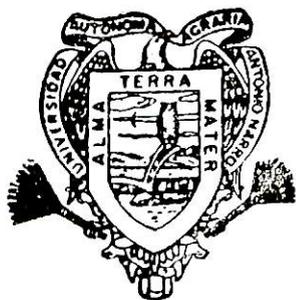


DETERMINACION DE LA PRODUCCION  
ESTACIONAL DE GRAMINEAS Y LEGUMINOSAS  
EN ASOCIACION

EDGAR ENRIQUE SOSA RUBIO

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS  
EN MANEJO DE PASTIZALES



**Universidad Autónoma Agraria  
Antonio Narro**  
PROGRAMA DE GRADUADOS  
Buenavista, Saltillo, Coah.  
AGOSTO DE 1993

DETERMINACION DE LA PRODUCCION ESTACIONAL  
DE GRAMINEAS Y LEGUMINOSAS  
EN ASOCIACION

EDGAR ENRIQUE SOSA RUBIO

TESIS

Presentada como requisito parcial  
para obtener el grado de

MAESTRO EN CIENCIAS EN  
Manejo de Pastizales

Universidad Autónoma Agraria  
Antonio Narro

PROGRAMA DE GRADUADOS  
Buenvista, Saltillo, Coah.

Agosto de 1993

## AGRADECIMIENTOS

Al Ing. M. C. Heriberto Díaz Solís, Asesor principal y buen amigo por su valiosa ayuda y atinadas sugerencias para la realización del presente trabajo, además de su disposición incondicional.

Al Ing. M. C. Luis Pérez Romero por su apoyo incondicional, así como por sus revisiones y aportaciones al trabajo.

Al Ing. M. C. Regino Morones por su valiosa colaboración en el presente escrito.

A mis compañeros de generación de la maestría en manejo de pastizales Rigoberto y Macario por su ayuda incondicional y buenas orientaciones en los momentos más difíciles, y sobre todo por su amistad.

Al señor Manuel Ramírez por su valiosa ayuda proporcionada en la obtención de los datos de campo, así como por la amistad brindada.

A mis compañeros de generación de otras especialidades: Margarito, Dámaso y Eduardo, y compañeros egresados de la maestría de Manejo de Pastizales: Hector Miranda, José Dueñez, Martha Vásquez y Martha Avalos, quienes de una u otra forma contribuyeron para la realización del presente trabajo.

## DEDICATORIA

A mi esposa Rosy:

Por todo su amor, cariño, confianza  
y ánimo, que siempre me ha dado  
para seguir adelante.

A mi hijo Edgarcito:

Quien es y seguirá siendo motivo de  
mi superación profesional y  
personal.

A mis padres Enrique y Elsy:

Por su amor, apoyo y confianza que  
han sabido transmitir a sus hijos.

A mis hermanos Emir, Lupita, Roger y Gerardo:

Quienes con su apoyo y confianza me  
permitieron terminar mis estudios.

COMPENDIO

Determinación de la producción estacional de gramíneas y leguminosas en asociación.

POR

EDGAR ENRIQUE SOSA RUBIO

MAESTRIA

MANEJO DE PASTIZALES

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. AGOSTO 1993.

M. C. Heriberto Díaz Solís. - Asesor -

Palabras claves: Estacionalidad de forraje, praderas perennes, mezclas de gramíneas-leguminosas, dinámica poblacional.

El presente trabajo se desarrolló en el campo de la UAAAN, a una altitud de 1743 msnm, con una precipitación media de 424 mm y una temperatura media anual de 17<sup>0</sup>C. El

objetivo de este trabajo fue el de establecer las curvas de producción total y por especie en mezclas, así como su relación con algunas variables del tiempo atmosférico en la acumulación de materia seca.

Se evaluaron dos mezclas de gramíneas-leguminosas, una comercial y otra realizada en el Departamento de Recursos Naturales de la Universidad, así como cada componente de las mismas en un cultivo. Se utilizó un diseño de bloques al azar con ocho tratamientos y cuatro repeticiones, los datos se analizaron por medio de análisis de varianza y para la prueba de medias se utilizó la prueba de DMS, así como regresiones y correlaciones entre variables. Se observaron diferencias significativas entre tratamientos ( $P < 0.01$ ) presentando la mezcla UAAAN la media de producción mayor, siendo ésta de 25030 kilogramos de materia seca por hectárea de lo que el 91.2 por ciento correspondió a la producción de las gramíneas y el 8.8 a las leguminosas. No se encontraron relaciones significativas ( $P > 0.01$ ) entre la producción total de las mezclas con temperatura y radiación solar. Para los unicultivos sólo el zacate rhodes tuvo un alto grado de relación ( $P < 0.01$ ) con temperatura y radiación solar. Las gramíneas presentaron un grado mayor de estacionalidad y su máxima producción la presentaron durante la primavera.

ABSTRACT

Determination of seasonal production of  
grass and legume in asociation.

By

Edgar Enrique Sosa Rubio

MASTER OF SCIENCE

RANGE MANAGEMENT

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro  
Buena Vista, Saltillo, Coahuila. August 1993.

Heriberto Díaz Solís M. Sc. Advisor.

Key words: Seasonal of forage, perennes pastures, mixtures of  
grass and legume, population dynamics.

The present study was carried out at campus of the  
Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, with 1743 m above sea  
level, 424 mm average annual rainfall and 17<sup>0</sup>C of average annual  
temperature.

The objective of this study was to establish the totality

of curves of production and the mixture of four species as well as their relation with some changes of atmospheric time in the accumulation of dry matter.

Two mixtures of grass-legume were evaluated, one commercial and another made in Natural Resources of the Department of the University as well as every component of the same in a monoculture.

A design of blocks randomized with eight treatments and four repetitions was used. The dates were analysed by variance analysis and for the average test, the minimum significance difference it was used, as well as regressions and correlations between variables.

There were noted significative differences between treatments ( $P < 0.01$ ) showing the UAAAN the highest average production, it was 25030 kg of dry matter by acre, the 91.2 percent corresponds to the production of grass and the 8.8 percent to legume. There were not significative relations ( $P > 0.01$ ) between the total production of the mixtures with temperature and sun radiation. To uncultives only the rhodes grass had a high degree of relation ( $P < 0.01$ ) with temperatura and sun radiation. The grass had a high degree of estacionality and their best production was during the spring.

## CONTENIDO

	Página
INDICE DE CUADROS . . . . .	xii
INDICE DE FIGURAS . . . . .	xiv
INTRODUCCION . . . . .	1
REVISION DE LITERATURA . . . . .	4
Producción estacional de forraje. . . . .	4
Ventajas en el uso de mezclas	
Forrajeras . . . . .	6
Compatibilidad y persistencia de	
los componentes en mezclas forra-	
jeras . . . . .	9
Competencia . . . . .	12
Modelos para el análisis de espe-	
cies forrajeras en mezclas . . . . .	17
Descripción y características ge-	
nerales de aclimatación de cada	
una de las especies en las mez-	
clas . . . . .	20
MATERIALES Y METODOS . . . . .	27
Localización . . . . .	27
Características del clima y	
suelo . . . . .	27

Materiales . . . . .	28
Métodos . . . . .	29
RESULTADOS . . . . .	36
Producción de materia seca total en mezclas y por componente . . . . .	36
Producción estacional de materia seca en mezclas . . . . .	43
Producción de materia seca total de unicultivos . . . . .	45
Producción estacional de materia seca en unicultivos . . . . .	47
Comparación de las curvas de pro- ducción relativa de las especies en unicultivo y en mezcla. . . . .	49
Dinámica poblacional en las mezclas . . . . .	52
Relación densidad-peso en unicultivos y mezclas . . . . .	59
Relación entre radiación y pro- ducción de MS total y estacional en mezclas y por unicultivos. . . . .	62
Relaciones entre temperatura ( <sup>0</sup> C y unidades calor) y producción de materia seca total en mezclas y unicultivos . . . . .	64

Relaciones entre radiación, tem- peratura ( <sup>0</sup> C y UC) y la producción total en mezclas y componentes . . . . .	65
DISCUSION . . . . .	67
CONCLUSIONES . . . . .	82
RESUMEN . . . . .	84
LITERATURA CITADA . . . . .	86

## INDICE DE CUADROS

		página
CUADRO 2.1	Promedios y rangos climáticos de uso comercial de las las gramíneas y leguminosas usadas en la evaluación. . . . .	26
CUADRO 3.1	Densidades de siembra (kg/ha) utilizadas por unicultivo, mezclas comercial y porcentaje de las mismas en la mezcla UAAAN . . . . .	31
CUADRO 3.2	Tratamientos evaluados en el trabajo experimental . . . . .	31
CUADRO 3.3	Distribución de los tratamientos y sus repeticiones en el campo, bajo un diseño de bloques al azar . . . . .	33
CUADRO 4.1	Producción media en kg/MS/ha por corte y la acumulada en mezclas y huertero en unicultivo . . . . .	37
CUADRO 4.2	Producción media en kg/MS/ha por corte y la acumulada en ballico, rhodes y festuca en unicultivo . . . . .	37
CUADRO 4.3	Producción media en kg/MS/ha por corte y la acumulada en trébol y sainfoin en unicultivo . . . . .	38
CUADRO 4.4	Temperatura (°C y unidades calor) y radiación (calorías) acumuladas por corte . . .	38
CUADRO 4.5	Resultados de la prueba de medias con respecto a la producción de materia seca entre los tratamientos . . . . .	39
CUADRO 4.6	Medias de producción estacional de materia seca (kg/MS/HA) en mezclas y leguminosas . . . . .	45
CUADRO 4.7	Medias de producción estacional de materia seca (kg/MS/ha) en gramíneas . . . . .	49

CUADRO 4.8	Comportamiento poblacional de las especies componentes de la mezcla UAAAN . . . . .	53
CUADRO 4.9	Comportamiento poblacional de las especies componentes de la mezcla comercial. . . . .	54
CUADRO 4.10	Coefficientes de correlación lineal simple entre densidad-peso medio por planta por superficie en unicultivos y mezclas. . . . .	60
CUADRO 4.11	Coefficientes de correlación lineal simple entre radiación solar y la producción total en mezclas y unicultivos . . . . .	64
CUADRO 4.12	Coefficientes de correlación lineal simple entre temperatura en sus dos exposiciones y la producción en mezclas y por unicultivos . . . . .	65
CUADRO 4.13	Coefficientes de correlación lineal simple entre radiación, temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ y UC) y la producción total en mezclas y por componentes. . . . .	66

## INDICE DE FIGURAS

		Página
FIGURA 4.1	Producción porcentual por especie en la mezcla UAAAN . . . . .	40
FIGURA 4.2	Producción estacional de la mezcla UAAAN y de sus componentes . . . . .	40
FIGURA 4.3	Producción porcentual total por especie en la mezcla comercial . . . . .	42
FIGURA 4.4	Producción media estacional en la mezcla comercial y sus componentes . . . . .	42
FIGURA 4.5	Participación de las gramíneas y leguminosas en la producción total de la mezcla comercial en las cuatro estaciones del año . . . . .	44
FIGURA 4.6	Participación de gramíneas y leguminosas en la producción de la mezcla UAAAN . . . . .	46
FIGURA 4.7	Producción media estacional del zacate rhodes. . . . .	48
FIGURA 4.8	Producción media estacional del zacate huertero. . . . .	48
FIGURA 4.9	Producción media estacional del zacate alta festuca. . . . .	48
FIGURA 4.10	Producción media estacional del zacate ballico . . . . .	48
FIGURA 4.11	Producción media estacional del trébol en unicultivo . . . . .	50
FIGURA 4.12	Producción media estacional del sainfoin . . . . .	50

FIGURA 4.13	Comparación de la producción relativa de las especies en unicultivo y en mezclas . . . . .	51
FIGURA 4.14	Cambios en la densidad de las espe- cies en la mezcla UAAAN en el período experimental. . . . .	55
FIGURA 4.15	Cambios en la densidad de las espe- cies en la mezcla comercial en el pe- ríodo experimental. . . . .	55
FIGURA 4.16	Relación entre el peso medio por planta y la densidad en gramíneas en unicultivo . . . . .	61
FIGURA 4.17	Relación entre el peso medio por planta y la densidad en leguminosas en unicultivo y en mezclas. . . . .	61
FIGURA 4.18	Relación entre la producción por superficie y la densidad en gra- míneas en unicultivo. . . . .	63
FIGURA 4.19	Relación entre la producción por superficie y densidad en legumino- sas y mezclas . . . . .	63

## INTRODUCCION

Los pastizales son áreas no abiertas al cultivo, caracterizadas por sus fuertes limitantes físicas para la producción intensiva de alimentos y comprenden un 40.1 por ciento de la superficie total de México. Estas vastas regiones y los herbívoros que pueden utilizarlas, constituyen uno de los mayores recursos naturales renovables para la producción de alimentos.

Sin embargo, la vegetación nativa como fuente principal de alimento del ganado se ve fuertemente afectada por condiciones climáticas, lo cual determina una época de producción adecuada de forraje (Julio-Septiembre) y otra donde la producción forrajera es casi nula y el forraje remanente de la estación de crecimiento anterior es de muy baja calidad nutritiva.

En algunas unidades de producción donde se cuenta con agua para riego, la producción intensiva de forrajes disminuye el problema. El sistema de producción intensiva de forrajes en el norte de México se basa en el uso de especies anuales de verano e invierno, lo que implica costos por concepto de semilla, barbecho, rastreo y siembra dos veces por año, ocasionando esto una carencia de forraje durante

seis meses al año, período necesario para el establecimiento de los cultivos.

Por lo anterior es necesario encontrar alternativas factibles para aumentar y/o mantener la producción de forraje, adquiriendo así una enorme importancia las mezclas de especies forrajeras perennes de gramíneas y leguminosas ya que significan un recurso inmediato para tratar de subsanar la escasez de forraje, debido principalmente a que las especies incluídas en este tipo de mezclas siguen distintos patrones anuales de producción. En consecuencia estos se pueden combinar para aumentar y mejorar la distribución de forraje durante el año.

Así, a partir de la información que ha resultado de los diversos estudios realizados con estas especies en la región norte del país , además de su buen comportamiento agronómico y su aceptación por los productores representan una alternativa real en la producción de forraje.

Teniendo en cuenta lo anterior se pensó en utilizar mezclas de gramíneas-leguminosas que permitieran una producción estable durante el año dadas las diferentes condiciones climáticas prevalecientes en la región, planteándose el presente estudio cuyos objetivos fueron los siguientes:

- a) Determinar la curva de producción de materia seca total de las mezclas y sus componentes a lo largo del año.
- b) Determinar la curva de producción materia seca total de cada una de las especies en unicultivo.
- c) Determinar las relaciones entre componentes de las mezclas con respecto a la producción anual.
- d) Generar criterios de apoyo para formular mezclas que uniformicen la producción de forraje en todo el año.

Las hipótesis planteadas fueron:

- Ha. Con las mezclas de gramíneas y leguminosas con patrones de crecimiento diferentes se puede mantener una producción de forraje más estable en todo el año.
- Ha. Las mezclas tienen una producción de forraje mayor en comparación a los unicultivos.
- Ha. Las curvas de producción anual de las especies en unicultivo se ven modificadas cuando son combinadas en mezclas.

## REVISION DE LITERATURA

### Producción Estacional de Forraje

El mayor problema asociado con la utilización óptima de especies forrajeras en unicultivo es la distribución estacional de su producción (Buck et al., 1989), que se ve fuertemente afectada por diversos factores climáticos (Davies y Morgan, 1988; Valles et al., 1992). Esto provoca que la producción de forraje sea casi nula en determinadas épocas del año y que se cuente con una elevada producción de forraje de buena calidad al inicio de la estación de crecimiento (Menzi et al., 1991).

Brougham (1960) menciona que la producción de forraje normalmente excede los requerimientos del animal durante la primavera y el otoño, pero, dependiendo del clima y de la localidad, el crecimiento de las praderas durante el verano y el invierno quizá no sea suficiente para llenar los requerimientos alimenticios diarios de los animales.

En el Norte de México, caracterizado por un ambiente árido, la época de lluvias es un factor que condiciona la producción de forraje. Datos de explotaciones comerciales en

el municipio de Cuatro Ciénegas, Coah., donde se utilizan mezclas de especies perennes (algunas con alfalfa y otras sin ella) indican que estas praderas cuando no tenían alfalfa presentaron dos períodos de baja producción, en lo más caliente del verano y en lo más frío del invierno; cuando tenían alfalfa el problema del verano se reducía en cuanto a producción y se agravó en el invierno; sin embargo, los productores no aceptan bien a la alfalfa por los problemas de timpanismo que causa (Díaz, 1992).

Anslow y Green (1967) al evaluar la producción estacional de gramíneas forrajeras (Festuca arundinacea y Lolium perenne) observaron un incremento en la producción en primavera, pero la producción en verano fue variable dependiendo del año, especie y variedad; en otoño e invierno la producción declinó.

Harkess et al., (1990) al determinar la producción estacional de Bromus carinatus en Escocia observaron que esta gramínea fué generalmente menos productiva en los meses de mayo, julio y septiembre que corresponden al inicio y final de la estación de crecimiento.

Esto por lo tanto obliga a los productores a llevar a cabo una suplementación alimenticia al ganado en épocas de escasez de forraje (aumentándose de esta manera los costos de

producción) y mantener cargas excesivas en las épocas de máxima producción (Buck et al., 1989; Orr et al., 1988).

### Ventajas en el uso de mezclas forrajeras

En el Norte de nuestro país, el sistema típico de producción de forrajes, utiliza especies anuales de verano e invierno, por lo tanto en esta región se requiere de diferentes especies por las diferencias en temperatura entre las estaciones del año; es decir, no se puede trabajar con la misma especie en los dos ciclos, lo que implica gastos de preparación del terreno, semilla y otros insumos dos veces por año. Una alternativa a lo antes mencionado, ha sido la siembra de mezclas de especies forrajeras perennes de verano e invierno (Díaz, 1992).

Las ventajas observadas con el uso de mezclas en comparación a las especies sembradas solas son varias: a) las mezclas gramíneas-leguminosas producen más forraje que los cultivos puros aún aplicándoles cantidades moderadas de fertilizante nitrogenado (Mallarino y Wedin, 1990); b) se produce un forraje de mayor calidad nutritiva, ya que las leguminosas generalmente presentan forraje con alta digestibilidad y alta concentración de proteína (Woledge et al., 1990); c) se reduce la necesidad de aplicar nitrógeno por la fijación de nitrógeno atmosférico por parte de la

asociación simbiótica de las leguminosas con bacterias del género Rhizobium (Haynes, 1980) y d) las mezclas prolongan los períodos de producción de forraje aumentando con ésto los períodos de pastoreo (Buck et al., 1989).

