dependiendo del tiempo de corte y almacenamiento de las semillas (Whyte *et al.*, 1959; Brzostowski *et al.*, 1966). *B. gracilis* es una especie que llega a tener un 75% de semillas que germinan (Flores, 1984) en este caso el porcentaje alcanzado fue de un 63%, lo que seguramente está determinado por los diversos factores antes expuestos. *B. curtispindula* con un 62% de semillas germinadas es la especie que





Gráfica 1. Porcentaje acumulado de semillas germinadas.

presenta el valor más bajo de las cuatro, aunque este valor es alto comparado con un 28% reportado (Flores, 1984), este resultado puede estar determinado por la selección de semillas hecha antes de la germinación.

Existe una gran variabilidad en los porcentajes de germinación entre las diferentes especies. Muchas de ellas presentan problemas de establecimiento, el hecho que existan diferencias en los porcentajes de germinación, es un punto a favor de las especies con un porcentaje más alto ya que esto incrementa sus posibilidades de establecimiento sobre las otras, al menos en el primer año. Con respecto a las diferentes velocidades de germinación, es posible observar en la gráfica 1 que éstas son diferentes entre las especies, *T. repens* presenta la velocidad más alta y *B. curtipendula* la más baja. Si las diferencias en las velocidades de germinación traen diferencias en la cantidad de absorción de agua del medio, esto hará que las cuatro especies tengan una mayor probabilidad de establecerse conjuntamente siempre y cuando la disponibilidad de agua no este restringida a un período demasiado corto.

## Fenología

Con relación a la floración y fructificación, sólo *C. ciliaris* y *B. curtipendula* dentro de los dos tratamientos hídricos llegaron a floración y de éstas *C. ciliaris* hasta fructificación, de acuerdo con el fenograma (gráfica 2). En los 267 días de observación a partir de la germinación, para estas dos especies no existe traslape en estas fases, ya que la floración se expresa hasta el día 134 en *C. ciliaris* como día de inicio para una de las repeticiones y a los 264 en *B. curtipendula*, sin hacerse presente en *B. gracilis* y *T. repens*.

*C. ciliaris* y *B. curtipendula* tienen tiempos diferentes de floración, aunque la primera puede tener varias floraciones durante el año (McVaugh, 1983), además de florecer cuando las condiciones del medio son adversas (Ojeda *et al.*, 1980). La temporada de floración definida para *B. curtipendula* es de agosto a noviembre (McVaugh, 1983), por lo tanto, aunque *C. ciliaris* tenga varias floraciones durante el año se puede afirmar que en el establecimiento de las plantas, para estas dos especies en particular, no existirá traslape en las fases del período reproductivo.

Puesto que no fue posible observar experimentalmente que en las especies *B. gracilis* y *T. repens*, se expresara la fase de floración se puede plantear que si *T. repens* tiene una temporada de floración de mayo a octubre (Guillett *et al.*, 1973), *B. gracilis* de agosto a octubre (McVaugh, 1983); y *B. curtipendula* de agosto a noviembre, para estas tres especies existe un traslape de esta fase en los meses de agosto a octubre; aunque pudiera ser que en el caso de *T. repens* con respecto a las dos especies de *Bouteloua* no presenten al mismo tiempo la máxima producción de estructuras



I  
*Cenchrus  
ciliaris*  
II



I  
*Bouteloua  
curtipendula*  
II



I  
*Bouteloua  
gracilis*  
II



I  
*Trifolium  
repens*  
II

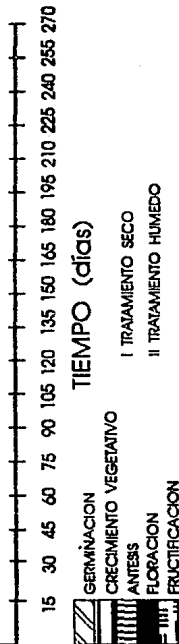


Figura 1. Fenograma que muestra las fases del ciclo de vida de las cuatro especies durante el tiempo de observación, dentro del tratamiento húmedo (400 mm) y tratamiento seco (200 mm).

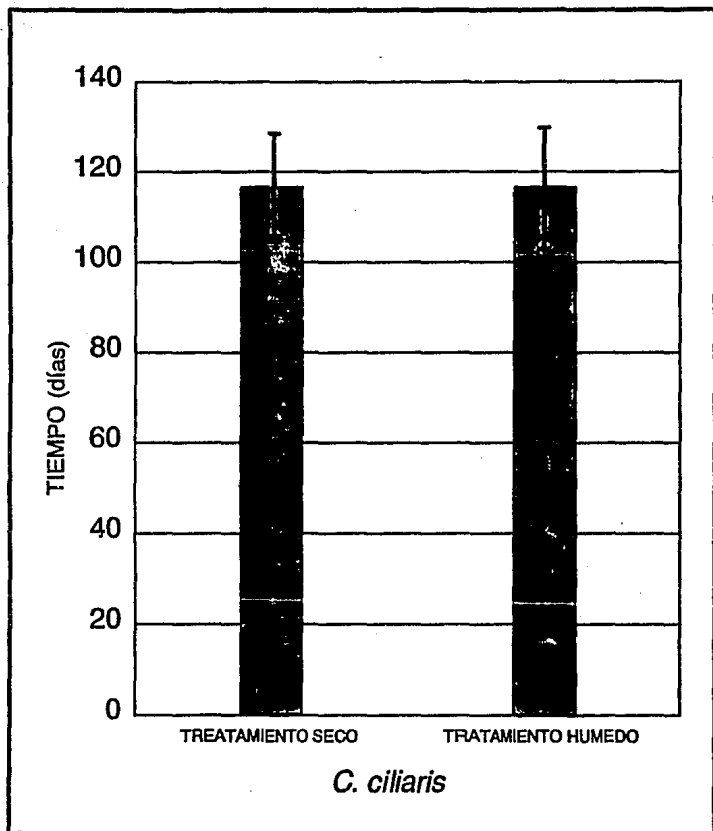
reproductivas, ya que *T. repens* inicia en mayo y las dos *Bouteloua* en agosto lo cual sería una ventaja para *T. repens* ya que podría utilizar la reserva disponible de agua del suelo, pero las especies de *Bouteloua*, podrían verse favorecidas y utilizar esa reserva hídrica si las condiciones de humedad no favorecen la floración de *T. repens*, o simplemente la lluvia llega en agosto.

