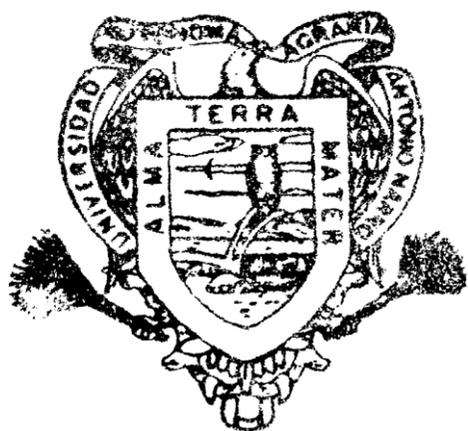


EVALUACION DEL CRECIMIENTO Y PRODUCTIVIDAD
DE UNA MEZCLA DE ESPECIES FORRAJERAS

MYRNA JULIETA AYALA ORTEGA

T E S I S

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



**Universidad Autónoma Agraria
Antonio Narro**

Universidad Autónoma Agraria
ANTONIO NARRO

PROGRAMA DE GRADUADOS

Buenvista, Saltillo, Coah.

JUNIO DE 1996



BIBLIOTECA

**EVALUACION DEL CRECIMIENTO Y PRODUCTIVIDAD DE UNA
MEZCLA DE ESPECIES FORRAJERAS**

MYRNA JULIETA AYALA ORTEGA

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS

EN MANEJO DE PASTIZALES

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA

ANTONIO NARRO

PROGRAMA DE GRADUADOS

Buenavista, Saltillo, Coah.

Junio de 1998

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Al Departamento de Recursos Naturales Renovables, en particular al Ing. Gilberto Gloria Hernández y el Ing. Ricardo Reynaga V.

Al Dr. José Manuel Fernández Brondo, por el apoyo brindado, sugerencias, análisis y revisión de la información.

Al Ing. M.S. Humberto González Morales, por la asesoría y revisión al presente trabajo.

Al Ing. M.C. Regino Morones Reza, por su ayuda en los momentos más necesarios.

Al Sr. Manuel Ramírez por su ayuda para lograr la finalización de esta etapa profesional.

A todos ustedes mil gracias por su amistad.

DEDICATORIA

A Dios.

A mis padres.

A mi esposo Victor M. Rodríguez C., por su gran apoyo para mi superación.

A mis hijos Aida Alejandra y Victor Aramis, por su cariño que tanto me ayudó.

A mis hermanos Leticia, Martín, Ramiro, Laura y Miguel.

A mis sobrinos Bertha y Danielita, Marcela, Felipe. Y mi cuñado y compadre Felipe.

COMPENDIO

Evaluación del crecimiento y productividad de una mezcla de especies forrajeras

POR

MYRNA JULIETA AYALA ORTEGA

MAESTRIA

MANEJO DE PASTIZALES

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. JUNIO 1998.

Dr. José Manuel Fernández Brondo. - Asesor -

Palabras clave: mezclas, gramíneas, acumulación de biomasa, análisis de crecimiento, alta festuca, ryegrass perenne.

Se evaluó una mezcla de gramíneas formada por *Festuca arundinacea* (alta festuca) y *Lolium perenne* (ryegrass perenne) en el Campo Experimental de Buenavista, Saltillo, Coahuila, para determinar el efecto de la proporción de cada especie en la

mezcla sobre la productividad de la misma, así como identificar mediante análisis de crecimiento, los procesos fisiológicos y ecológicos relacionados con la producción. Se planteó la etapa de campo, evaluando primero en laboratorio el porcentaje de germinación y la resistencia a la germinación de la semilla, para ajustar la densidad de siembra, sin encontrar diferencia estadística en el porcentaje a la germinación, pero sí en la resistencia a la germinación, denotando que tardó más la radícula del embrión de alta festuca (26.78) en penetrar la testa que la de ryegrass perenne (16.53). Los tratamientos en base a porcentaje, evaluados en campo fueron: T1: 100 alta festuca; T2: 75 alta festuca + 25 ryegrass perenne; T3: 50 alta festuca + 50 ryegrass perenne; T4: 25 alta festuca + 75 ryegrass perenne; y T5: 100 ryegrass perenne. La acumulación de biomasa y la tasa de crecimiento indicaron que a mayor proporción de ryegrass perenne en la mezcla, mayor acumulación de biomasa durante primavera-verano, mientras que para invierno-primavera el comportamiento fue inverso, el tratamiento T2 tuvo la mayor producción de biomasa y la menor variación estadística, haciendo suponer que existió sinergia cuando ambas especies se mezclaron en esa proporción.