En estudios realizados en México, Garza (1957) y Sánchez (1977) mencionan que una mezcla de especies forrajeras es siempre mejor que un unicultivo, no sólo porque se tendrá una época de crecimiento más extensa y una variedad más amplia de especies sino también porque éstas proporcionan un forraje rico en proteína, minerales y otros nutrientes.

Costa et al., (1991) mencionan que la utilización de mezclas forrajeras con especies compatibles entre sí presentan una mayor cobertura del suelo, un aumento en la producción de forraje y principalmente dada la capacidad de las leguminosas de incorporar al suelo el nitrógeno atmosférico mejoran considerablemente la fertilidad del mismo.

Frame y Harkess (1987) al evaluar la productividad de cuatro leguminosas forrajeras (Trifolium repens, Trifolium pratense cv. violeta y cv. húngaro, y Medicago sativa) en unicultivo y en asociación con cinco gramíneas (Festuca pratense, Dactylis glomerata, Bromus carinatus, Lolium perenne y Festuca arundinacea) observaron que la mezcla

resultó en un incremento en la producción total de forraje.

Así Gutiérrez (1991) al evaluar la productividad estacional de una mezcla de especies forrajeras observó que los diferentes patrones de producción anual de las especies incluidas en la mezcla, contribuyeron a obtener una producción de forraje más uniforme en todo el año.

Gutiérrez (1992) en un estudio económico en un rancho del Municipio de Cuatro Ciénegas, Coahuila, estimó que el costo de establecimiento (amortizable a cinco años) y mantenimiento de una pradera perenne mixta fue de \$358,000.00/ha/mes; y que considerando un valor de \$3,000.00/kg de peso vivo, se requerían, para cubrir los costos mencionados, de una producción de 119 kg de peso vivo por hectárea por mes. Normalmente en este tipo de praderas se pueden obtener ganancias superiores a los 200 kg de peso vivo por hectárea por mes y en el mejor de los casos, suplementando hasta 400 kg de peso vivo. El autor al relacionar estos costos con la crianza de vaquillas lecheras menciona que el sistema de estabulación tiene un costo de \$4,400.00/animal/día, y que bajo el sistema de praderas considerando los aumentos de peso promedio y la carga animal utilizada en el rancho objeto del estudio, el costo es de \$1,776.00/día; es decir una reducción en costos de un 60 por ciento. Nuñez et al. (1991) reportan que esta reducción de

costos puede ser hasta del 75 por ciento.

Stobbs (1975) menciona que con vacas de mediano potencial genético la producción diaria de leche puede alcanzar los nueve o diez litros, sí se utilizan gramíneas fertilizadas con nitrógeno o asociaciones de gramíneas con leguminosas. Por otra parte el beneficio de las pasturas asociadas de gramíneas y leguminosas también se ha demostrado en términos de ganancia de peso vivo animal (Lascano y Avila, 1991).

#### Compatibilidad y persistencia de los componentes en mezclas forrajeras

Debido a una alta producción y calidad nutritiva de las mezclas de gramíneas-leguminosas, éstas juegan un papel importante en los sistemas de producción forraje-animal (Mooso y Wedin, 1990), ya que está bien documentado que algunas mezclas producen mas forraje que gramíneas sembradas en unicultivo aún fertilizadas con 224 kg de N/ha o más (Townsend et al., 1990).

Sin embargo, la productividad de pasturas perennes en climas templados y mediterráneos depende en parte de la selección y compatibilidad de las especies en las mezclas (Kanyama et al., 1990), ya que es conocido que algunas

mezclas son consideradas más compatibles que otras (Chamblee, 1958).

Los estudios sobre las interrelaciones entre los componentes de las mezclas han mostrado que las respuestas de producción fueron por efectos benéficos o antagónicos. Estudios realizados por Chamblee (1958) con Dactylis glomerata más Medicago sativa indicaron que Dactylis glomerata fué beneficiado ampliamente por una buena asociación con alfalfa arriba y abajo de la superficie del suelo y que la producción total de la mezcla excedió a la obtenida en cultivo puro.

En un trabajo similar Casler (1988) observó que Dactylis glomerata fue más compatible con Medicago sativa que con otras especies de pastos templados. Por otro lado, Jones et al. (1988) observaron que Phalaris aquatica fue casi completamente excluído de la mezcla con Medicago sativa al final de dos años.

Townsend et al. (1990) al evaluar la leguminosa Astragalus cicer creciendo en mezclas con Bromus inermis, Agropyrum aristatum y Dactylis glomerata observó que la leguminosa se incrementó hasta niveles del 96 por ciento en las mezclas con B. Inermis y A. aristatum, demostrando A. cicer una alta compatibilidad con estas especies a excepción

de Dactylis glomerata.

Mallarino y Wedin (1990) al evaluar las relaciones entre la proporción de leguminosa, la producción de materia seca y concentraciones de nitrógeno en las mezclas de Trifolium repens, Trifolium pratense, Lotus corniculatus y Festuca arundinacea determinaron que la producción de materia seca del trébol rojo más festuca fué mayor que la producción de trébol blanco más festuca y la de festuca con Lotus corniculatus, los cambios en la proporción de la leguminosa no afectó la concentración de nitrógeno en la leguminosa, pero las concentraciones de nitrógeno de festuca en la mezcla fueron siempre positivas y relacionadas linealmente con la proporción de la leguminosa.

Diversos estudios han determinado la influencia de varias combinaciones de mezclas, en la producción de las especies individualmente dentro de las mismas (Chamblee, 1958), así como que una combinación de leguminosas con hojas más horizontales y pastos con hojas más erectas pueden minimizar las diferencias en competitividad entre los componentes y, que el arreglo en la siembra así como la selección de especies tiene influencia en la producción y persistencia de los componentes de la mezcla (Mooso y Wedin, 1990).

## Competencia

Donde quiera que las plantas crecen en estrecha proximidad una con otras, sean de la misma o de diferentes especies, se observan diferencias en el crecimiento vegetativo, producción de semillas y mortalidad (Silvertown, 1982).

Sin embargo, sería un error atribuir todas estas diferencias al proceso de competencia, ya que la disparidad en el comportamiento de plantas vecinas puede ser debido a una respuesta independiente al medio imperante.

La competencia se define como la tendencia de plantas vecinas a utilizar la misma cantidad de luz, mineral, nutrientes, agua y espacio (Grime, 1982). De acuerdo a esta definición, la competencia se refiere en parte a la adquisición de recursos, contribuyendo así al mecanismo por medio del cual una planta puede suprimir a otra.

En el caso de animales el proceso de competencia puede darse en dos formas: La interferencia y la explotación. La interferencia se refiere a cualquier acción de un organismo para impedir el acceso de otro al recurso; mientras que la explotación, es la utilización de un recurso por dos o más organismos donde el que posee mayor habilidad para

conseguirlo obtiene las mayores cantidades (implica la no interferencia) (Elton y Miller, 1954).

La palabra interferencia es propuesta por Harper (1983) en lugar de competencia para referirse a las opresiones o penurias causadas por la proximidad de organismos vecinos, ya que el uso de la palabra competencia en diferentes campos de la biología ha sido controversial. Smith (1986) menciona que la palabra interferencia no está libre de connotaciones similares a aquellas de competencia, y que la diferencia es la falta de capacidad para definir, el hecho de que los efectos son mutuos por el consumo de recursos, tal y como lo hace la palabra competencia.

Hall (1974) al examinar las relaciones entre Chloris gayana (zacate rhodes) y la leguminosa Stylosanthes humilis (estylo) con respecto al nitrógeno, observó dos tipos de interferencia entre las especies: "interferencia competitiva" (donde una especie afecta directamente el crecimiento de la otra por competencia por un recurso disponible en igualdad para ambos) y la "interferencia no competitiva" (en este caso el nitrógeno fijado simbióticamente, el cual es menor en los estados iniciales del crecimiento y puede estar disponible para la leguminosa pero no para la gramínea).

Por otro lado, la competencia quizá sea afectada por otras interacciones y el potencial de competitividad de una especie pueda no ser expresada. Al respecto Harper (1964) menciona que la biología de los organismos creciendo solos es diferente a cuando crecen en mezclas y que cada genotipo tiene una habilidad general de combinación ecológica.

Aarssen (1985) utilizando especies en mezclas en ambientes similares observó que las tasas iniciales del crecimiento de la población fue menor comparada cuando crecieron separadas, concluyendo que las especies que están en coexistencia en forma natural necesitan desarrollar diferencias ecológicas, por que de lo contrario éstas pueden no ser capaces de continuar coexistiendo.

Un estudio conducido por Harris (1967) con el fin de determinar la importancia de la competencia y los mecanismos por los cuales ésta se manifiesta fue llevado a cabo en el norte de los Estados Unidos donde la especie dominante era Agropyrom spicatum, pero accidentalmente fue introducida la gramínea Bromus tectorum la cual presentó enormes incrementos en abundancia y por lo tanto una disminución de A. spicatum; el investigador observó que la densidad de B. tectorum tuvo un efecto bajo en el número de plantas de A. spicatum en junio, pero un efecto alto en la supervivencia y biomasa en el verano, debido a un crecimiento rápido de las raíces de B.

tectorum en la primavera alcanzando profundidades de 90 cm en comparación con 20 cm de A. spicatum, por lo tanto en el período seco A. spicatum presentó serias deficiencias hídricas, dándole ventaja a B. tectorum para producir más semillas incrementándose en densidad cada año y ésto en consecuencia en una mayor competencia por humedad en el suelo.

Por consiguiente se podría sospechar que, aunque en hábitats productivos la competencia sobre el terreno por el espacio y luz es más conspicua, el resultado puede estar frecuentemente influenciado por la competencia bajo suelo.

Donald (1958) llevó a cabo un experimento de competencia entre las gramíneas perennes Lolium perenne y Phalaris aquatica en macetas utilizando cuatro tratamientos: 1) competencia arriba, 2) competencia abajo, 3) competencia arriba y abajo y 4) sin competencia. Los resultados demostraron una clara ventaja de L. perenne sobre Phalaris tuberosa debido a una mayor capacidad competitiva de la especie arriba y abajo de la superficie determinada por el buen desarrollo de raíz y vástagos.

Al respecto Silvertown (1982) menciona que existe la interferencia en el crecimiento arriba entre los vástagos y abajo entre las raíces. Los componentes del crecimiento abajo

y las interacciones de las plantas son frecuentemente ignoradas, sin embargo, algunos estudios han demostrado o sugieren que éstos son importantes (Donald, 1958; Harris, 1967; Silvertown, 1982).

Mack y Harper (1977) estudiando las habilidades intra e interespecíficas de cuatro especies anuales observaron que la especie Vulpia fasciculata mostró fuerte superioridad competitiva en experimentos de invernadero, sin embargo, en condiciones naturales ésta no pudo excluir a las otras especies.

En un análisis de asociación de especies en diversas praderas por Turkington et al., (1977) se confirmaron algunas de las hipótesis derivadas para estos experimentos. Ellos determinaron la frecuencia de contacto interespecífico por las especies principales en las parcelas las cuales contenían diversas gramíneas y leguminosas. Las frecuencias esperadas de interespecificidad entre todos los posibles pares de especies fueron calculados por la abundancia de cada especie y esas observaciones fueron comparadas con frecuencias obtenidas usando la prueba de "Ji cuadrada", determinando que la mayoría de las leguminosas fueron negativamente asociadas con otras leguminosas y positivamente asociadas con una o más gramíneas, y que las gramíneas también fueron negativamente asociadas con otras gramíneas.

## Modelos para el análisis de especies forrajeras en mezclas

La regulación de la población en parte determina la competencia entre individuos de la misma especie por recursos del medio (Haynes, 1980). Cuando los recursos son insuficientes para satisfacer adecuadamente las necesidades de todos los individuos y el medio en el cual son distribuidos tienen una marcada influencia en el bienestar de la población. Por lo tanto la competencia intraespecífica es necesariamente más intensa que la competencia interespecífica porque el nicho traslapado es mayor.

De acuerdo a Miller (1967) estos principios fueron utilizados por Lotka y Volterra para desarrollar independientemente un par de ecuaciones para medir la competencia: competencia intraespecífica =  $dN/dt = rN - rN^2/K$  donde  $rN$  es la proporción ilimitada de crecimiento y  $rN^2/K$  es el decline causado por la compañía (competencia). Ellos mencionan que si se introduce una segunda especie, también se debe introducir un segundo componente negativo para una: competencia interespecífica =  $dN_1/dt = r_1N_1 (K_1 - N_1 - a N_2)/K_1$  donde  $a$  es la inhibición (competencia) efectuada por  $N_1$  para todo individuo  $N_2$ . Similarmente la ecuación para especies  $N_2$  es:

$$dN_2/dt = r_2N_2 (K_2 - N_2 - b N_1)/K_2$$

donde  $b$  es el efecto inhibitorio de  $N_2$  para todo individuo  $N_1$ .

Volterra y Lotka usaron este sistema de ecuación para demostrar que dos especies usando el mismo recurso no podían coexistir indefinidamente en un medio limitado y Gause confirmó esta conclusión experimentalmente. El principio de exclusión competitiva que emergió como resultado de estas investigaciones es conocido como la "hipótesis de Gause" o principio de Volterra-Gause (Barbour, 1980).

Otro tipo de modelo fue planteado por De Wit (1960) pionero en la aplicación de los conceptos zoologistas en la competencia de plantas. Su modelo se basó, para medir la competencia de plantas, calculando proporciones de entrada y salida para cada especie en una mezcla donde:

Proporción de entrada =  $\frac{\text{propagación de la especie A}}{\text{Propagación de la especie B}}$

Proporción de salida =  $\frac{\text{Unidades producidas por la especie A}}{\text{Unidades producidas por la especie B}}$

Donde en la propagación el midió semillas, plantas nuevas, bulbos o tubérculos y largo de rhizomas. En unidades producidas, De Wit contempló, semillas, número de vástagos o retoños, largo de nuevos estolones o peso de la planta.

Por otra parte Trenbath (1978) menciona tres comparaciones concernientes a la productividad en su modelo

para la medición de productividad en mezclas. La primera es una comparación general de la producción media de las mezclas y unicultivos; y esto equivale a una comparación en una mezcla simple de la producción mezclada  $M_1$ , con la media  $P$ , de las producciones  $P_1$  y  $P_2$  ( $P_1 > P_2$ ) de los componentes en monocultivo. El considera que en términos de biomasa la media de producción de toda la mezcla comúnmente excede la media de todos los unicultivos. La segunda comparación es la habilidad general de combinación ecológica de los componentes dada por:

$$g_i = 1/2 (Y_i + Y_j) - Y$$

Donde aplicó una simple corrección para hacer  $g_i$  independiente de las diferencias entre genotipos en el potencial intrínscico de producción medido por  $Y_{ij}$  y la tercera es la habilidad especial de combinación considerando un individuo  $ij$  en la mezcla; la productividad medida ( $T_{ij}$ ) usando un análisis basado en la suposición aditiva y éstos son obtenidos por un modelo estadístico:

$$T_{ij} = r + V_i + V_j + S_{ij}$$

Donde  $r$  es la productividad media de las mezclas,  $V_i$  es el equivalente de una habilidad de combinación general corregida de la especie  $i$ ,  $V_j$  es la habilidad de combinación de la especie  $j$  en la mezcla, y  $S_{ij}$  es una interacción de términos.

Silvertown (1982) menciona que la producción relativa de cada especie en cada mezcla puede ser calculada por la siguiente ecuación:

Prod. rel. de A en mezcla A:B =  $\frac{\text{Producción de A en la mezcla}}{\text{Producción de A en unicultivo}}$

Siendo ésta similar para B, y que la suma de esas producciones relativas es la producción total relativa (PTR) la cual es un índice útil de las interacciones entre A y B en una mezcla particular. El menciona que cuando la PTR para una mezcla determinada es uno, la mezcla está produciendo en estricta proporción a la producción del cultivo puro.

#### Descripción y características generales de aclimatación de cada una de las especies en las mezclas

Festuca arundinacea Schereb. (Alta Festuca): Pertenece a la familia Gramineae, crece en una gran variedad de suelos que van desde ácidos hasta alcalinos, es un zacate de estaciones frías resistiendo temperaturas de 4 °C o menores. Es una planta perenne de larga vida que produce buen forraje en veranos largos y secos. Alta festuca es ampliamente usada como zacate forrajero, la cual es recomendada en mezclas con especies altamente apetecibles (Flores, 1985).

Lolium perenne L. (Ballico Ingles): Pertenece a la familia de las gramíneas, es también conocida como: zacate centeno, Rye grass, Ballico, etc., y es uno de los de mayor importancia económica para la producción de forraje en las regiones de clima templado y trópico seco.

El ballico inglés tiene un alto rango de adaptación a suelos de mediana y alta fertilidad, favorece la rehabilitación y el mejor uso de suelos pesados que tienen problemas de drenaje y una escasa productividad agrícola, requiere altitudes de 430 a 1200 msnm para un óptimo crecimiento (Scehovic, 1981). En cuanto a la tolerancia al frío de L. perenne, White y Smithberg (1977) mencionan que se adapta o sobrevive a rangos de temperatura de 4 a 30 °C, no tolerando las muy elevadas (mayores de 35 °C), y en cambio resiste aquellas por debajo de 0 °C. Está clasificada como una planta de días largos con requerimientos de temperaturas bajas (Gangi et al., 1983).

Esta gramínea es ampliamente usada como un componente más entre las mezclas (gramíneas - leguminosas) para forraje y heno en las áreas climáticas que le son propicias como Nuevo México y Norte de México.

Dactylis glomerata L. (zacate huertero): Pertenece a la familia gramineae, esta especie tiene muy amplia distribución, y es muy persistente bajo condiciones difíciles y de suelos pobres (Arnon, 1972), pero responde bien bajo condiciones favorables de suelo; requiere de altitudes de 1000 a 1500 msnm para un crecimiento adecuado (Scehovic, 1981). Desarrolla bien con temperaturas templadas, aunque resiste aquellas abajo de 0 °C. D. glomerata es una

planta que requiere de días cortos y largos, además de temperaturas bajas para su buen desarrollo (Brickford y Dunn, 1972). Tiene una alta producción vegetativa y vigor, así como buena producción de semilla a principios de verano.

Esta gramínea es fácil de establecer, forma vigorosos y resistentes cultivos de rápido crecimiento, y sembrada sola o en asociación de otras gramíneas y leguminosas produce buenos rendimientos de forraje.

Chloris gayana Kunth. (zacate Rhodes): Es una gramínea perenne nativa del Africa, que se adapta a una gran variedad de climas, cultivándose preferentemente en climas cálidos. Crece en una gran diversidad de suelos, se adapta a suelos alcalinos, es resistente a la sequía, lo que le permite ser utilizada en muchas zonas del país. Esta planta alcanza de 1 a 1.20 m de alto, tiene tallo delgado y apetitoso, así como sus hojas, siendo su espiga de las llamadas patas de gallo. Produce excelente forraje y resiste perfectamente el apacentamiento.