Si para la especie *T. repens* se reporta un período de floración de mayo a octubre (Guillett *et al.*, 1973) y el tiempo de observación contempló los meses de mayo a julio y no se expresó la fase reproductiva, puede suponerse que la falta de floración se debe a la inmadurez de las plantas para que se expresara esta fase, o bien como sucede en algunas especies perennes que no logran la floración en el primer año de su establecimiento, según lo reporta Groves y colaboradores (1989) en un estudio hecho en especies perennes de cardos, encontraron que en el primer año de vida de estas especies no se expresó la fase de floración.

Según los resultados presentados en el fenograma se observa que no existe traslape en los tiempos de inicio del período reproductivo (floración) para las especies que lo lograron. Consecuentemente puede argumentarse que es posible establecerlas conjuntamente en un medio natural, al conocer que sus requerimientos de agua para la antesis podrían ser diferentes.

Al comparar los tiempos promedio de antesis (inicio de floración) para la especie *C. ciliaris* dentro de los tratamientos seco (200 mm) y húmedo (400 mm), se observa que la floración se expresó primero en las plantas sometidas al tratamiento húmedo, inicia una planta de las cinco repeticiones y después en las que se sometieron al tratamiento seco (8 días de diferencia entre tratamientos) de igual forma, también con una sola repetición al inicio y posteriormente se expresa en las otras cuatro repeticiones en ambos tratamientos. Para *B. curtipendula* no puede deducirse lo mismo, ya que a finales del tiempo de observación iniciaron la floración las plantas sometidas al tratamiento húmedo sin darse ningún cambio en las sometidas al tratamiento seco. Para ambas especies, esta situación parece contraria a lo reportado bibliográficamente, de que cuando las plantas se someten a limitantes hídricas, llegan a tener floraciones abundantes o se adelantan éstas (Ojeda, 1980; Brom, 1970), aunque otros autores afirman que ésto no se puede generalizar; Mott y colaboradores (1982) al someter un grupo de especies a diferentes grados de humedad del suelo, encontró que el inicio de los primordios florales se tardó más tiempo cuando el porcentaje de humedad era menor.

Los tiempos medios de antesis para la especie *C. ciliaris* dentro de los dos tratamientos no tuvieron diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ), lo cual es posible observar en la gráfica 3.



Gáfica 3. Variación en el tiempo de inicio de la floración en *Cenchrus ciliaris*.

## Tasas de crecimiento de hojas

Al analizar las tasas de crecimiento poblacional, éste se da por incremento de un determinado número de individuos en un tiempo  $x$  (Krebs 1978). Si se extrapola este fenómeno al crecimiento de un individuo cualquiera o alguna de sus partes con respecto al tiempo, se está haciendo referencia a una tasa (velocidad) de crecimiento (Odum 1982); después de observar las gráficas de crecimiento de la hoja más larga, para este caso se puede aplicar el modelo logístico de crecimiento poblacional. Así se tiene que para las cuatro especies estudiadas, sin hacer referencia a sus diferentes fenotipos, los resultados muestran que al evaluar sus tasas de crecimiento ( $r$ =tasa instantánea de crecimiento) calculada de la ecuación de crecimiento poblacional ( $r=dN/(Ndt)$ ), como la pendiente de una recta al someter los datos a un análisis de regresión lineal, éstas no resultaron significativamente diferentes ( $p \leq 0.05$ ) para las cuatro especies, cuando se sometieron a los diferentes tratamientos y entre ellas dentro de cada tratamiento.

ESPECIE	INDICE PROMEDIO DE CRECIMIENTO ( $r$ )	VELOCIDAD PROMEDIO DE CRECIMIENTO (cm/día)
<b>TRATAMIENTO HUMEDO</b>		
<i>Cenchrus ciliaris</i>	0.015595	0.510
<i>Bouteloua curtipendula</i>	0.026960	0.543
<i>Bouteloua gracilis</i>	0.022001	0.450
<i>Trifolium repens</i>	0.012634	0.201
<b>TRATAMIENTO SECO</b>		
<i>Cenchrus ciliaris</i>	0.006914	0.224
<i>Bouteloua curtipendula</i>	0.022867	0.524
<i>Bouteloua gracilis</i>	0.017899	0.301
<i>Trifolium repens</i>	0.012469	0.195

Tabla 1. Índice y velocidad promedio de crecimiento dentro del tratamiento húmedo (400 mm) y tratamiento seco (200 mm).

Dentro del tratamiento húmedo (400 mm), la especie *B. curtipendula* presenta la tasa de crecimiento mayor ( $r=0.02696$ ) y *T. repens* la más baja ( $r=0.012634$ ), es posible observar que la diferencia en las tasas es arriba de un 50%, aunque

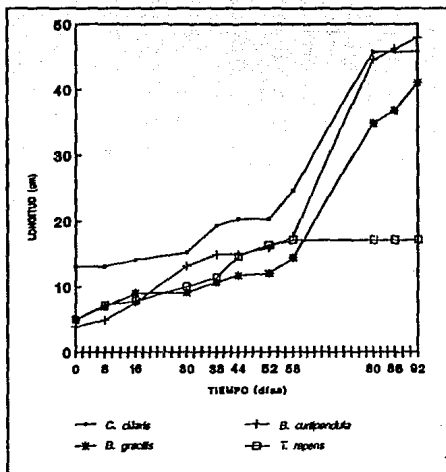
estadísticamente estos valores no presentaron diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ). Si estas tasas instantáneas de crecimiento se comparan con la velocidad promedio de crecimiento determinada como los cm de crecimiento promedio por día (tabla 1), ambas coinciden con el orden en que se presentan, esto es, la especie *B. curtispindula* tiene el mayor incremento de cm/día de las cuatro especies y *T. repens* el más bajo (gráficas 4 y 5).