Bromus catharticus Vahl. (zacate avenilla): Es un pasto perenne amacollado, originario del Mediterráneo. Es una gramínea de alto valor nutritivo, altamente productivo y palatable. Se adapta mejor a suelos de alta fertilidad pero crece bien en suelos pobres si se le agrega suficiente

fertilizante. Resiste inviernos moderados y húmedos, no tolera fríos extremos (Ball et al., 1991). Este puede ser sembrado en mezclas con leguminosas de invierno como tréboles (Chessmore, 1979).

Trifolium pratense L. (Trébol rojo): Pertenece a la familia Leguminosae. Se adapta a una gran variedad de condiciones ambientales, como son suelos ácidos y pobres; crece en un rango de 7 a 35 °C aunque la temperatura óptima de crecimiento es entre 20 y 25 °C, tolera temperaturas abajo de 0 °C sin embargo esta tolerancia depende del estado de desarrollo en que se encuentre la planta (Bowley et al., 1984).

Adicionalmente, a través de la asociación simbiótica con bacterias del género Rhizobium, el trébol fija el nitrógeno atmosférico y contribuye a suministrar nitrógeno a las gramíneas cuando ésta es sembrada en asociaciones (Flores, 1985).

Lotus corniculatus L. (Trébol pata de pájaro): Es una leguminosa perenne originaria de Europa y ampliamente distribuida a través de todo el mundo, debido a su buena producción cuando se siembra con Fleum pratense y Dactylis glomerata. Estudios iniciales con esta especie han reportado que crece bien en suelos con baja fertilidad y secos,

respondiendo adecuadamente a la aplicación de fertilizantes. Las semillas de esta especie pueden ser inoculadas antes de la siembra, ya sean solas o en asociación con gramíneas (Seaney y Hanson, 1967).

Trifolium fragiferum L. (Trébol fresa): Es una leguminosa perenne nativa de Asia. Es un trébol de crecimiento postrado que tolera condiciones moderadas de salinidad y alcalinidad. Sus usos incluye su utilización en mezclas forrajeras con gramíneas como Dactylis glomerata y Festuca arundinacea (Ball et al., 1991).

Onobrychis viciaefolia L. (Sainfoin): Es una leguminosa perenne introducida de Eurasia. Crece en una amplia variedad de suelos en áreas con una precipitación media anual de 41 a 51 cm (Bolger y Matches, 1990). La inoculación de la semilla justo al momento de la siembra induce la fijación de nitrógeno (Ball et al., 1991).

Sainfoin presenta diferentes atributos que la hacen una alternativa deseable en comparación con el uso de la alfalfa; ya que a diferencia de ésta no produce timpanismo en el ganado en apacentamiento (Mowrey et al., 1992), su máxima producción de forraje es durante el inicio de la primavera y otoño (Mowrey y Matches, 1991) obteniéndose forraje de alta calidad (Karnezos y Matches, 1991) y ganancias diarias

promedio en bovinos comparables al de la alfalfa (Parker y Moss, 1981).

Griggs y Matches (1991) al evaluar la productividad y consumo de Agropyron aristatum y Onobrychis viciaefolia en mezclas en apacentamiento por ovinos, mencionan que estas especies presentan patrones similares en su producción y son muy compatibles en mezclas.

En el cuadro 2.1, se presentan las especies forrajeras evaluadas y de acuerdo a Merino (1987) los promedios y rangos climáticos de uso comercial de las mismas.

Cuadro 2.1 Promedios y rangos climáticos de uso comercial de las gramíneas y leguminosas usadas en la evaluación.

	No, de estacio- nes reportando uso comercial	Latitud		Lluvia (mm)		Temp.		Temp. media mínima mes mas frío	
		media	D.S.	media	D.S.	media	D.S.	media	D.S.
<u>C. gayana</u>	25	25.7	7.7	1144	453	19.6	2.7	7.5	4.9
<u>F. arundinacea</u>	32	38.3	7.4	944	436	13.9	4.1	0.2	6.5
<u>L. perenne</u>	40	39.5	7.8	885	337	13.8	3.6	2.2	3.9
<u>D. glomerata</u>	48	40.9	7.8	854	397	12.7	3.8	-0.3	6.1
<u>B. catharticus</u>	8	31.9	5.3	1053	308	17.1	3.6	4.3	4.1
<u>T. pratense</u>	42	39.0	8.0	951	351	13.6	4.5	0.2	6.7
<u>T. fragiferum</u>	14	37.3	2.4	686	225	14.7	1.9	3.4	1.4
<u>O. viciaefolia</u>	6	46.5	8.3	780	114	10.9	3.1	-0.1	3.4
<u>L. corniculatus</u>	21	41.5	6.9	812	287	11.5	4.3	-3.5	7.5

## MATERIALES Y METODOS

### Localización

El trabajo se llevó a cabo en el área conocida como "El bajío" que se encuentra ubicada en el campus de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" de junio 1992 a julio 1993.

Las coordenadas geográficas con las cuales se ubica el área de estudio dentro de la UAAAN, son: entre los  $100^{\circ} 57'$  longitud oeste  $25^{\circ} 28'$  Latitud norte. La altitud promedio de la universidad es de 1743 msnm (CETENAL, 1977).

### Características del clima y suelo

La precipitación media anual es de 298.5 mm con una temperatura media anual de  $19.8^{\circ}\text{C}$ , es una zona semi-árida con clima semi-cálido extremo (BW.hw (x')(e)), (Mendoza, 1983). Los suelos son de tipo aluvión y según análisis del laboratorio del Departamento de Suelos de la UAAAN en 1992 se clasifican como:

Medianamente pobres en nitrógeno total (0.13 por ciento)

Medianamente ricos en fósforo aprovechable (52.2 kg/ha)

Muy ricos en potasio intercambiable (>900 kg/ha)

Medianos en materia orgánica (2.27 por ciento)

Altos en carbonatos (45 por ciento)

pH medianamente alcalino (7.87)

Textura migajón arcilloso

### Materiales

Se trabajó con dos mezclas forrajeras, una comercial y otra que se preparó en el área de forrajes del Departamento de Recursos Naturales de la UAAAN, seleccionando sus componentes en base a trabajos experimentales previos.

La mezcla comercial consta de siete especies perennes de plantas forrajeras dentro de las cuales se incluyen cinco gramíneas y dos leguminosas siendo estas:

- 1.- Dactylis glomerata (L.) zacate huertero
- 2.- Festuca arundinacea (Schereb.) zacate alta festuca
- 3.- Bromus catharticus (Vahl) zacate bromo
- 4.- Lolium perenne (L.) cv. Prairie, zacate ballico, rye grass
- 5.- Lolium perenne (L.) cv. Bison, zacate ballico, rye grass
- 6.- Lotus corniculatus (L.) trébol pata de pájaro
- 7.- Trifolium fragiferum (L.) cv. salina, trébol fresa

La mezcla UAAAN estuvo compuesta por cuatro gramíneas y dos leguminosas, estas fueron:

- 1.- Festuca arundinacea (Schereb.) zacate alta festuca
- 2.- Dactylis glomerata (L.) zacate huertero
- 3.- Lolium perenne (L.) zacate ballico, rye grass
- 4.- Chloris gayana (Kunth.) zacate rhodes
- 5.- Trifolium pratense (L.) trébol rojo
- 6.- Onobrychis viciaefolia (L.) sainfoin

### Métodos

La preparación del terreno consistió en un barbecho y un paso de rastra inicial más la aplicación de un riego, esto con el fin de promover la germinación y el desarrollo de las semillas de malezas y evitar al máximo la utilización de compuestos químicos para su control debido a la heterogeneidad de especies en la mezcla. Posterior a esto se pasó de nuevo la rastra y la niveladora.

Previo a la siembra se llevaron a cabo pruebas de germinación en todas las especies a evaluar con el fin de utilizar la densidad de siembra adecuada; para esto se utilizaron 100 semillas por especie las cuales se colocaron en cajas de petri con algodón, y fueron colocadas en una cámara germinadora con las temperaturas recomendadas por el I.S.T.A. (1985) para cada especie; los conteos se realizaron

todos los días durante un período de dos semanas.

En las leguminosas, previo a la siembra se llevó a cabo una inoculación con cepas específicas de Rhizobium para cada material con el fin de aprovechar esta asociación simbiótica para la fijación de nitrógeno atmosférico.

La siembra se realizó el 1 de junio de 1992 por el método de al voleo, adicional a las dos mezclas se sembró cada componente de la mezcla UAAAN en unicultivo con el fin de obtener sus curvas de producción y separar el efecto de mezcla, utilizándose las densidades de siembra recomendadas para cada especie y para la mezcla comercial; para la mezcla UAAAN las densidades fueron transformadas considerándose el porcentaje de cada componente en la mezcla (Cuadro 3.1). De este modo se obtuvieron ocho tratamientos con cuatro repeticiones en un diseño de bloques al azar (Cuadro 3.2).

La siembra se llevó a cabo en 32 unidades experimentales con una dimensión de 5X4 m<sup>2</sup> (Cuadro 3.3). Para indicar las zonas fijas de muestreo en las unidades experimentales se utilizaron cuadros de alambre de 20 X 20 cm. Para obtener las muestras al azar se utilizaron cuadros de .25 m<sup>2</sup>, tijeras podadoras y bolsas de papel.

Las parcelas recibieron riegos de auxilio y una

fertilización de establecimiento de 61 kg de fósforo/ha en presentación de superfosfato triple y 100 kg/ha de nitrógeno en forma de urea. El control de malezas dentro de las

Cuadro 3.1 Densidades de siembra (kg/ha) utilizadas en unicultivo, mezcla comercial y porcentaje de las mismas en la mezcla UAAAN.

COMPONENTE	* SPV	% Mezcla	SPV
	Unicultivo	UAAAN	Mezcla
<u>Dactylis glomerata</u>	9	15	1.35
<u>Festuca arundinacea</u>	20	15	3.0
<u>Lolium perenne</u>	22	15	3.3
<u>Chloris gayana</u>	15	15	2.25
<u>Trifolium pratense</u>	31	20	6.2
<u>Onobrychis viciaefolia</u>	50	20	10
MEZCLA COMERCIAL	40	-----	-----

\* Semilla pura viable.

Cuadro 3.2 Tratamientos evaluados en el trabajo experimental.

T1	<u>Dactylis glomerata</u>
T2	<u>Festuca arundinacea</u>
T3	<u>Lolium perenne</u>
T4	<u>Chloris gayana</u>
T5	<u>Onobrychis viciaefolia</u>
T6	<u>Trifolium pratense</u>
T7	MEZCLA UAAAN
T8	MEZCLA COMERCIAL

unidades experimentales se realizó en forma manual.

Con el fin de que la variación en la producción de forraje se debiera al efecto de las condiciones climáticas se trató, en lo posible, de satisfacer las necesidades de agua y nutrientes al cultivo después de su establecimiento, con riegos de auxilio y fertilizando con nitrógeno y fósforo a razón de 550-61-00 (fórmula de mantenimiento); el nitrógeno en presentación de urea se aplicó después de cada corte, el fósforo en una sola aplicación a medio periodo experimental.

A los tres meses, posteriores a la siembra, se realizó un corte de uniformización a todos los tratamientos antes de iniciar los muestreos. Para determinar la producción de materia seca (MS) se realizaron muestreos cada 28 días en un área de .25 m<sup>2</sup> variando el sitio de muestreo al azar dentro de la unidad experimental y cortando a una altura de 5 cm sobre el nivel del suelo.

Una vez obtenidas las muestras se llevó a cabo la separación manual de los componentes, en el caso de las mezclas, antes de pesarlas y ponerlas a secar en una estufa de aire forzado a 64<sup>0</sup>C hasta obtener peso constante y poder determinar la producción total y por componente de MS.

Cuadro 3.3 Distribución de los tratamientos y sus repeticiones en el campo, bajo un diseño de bloques al azar.

T5	R1	T2	R2
T2	R1	T4	R2
T4	R1	T8	R2
T3	R1	T1	R2
T7	R1	T6	R2
T1	R1	T7	R2
T8	R1	T3	R2
T6	R1	T5	R2
T1	R4	T3	R3
T2	R4	T6	R3
T5	R4	T4	R3
T8	R4	T2	R3
T4	R4	T7	R3
T6	R4	T1	R3
T3	R4	T5	R3
T7	R4	T8	R3

Para determinar las relaciones entre especies, dinámica poblacional, así como la relación densidad (P)/peso (W) se utilizaron dos áreas fijas de muestreo de 20 X 20 cm en cada unidad experimental, en las cuales al inicio del trabajo se realizó un muestreo determinando el número de individuos presentes, cortandolos y separandolos por especies en bolsas pequeñas de papel, para su secado y posterior pesaje, este muestreo se realizó cada 28 días.

Las variables a medir fueron la media de producción anual y estacional de materia seca por tratamiento, media de producción total por especie en el caso de las mezclas, número de individuos por superficie, peso por superficie y peso medio por individuo.

Adicionalmente a través del Departamento de Agrometeorología se obtuvieron los datos meteorológicos procedentes de la estación principal, colocada en la UAAAN a 200 m del sitio experimental. Las variables del tiempo atmosférico que se consideraron fueron:

- Radiación solar (calorías acumuladas entre cortes )
- Temperatura (media diaria acumulada entre cortes)
- Unidades calor acumuladas (calculada por la formula  $UC = 0.083 N (TM - PC)$  correspondiente al método residual modificado por Torres (1983)).

donde:

TM= Temperatura media

PC= Punto crítico ( $4^{\circ}C$ )

N= Fotoperíodo medio (entre cortes)

.083= Factor constante del fotoperíodo.

El análisis estadístico de la producción de materia seca total y la producción estacional por tratamiento se

llevó a cabo mediante análisis de varianza para el diseño bloques al azar. Para la diferencia entre medias de los tratamientos se utilizó la prueba de DMS, con un nivel de significancia de 0.01.

Las relaciones entre las variables del tiempo atmosférico como radiación solar, temperatura medida en  $^{\circ}\text{C}$  y unidades calor entre cortes y la producción de materia seca por tratamiento, así como las relaciones entre la producción de las diferentes especies, se determinaron mediante análisis de regresión y correlación.

## RESULTADOS

### Producción de Materia seca total en mezclas y por especie componente

Con muestreos cada 30 días, durante un período de 330 días se lograron obtener 11 observaciones, de cada muestreo se calculó la producción media de materia seca (MS) en kg/ha en unicultivos, mezclas y por componente; así como la temperatura expresada en unidades calor (UC) y grados centígrados ( $^{\circ}\text{C}$ ), y radiación acumulada entre los cortes (Cuadro 4.1,4.2,4.3 y 4.4).

Los resultados indican diferencias altamente significativas entre los tratamientos evaluados ( $P < 0.01$ ) con respecto a la producción de materia seca (Cuadro 4.5).

El tratamiento con una media de producción de MS mayor fue la mezcla UAAAN (T7) con una producción media total anual en el período de estudio de 25 030 kg de MS/ha, de la cual el 91.2 por ciento corresponde a la producción de las gramíneas y el 8.8 por ciento a la producción de las leguminosas (Fig. 4.1).

Cuadro 4.1 Producción media en kg/MS/ha por corte y la acumulada en mezclas y huertero en unicultivo.

Fecha	Mezcla UAAAN		Mezcla comercial		Zacate Huertero	
	P. med	Total	P. med.	Total	P. med	Total
08/92	1754	1754	1290	1290	1434	1434
09/92	2880	4634	695	1985	670	2104
10/92	2680	7314	1650	3635	1240	3344
11/92	1762	9076	1510	5145	1308	4652
12/92	1890	10966	1610	6755	1790	6442
01/93	1445	12411	1354	8109	2365	8807
02/93	1714	14125	1532	9641	1602	10409
03/93	2640	16765	2900	12541	2629	13038
04/93	3415	20180	2748	15289	2555	15593
05/93	2440	22620	2000	17289	1630	17223
06/93	2410	25030	1745	19034	1590	18813

Cuadro 4.2 Producción media en kg/MS/ha por corte y la acumulada en ballico, rhodes y festuca en unicultivo.

Fecha	Zacate ballico		Zacate rhodes		Zacate festuca	
	P. med	Total	P. med	Total	P. med	Total
08/92	1945	1945	2410	2410	1204	1204
09/92	705	2650	2402.5	4812	995	2199
10/92	1630	4280	1920	6732	1395	3594
11/92	1178	5458	0	6732	1680	5274
12/92	2346	7804	1470	8202	1710	6984
01/93	2420	10224	0	8202	3040	10024
02/93	1540	11764	1425	9627	1553	11577
03/93	2485	14249	2205	11832	3030	14607
04/93	2970	17219	3735	15567	3015	17622
05/93	2130	19349	3010	18577	2570	20192
06/93	1740	21089	3180	21757	2040	22232

Cuadro 4.3 Producción media en kg/MS/ha por corte y la acumulada en Trébol y sainfoin en unicultivo.

Fecha	Trébol		Sainfoin	
	Prod. media	Total	Prod. media	Total
08/92	510	510	849	849
09/92	630	1140	600	1449
10/92	1800	2940	1844	3293
11/92	1680	4620	830	4123
12/92	1035	5655	1045	5168
01/93	2450	8105	2165	7333
02/93	1532	9637	1068	8401
03/93	3175	12812	3110	11511
04/93	3685	16497	2710	14221
05/93	2070	18567	1980	16201
06/93	1540	20107	1620	17821

Cuadro 4.4 Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$  y unidades calor) y radiación (calorías) acumuladas por corte.

Fecha	Calorías	Temp.	U. calor	$^{\circ}\text{C}$
corte	acumuladas	media	acumuladas	acumulados
08/92	12575	20.1	513.74	580.7
09/92	12379	18.9	452.59	632.5
10/92	8573	16.5	381.79	489.3
11/92	8240	12.0	201.83	337.6
12/92	9229	15.0	307.33	486.3
01/93	8400	12.0	213.36	362.5
02/93	7340	13.4	245.87	385.8
03/93	9905	14.2	349.18	487.3
04/93	10252	18.2	411.47	499.1
05/93	10681	18.9	471.23	545.0
06/93	10820	19.2	498.24	587.0

Cuadro 4.5 Resultados de la prueba de medias con respecto a la producción de materia seca (kg/ms/ha) anual entre los tratamientos.

TRATAMIENTO	MEDIA
7 Mezcla UAAAN	25 030 A
2 Zacate alta festuca	22 232 AB
4 Zacate rhodes	21 757 AB
3 Zacate ballico	21 089 BC
6 Trébol	20 107 BCD
8 Mezcla comercial	19 034 BCD
1 Zacate huertero	18 813 CD
5 Sainfoin	17 821 D

Valores con literales distintas son estadísticamente diferentes ( $P < 0.01$ ).

En la Figura 4.2 se presentan las curvas de producción media estacional para la mezcla UAAAN y para cada uno de sus componentes. La producción de todas las gramíneas dentro de la mezcla UAAAN fue similar, sin embargo Chloris gayana (zacate rhodes) fue la gramínea más competitiva ya que presentó la producción de MS mayor principalmente en el verano y otoño de 1992 con una producción total de 7192.24 kg de MS/ha. Lolium perenne (zacate ballico) mostró una tendencia a disminuir su producción durante el verano con una producción media de 335.3 kg de MS/ha, similar fue el patrón de producción seguido por Festuca arundinacea (alta festuca) quien presentó una producción menor en verano (365.48 kg de MS/ha) incrementándose durante las estaciones de otoño e invierno (455.32 y 473.68 kg/MS/ha respectivamente).

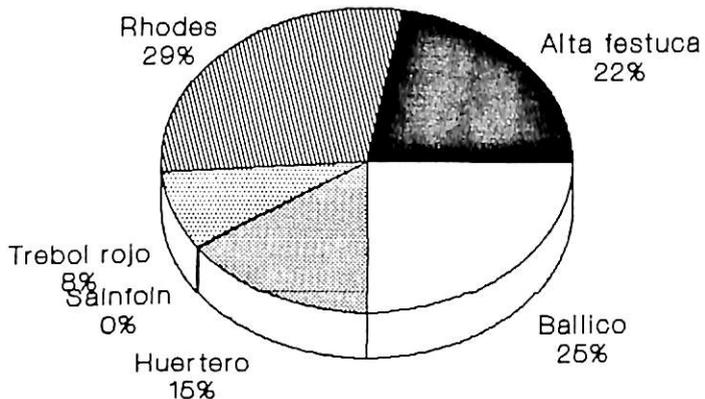


Figura 4.1 Producción porcentual total por especie en la mezcla UAAAN.

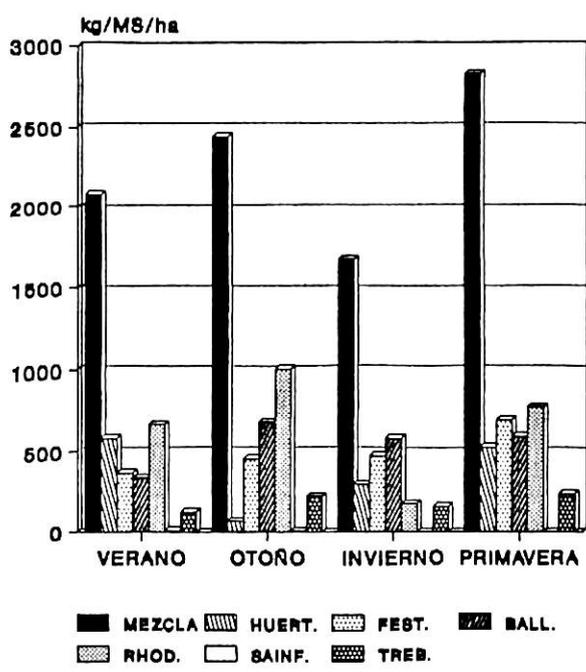


Figura 4.2 Producción estacional de la mezcla UAAAN y de sus componentes.

Por lo que respecta a Dactylis glomerata (zacate huertero) este presentó una producción mayor en verano tendiente a disminuir en otoño e invierno, pero incrementándose de nuevo en primavera con 527.1 kg/ms/ha; diferente comportamiento se observó en Trifolium pratense (trébol rojo) quien presentó una baja producción en verano (123.2 kg/MS/ha) incrementándose en otoño e invierno con 223.1 y 157.4 kg/MS/ha.

La leguminosa Onobrychis viciaefolia (sainfoin) aportó durante los primeros meses del período experimental apenas el .40 por ciento de la producción total y finalmente desapareció de la mezcla.

La producción total para la mezcla comercial fue de 19034 kg de ms/ha, de las cuales el 91 por ciento corresponden a la producción de las gramíneas y el 9 por ciento a las leguminosas (Fig. 4.3). Las curvas de producción seguidas por la mezcla y sus componentes se observa en la Figura 4.4.

Al analizar la producción por componente se pudo observar que éstos presentaron un comportamiento muy similar al que presentaron los componentes en la mezcla UAAAN, ya que alta festuca y ballico disminuyeron su producción durante el verano (423.8 y 469.48 kg/ms/ha respectivamente)

**U A A A N****00743**

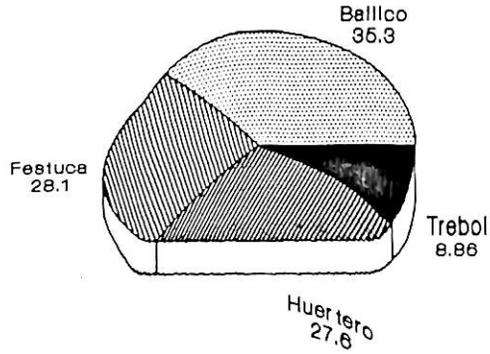


Figura 4.3 Producción porcentual total por especie en la mezcla comercial.

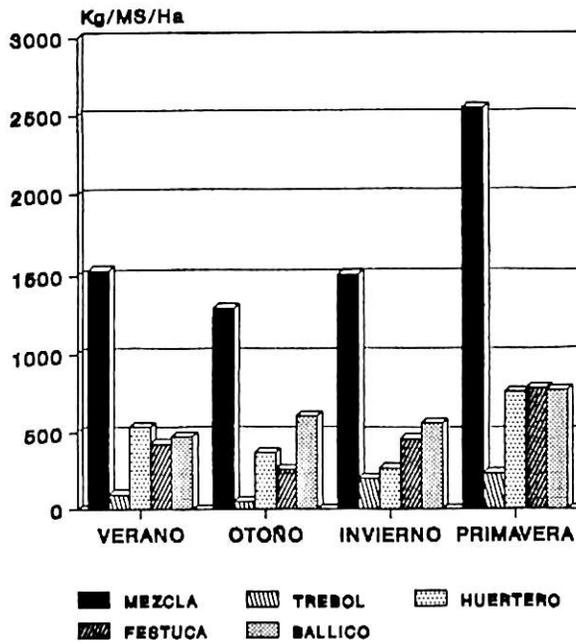


Figura 4.4 Producción media estacional en la mezcla comercial y sus componentes.

incrementándola en invierno con 461.5 y 560.7 kg/MS/ha y en primavera con 781.3 y 767.25 kg/ms/ha respectivamente.

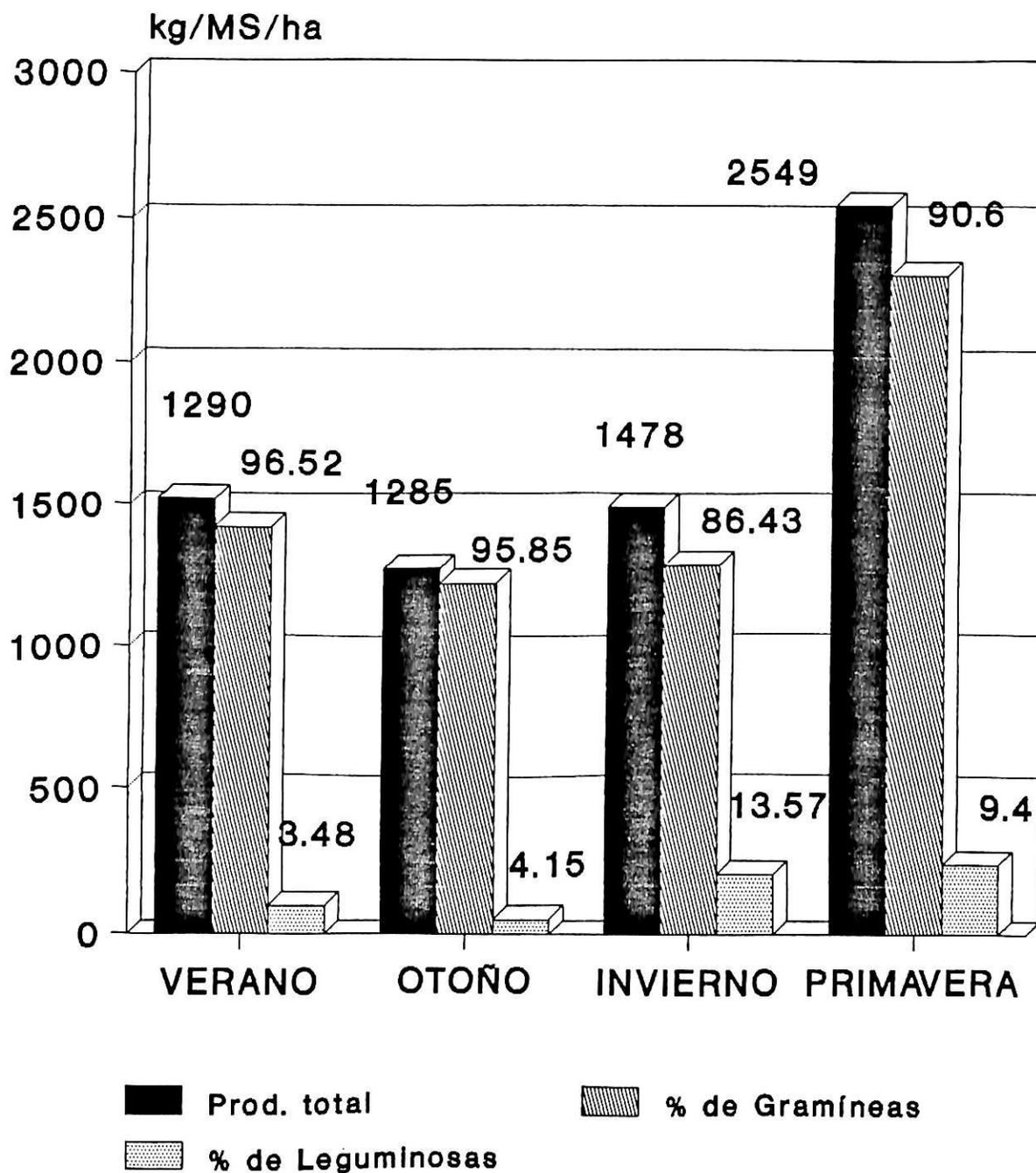
El zacate huertero y el trébol fresa (Trifolium fragiferum) disminuyeron su producción en otoño, pero el trébol la incrementó en invierno y primavera con 203.7 y 767.25 kg/ms/ha (Fig. 4.4).

El Lotus corniculatus (trébol pata de pájaro) y Bromus catarticus (Zacate avenilla) a pesar de estar incluidos en la mezcla comercial al momento de la siembra no se observaron como componentes de la misma.

#### Producción estacional de materia seca en mezclas

La producción de materia seca en la mezcla comercial presentó diferencias altamente significativas entre las estaciones del año ( $P < 0.01$ ) (Cuadro 4.6), de tal forma que en verano se obtuvo una producción media de 1525 kg/MS/ha aportando el 6.40 por ciento las leguminosas y el 93.6 por ciento las gramíneas; en otoño la producción disminuyó con una producción media de 1285 kg/MS/ha, no así en invierno y primavera donde alcanzó una producción de 1498.6 y 2549.3 kg/ms/ha (Fig. 4.5).

En la mezcla UAAAN también se observaron diferencias



**Figura 4.5** Participación de las gramíneas y leguminosas en la producción total de la mezcla comercial en las cuatro estaciones del año.

altamente significativas ( $P < 0.01$ ) en la producción de

Cuadro 4.6 Medias de producción estacional de materia seca (kg/ms/ha) en mezclas y leguminosas.

Estación	M. UAAAN	M. comer.	Trébol	Sainfoin
Primavera	2831.6 <sup>a</sup>	2549.3 <sup>a</sup>	2976.6 <sup>a</sup>	2600.0 <sup>a</sup>
Verano	2082.0 <sup>ab</sup>	1525.0 <sup>b</sup>	1025.0 <sup>b</sup>	1234.5 <sup>b</sup>
Otoño	2440.6 <sup>ab</sup>	1285.0 <sup>b</sup>	1370.0 <sup>b</sup>	1091.3 <sup>b</sup>
Invierno	1683.0 <sup>b</sup>	1498.0 <sup>b</sup>	1720.0 <sup>b</sup>	1426.0 <sup>b</sup>

Valores con distinta literal entre columnas son estadísticamente diferentes ( $P < 0.01$ ).

materia seca entre las estaciones del año (Cuadro 4.6) , de tal manera que en verano se tuvo una producción media de 2082 kg/ms/ha proporcionando el 6.6 por ciento las leguminosas y el 93.4 las gramíneas; en otoño se observó una producción de 2440.6 kg/MS/ha aportando las leguminosas el 9.35 por ciento y las gramíneas el 90.65 por ciento; la producción más baja se observó en invierno con 1683 kg/MS/ha siendo el 90.65 por ciento en base a gramíneas y el 9.35 por ciento a las leguminosas; durante la primavera su producción fue mayor con 2831.6 kg/ms/ha, donde las leguminosas aportaron el 8.7 por ciento y las gramíneas el 91.3 (Fig. 4.6).

Producción de materia seca total de unicultivos.

Al analizar la producción de materia seca de las

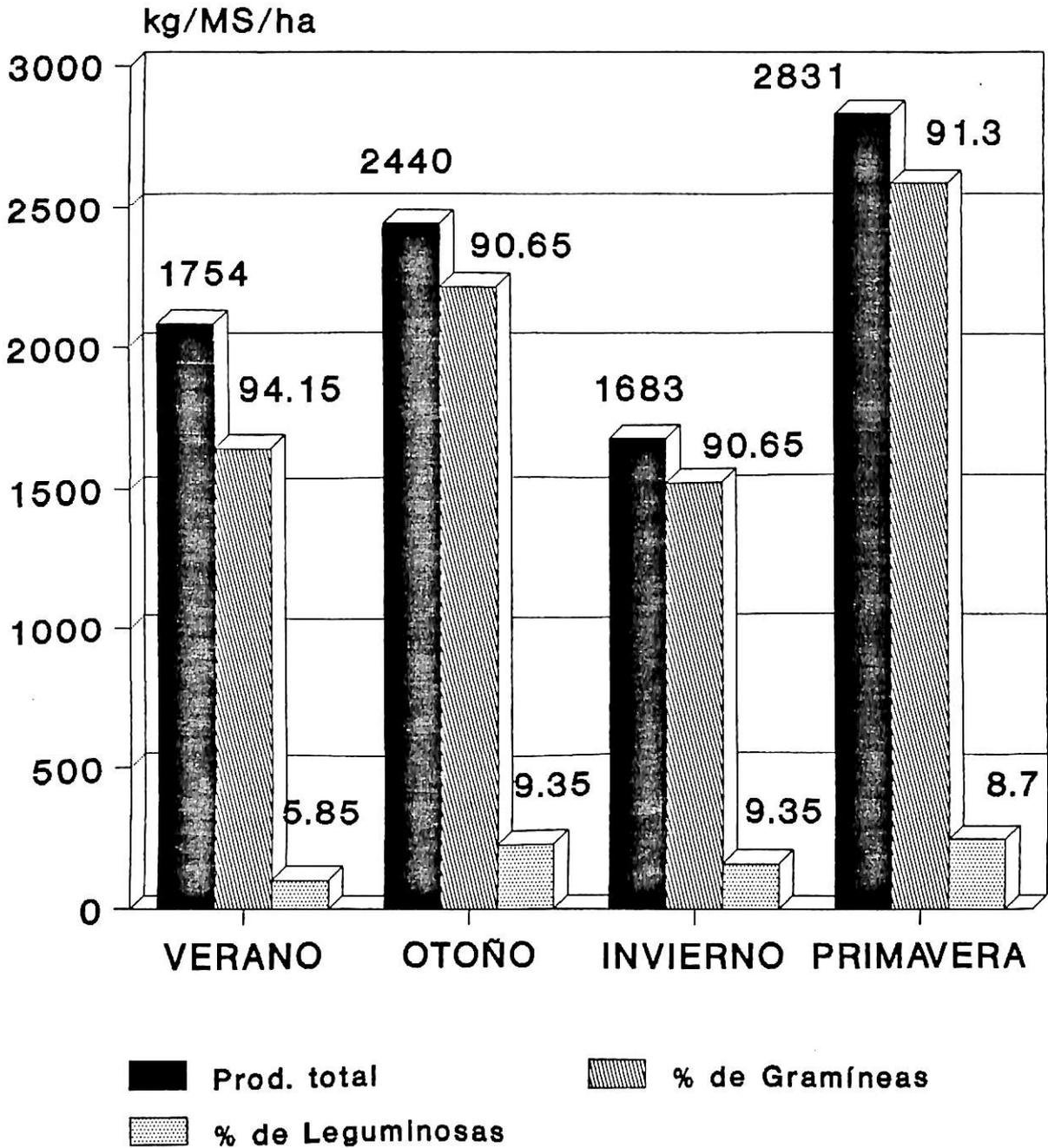


Figura 4.6 Participación de gramíneas y leguminosas en la producción estacional de la mezcla UAAAN.

especies sembradas en unicultivo se observaron diferencias significativas ( $P < 0.01$ ) en la producción entre los tratamientos ( Cuadro 4.5).

Ya que se observó una tendencia en la producción de materia seca a ser mayor en el zacate festuca con una producción media total en el período de estudio de 22232 kg/ms/ha. Para el zacate ballico, rhodes y la leguminosa trébol las producciones obtenidas fueron muy similares (21089, 21757 y 20251 kg/ms/ha respectivamente); mientras que huertero y sainfoin presentaron las producciones más bajas con 18813 y 17821 kg/ms/ha.

#### Producción estacional de materia seca en unicultivos

La producción media de materia seca estacional de todas las gramíneas fue un tanto similar (Cuadro 4.7), sin embargo, para el zacate rhodes se observó un comportamiento diferente ya que su máxima producción la presentó en primavera y verano (2983.3 y 2795 kg/ms/ha), y en otoño e invierno su mínima producción (1400.4 y 965.0 kg/ms/ha) llegando incluso a cero en ciertos muestreos durante esta época (Fig. 4.7).

La máxima producción de las gramíneas huertero, alta festuca y ballico fue en la primavera (Cuadro 4.7), ya que la

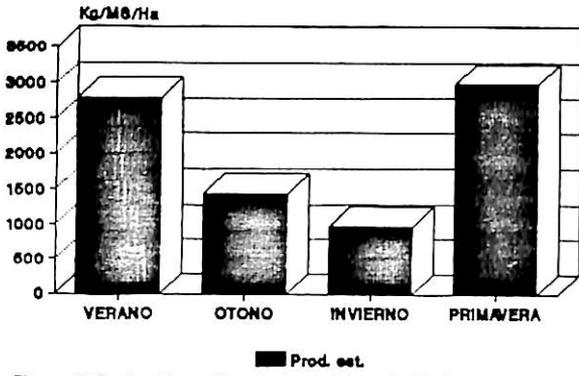


Figura 4.7 Producción media estacional del zoete rhodes.