Cuando las especies se someten a un régimen de agua menor, las tasas instantáneas de crecimiento decrecen (tabla 1), lo que muestra que cuando se disminuye la disponibilidad de agua las hojas alcanzan una menor talla (gráficas 6 y 7), esto se puede reafirmar al comparar con estudios realizados en especies de frijol y maíz, donde se observó que un déficit de agua afecta el ensanchamiento de las células más que su división (Turner *et al.*, 1980), por lo tanto, al no ensancharse las células el área alcanzada será menor.

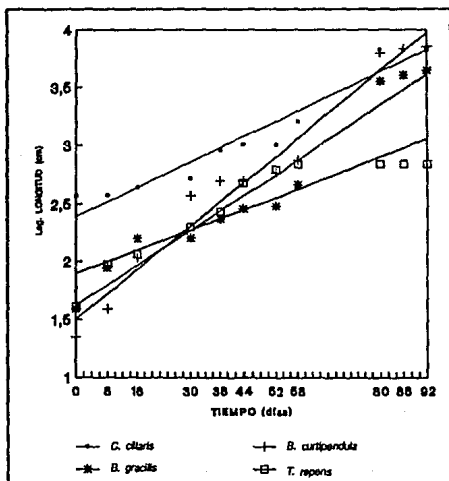
Algo contrastante en este grupo de plantas, es que la especie *C. ciliaris* disminuye su tasa instantánea de crecimiento a menos de la mitad cuando se somete a un régimen menor de agua (tratamiento seco), por lo que la relación que guardan el grupo de plantas en tasas de crecimiento cambia, ya que en este caso es *C. ciliaris* quien tiene la mínima tasa de crecimiento, mientras que *B. curtispindula* se mantiene con el valor más alto de las cuatro.

Podría decirse que a pesar de ser *C. ciliaris* una de las especies más resistentes a la sequía, su producción decrece cuando el agua es limitante. Esta situación también se refleja al evaluar la biomasa, ya que existen diferencias entre ambos tratamientos alrededor de cinco veces. Si se comparan las tasas instantáneas de crecimiento con las velocidades promedio de crecimiento (tabla 1) obtenidas en el tratamiento seco, se observará que no conservan la misma relación que cuando se someten al tratamiento húmedo, pues dentro del tratamiento seco la especie *C. ciliaris* tiene un valor de  $r$  menor que *T. repens*, pero con respecto a la velocidad promedio de crecimiento es *C. ciliaris* la que tiene el valor mayor (0.224 cm/día) y *T. repens* el valor menor (0.195 cm/día). Sin embargo, si se analiza la gráfica 6 de longitud de hoja vs tiempo, se observa que *C. ciliaris* alcanza longitudes de hoja mayores que *T. repens*; por lo tanto a eso se debe que su velocidad promedio de crecimiento sea mayor.

Las diferencias en las tasas de crecimiento de las hojas puede ser un indicador de que la necesidad del recurso hídrico no se presenta con la misma intensidad para las cuatro especies ya que las razones de crecimiento son diferentes, a pesar de que no resultaron significativamente diferentes; aunque puede citarse que las fenofases, tal

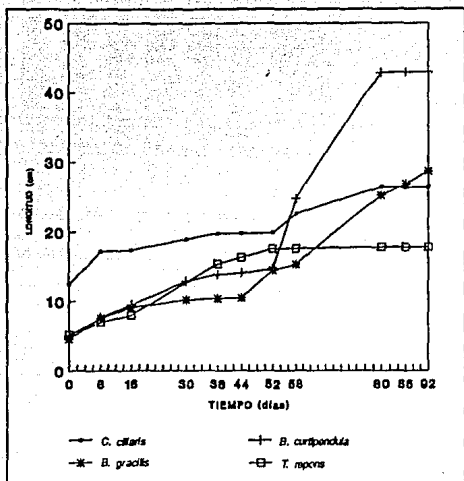


Gráfica 4. Crecimiento promedio de la hoja más larga dentro del tratamiento húmedo (400 mm).

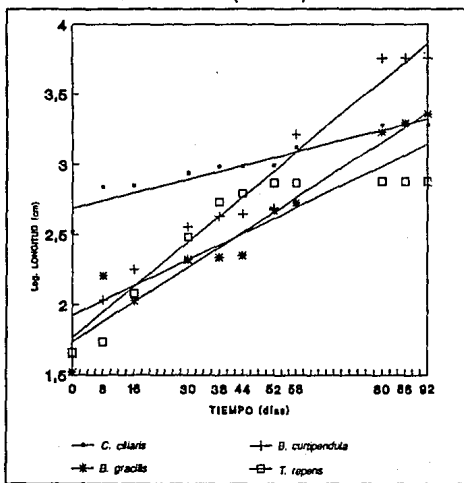


Gráfica 5. Tendencia del crecimiento de la hoja más larga dentro del tratamiento húmedo (400 mm).





Gráfica 6. Crecimiento promedio de la hoja más larga dentro del tratamiento seco (200 mm).



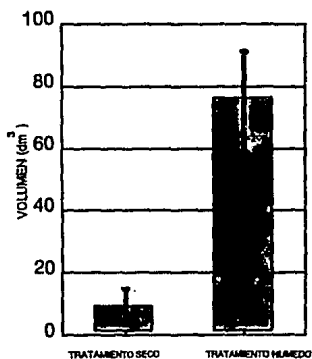
Gráfica 7. Tendencia del crecimiento de la hoja más larga dentro del tratamiento seco (200 mm).

como el crecimiento vegetativo no necesariamente reflejan la disposición y uso de los recursos del medio en ese instante, ya que éste puede resultar de la reasignación de metabolitos acumulados antes del crecimiento de los brotes (Shirley 1984).