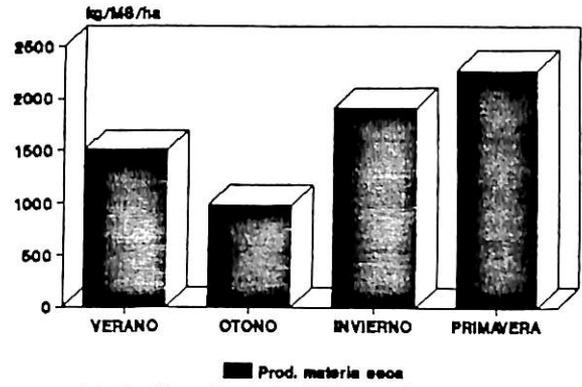


Figura 4.8 Producción media estacional del zoete huertero.

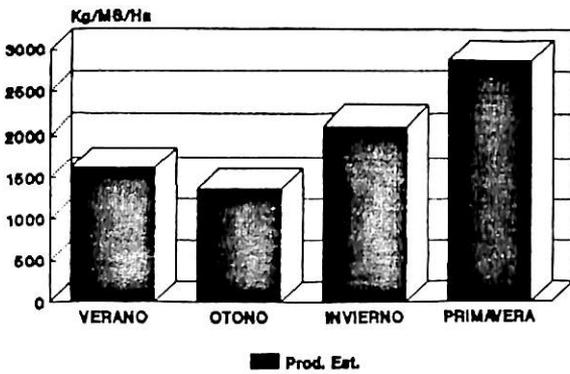


Figura 4.9 Producción media estacional del zoete alta festuca.

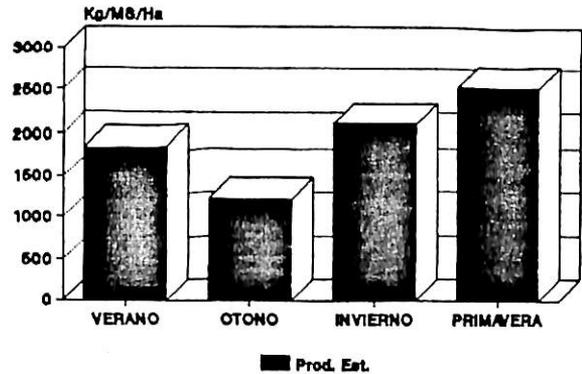


Figura 4.10 Producción media estacional del zoete ballico.

producción disminuyó en verano, otoño e invierno (Fig. 4.8, 4.9 y 4.10).

Comportamiento similar al de las gramíneas fue el presentado por las leguminosas trébol rojo y sainfoin (Cuadro 4.6), ya que presentaron su máxima producción en primavera; en verano, otoño e invierno la producción disminuyó (Fig. 4.11 y 4.12).

Cuadro 4.7 Medias de producción estacional de materia seca (kg/ms/ha) en gramíneas.

Estación	Huertero	Festuca	Ballico	Rhodes
Primavera	2271.3 <sup>a</sup>	2871.6 <sup>a</sup>	2528.3 <sup>a</sup>	2983.3 <sup>a</sup>
Verano	1512.0 <sup>b</sup>	1622.0 <sup>bc</sup>	1842.5 <sup>ab</sup>	2795.0 <sup>a</sup>
Otoño	1072.6 <sup>b</sup>	1356.6 <sup>c</sup>	1171.0 <sup>b</sup>	1400.4 <sup>b</sup>
Invierno	1918.0 <sup>ab</sup>	2101.0 <sup>b</sup>	2102.0 <sup>a</sup>	965.0 <sup>b</sup>

Valores con distinta literal entre columnas son estadísticamente diferentes ( $P < 0.01$ ).

#### Comparación de las curvas de producción relativa de las especies en unicultivo y en mezclas

Como se puede apreciar en la Figura 4.13, al comparar las curvas de crecimiento relativo anual de las especies sembradas en unicultivo y cuando éstas son incluidas en la mezcla UAAAN, se observan cambios en el comportamiento por efecto de la asociación.

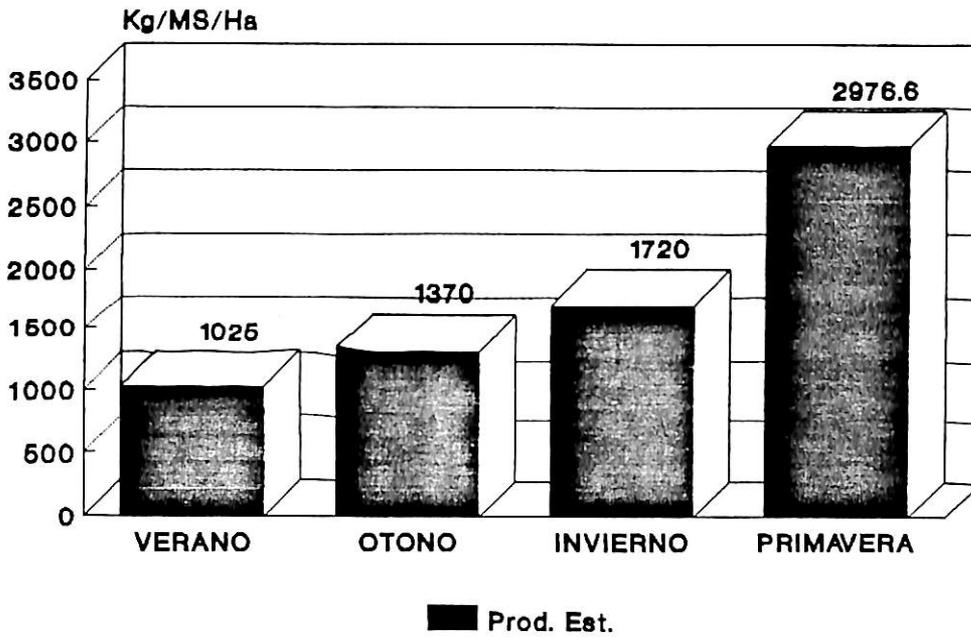


Figura 4.11 Producción media estacional del trébol en unicultivo.

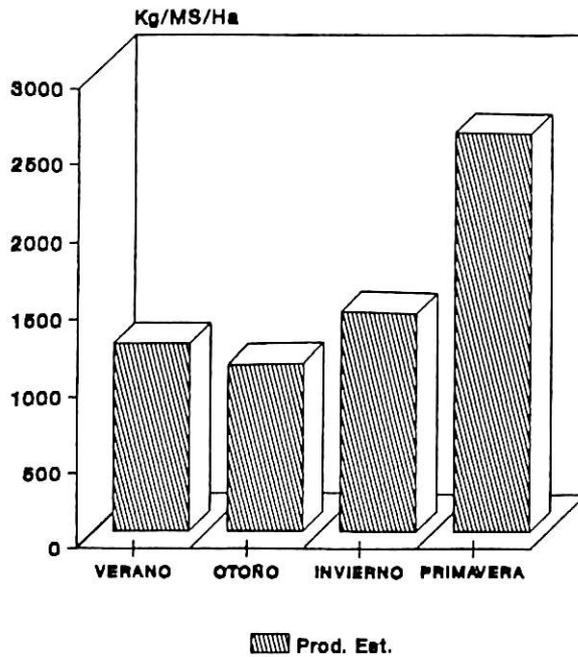


Figura 4.12 Producción media estacional del sainfoin.

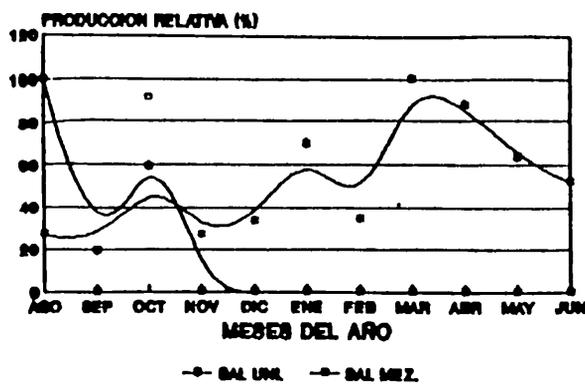
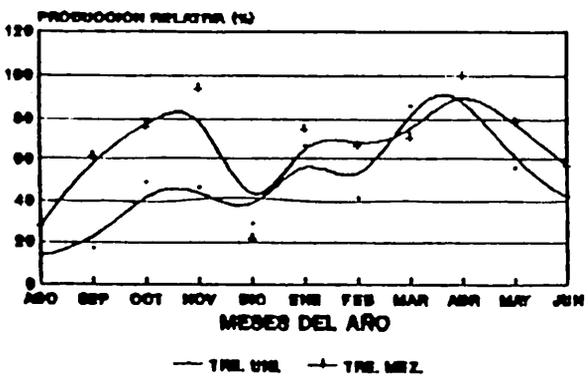
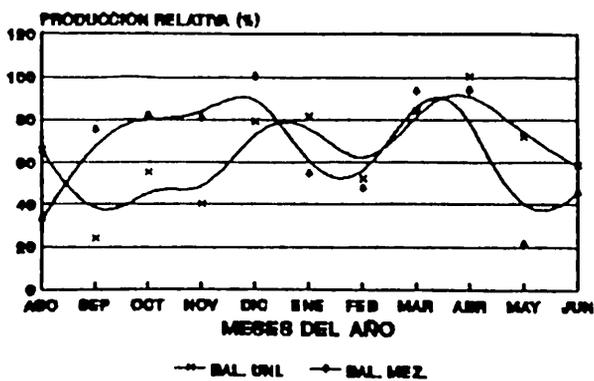
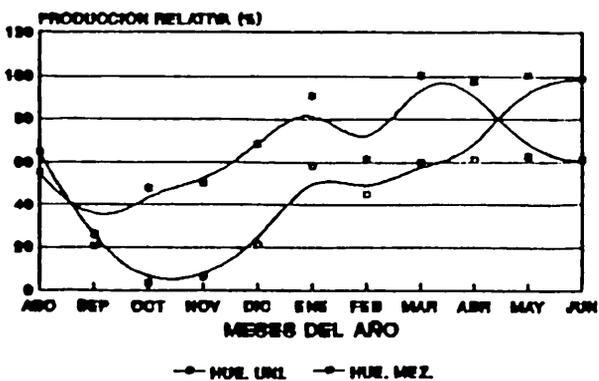
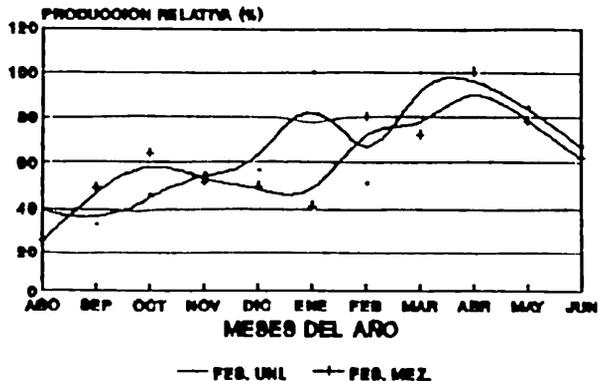
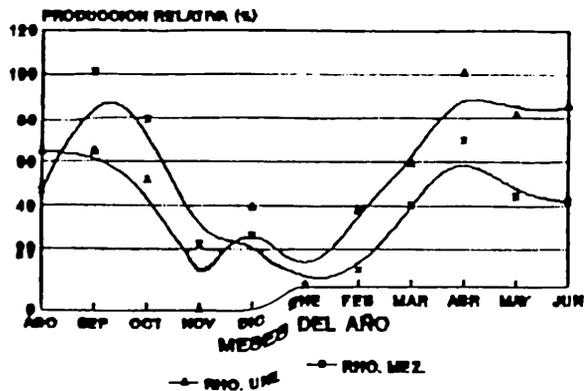


Figura 4.13 Comparación de la producción relativa de las especies en unicultivo y en mezclas.

La única especie que presentó un comportamiento similar al estar sola y al estar en combinación con otras especies fue el zacate rhodes; no así alta festuca, huertero, ballico y trébol rojo quienes presentan curvas de crecimiento muy contrastantes. La leguminosa sainfoin fue la especie que presentó cambios más fuertes en su comportamiento, ya que si bien al estar sola presentó un crecimiento estacional, en la mezcla se pudo observar que desapareció al cuarto mes de evaluación.

#### Dinámica poblacional en las mezclas

En los Cuadros 4.8 y 4.9 se presenta un resumen del comportamiento de la población en las mezclas UAAAN y comercial. En estos cuadros se hace referencia a la población total (plántulas y plantas maduras) durante el período de agosto de 1992 a junio de 1993.

Considerando varios aspectos de la dinámica poblacional, cada especie es revisada separadamente.

Zacate huertero.

Huertero estuvo presente en las dos mezclas, en las cuales su densidad varió de  $21/m^2$  en la mezcla comercial a  $46/m^2$  en la mezcla UAAAAN (figuras 14 y 15). Los cambios netos

Cuadro 4.8 Comportamiento poblacional de las especies componentes de la mezcla UAAAN.

	Huertero	Festuca	Ballico	Rhodes	Sainfoin	Trebol
a) No. de plantas/m <sup>2</sup> , agosto 1992	46	34	71	78	6	31
b) Peso $\bar{X}$ por planta, agosto 1992	.67	.93	.63	2.4	.60	.61
c) No. de plantas/m <sup>2</sup> , junio 1993	37	37	53	43	3	21
d) Peso $\bar{X}$ por planta, junio 1993	2.0	1.2	1.3	2.5	2.0	1.5
e) Cambio neto (c-a)	-9	3	-18	-35	-3	-10
f) Tasa de incremento (c/a)	.80	1.0	.74	.55	.5	.67
g) No. total de plantas que aparecieron entre agosto de 1992 y junio de 1993	10	19	44	12	0	6
h) No. total de plantas muertas entre agosto de 1992 y junio 1993	22	16	62	47	3	16
i) Plantulas presentes en agosto 1992 y vivas en junio de 1993	25	25	31	40	3	15
j) Porcentaje de sobrevivencia de plantulas de a (i/a x 100)	54.3	73.5	43.6	51.2	50	48.3
k) Total de plantas reregistradas durante el estudio	56	53	115	90	6	37
l) porcentaje de mortalidad de todos los individuos (h/k x 100)	39.2	30.1	53.9	52.2	50	43.2

Cuadro 4.9 Comportamiento poblacional de las especies componentes de la mezcla comercial.

	Huertero	Festuca	Ballico	Trebol
a) No. de plantas/m <sup>2</sup> , agosto 1992	21	43	59	15
b) Peso $\bar{X}$ en g/planta en agosto 1992	.70	.97	.65	.73
c) No. de plantas/m <sup>2</sup> , junio de 1993	53	50	65	18
d) Peso $\bar{X}$ en g/planta en junio de 1993	2.7	1.9	1.8	2.5
e) Cambio neto (b-a)	32	7	6	3
f) Tasa de incremento (c/a)	2.5	1.1	1.1	1.2
g) No. total de plantas que aparecieron entre agosto de 1992 y junio de 1993	50	41	56	48
h) No. de plantas muertas entre agosto de 1992 y junio de 1993	18	51	50	33
i) Plantulas presentes en agosto de 1992 y vivas en junio de 1993	18	34	46	12
j) Porcentaje de sobrevivencia en plantulas de a (i/a x 100)	85.7	79.0	77.9	80.0
k) Total de plantas registradas durante el estudio	71	84	115	63
l) Porcentaje de mortalidad de todos los individuos (h/k x 100)	25.3	60.7	43.4	52.3

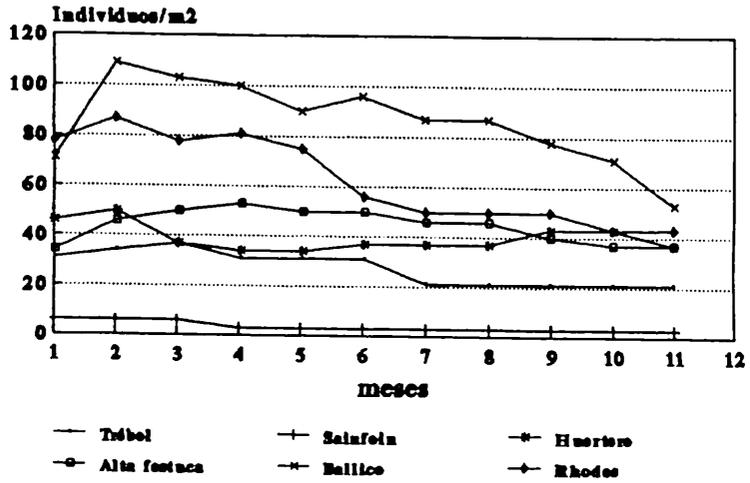


Figura 4.14 Cambios en la densidad de las especies en la mezcla UAAAN en el periodo experimental.

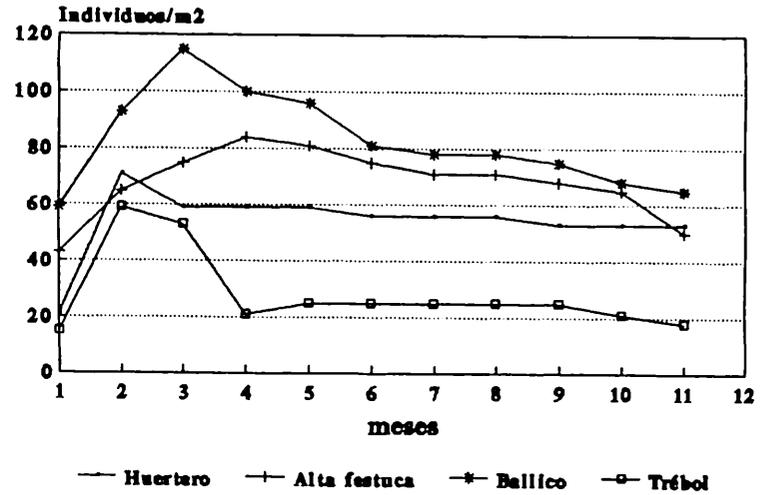


Figura 4.15 Cambios en la densidad de las especies en la mezcla comercial en el periodo experimental.

en el tamaño de la población fueron altamente diferentes en las dos mezclas. La densidad de la población declinó únicamente en la mezcla UAAAN, no así en la mezcla comercial donde se incrementó el número de plantas de huertero al final del estudio. Las fluctuaciones en la densidad de la población para cada mezcla fueron pequeñas, si consideramos el número de plantas nuevas y perdidas dentro de la misma población.

Por lo que respecta a los porcentajes de sobrevivencia se pudo observar que éste fue mayor para el zacate huertero en la mezcla comercial. Similares fueron los porcentajes observados de mortalidad de todos los individuos ya que fue mayor en la mezcla UAAAN.

Zacate alta festuca.

Alta festuca fue componente de las dos mezclas, donde su densidad varió de 34 a 43 plantas/m<sup>2</sup> para la mezcla UAAAN y la mezcla comercial respectivamente (figuras 4.14 y 4.15). Los cambios netos y las tasas de incremento de esta especie en las dos mezclas presentaron un comportamiento muy similar, sin embargo el número total de plantas nuevas que aparecieron a partir de agosto de 1992 fue mayor en la mezcla comercial. A pesar de esto los porcentajes de sobrevivencia fueron muy similares en las dos mezclas (73.5 y 79.0 por ciento, para la mezcla UAAAN y comercial respectivamente).

Al analizar el total de plantas registradas durante el estudio se pudo observar diferencias entre las mezclas, siendo mayor en la mezcla comercial (84 y 53, respectivamente). Asimismo se observaron diferencias en lo que respecta a los porcentajes de mortalidad, ya que este valor fue mayor en la mezcla comercial en un 30.6 por ciento más en comparación con la mezcla UAAAN.

Zacate ballico.

Las densidades de ballico en las unidades experimentales fue mayor en comparación con huertero y alta festuca con un rango de 59 a 71 plantas/m<sup>2</sup>. Se pudo observar que en las dos mezclas existió un número mayor de semillas de ballico que germinaron posterior al inicio de la evaluación (Figuras 4.14 y 4.15), lo cual incremento el número total de plantas al final del estudio. También se observó nuevamente que los porcentajes de sobrevivencia fueron mayores para ballico en la mezcla comercial que en la mezcla UAAAN (77.9 y 43.6, respectivamente). Los porcentajes de mortalidad en las dos mezclas también presentaron diferencias siendo mayor en la mezcla UAAAN, donde el ballico presentó un 53.9 por ciento.

Trébol fresa.

El trébol fresa estuvo como componente exclusivamente de la mezcla comercial donde presentó la densidad más baja

con 15 plantas/m<sup>2</sup> (Figura 4.15), sin embargo, esta especie registró un cambio neto positivo, lo que incrementó el número de plantas al final del estudio. El número total de plantas nuevas que presentó durante el período experimental fue muy similar al de los otros componentes de la mezcla.

De igual forma el porcentaje de sobrevivencia que presentó esta especie (80 por ciento) fue similar a lo observado en los otros componentes (festuca, ballico y huertero). Sin embargo, el porcentaje de mortalidad fue mayor al observado en huertero y ballico (52.3, 25.3 y 43.4 por ciento respectivamente) y menor al presentado por festuca (60.7 por ciento).

Trébol rojo.

El trébol rojo sólo estuvo como componente de la mezcla UAAAN donde presentó una densidad de 31 plantas/m<sup>2</sup>. El porcentaje de sobrevivencia a partir del número inicial de plántulas observado por esta especie fue de 48.3 por ciento; con un porcentaje de mortalidad para todos los individuos de 48.3, siendo éste muy similar al presentado por el zacate rhodes y la leguminosa sainfoin (Figura 4.14).

Zacate rhodes.

El zacate rhodes fue componente únicamente de la mezcla UAAAN con una densidad de 78 plantas/m<sup>2</sup> que fue mayor

en comparación a la de los otros componentes (figura 4.14). El zacate rhodes presentó un número bajo de plantas nuevas durante el período experimental (12), sin embargo, su porcentaje de sobrevivencia de las plantas iniciales fue del 51.2 por ciento.

El porcentaje de mortalidad de todos los individuos fue del 52.2 por ciento y el número de plantas perdidas durante el período de estudio fue de 47.

Sainfoin.

Sainfoin fue el componente con menor densidad en la mezcla UAAAN con solo 6 plantas/m<sup>2</sup> (Figura 4.14). Esta leguminosa fue la única especie que no presentó plantas nuevas a partir de agosto de 1992 y durante el tiempo que duró el estudio; pero sí presentó la muerte de 3 plantas, dando un porcentaje de sobrevivencia de las plantas iniciales del 50 por ciento y un porcentaje de mortalidad de todos los individuos del 50 por ciento.

#### Relación densidad-peso en unicultivos y mezclas

Dado que la producción es el producto de el peso medio por planta y del número total de plantas por unidad de área, en los tratamientos en unicultivo se observaron relaciones altamente significativas ( $P < 0.01$ ) entre densidad

Cuadro 4.10 Coeficientes de correlación lineal simple entre densidad-peso medio por planta y por superficie en unicultivos y mezclas.

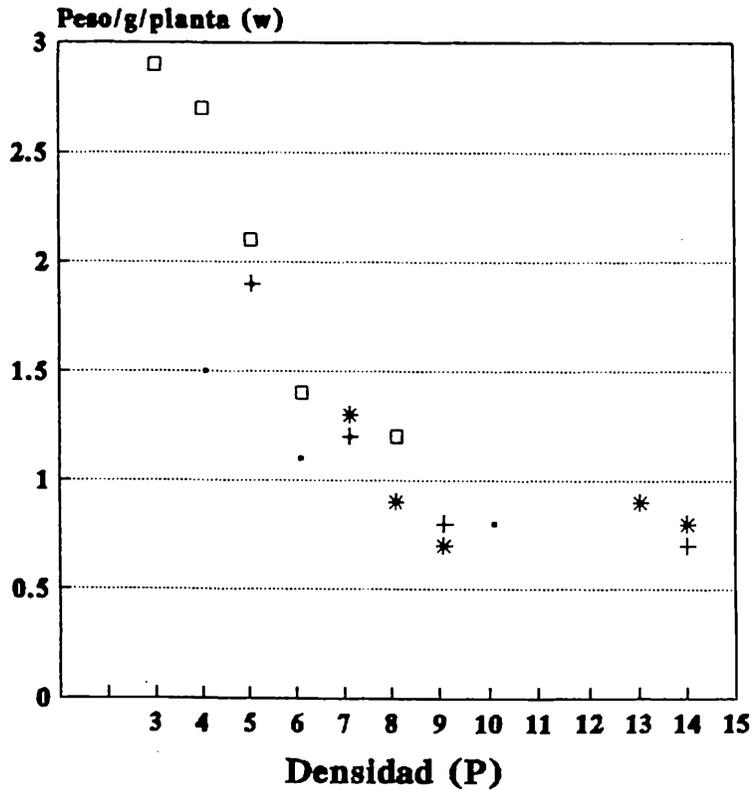
Tratamiento	Peso/medio/planta	Peso/medio/superficie
M. UAAAN	-. 68**	.92**
M. Comercial	-. 46**	.90**
Alta festuca	-. 71**	.96**
Rhodes	-. 67**	.94**
Ballico	-. 68**	.87**
Trébol	-. 70**	.87**
Huertero	-. 66**	.89**
Sainfoin	-. 66**	.85**

\*\* (P <0.01) Altamente significativo.

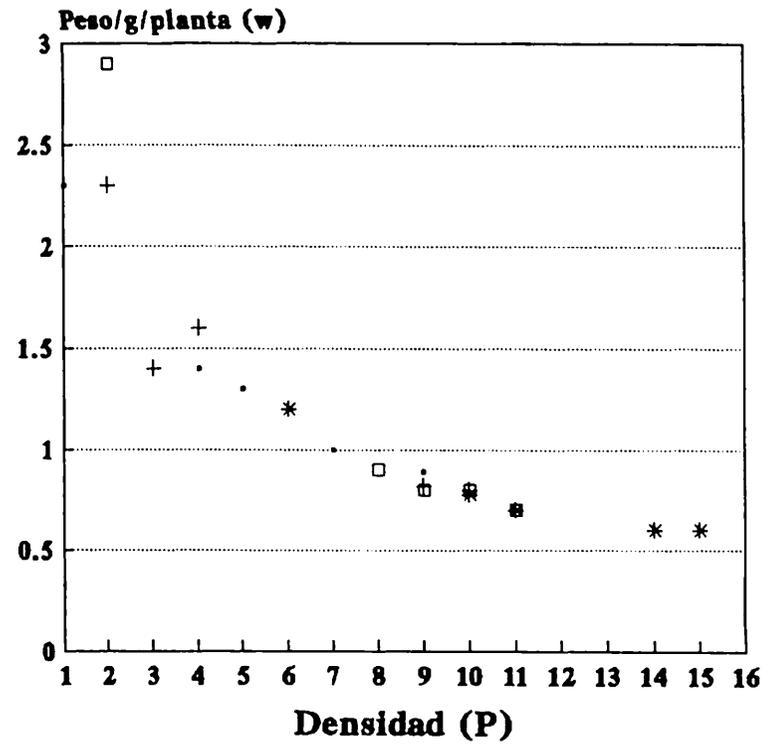
(P), peso medio por planta (W) y peso por unidad de superficie (Y) (Cuadro 4.10).

A medida que se incrementó la densidad de plantas por unidad de superficie, disminuyó el peso medio por planta, observándose una relación negativa altamente significativa (P <0.01). Las Figuras 4.16 y 4.17 ilustran los cambios en el peso por planta a diferentes densidades.

Al analizar la relación densidad-peso por superficie



• Hierbaero + Festuca \* Ballico □ Rhodes  
 Figura 4.16 Relación entre el peso medio por planta y la densidad en gramíneas en unicultivo.



• Sainfoin + Trébol  
 \* UAAAN □ Comercial  
 Figura 4.17 Relación entre el peso por planta y densidad en leguminosas en unicultivo y en mezclas.

en los unicultivos se observó que existe una correlación positiva altamente significativa ( $P < 0.01$ ) (Fig. 4.18).

Similar fue el comportamiento de la relación densidad- peso en la mezcla comercial y en la mezcla UAAAN (Cuadro 4.10), ya que la mayor densidad provocó que disminuyera el peso medio por individuo y en contraste aumentara la producción por superficie (Fig. 4.17 y 4.19).

#### Relación entre radiación y producción de MS total y estacional en mezclas y por unicultivo

Las relaciones entre la producción total de la mezcla UAAAN y de la mezcla comercial contra radiación expresada en calorías acumuladas fueron no significativas ( $P > 0.05$ ) con valores de  $r = .38$  y  $r = -.14$  respectivamente (Cuadro 4.11).

Las correlaciones de producción total de los unicultivos contra radiación presentaron un comportamiento muy similar ya que fueron en su mayoría no significativas ( $P > 0.05$ ) como se observa en el Cuadro 4.11. El zacate rhodes fué la única gramínea que presentó una relación significativa ( $P < 0.05$ ) con radiación.

Por otra parte con las estaciones del año tampoco hubo relación entre la producción de mezclas y unicultivos

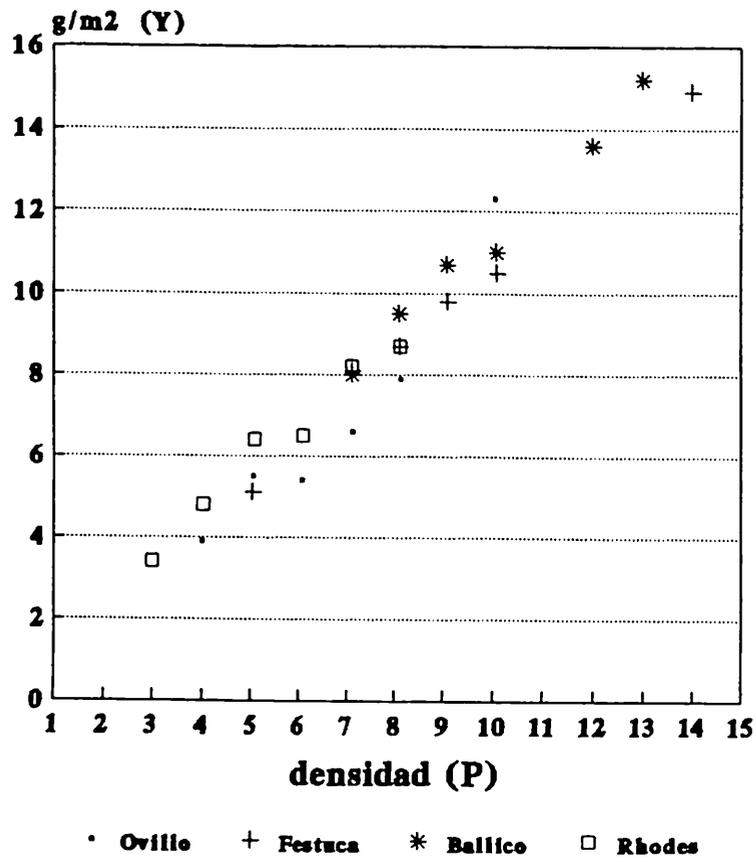


Figura 4.18 Relación entre la producción por superficie y la densidad en gramíneas en unicultivo.

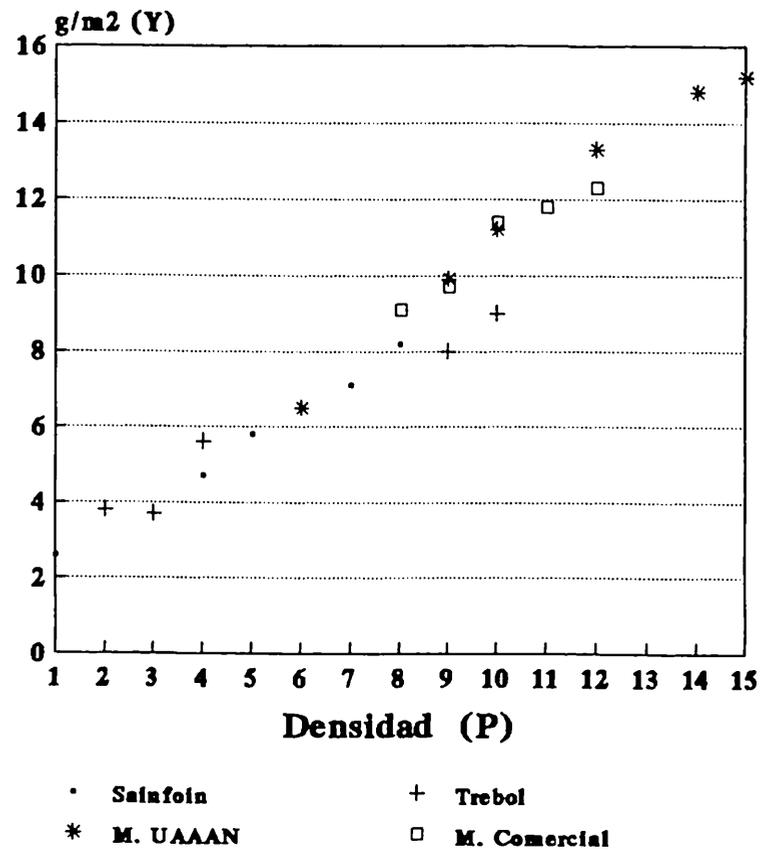


Figura 4.19 Relación entre la producción por superficie y densidad en leguminosas y mezclas.

Cuadro 4.11 Coeficientes de correlación lineal simple entre radiación solar y la producción total en mezclas y unicultivos.

TRATAMIENTOS	Calorías acumuladas
Prod. mezcla UAAAN	.38 ns
Prod. mezcla comercial	-.14 ns
Prod. alta festuca	-.20 ns
Prod. zacate rhodes	.61 *
Prod. zacate ballico	-.07 ns
Prod. zacate huertero	-.25 ns
Prod. trébol	-.30 ns
Prod. sainfoin	-.14 ns

\* (P <0.05) significativo.

con radiación.

Relaciones entre temperatura ( $^{\circ}\text{C}$  y Unidades calor) y Producción de materia seca total en mezclas y unicultivos

Al determinar el grado de asociación de estas variables, se observó que la temperatura expresada en unidades calor (UC) esta correlacionada de forma altamente significativa ( $P < 0.01$ ) con la producción presentada por el zacate rhodes. Para el resto de las variables no se observó relación alguna con UC (Cuadro 4.12).

Por otra parte se observó una relación significativa entre  $^{\circ}\text{C}$  acumulados y la producción del zacate rhodes ( $P < 0.05$ )

(Cuadro 4.12).

Cuadro 4.12 Coeficientes de correlación lineal simple entre temperatura en sus dos expresiones y la producción en mezclas y por unicultivo.

TRATAMIENTOS	UC. acumuladas	$^{\circ}\text{C}$ acumulados
Prod. mezcla UAAAN	0.54 ns	.54 ns
Prod. mezcla C.	0.03 ns	-.11 ns
Prod. alta festuca	-0.19 ns	-.30 ns
Prod. rhodes	0.83 **	.75 *
Prod. ballico	0.03 ns	-.10 ns
Prod. trébol	-0.19 ns	-.32 ns
Prod. sainfoin	0.01 ns	-.10 ns
Prod. huertero	-0.23 ns	-.33 ns

\*\* (P<0.01) Altamente significativo.

\* (P<0.05) Significativo.

Relaciones entre radiación, temperatura ( $^{\circ}\text{C}$  y UC) y la producción total en mezclas y componentes

Como se indicó anteriormente no se observó relación alguna entre radiación y la producción total de las dos mezclas. Para los componentes de las mezclas sólo se observó una relación significativa (P <.05) entre radiación y la producción del zacate rhodes; de igual forma esta gramínea fue la única que presentó un grado de asociación con temperatura expresada en unidades calor acumulados (P<0.05).

De igual forma esta gramínea fue la única que presentó un grado de asociación entre su producción y  $^{\circ}\text{C}$

acumulados ( $P < 0.05$ ) como lo indican los coeficientes de correlación en el Cuadro 4.13.

Cuadro 4.13 Coeficientes de correlación lineal simple entre radiación, temperatura ( $^{\circ}\text{C}$  y UC) y la producción total en mezclas y por componente.

Variables	Cal.	$^{\circ}\text{C}$ acum.	UC acum.
Mezcla UAAAN	.38 ns	.54 ns	0.51 ns
Mezcla Comer.	-.14 ns	-.11 ns	-0.11 ns
Alta festuca	-.27 ns	-.02 ns	-0.34 ns
Rhodes	.75 *	.63 *	0.86 *
Huertero	.31 ns	.21 ns	0.22 ns
Ballico	-.21 ns	-.11 ns	-0.39 ns
Sainfoin	.27 ns	.31 ns	0.64 ns
Trébol	-.33 ns	-.38 ns	-0.54 ns

\* ( $P < 0.05$ ) significativo.

## DISCUSION

Producción total anual de materia seca en mezclas.