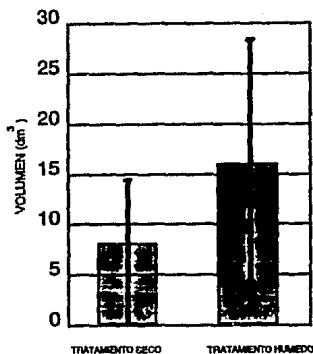
En general la tabla 1 muestra que las tasas de crecimiento son diferentes entre especies y resultan también ser diferentes para la misma especie al someterse a un régimen hídrico diferente, con la tendencia a disminuir cuando el régimen de agua disminuye. Los distintos valores de tasas de crecimiento para las cuatro especies entre ellas y para la misma especie al someterse a diferente tratamiento hídrico no resultaron estadísticamente diferentes ( $p \leq 0.05$ ); por lo que se deduce que el régimen hídrico no altera significativamente las tasas de crecimiento de las especies, en los niveles de humedad aplicados, por lo tanto, la hipótesis propuesta no se cumple en parte, ya que plantea que las tasas de crecimiento de las cuatro especies serán significativamente diferentes entre tratamientos, aunque esto pudiera no ser tan válido para *C. ciliaris*, pues su tasa instantánea de crecimiento se disminuye a menos de la mitad dentro del tratamiento seco, lo cual fue evidente ya que se reflejó en el volumen ocupado por las plantas; puede argumentarse en este caso que sí existen diferencias significativas aunque el análisis estadístico demuestre lo contrario, ya que en un análisis de este tipo influyen factores como el que se tengan valores muy alejados del valor medio o que el número de repeticiones sea demasiado pequeño, aún en este caso que se seleccionó aplicar la prueba que más se ajustara el tipo de experimento, además que en este caso el número de repeticiones fue bajo debido a que al final del experimento se sacrificarían.

### Volumen estimado por planta

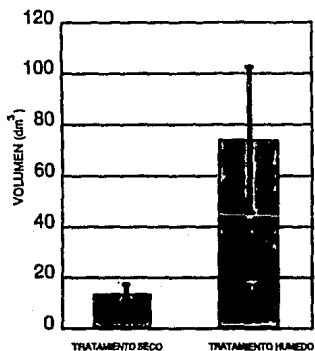
Con los datos de altura de plantas, diámetro mayor y diámetro menor se determinó el volumen promedio ocupado por especie dentro de cada tratamiento. Por la forma que adquieren las plantas al crecer se optó por utilizar la fórmula del volumen de un cono invertido. Para esto fue necesario determinar un diámetro promedio a partir de los diámetros mayor y menor. Los volúmenes obtenidos para las especies dentro de los dos tratamientos fueron significativamente diferentes ( $p \leq 0.05$ ) con excepción de la especie *B. gracilis* que no presentó diferencias significativa (gráficas 8a, 8b, 8c y 8d). Los resultados del volumen evidencian que cuando el régimen de agua disminuye a la mitad, el volumen ocupado por planta disminuye en una proporción de un 80%, puesto que los efectos más visibles del estrés hídrico es la reducción en el tamaño o crecimiento de las plantas (Kramer, 1974; Stuart, 1991).



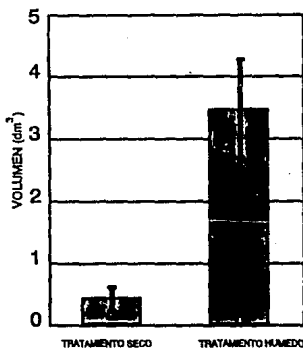
8a.- *B. curtispindula*



8b.- *B. gracilis*



8c.- *C. ciliaris*



8d.- *T. repens*

Gráficas 8a, 8b, 8c, 8d: Variación del volumen estimado por especie dentro del tratamiento húmedo (400 mm) y seco (200 mm)

Al someterse a diferente régimen hídrico, se observó que los volúmenes son significativamente diferentes ( $p \leq 0.05$ ) para las especies *C. ciliaris*, *B. curtipendula* y *T. repens*; más no para *B. gracilis*; esto indica que las tres primeras especies expresaran su altura de acuerdo a la humedad del suelo (especies plásticas) y *B. gracilis* es una especie que se mantiene casi igual en los dos tratamientos hídricos aplicados, por lo que puede clasificarse como una especie poco plástica en relación a su volumen, es decir, es una especie que no cambia en mucho sus características fenotípicas, al encontrarse en diferentes condiciones (Watkin, 1965).

### **Biomasa aérea en peso seco**

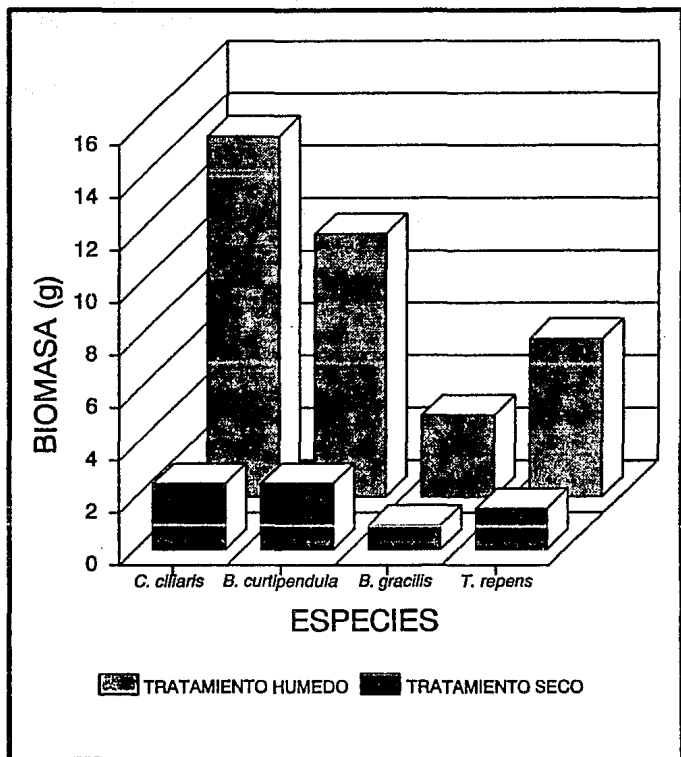
La gráfica 9 y la tabla 2 muestran la producción de biomasa aérea en peso seco (gramos de biomasa), en los tratamientos seco y húmedo. La cantidad de biomasa que se produce en la parte aérea es mayor para *C. ciliaris* y menor para *B. gracilis* en ambos casos; en general se observa que las cantidades de biomasa son mayores cuando el régimen de agua es mayor (tratamiento húmedo), pues a mayor disponibilidad de agua hay una mayor producción de materia orgánica en algunas especies (Mott *et al.*, 1972). De acuerdo a los datos de la tabla 3 existen diferencias en la producción de biomasa aérea entre las diferentes especies dentro de cada tratamiento. Al someter los datos a una análisis de varianza, los pesos promedio de biomasa de las especies, entre ellas y dentro de los tratamientos, se encontró que cuando el suministro de agua para las especies fue bajo (tratamiento seco), los pesos promedio de biomasa entre ellas no son significativamente diferentes ( $p \leq 0.05$ ), pero sí lo son cuando la disponibilidad de agua es mayor (tratamiento húmedo); asimismo, se evaluó que disminuye la producción de biomasa dentro del tratamiento seco con respecto al húmedo en alrededor de un 80 a un 85%. El porcentaje de disminución de biomasa dentro del tratamiento seco con respecto al tratamiento húmedo indica que existe una enorme variación en la producción de biomasa cuando el agua es limitante. Al someter a un análisis de varianza los pesos promedio de biomasa de las especies entre tratamientos, resultaron ser significativamente diferentes ( $p \leq 0.05$ ) para las especies *C. ciliaris*, *B. curtipendula* y *T. repens* excepto para la especie *B. gracilis* (tabla 2).