Los valores de rendimiento de materia seca total obtenidos en el experimento indican que la producción de la mezcla UAAAN fue superior biológicamente a las producciones observadas en las gramíneas y leguminosas en unicultivo, no así estadísticamente como se puede apreciar en el Cuadro 4.5. Sin embargo, a pesar de que la producción del zacate festuca fue muy similar a la de la mezcla UAAAN (22 232 y 25 030 kg/ms/ha respectivamente) numerosos trabajos han indicado las ventajas de las mezclas, ya que éstas presentan una mejor distribución de la producción, mejoran la calidad de la dieta de los animales por la inclusión de leguminosas, las cuales mejoran la fertilidad de los suelos al fijar nitrógeno atmosférico evitando de esta manera la aplicación de fertilizantes nitrogenados (Mallarino y Wedin, 1990; Woledge et al., 1990; Haynes, 1980). Estos resultados son similares a los observados en diversos trabajos sobre el tema en nuestro país (Ornelas et al., 1992; Merino et al., 1986; Jiménez, 1983) y en otras partes del mundo (Townsend et al., 1990; Frame y Harkess, 1987) donde las mezclas de especies

forrajeras obtuvieron una mayor producción de forraje que cultivos puros de gramíneas (Barnett y Posler, 1983; Jones et al., 1988) y leguminosas (Mallarino y Wedin, 1990). Esto concuerda con lo observado por Lloveras (1987) en España quien al evaluar la utilización de múltiples cultivos en mezclas, observó un incremento en la producción de materia seca, a medida que se intensificó la utilización de diferentes cultivos, donde el maíz fue la base principal de este incremento.

Respecto a la composición botánica, en términos generales se pudo observar que al inicio y final de la etapa experimental las gramíneas dominaron en la mezcla.

Generalmente es aceptado que las gramíneas normalmente tienen ventajas competitivas sobre las leguminosas. Bidwell (1979) menciona que las raíces de las gramíneas son generalmente más finas que las de las leguminosas lo que les permite explorar mayores volúmenes de suelo y que ésto da a las gramíneas una ventaja competitiva sobre los tréboles en adquisición de nutrientes y agua (Woledge et al., 1992. Haynes (1980) menciona que la adaptabilidad a diversos ambientes por las gramíneas es debido al hecho de que la mayoría de las especies tienen sus puntos de crecimiento a ras de suelo, lo que les permite evadir daños por condiciones climáticas, fuego, corte o

apacentamiento.

Esta dominancia productiva de las gramíneas en cierta forma también pudo ser ocasionada por el manejo que se le dio al experimento, que fue bajo corte y no pastoreo, donde los animales pueden seleccionar las especies y donde éstos no consumen las especies simultáneamente y a la misma altura (Gardner, 1982), ya que existe una interacción significativa entre la intensidad de defoliación y hábito de crecimiento que tiene influencia en la composición botánica (Woledge et al., 1992). Por otra parte la dominancia de las gramíneas en la mezcla pudo deberse al número total de zacates y leguminosas utilizados, ya que en asociaciones binarias (una gramínea y una leguminosa) Merino et al., (1986) al final de su experimento reporta la dominancia de las leguminosas en todas las mezclas evaluadas.

Del 92 por ciento de la producción total de la mezcla que corresponde a las gramíneas, el zacate rhodes fue la especie que aportó una mayor producción (Figura 4.1) principalmente en primavera y verano, lo cual coincide con lo reportado por Flores (1985) quien indica que el zacate rhodes es una gramínea que tiene buena producción de forraje en las épocas más cálidas, no resistiendo bajas temperaturas (Cooper y Tainton, 1986), cumpliendo de esta forma el objetivo para el cual fue incluido en la mezcla, que fue el de mejorar la

producción en verano (Brougman, 1960; Díaz, 1992).

Alta festuca, zacate ballico y zacate huertero, después del zacate rhodes en este orden, fueron los componentes de mayor peso en la mezcla UAAAN. Estas gramíneas presentaron su máxima producción en la primavera lo que permitió una distribución más uniforme de la producción (Sheaffer et al., 1981). Reportes sobre la relativa competitividad de estas tres especies son raras y conflictivas, algunos autores indican que huertero es más agresivo que alta festuca (Henderlong et al., 1965), o bien que alta festuca es más competitiva que huertero (Templeton et al., 1965) cuando estas especies crecen bajo cortes frecuentes. Garwood y Sinclair (1979) reportan que bajo condiciones de sequía, alta festuca tuvo una producción mayor a la del zacate huertero y la del zacate ballico. El zacate huertero además de su vigor es también conocido por ser muy competitivo en asociaciones con sainfoin y alfalfa en comparación con festuca (Haynes, 1980) quien ha demostrado ser menos competitiva en mezclas (Sheaffer et al., 1981).

La leguminosa trébol rojo estuvo presente en un porcentaje muy bajo en la mezcla UAAAN (8.4) si consideramos que al momento de realizar la mezcla se utilizó una cantidad de semilla que permitiera al trébol por lo menos estar presente en un 25 por ciento de la producción total. Sin

embargo, su proporción fue en aumento en la mezcla, similares incrementos en la proporción del trébol en la biomasa total de las mezclas bajo corte frecuente han sido reportados (Marriott, 1988).

Diversas investigaciones se han llevado a cabo con el fin de medir la compatibilidad del trébol rojo con varias gramíneas observándose diferencias en la estabilidad de la proporción inicial en la mezcla (Camlin *et al.*, 1983). Laidlaw y McBratney (1980) al evaluar la compatibilidad de ballico perenne y alta festuca con trébol rojo, encontraron que ballico disminuyó más el contenido de trébol rojo en la mezcla siendo más compatible con alta festuca.

En el primer corte la leguminosa sainfoin fue el componente con menor porcentaje en la mezcla UAAAN y desapareció a partir del cuarto corte, observándose una pobre persistencia bajo el sistema de manejo utilizado en la evaluación, lo cual concuerda con lo reportado por Smoliak y Hanna, (1975). Información concerniente a las relaciones de causa-efecto entre manejo de la defoliación y persistencia de sainfoin son limitadas. Estudios realizados por Mowray y Matches (1991) para evaluar la persistencia de sainfoin bajo apacentamiento y corte con diferentes intensidades de defoliación y a diferentes estados fenológicos observaron que no existió diferencia para la persistencia de esta especie ya

sea utilizada bajo corte o pastoreo directo por el animal, observando también que existieron diferencias en la producción de materia seca entre los períodos de cosecha (33, 34 y 64 días), concluyendo que el sainfoin defoliado cuando presenta un 30 por ciento de floración (39 días) mejora su persistencia, días entre frecuencias de corte recomendados para esta especie (Bolger y Matches, 1990).

Sin embargo, los patrones de defoliación bajo pastoreo pueden diferir de los patrones de defoliación bajo corte (Pierson y Scarnecchia, 1987). Griggs y Matches (1991) al evaluar mezclas de sainfoin y agropyron observaron que la proporción de sainfoin en la producción de la mezcla disminuyó con sucesivas defoliaciones. Por otra parte se pudo apreciar que sainfoin no fue una especie agresiva y por lo tanto no competitiva lo que pudo ocasionar que desapareciera de la mezcla. Ya que en la mezcla respondió diferentemente a la defoliación a lo observado en cultivo puro, probablemente como un resultado de diferencias entre la competencia intra e interespecífica (Hall, 1978).

La mezcla comercial presentó una baja producción media total de forraje al final del estudio, siendo superior únicamente al tratamiento cinco (sainfoin), esto quizá se debió a que aún que Lotus corniculatus (Trébol pata de pájaro) y Bromus catharticus (zacate avenilla) eran elementos

de la mezcla, no se observaron como componentes de la misma, Seaney y Henson (1984) mencionan que el desarrollo de las plántulas de trébol pata de pájaro es menor en comparación con las de otros cultivos y que ésto quizá al inicio de la competencia afecta la sobrevivencia del trébol, disminuyendo ésto la densidad de población al inicio de la evaluación, ya que se considera que la tasa de emergencia a partir de la semillas son importantes para mantener la producción y los balances gramíneas-leguminosas en mezclas (Haynes, 1980).

Por otra parte dada la falta de componentes en la mezcla, los que la formaron (ballico, festuca, huertero y trébol) presentaron un comportamiento primaveral donde el ballico fue el componente más importante. Estos resultados de una mayor producción de las gramíneas en primavera coinciden con los obtenidos por Anslow y Green (1968). El trébol presentó un comportamiento similar al observado en la mezcla UAAAN, así como la producción porcentual total al final del estudio.

Sin embargo, en el cuadro 9 se puede observar que la mezcla superó al zacate huertero, ballico y sainfoin en la primavera (Mooso y Wedin, 1990) y al trébol rojo en verano, así como al rhodes en invierno, lo cual indica una mejor distribución de la producción por parte de la asociación.

Producción estacional de materia seca en mezclas y unicultivos.

En cuanto a la distribución estacional de la producción existen diferencias entre las praderas puras de gramíneas (Avendaño, 1978; Sheaffer et al., 1981), leguminosas (Victoria, 1980; Camlin et al., 1983) y las asociaciones (Mooso y Wedin, 1990; Mallarino y Wedin, 1990).

Las especies combinadas en las mezclas UAAAN siguieron un patrón anual distinto de producción, pero no el más idóneo, que era el de que las gramíneas ballico, huertero y festuca presentaran una mayor producción en invierno cuando la producción del zacate rhodes es muy baja llegando en algunos casos a cero producción, así como la producción de las leguminosas trébol y sainfoin. Sin embargo, las gramíneas tuvieron su más alta producción en primavera, reportando su menor producción a principios de otoño y durante el invierno. Como se puede apreciar en el Cuadro 4.6 no se observaron diferencias significativas entre las estaciones de primavera, verano y otoño, pero sí de estas tres estaciones con la estación de invierno. Lo anterior deja claro la necesidad de especies perennes, gramíneas y leguminosas que presenten su mayor producción en invierno con el fin de amortiguar la baja producción de forraje en esta estación del año.

Comportamiento similar fue observado en la mezcla comercial donde su mayor producción fue obtenida en primavera siendo ésta estadísticamente diferente a verano, otoño e invierno. Esto se debió a que ballico, huertero, alta festuca y trébol fresa como componentes de la mezcla tuvieron un comportamiento primaveral. Como se observa en el cuadro 4.1 la producción del mes de agosto de este tratamiento es de solo 675 kg/ms/ha contra 2400 kg/ms/ha del tratamiento mezcla UAAAN, cuya diferencia básica fue la inclusión del zacate rhodes. Por lo que se considera conveniente además de incluir especies que presenten mayor producción en invierno también incluir alguna o algunas gramíneas de crecimiento en verano (*Panicum*, *Chloris*, etc.), como en el caso de la mezcla UAAAN.

Como se pudo apreciar en las Figuras 4.7, 4.8, 4.9, 4.10, 4.11 y 4.12 los tratamientos de unicultivos presentaron una mayor estacionalidad que las asociaciones estudiadas aquí (Orr et al., 1988; Menzi et al., 1991). Esto se explica porque al asociar especies hay cambios en el comportamiento productivo determinado por la competencia por luz, nutrientes y humedad (Harper, 1983 ; Smetham, 1981). Ocasionando una compensación en las velocidades de crecimiento en las gramíneas y leguminosas, que se ve reflejado en la disparidad de las curvas de crecimiento de las especies cuando están solas y cuando están en asociación con otras como se aprecia

en la Figura 4.13. Aarssen (1985) menciona al respecto que las especies que están en coexistencia necesitan desarrollar habilidades de combinación, porque de lo contrario éstas pueden no ser capaces de continuar coexistiendo, como se observó en el caso de la leguminosa sainfoin.

Dinámica poblacional de las mezclas.

Al analizar la dinámica poblacional en las dos mezclas se pudo observar que los cambios netos en las poblaciones fueron diferentes a altas y bajas densidades ya que las plántulas son estados altamente vulnerables en el ciclo de vida de las especies, pero de acuerdo a Harper (1983) esto representa solamente una vía por medio de la cual nuevas plantas son incluidas en la población. Los patrones estacionales de mortalidad en las poblaciones mostraron altas diferencias entre las especies. El análisis de mortalidad de los componentes indicaron claramente que las tasas de mortalidad ocurren durante los meses de invierno e inicio de la primavera, lo cual nos indica que el rigor del clima juega un rol importante en la regulación de la población y no así la mutua demanda de recursos como podría ser cuando el crecimiento activo de las especies se lleva a cabo (primavera y verano), lo cual no concuerda con lo observado por Langer et al., (1964) en Phleum pratense y Festuca pratensis y por Robson (1968) con Festuca arundinacea quienes observaron que

el intenso proceso de crecimiento de las plantas en una población quizá sea el mayor factor que determine la sobrevivencia.

Por lo que se puede decir que la mortalidad, crecimiento y sobrevivencia son elementos críticos en el ciclo de vida de las especies, Sarukhan y Harper (1973) mencionan que sin embargo, pocos trabajos toman en cuenta estos aspectos, que están fuertemente relacionados con la producción de materia seca aportada por cada componente en las mezclas. Por lo tanto las implicaciones del análisis de estos datos ayudan a conocer la base de la organización y dinámica de poblaciones, que nos permite usarlas para estructurar un manejo que tienda a explotar los recursos de forma que su uso sea menos acelerado que el de su reemplazamiento.

Relación densidad-peso en unicultivos y mezclas.

Como se pudo observar existió una relación altamente significativa entre la densidad-peso medio por planta y densidad peso por superficie tanto para gramíneas, leguminosas y mezclas, lo cual es lógico ya que estas relaciones intervienen en la producción (Smith, 1986).

A medida que se incrementó la densidad de plantas por

unidad de superficie disminuyó el peso medio por planta, Willey y Heath (1967) indican que la mayor densidad provoca no sólo que disminuyan los rendimientos del individuo, sino que se llega a tener mortalidad. Por otra parte con los incrementos en densidad se pudo observar incrementos en la producción por unidad de superficie, Kays y Harper (1969) indican que este aumento es hasta cierto punto, ya que posteriormente las producciones disminuyen y que esto se debe a dos causas: a) el peso por individuo sigue reduciéndose y b) se inicia el proceso de mortalidad. Por otra parte White y Harper (1970) señalan que en poblaciones densas de una amplia variedad de especies de plantas, los dos procesos de crecimiento, el peso de los sobrevivientes y la mortalidad están estrechamente relacionados. Este proceso de autorregulación fue primeramente llamado la ley de la  $-3/2$  propuesta por Yoda et al., (1963) "cuando la media logarítmica del peso de la planta (W) es graficado contra la densidad logarítmica de los sobrevivientes (P), la línea tiene una pendiente de  $-3/2$ , que nunca es rebasada aún que se apliquen más estímulos externos a esta población".

Relación entre radiación, temperatura ( $^{\circ}\text{C}$  y UC acumulados) y producción de materia seca total en mezclas componentes y unicultivos.

Las correlaciones de producción total de las mezclas

(UAAAN y comercial), unicultivos y componentes fueron en su mayoría no significativas, ya que el zacate rhodes fue la única especie que presentó un cierto grado de relación con radiación. Lo cual no concuerda con otros autores (Hill y Pearson, 1985; Cooper y Taiton, 1968; Aslow y Green, 1967) quienes consideran que la acumulación de materia seca en las especies está fuertemente correlacionada con la cantidad y calidad de luz. Esto quizá haya estado influenciado por la vía fotosintética a la que pertenecen las especies, para nuestro caso la única especie  $C_4$  fue el zacate rhodes, perteneciendo el resto a la vía  $C_3$  (Valdéz y Fernández, 1991), lo que implica diferencias a nivel bioquímico que impactan al nivel fisiológico, resultando en un rango diferente de tolerancia a las condiciones ambientales como alta temperatura y elevada intensidad luminosa.

Ludlow (1978) indica que las especies con vía fotosintética  $C_3$  alcanzan un nivel de saturación de luz con un 30 o 50 por ciento de la iluminación solar, el trébol rojo por ejemplo su tasa de crecimiento es menos afectada que la de alfalfa cuando la radiación disminuye ya que crece con un 15 por ciento del total de luz solar (Bowley et al., 1984), en tanto que las  $C_4$  no se saturan ni siquiera con la exposición solar total, lo cual está relacionado con el rendimiento de forraje (Jones, 1982), ya que como se sabe la fotosíntesis está altamente relacionada con la producción de

fitomasa (Ludlow, 1978). En nuestro caso la no relación entre producción y radiación en la mayoría de los tratamientos pudo deberse al efecto de la mezcla o al lugar en que se llevó a cabo la investigación.

De la misma manera al analizar el grado de asociación de temperatura expresada en °C y UC acumuladas con la producción en mezclas, componentes y unicultivos se pudo observar de nuevo que sólo el zacate rhodes está correlacionado de forma altamente significativa con unidades calor y en forma significativa con °C acumulados. Estos resultados no coinciden con los de Lemairé y Salette (1982) y Bowley et al., (1984) quienes encontraron a huertero, festuca y trébol rojo respectivamente correlacionados con temperatura. Así como los resultados de Menzi et al., (1991) quienes al evaluar una mezcla comercial a base de ballico, huertero, alta festuca, trébol blanco y trébol rojo observó que el crecimiento de estas especies fue más afectado por la temperatura que por la radiación.

Numerosos trabajos han reportado la importancia de la temperatura sobre la producción de forraje (Hunter y Grant, 1971; Thomas y Norris, 1977; Davies y Morgan, 1988), ya que la tasa neta fotosintética declina rápidamente a bajas temperaturas (5-10 °C) en el caso de ballico, alta festuca y huertero (Cooper y Tainton, 1968) influenciando su

productividad y sobrevivencia, determinando su potencial de combinación con otras especies en mezclas (Hill y Pearson, 1985).

## CONCLUSIONES

- 1.- Los diferentes patrones de producción estacional de las especies incluidas en la mezcla UAAAN contribuyen a obtener una mayor producción de forraje en comparación con las especies en unicultivo.
- 2.- La producción de forraje en la mezcla comercial fue baja en comparación a unicultivos, debido a la estacionalidad que presentaron sus componentes.
- 3.- La mayor producción de forraje en la mezcla UAAAN, así como su mayor uniformidad durante las cuatro estaciones del año se debió principalmente al efecto de relevo que se presenta utilizando especies con períodos de crecimiento diferentes.
- 4.- Se requiere incluir en las mezclas especies con una mayor capacidad de producción a bajas temperaturas (cereales) con el fin de subsanar la escasez de forraje durante esta época.
- 5.- Para la mezcla comercial además de incluir especies de invierno, se requiere la inclusión de especies con patrones de crecimiento en verano con el fin de mantener estable la producción en todo el año.

6.- La producción de gramíneas y leguminosas en unicultivo fue estacional, presentando su máxima producción en primavera.

7.- No se observó relación entre la producción de las mezclas, leguminosas y la mayoría de las gramíneas con temperatura y radiación. El zacate rhodes fue la única especie relacionada con temperatura en sus dos expresiones y radiación.