TRATAMIENTO ESPECIE		BIOMASA AEREA (g)		BIOMASA DE RAICES (g)		COCIENTE BR/BA	
		Húmedo	Seco	Húmedo	Seco	Húmedo	Seco
<i>Cenchrus ciliaris</i>	$\bar{X}$	13.74 a	2.56 d	5.17 a	1.40 b	0.376	0.546
	S	0.546	0.640	0.3509	0.392		
<i>Bouteloua curtipendula</i>	$\bar{X}$	10.03 b	2.49 d	4.49 a	1.92 b	0.488	0.771
	S	0.571	0.408	0.308	0.213		
<i>Bouteloua gracilis</i>	$\bar{X}$	3.10 d	0.90 d	1.16 b	1.01 b	0.374	1.120
	S	0.724	0.167	0.340	0.266		
<i>Trifolium repens</i>	$\bar{X}$	6.02 c	1.53 d	1.29 b	0.750 b	0.214	0.490
	S	0.66	0.160	0.192	0.151		

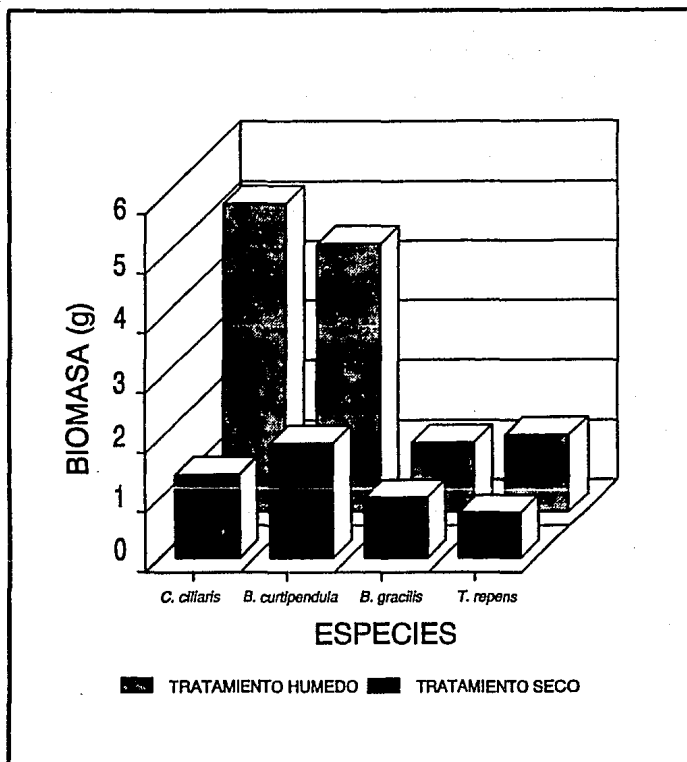
Tabla 2. Cociente raíz-tallo de las especies dentro del tratamiento húmedo (400 mm) y tratamiento seco (200 mm). Las letras minúsculas indican diferencias estadísticas.

### Biomasa de raíces en peso seco

En la gráfica 10 y la tabla 2 se muestra la cantidad de biomasa de raíces en gramos (peso seco) para los dos tratamientos. Aquí se observan diferencias en la cantidad que se produce dentro de los tratamientos para cada especie. No se encontraron diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) entre los pesos cuando las especies se someten a un régimen bajo de agua (200 mm). Al suministrar a las especies un riego mayor (400 mm) los resultados del análisis indican que no existen diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) entre pares de especies, esto es, entre las especies *B. gracilis* y *T. repens* no hay diferencias, lo mismo que entre *C. ciliaris* y *B. curtipendula*, pero entre los dos pares de especies sí existen diferencias significativas (tabla 2). Por las diferencias que se tienen en biomasa de raíces dentro del tratamiento húmedo se puede inferir que en estas condiciones las cuatro especies no presentarán problemas de competencia para la captación de agua y nutrientes del suelo; contrario a esto, dentro del tratamiento seco no se encontraron diferencias significativas, por lo que se deduce que al ser el agua el factor limitante la producción de raíces tiende a ser igual entre las especies, lo que puede indicar una producción promedio de raíces con la escasa cantidad de agua aportada, y a su vez, pudiera interpretarse como una igualdad en la capacidad de absorción de agua y nutrientes del suelo, lo que no favorecería la



Gráfica 9. Biomasa aérea en peso seco, producida por especie dentro del tratamiento húmedo (400 mm) y seco (200 mm).



Gráfica 10. Biomasa radical en peso seco producida por especie dentro del tratamiento húmedo (400 mm) y seco (200 mm).

coexistencia de las especies, esto sin tomar en cuenta la forma y distribución de las raíces en el suelo.