## RESUMEN

El presente trabajo se desarrolló en el campus de la UAAAN, ésta se ubica a  $100^{\circ} 57''$  longitud oeste y  $25^{\circ} 28''$  latitud norte, con una altitud de 1743 msnm. Los objetivos del trabajo fueron establecer las curvas de producción estacional de dos mezclas y para cada una de las especies componentes de las mismas, así como obtener la relación entre componentes dentro de estas. Los tratamientos evaluados fueron: Dactylis glomerata (T1), Festuca arundinacea (T2), Lolium perenne (T3), Chloris gayana (T4), Onobrichys viciaefolia (T5), Trifolium pretense (T6), mezcla UAAAN (T7) y mezcla comercial (T8). Se sembraron 32 unidades experimentales bajo un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. Posterior a un corte de uniformización se inició la toma de datos en agosto de 1992. Los muestreos se realizaron cada 28 días, muestreando en un área de  $.25 \text{ m}^2$  para determinar la producción de forraje para los tratamientos y por componentes en el caso de mezclas. El mejor tratamiento fue la mezcla UAAAN, con una producción anual total de 25 030 kg de materia seca por hectárea, de la cual el 91.2 por ciento correspondió a la producción de las gramíneas y el 8.8 por ciento a la producción de las leguminosas. No se encontraron relaciones significativas ( $P > 0.05$ ) de la producción total de las mezclas con temperatura y radiación.

La máxima producción de los unicultivos fue en la primavera. Se concluye que el uso de la mezcla UAAAN mejora la distribución de la producción de forraje a través del año, en comparación a la utilización de unicultivos.

## LITERATURA CITADA

- Aarssen, L. W. 1985. Interpretation of the evolutionary consequences of competition in plants: an experimental approach. *Oikos* 45:99-109.
- Anslow, R. C. and J. O. Green. 1967. The seasonal growth of pasture grasses. *J. Agric. Sci. Camb.* 68:109-122.
- Arnon, I. 1972. *Grop production in dry regions.* Leonard Hill. London. 546 pp.
- Avendaño, M. J. C. 1978. Determinación de la curva de producción de gramíneas perennes en siembras puras. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Autónoma-Chapingo. Chapingo, México. p. 89.
- Ball, D. M.; C. S. Hoveland and G. D. Lacefield. 1991. Southern forages. Published by the Potash & Phosphate Institute (PPI) and Foundation for Agronomic Research (FAR). Atlanta, Georgia, USA. 256 pp.
- Barbour, M.G. 1980. *Terrestrial plant ecology.* 2nd. Edition. Menlo Park, California, USDA. 407 pp.
- Barnett, F. L. and Posler G. L. 1983. Performance of cool season perennial grasses in pure stands and in mixture with legumes. *Agronomy Journal*, 75:582-586.
- Bidwell, R. G. S. 1979. *Fisiología vegetal.* Primera edición en español. Ed AGT. México. 546 pp.
- Bolger, T. P. and A. G. Matches. 1990. Water-use efficiency and yield of sainfoin and alfalfa. *Crop. Sci.* 30:143-148.
- Bowley, S. R. , N. L. Tayler and C. T. Dougherty. 1984. Physiology and morphology of red clover. *Advances in Agronomy*, 37:317-347.
- Brickford, E. D. and S. Dunn. 1972. *Lighting for plant growth.* The Kent State University Press. p. 86-87
- Brougham, R. W. 1960. The effects of frequent hard grazings at different times of the year on the productivity and species yields of a grass-clover pasture. *N. Z. J. Agric. Res.* 3:125-136.

- Buck, D. C.; R. D. Cohen and D. A. Christensen. 1989. Effects of various plant growth regulators on the nutritive value and yield of some grass species, red clover and grass- legume mixtures. *Can. J. Plant Sci.* 69:465-480.
- Camlin, M. S.; T. J. Gilliland and R. H. Stewart. 1983. Productivity of mixtures of italian ryegrass and red clover. *Grass and Forage Sci.* 38:73-78.
- Casler, M. D. 1988. Performance of Orchardgrass, smooth bromegrass and ryegrass in binary mixtures with alfalfa. *Agronomy Journal*, 800:509-514.
- Comisión de Estudios del Territorio Nacional. (CETENAL). 1977. Saltillo. Carta geológica. G-1473. Escala 1:50000. Saltillo, Coahuila, México.
- Cooper, J. P. and N. M. Tainton. 1986. Light and temperature requeriments for the growth of tropical and temperate grasses. *Herbage abstracts.* 38 (3):167-176.
- Costa, N. de L.; C. A. Goncalves y J. R. da C. Oliveira. 1991. Avaliacao agronomica de gramíneas e leguminosas forrageiras asociadas em Rondonia, Brasil. *Pasturas Tropicales.* 13(3):35-38. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia.
- Chamblee, D. S. 1958. Some above and below ground relationships of an alfalfa-orchardgrass mixture. *Agronomy Journal*, 50:434-437.
- Chessmore, R. A. 1979. Tall fescue production and management other winter pasture grass. In: *Profitable pasture management.* p. 87-119.
- Davies, D. A. and T. E. H. Morgan. 1988. Variation in spring temperatures, grass production and response to nitrogen over twenty years in the uplands. *Grass and Forage Science.* 43:159-166.
- De Wit, C. T. 1960. On competition. *Institute Biological and Chemical Research on Field Crops and Herbage.* No. 68 Wageningen, The Netherlands.
- Díaz, S. H. 1992. Praderas de riego en el Norte de México. En: Anónimo. Seminario sobre bovino de carne. *Memorias.* Universidad Autonoma Agraria "Antonio Narro". 29-30 de Septiembre, Saltillo, Coahuila, México.

- Donald, C. M. 1958. The interaction of competition for light and for nutrients. *Aust. Journal Agric. Res.* 9:421-435.
- Elton, C. S. and R. S. Miller. 1954. The ecological survey of animals communities: with a practical system of classifying habitats by structural characters. *J. of Ecol.* 42:360-496.
- Flores, M. S. 1985. Gramíneas. capítulo 5 en: *Bromatología animal*. 3 ed. Limusa, México, D. F. p. 213-419.
- Frame, J. and R. D. Harkess. 1987. The productivity of four forage sown alone and with each of five companion grasses. *Grass and Forage Science.* 42:213-223.
- Gangi, A.S., D. O. Chilcote and R.V. Frakes. 1983. Growth floral introduction and reproductive development in selected perennial ryegrass. In: *Herb. Abst.* 54: 396. in abstract:3581.
- Gardner, A. L. 1982. Evaluación por corte y pastoreo en parcelas pequeñas: comparación de resultados. En: *Germoplasma forrajero bajo pastoreo en pequeñas parcelas. Metodologías de evaluación.* O. Paladines y C. Lascano (eds.) RIEPT. Cali, Colombia. p. 107-120.
- Garwood, E. A. and J. Sinclair. 1979. Use of water by six grass species. 2. Root distribution and use of soil water. *J. Agric. Sci. (Camb.)* 93:25-35.
- Garza, T. R. 1957. Comportamiento de asociaciones de zacates y leguminosas en praderas artificiales en los valles de México y Toluca. Tesis Licenciatura. ESAAN. Buenavista, Saltillo, Coah., México.
- Griggs, T. C. and A. G. Matches. 1991. Productivity and consumption of wheatgrasses and wheatgrasses-sainfoin mixtures grazed by sheep. *Crop Sci.* 31:1267-1273.
- Grime, Ph. 1982. Estrategias de adaptación de las plantas y procesos que controlan la vegetación. 2 ed. Limusa. USDA . 297 pp.
- Gutiérrez, C. J. 1992. Análisis de costos de alimentación de un sistema de producción pecuario con base en la producción de praderas. Problema Especial. Maestría en Manejo de Pastizales. Programa de Graduados. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. Inédito. 33 pp.

- / Gutiérrez, N. M. 1991. Comportamiento productivo estacional de una mezcla de especies forrajeras irrigadas. Tesis Licenciatura. I.A.Z. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Buenavista, Saltillo, Coahuila. 49 pp.
- Hall, R. L. 1974. Analysis of the nature of interference between plants of different species. I. Concepts and extension of the De Wit analysis to examine effects. Aust. J. Agric. Res. 25:739-747.
- Hall, R. J. 1978. The analysis and significance of competitive and non-competitive interference between species. Wilson, J. (Ed.) In: Plant relations in pastures. CSIRO. Melbourne, Aust. p. 163-174
- Harkess, R. D.; M. W. Morrison and J. Frame. 1990. Herbage productivity of brome grass (Bromus carinatus). Grass and Forage Science. 45:383-392.
- Harper, J. L. 1964. The individual in the population. J. Ecol. 52: 149-158.
- Harper, J. L. 1983. Population biology of plants. Sixth printing. Academic Press INC. publishers. New York. 892 pp.
- Harris, G. A. 1967. Some competitive relationships between Aropyron spicatum and Bromus tectorum. Ecological Monographs 37:89-111.
- / Haynes, R.J. 1980. Competitive aspects of the grass-legume association. Advances in Agronomy, 33:227-261.
- Henderlong, P. R.; R. E. Blaser and R. W. Worley. 1965. Growth and botanical composition of orchardgrass, tall fescue and bluegrass as affected by K and N fertilization. Agron. Abstr. p. 35.
- Hill, M. J. and C. J. Pearson. 1985. Primary growth and regrowth responses of temperate grasses to different temperatures and cutting frequencies. Aust. J. Agric. Res. 36:25-34.
- Hunter, R. F. and Grant S. A. 1971. The effect of altitude on gras growth in east Scotland. J. Appl. Ecol. 8:1-19.
- International Seed Testing Association. (ISTA). 1985. Rules for seed testing. Seed Science and Technology. 13: 299-355.

- Jiménez, M. A. 1983. Curvas de producción de 27 asociaciones de gramíneas y leguminosas forrajeras de clima templado. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. pp. 60.
- Jones, R. R. 1982. Efecto del clima, el suelo, y el manejo del pastoreo en la producción y persistencia del germoplasma forrajero tropical. O. Paladines y Carlos Lascano (Eds.) En: Germoplasma forrajero bajo pastoreo en pequeñas parcelas. Metodologías de evaluación. RIEPT. Cali, Colombia. p. 11-31.
- Jones, T. A., I. T. Carlson and D. R. Buxton. 1988. Reed canarygrass binary mixtures with alfalfa and birdsfoot trefoil in comparison to monocultures. *Agronomy Journal*, 80:49-55.
- Kanyama-Phiri, G. Y., C. A. Raguse and K. L. Taggard. 1990. Responses of a perennial grass-legume mixture to applied nitrogen and differing soil textures. *Agronomy Journal*, 82:488-495.
- Karnezos, T. P. and A. G. Matches. 1991. Lamb production on wheatgrasses and wheatgrasses-sainfoin mixtures. *Agron. J.* 83:278-286.
- Kays S. and J. L. Harper. 1969. The regulation of plant and tiller density in a grass sward. *J. of Ecol.* 62:97-105.
- Laidlaw, A. S. and J. McBratney. 1980. The effect of companion perennial rygrass cultivars on red clover productivity when timing of first cut is varied. *Grass and Forage Science*. 35:257-265.
- Lascano, C. E. y P. Avila. 1991. Potencial de producción de leche en pasturas solas y asociadas con leguminosas adaptadas a suelos ácidos. *Pasturas Tropicales*. 13(3):2-10. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia.
- Langer, R. H. M., Ryle, S. M. & Jewiss, O. R. 1964. The changing plant and tiller populations of timothy and meadow fescue swards. I. Plant survival and the pattern of tillering. *J. Appl. Ecol.* 1, 197-208.
- Lemaire, G y Salette, S. 1982. The effects of temperature and fertilizer nitrogen on the spring growth of tall fescue and cocksfoot. *Grass and Forage Sci.* 37:191-198.
- Ludlow, M. M. 1978. Light relations of pasture plants. Wilson, J. R. (ed.) *In plant relations in pastures*. CSIRO. Melbourne, Aust. p. 35-40.

- Lloveras, V. J. 1987. Forage production and quality of several crop rotations and pastures in northwestern Spain. *Grass and Forage Science*. 42:241-247.
- Mack, R.; Harper, J. L. 1977. Interference in dune annuals spatial pattern and neighbourhood effects. *J. Ecol.* 65:345-363.
- Mallarino, A. P. and W. F. Wedin. 1990. Effect of species and proportion of legume on herbage yield and nitrogen concentration of legume-grass mixtures. *Grass and Forage Sci.* 45:393-402.
- Marriott, C. A. (1988) Seasonal variation in white clover content and nitrogen fixing (acetylene reducing) activity in a cut upland sward. *Grass and Forage Science*, 43, 253-262.
- Mendoza, H. J. M. 1983. Diagnóstico climático para la zona de influencia inmediata de la UAAAN. Departamento de Agrometeorología UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coahuila. México. 616 pp.
- Menzi, H.; H. Blum and J. Nosberger. 1991. Relationship between climatic factors and the dry matter production of swards of different composition at two altitudes. *Grass and Forage Science*. 46:223-230.
- Merino, J. A.; J. C. Avendaño; R. Herrera Gallegos y J. Solano Vergara. 1986. Producción de forraje de asociaciones simples de gramíneas y leguminosas de clima templado. *Chapingo*. 52:17-24.
- Merino, J. A. 1987. Rangos climáticos de gramíneas y leguminosas usadas en praderas. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Miller, R.S. 1967. Pattern and process in competition. *Advances in Ecology Res.* 4:1-74.
- Mooso, G. D. and W. F. Wedin. 1990. Yield dynamics of canopy components in alfalfa-grass mixtures. *Agronomy Journal*, 82:696-701.
- Mowrey, D. P.; A. G. Matches and R. L. Preston. 1992. Technical note: Utilization of sainfoin by grazing steers and a method for predicting daily gain from small-plot grazing data. *J. Anim. Sci.* 70:2262-2266.

- Mowrey, D. P. and A. G. Matches. 1991. Persistence of sainfoin under different grazing regimes. *Agron. J.* 83:714-716.
- Núñez, H. G.; O. A. Martínez; P. R. Hernández y S. Tiscareño. 1991. Crianza de vaquillas lecheras en praderas de ballico perenne (*Lolium perenne*) en la zona templada de México. Memorias de la XXIII Reunión anual de la A.M.P.A. Saltillo, Coahuila, México.
- Ornelas, G. L.; A. J. Merino y J. L. Castrellón Montelongo. 1992. Asociación ballico anual (*Lolium multiflorum* Lam.) con veza común (*Vicia sativa* L.) para forraje en invierno. *Chapingo.* 77:118-121.
- Orr, R. J.; A. J. Parsons; T. T. Treacher and P. D. Penning. 1988. Seasonal patterns of grass production under cutting or continuous stocking managements. *Grass and Forage Science.* 43:199-207.
- Parker, R. J. and B. R. Moss. 1981. Nutritional value of sainfoin hay compared with alfalfa hay. *J. Dairy Sci.* 64:206-210.
- Pierson, F. B. and D. L. Scarnecchia. 1987. Defoliation of intermediate wheatgrass under seasonal and short-duration grazing. *J. Range Manage.* 40:228-232.
- Robson, M. M. 1968. The changing tiller population of spaced plants of S. 170 tall fescue (*Festuca arundinacea*). *J. appl. Ecol.* 5, 575-90.
- Sánchez, M. A. 1977. Asociación de dos gramíneas con tres leguminosas. Tesis de Licenciatura. UANL. México.
- Sarukhán, J. and Harper J. L. 1973. Studies on plant demography: *Ranunculus repens* L. *R. Bulbosus* L. and *R. Acris* L. *J. Ecol.* 61:675-716.
- Scehovic, J. 1981. The influence of the environment on quality of grasses. In: *Herb. Abst.* 55 :45. in abstract:394
- Seaney, R. R. and P. R. Henson. 1967. Birdsfoot trefoil. *Advances in Agronomy.* 44:119-157.
- Sheaffer, C. C.; A. W. Hovin and D. L. Rabas. 1981. Yield and composition of orchardgrass, tall fescue and reed canarygrass mixtures. *Agronomy Journal,* 75:101-106.

- Silvertown, W. J. 1982. Introduction to plant population ecology. First published. Logman, London. 209 pp.
- Smetham, M. L. 1981. Especies y variedades de leguminosas forrajeras. En: Las pasturas y sus plantas. R. H. Langer (ed.) Editorial Agropecuaria Hemisferio Sur. Montevideo. p. 97-146.
- Smith, R. L. 1986. Elements of ecology. Second Edition. Harper & Row, publishers, New York. 677 pp.
- Smoliak, S. and M. R. Hanna. 1975. Productivity of alfalfa, sainfoin and cicer milkvetch on subirrigated land when grazed by sheep. Can. J. Plant Sci. 55:415-420.
- Stobbs, T. H. 1975. Factors limiting the nutritional value of grazed tropical pastures for beef and milk production. Trop. Grasslands 9:141-150.
- Templeton, W. C., T. H. Taylor and J. R. Todd. 1965. Comparative ecological and agronomic behavior of orchardgrass and tall fescue. Kentucky Agric. Exp. Stn. Bull. 699.
- Thomas, H. and Norris I. B. 1977. The growth responses of Lolium perenne to the weather during winter and spring at various altitudes in mid-wales. J. Appl. Ecol. 14:949-964.
- Torres, R. E. 1983. Agrometeorología. Ed. Diana. México. p. 39-80
- Townsend, C. E., H. Kenno and M. A. Brick. 1990. Compatibility of Cicer Milkvetch in mixtures with cool-season grasses. Agronomy Journal, 82:262-266.
- Trenbath, B. R. 1978. Models and interpretation of mixture experiments. Wilson, J. (Ed.) In: Plant relations in pastures. p. 145-162.
- Turkington, R.A.; P.B. Cavers and L. W. Aarssen. 1977. Neighbor relationships in grass-legume communities: 1 Interspecific contacts in four grassland communities near London, Ontario. Can. J. Bot., 55:11
- Valdés, R. J. y J. M. Fernández B. 1991. Gramíneas  $C_3$  y  $C_4$  de Coahuila, México: Implicaciones ecofisiológicas. Revista Manejo de Pastizales 4 (2):6-22.

- Valles, B.; E. Castillo y T. Hernández. 1992. Producción estacional de leguminosas forrajeras en Veracruz, México. *Pasturas Tropicales*. 14(2):32-36. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia.
- Victoria, V. J. M. 1980. Determinación de la curva de producción de leguminosas perennes en siembras puras. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- White, D. B. and M. H. Smithberg. 1977. Acclimation and deacclimation in cool-season grasses. In: *Herb. Abst.* 5 :163. in abstract:1359.
- White, J. and J. L. Harper. 1970. Correlated changes in plant size and number in plant populations. *J. of Ecology*. 58:467-485.
- Willey, R. W. and S. B. Heath. 1967. The quantitative relationships between plant population and crop yield. *Advances in agronomy*. 21:281-321.
- Woledge, J.; V. Tewson and I. A. Davidson. 1990. Growth of grass/clover mixtures during winter. *Grass and Forage Science*. 45:191-202.
- Woledge, J.; A. Reyneri; V. Tewson and A. J. Parsons. 1992. The Effect of cutting on the proportions of perennial ryegrass and white clover in mixtures. AFRC Institute of Grassland and Environmental Research, Hurley, Maidenhead, Berkshire, UK. 47:169-179.
- Yoda, K.; Kira, T.; Ogawa, H. and Hozumi, H. 1963. Self-thinning in overcrowded pure stands under cultivated and natural conditions. *J. Biol. Osaka Univ.* 14:107-129.