### Biomasa total en peso seco

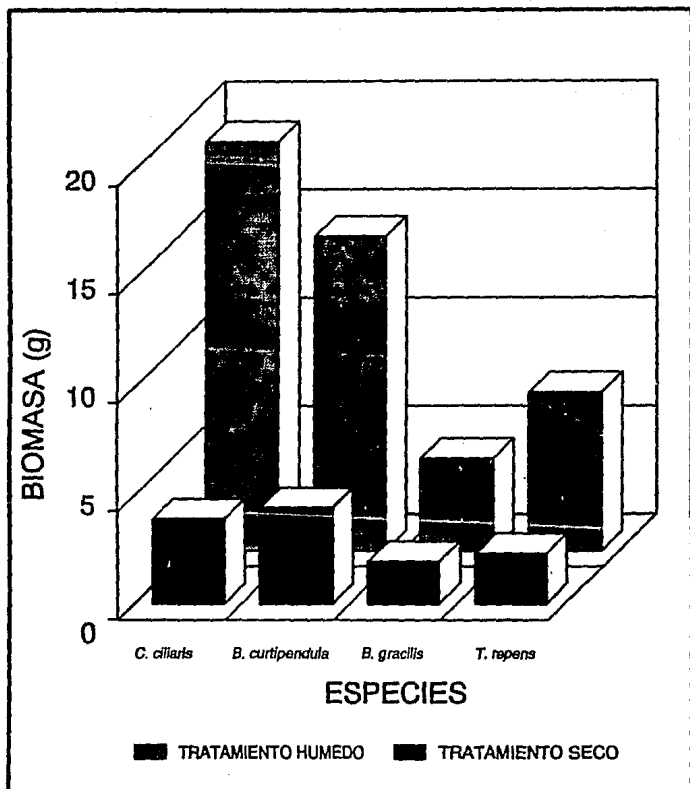
La producción total de biomasa en peso seco que se muestra para las cuatro especies en la gráfica 11 y tabla 3, indican que la tendencia general de las especies es hacia una mayor producción de biomasa cuando el régimen de agua es mayor y tiende a decrecer cuando la disponibilidad de agua decrece. El análisis de varianza indica que la producción de biomasa entre las cuatro especies no es significativamente diferente ( $p < 0.05$ ) cuando se someten a un régimen bajo de agua, tienden hacia una homogeneidad en la producción, contrario a esto, cuando la disponibilidad de agua es mayor, la producción de biomasa entre las especies es significativamente diferente ( $p < 0.05$ ) con excepción de *B. gracilis*; por lo tanto, es posible afirmar que al ser el agua un factor limitante las especies tienden hacia una homogeneidad en la producción total de biomasa, esto podría traducirse, al instalar las plantas en un medio natural probablemente como una igualdad o la misma capacidad en la apropiación del recurso escaso, es decir, el agua.

Es importante resaltar que empleando 400 mm en lugar de 200 mm de agua, es decir el doble, se obtiene una biomasa total 5.8 veces más en *C. ciliaris*, 3.2 veces más en el caso de *B. curtipendula* y *T. repens*, y 2.2 veces más en *B. gracilis*.

### Cociente biomasa de raíces-biomasa aérea

La tabla 2 muestra los valores que resultan al evaluar el cociente biomasa de raíces-biomasa aérea para las cuatro especies dentro de los dos tratamientos. Los valores especificados indican que esta razón es mayor cuando las plantas se someten a un régimen menor de agua (tratamiento seco). El hecho que el producto del cociente biomasa de raíces-biomasa aérea sea mayor cuando las especies se someten a un régimen menor de agua, refleja que la producción de biomasa radical aumenta por unidad de biomasa del vástago. Esto es explicable por la tendencia que tienen las plantas a desarrollar una mayor longitud y densidad de raíces cuando el factor agua es limitante, a fin de captar más recursos hídricos y compensar el factor limitante; a este respecto, Hale *et al.* (1987) encontraron que cuando las plantas no tienen agua disponible a su alrededor tienden a incrementar el sistema de raíces en busca de este elemento en otros puntos.





Gráfica 11. Biomasa total en peso seco producida por especie dentro del tratamiento húmedo (400 mm) y seco (200 mm).

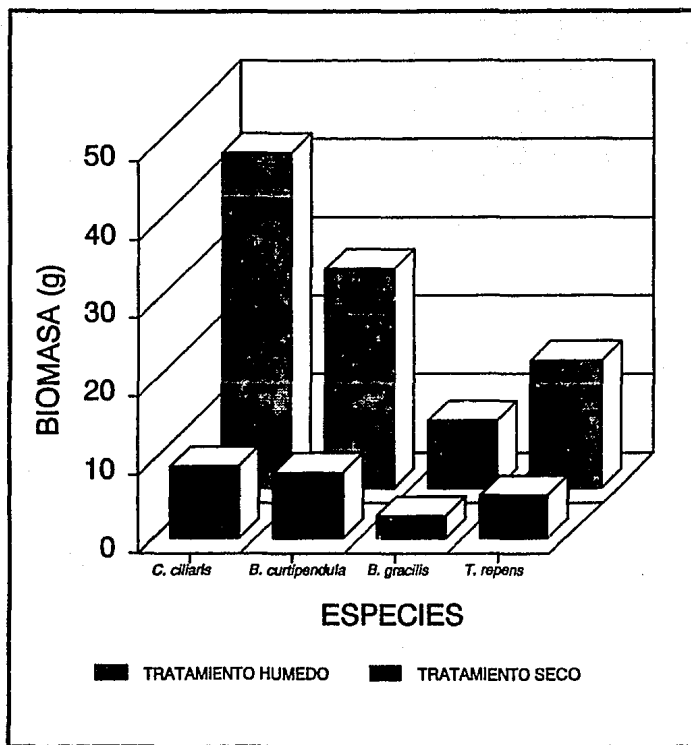
Debido a las diferencias que se observan para las cuatro especies en sus cocientes biomasa de raíces-biomasa aérea al someterse a los dos tratamientos hídricos diferentes, es posible afirmar que sí influye la disponibilidad de agua en la producción de raíces, ya que tiende a incrementarse cuando la disponibilidad de agua es baja.

### Biomasa total en peso fresco y contenido de agua

Los resultados de biomasa total en peso fresco se muestran en la gráfica 12, se puede apreciar que la biomasa para todas las especies es mucho mayor dentro del tratamiento húmedo, y tiende a decaer cuando la disponibilidad de agua es baja (tratamiento seco), esto se reafirma aún más al analizar los resultados de contenido de agua para cada especie dentro de cada tratamiento, el cual se determinó como la diferencia entre biomasa en peso fresco y biomasa en peso seco, presentados en la tabla 3.

ESPECIE	BIOMASA TOTAL EN PESO FRESCO (g)	BIOMASA TOTAL EN PESO SECO (g)	CONTENIDO DE AGUA (%) EN PESO
<b>TRATAMIENTO SECO</b>			
<i>Cenchrus ciliaris</i>	9.18 cd	3.90 cd	57.51
<i>Bouteloua curtipendula</i>	8.36 cd	4.41 cd	52.75
<i>Bouteloua gracilis</i>	2.82 d	1.91 d	67.73
<i>Trifolium repens</i>	5.48 d	2.28 d	41.60
<b>TRATAMIENTO HUMEDO</b>			
<i>Cenchrus ciliaris</i>	42.71 a	18.91 a	44.27
<i>Bouteloua curtipendula</i>	27.92 b	14.52 b	52.00
<i>Bouteloua gracilis</i>	8.52 cd	4.26 cd	50.00
<i>Trifolium repens</i>	16.14 c	7.31 c	45.29

Tabla 3. Biomasa en gramos y porcentaje de agua para las cuatro especies dentro del tratamiento húmedo (400 mm) y tratamiento seco (200 mm) al final del experimento. Las letras minúsculas indican diferencias estadísticas.



Gráfica 12. Biomasa total en peso fresco producida por especie dentro del tratamiento húmedo (400 mm) y seco (200 mm).

Si se compara el contenido de agua de las especies sometidas al tratamiento húmedo con el contenido de agua cuando se someten a un régimen bajo de agua, los porcentajes en contenido de agua son mayores dentro del tratamiento seco, a excepción de la especie *T. repens*; por lo que se deduce que las plantas tienden a acumular una mayor proporción de agua en sus tejidos cuando ésta se encuentra como factor limitante, característica de especies resistentes a la sequía (Hale *et al.*, 1987). Podría decirse que *T. repens* no refleja esta tendencia puesto que no es una especie tan adaptada a condiciones de sequía, ya que al final del experimento la mayoría de hojas estaban secas. Cabe aclarar que la biomasa en peso fresco se determinó dos semanas después de haber hecho el último riego.

### **Resultados comparativos de *Trifolium repens* y las gramíneas**

La inclusión de *T. repens* permitió observar que las respuestas de esta especie en relación a las gramíneas fueron un tanto similares, ya que al someterse a los dos tratamientos hídricos (200 y 400 mm), su tasa de crecimiento no se altera significativamente, asimismo mostró ser una especie plástica puesto que su cociente biomasa de raíces-biomasa aérea sí cambia en los diferentes tratamientos, además del cambio significativo de volumen.

## VIII. CONCLUSIONES

La germinación es diferencial en porcentaje y en velocidad para las cuatro especies, lo cual incrementa la variabilidad germinativa de las semillas y por lo tanto la posibilidad de su establecimiento.

Una disminución en la disponibilidad de agua no altera significativamente la fenología de las especies estudiadas bajo los tratamientos aplicados.

El experimento mostró que las tasas de crecimiento de las especies tienden a decrecer cuando el régimen de agua disminuye, sin embargo, los cambios que sufren las especies en sus tasas de crecimiento, al someterse a los dos regímenes hídricos aplicados, no son significativamente diferentes.

Cuando el agua es limitante la producción de biomasa de raíces de las cuatro especies estudiadas tiende a ser homogénea, lo que probablemente muestre los límites físicos de crecimiento en un medio donde la disponibilidad de agua condiciona el desarrollo.

Al someter las especies estudiadas a dos regímenes diferentes de riego se ocasiona una variación en la relación biomasa de raíces-biomasa aérea, obteniéndose un cociente de biomasa de raíces-biomasa aérea mayor cuando el régimen de riego disminuye.

Cuando se aplica doble cantidad de irrigación (400 mm) hay una mayor producción de biomasa en las especies estudiadas, que va de 2.2 hasta 5.8 veces más que cuando se aplican 200 mm.

Al presentar una variación significativa en volumen y biomasa cuando se someten a dos regímenes diferentes de riego las especies *C. ciliaris*, *B. curtispindula* y

*T. repens*, muestran una mayor plasticidad en esos parámetros en relación a la especie *B. gracilis*, que no presentó variaciones significativas.

Las especies resistentes a la sequía, *C. ciliaris*, *B. curtipendula* y *B. gracilis*, acumulan una mayor cantidad de agua en sus tejidos cuando ésta se encuentra en forma escasa en el suelo.

Si las especies estudiadas coexisten en el mismo estrato, tendrán una mayor probabilidad de complementariedad funcional en tasas de germinación y fenología, al ser instaladas en un medio en el que la disponibilidad de agua sea baja.

Los resultados obtenidos de tasas de crecimiento y variación en la antesis no apoyan, en su totalidad, la hipótesis planteada puesto que no resultaron significativamente diferentes bajo los dos tratamientos aplicados.

## IX. REFERENCIAS

- ACKERMAN, B. A. (1987). Las gramíneas de México. Tomo II. SARH. México. 344 pp.
- AZZI, G. (1971). Ecología agraria. Instituto Cubano del Libro. 49 pp.
- BELTRAN, E. (1964). Las zonas áridas del centro y noreste de México y el aprovechamiento de sus recursos. I.M.R.N.R. México. 186 pp.
- BROM, R. E. (1970). Notas fenológicas. Comisión Nacional de Fruticultura. México. 39 pp.
- BRZOSTOWSKI, H. W.; M. A. OWEN (1966). Production and germination capacity of buffel grass (*Cenchrus ciliaris*) seeds. Trop agriculture. Trin. 43:1-10.
- CALVINO, M. (1972). Los tréboles. Secretaría de Fomento. Dirección General de Agricultura. Boletín no. 69. México. 88 pp.
- CHAPMAN, H. D.; PRATT, P. F. (1981). Métodos de análisis para suelos, plantas y aguas. Trillas. México. 420 pp.
- DAUBENMIRE, R. F. (1979). Ecología vegetal. Tratado de autoecología de plantas. Limusa. México. 496 pp.
- FLORES, M. J. A. (1984). Bromatología animal. Limusa. México. 765 pp.
- FULLER, H. J.; M. K. BALBACH (1974). Botánica. Interamericana. México. 512 pp.
- FULLER, H. J.; D. D. RETCHIE (1984). Botánica general. C.E.C.S.A. México. 272 pp.
- GOULD, W. (1979). The grasses of Texas. Texas Agricultural Experimental Station. Texas USA. 275 pp.
- GROVES, R. H.; P. E. KAYE (1989). Germination and phenology of seven introduced thistle species in southern Australia. Aust. J. Bot. 37:351-359.
- GUILLAUMIN, A.; F. MOREAU; C. MOREAU (1970). La vida de las plantas. Labor. 590 pp.
- GUILLET, M. J.; T. S. COCHRAME (1973). Preliminary reports on the flora of Wisconsin, the genus *Trifolium*-the clovers. Academic of sciences, arts and letters. Wisconsin. LXI:59-74.
- HALE, G. M.; M. D. ORCUTT (1987). The physiology of plants under stress. John Wiley & Sons. New York. 206 pp.
- HARPER, L. J. (1990). Population biology of plants. Academic press. San Diego. 892 pp.

- HINOJOSA, C. G. A. (1979). Fenología. Boletín técnico. UACH. Depto. de Irrigación. Chapíngo México. 61 pp.
- HUGHES, H. D.; M. E. HEATH; D. S. METCALFE (1982). Forrajes. La ciencia de la agricultura basada en la producción de pastos. C.E.C.S.A. México. 368 pp.
- JOGMAN, R. H. G.; C. J. F. BROAK; V. O. F. FONGEREN (1987). Data analysis in community and landscape ecology. Pudoc. Wageningen. 769 pp.
- KRAMER, P. J. (1974). Relaciones hídricas de suelos y plantas. Centro regional de ayuda técnica. México. 538 pp.
- KRAMER, P. J.; T. T. KOZLOWSKI (1985). Physiology of woody plants. Academic Press. New York. 811 pp.
- KREBS, C. J. (1978). Ecology the experimental analysis of distribution and abundance. Harper & Row. Publishers. New York. 678 pp.
- LAMONT, B. B.; S. M. BERGL (1991). Water relations, shoot and root architecture, and phenology of three co-occurring *Banksia* species: no evidence for niche differentiation in the pattern of water use. *Oikos*. 60:291-298.
- LARCHER, W. (1983). Physiological plant ecology. Springer-Verlag. New York. 303 pp.
- LOVETT, J. D.; L. D. LOVETT (1988). Plant reproductive ecology. Patterns and strategies. Oxford University Press. New York. 344 pp.
- MARGALEF, R. (1977). Ecología. Omega. Barcelona. 951 pp.
- McVAUGH, R. (1983). Flora Novo-Galiciana, A descriptive account of the vascular plants of western México. Vol. 14 Gramineae. The university of Michigan. John Wiley & Sons. Canada. 436 pp.
- MEYER, A. M.; PLOJAKOFF-MAYBER (1978). The germination of Seeds. Pergaman Press. 192 pp.
- MORENO, E. (1984). Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. Instituto de Biología UNAM. México. 383 pp.
- MOTT, J. J.; A. J. McCOMB (1972). Effects of moisture stress on the growth and reproduction of three annual species from an arid region of western Australia. *J. Ecol.* 34:825-834.
- ODUM, E. P. (1982). Ecología. Interamericana. México. 639 pp.
- OJEDA, M. A.; A. M. BALMORE (1980). "Pasto Buffel" o Cadillo Bobo. Ministerio de Agricultura y Cria. Caracas Venezuela. 29 pp.
- RAY, P. M. (1985). La planta viviente. Continental. México. 272 pp.
- ROJAS, G. M.; M. M. ROVALO (1988). Fisiología vegetal aplicada. Mc. Graw-Hill. México. 298 pp.



- ROZIJN, N. A. M. H.; D. C. VAN DER WERF (1986). Effect of drought during different stages in the life-cycle on the growth and biomass allocation of two *Aira* species. *J. Ecol.* 74:507-523.
- RZEDOWSKI, J. (1991). El endemismo en la flora fanerogámica mexicana. Una apreciación analítica preliminar. *Act. Bot. Mex.* 15:47-64.
- RZEDOWSKI, J.; G. C. RZEDOWSKI (1990). Flora fanerogámica del valle de México. Vol. III. Instituto de Ecología. Centro Regional del Bajío. Pátzcuaro, Mich. México. 493 pp.
- SANCHEZ, S. O. (1979). La flora del valle de México. Herrero. México. 519 pp.
- SCOTT, S. J.; R. A. JONES; W. A. WILLIAMS. (1984). Review of data analysis methods for seed germination. *Crop Science.* 24:1192-1199.
- SHIRLEY, M. P. (1984). A synthesis of plant phenology in the Fynbos Biome. Phenological theory. South African National Scientific. Report 2028:21-26.
- STUART, CHAPIN III F. (1991). Integrated Responses of Plants to stress. *BioScience.* 41:29-36.
- TURNER, N. C. (1986) Adaptation to water deficits a changing perspective, *Aust. J. Plant Physiol.* 13:75-90.
- TURNER, N. C.; P. J. KRAMER (1980). Adaptation of plants to water and high temperature stresses. *Jonh Wiley & Sons.* 670 pp.
- VELASCO-MOLINA, H. A. (1991). Las zonas áridas y semiáridas sus características y manejo. *Límusa.* México. 725 pp.
- WATKIN, W. (1965). Principios de genética y mejora de las plantas. *Acribia.* Zaragoza España. 527 pp.
- WHYTE, R. O.; T. R. G., MOIR; J. P., COOPER (1959). Las gramíneas en la agricultura. *F.A.O.* Roma. 464 pp.