Se relacionó gráficamente la producción con la temperatura y precipitación medias durante el estudio, apreciándose mayor capacidad de respuesta en ryegrass perenne para acumular biomasa bajo condiciones de humedad favorables y menor resistencia que alta festuca al estrés hídrico. El diagrama de reemplazo para primavera-verano correspondió al modelo I de de Wit, mientras que el de invierno-primavera correspondió al modelo II del mismo autor.

El análisis de crecimiento evaluado en invernadero, confirmó que ambas especies presentaron diferencias en su respuesta productiva, debido posiblemente a la desigualdad de sus aparatos asimilatorios, aunque a partir del inicio a la madurez estos se ven compensados.

ABSTRACT

Growth and productivity evaluation of a mixture of forage species

BY

MYRNA JULIETA AYALA ORTEGA

MASTER OF SCIENCE

RANGE MANAGEMENT

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

Buena Vista, Saltillo, Coahuila. June 1998.

Dr. José Manuel Fernández Brondo. - Advisor -

Key words: mixture, grasses, biomass accumulation, growth analysis, tall fescue, perennial ryegrass.

The objectives of this research were evaluated, in a mixture of tall fescue and perennial ryegrass, to determine proportion effects of each species in the mixture upon productivity; to identify growth analysis, related within physiological and ecological

processes upon production. Percentage of germination and resistance to germination were evaluated prior to field evaluation, to adjust the seed rate. Percentage of germination was not significantly different within treatments, however, resistance to germination was significantly different, data show that resistance to germination in percentage was higher, due to time in which the embryo breakthrough the testa in tall fescue (26.78) than perennial ryegrass (16.53). The treatments evaluated on the field, were: proportion of mixture of seeding rate in percentage; T1: tall fescue 100; T2: tall fescue 75 + perennial ryegrass 25; T3: tall fescue 50 + perennial ryegrass 50, T4: tall fescue 25 + perennial ryegrass 75; and T5: perennial ryegrass 100. Biomass accumulation, and rate of biomass accumulation showed that with higher proportion of mixture of perennial ryegrass were higher for spring-summer period, but proportion of mixture for winter-spring period was the opposite. The best treatment was T2, with higher biomass production and with less statistical variation, thus we supposed that synergy was present within the mixture of grasses.

Values of production were related with average temperature and precipitation during the study, results showed that production of perennial ryegrass were higher, the ability in which this grass respond with higher biomass accumulation in favorable conditions of moisture regime, than tall fescue and also with less resistance to water stress perennial ryegrass than tall fescue. Replacement diagrams for spring and summer was similar to model I of de Wit, meanwhile winter and spring was similar to model II of the same author.

The growth analysis that was evaluated in the greenhouse, corroborated that both species presented difference in regard of the production, due to unbalance of their assimilatory process, however when the maturity began this process has been compensated.

INDICE DE CONTENIDO

	Página
INDICE DE CUADROS.....	xii
INDICE DE FIGURAS.....	xiv
INTRODUCCION.....	1
REVISION DE LITERATURA.....	4
Utilización de Especies Forrajeras en Mezclas.....	4
Crecimiento y Productividad de Plantas.....	5
Consideraciones sobre el Análisis del Crecimiento.....	6
Competencia entre Plantas.....	8
Series de Reemplazo.....	10
Potencial y Compatibilidad de las Especies en Estudio.....	14
MATERIALES Y METODOS.....	17
Localización.....	17
Características del Clima y Suelo.....	17
Metodología.....	18
Etapa I: Ensayo de Germinación.....	18
Etapa II: Experimento de Campo.....	19
Etapa III: Experimento de Invernadero.....	22

RESULTADOS Y DISCUSION.....

 Etapa I: Ensayo de Germinación

 Etapa II: Experimento de Campo.....

 Acumulación de Biomasa.....

 Tasa de Crecimiento.....

 Relación de la Producción con Variables Ambientales.....

 Series de Reemplazo.....

 Etapa III: Experimento de Invernadero.....

 Análisis del Crecimiento.....

CONCLUSIONES.....

RESUMEN.....

LITERATURA CITADA.....

Cuadro No. 4.5. Valores promedio de tasa de crecimiento relativo, tasa de asimilación neta, razón de área foliar y área foliar específica..	34
Cuadro No. 4.6. Valores promedio de índice de área foliar y relaciones hoja/vástago, tallo/vástago, con base en materia seca.....	36

INDICE DE FIGURAS

	Página
Figura No. 2.1. Modelos para experimentos basados en series de reemplazo (de Wit, 1960 citado por Harper, 1983).....	11
Figura No. 4.1. Peso seco medio (g/m^2)(arriba) de todos los tratamientos para alta festuca (FS ■) y ryegrass perenne (RG ◆); y diagrama ombrotérmico (abajo) (T ■) (P ◆) durante el estudio.....	30
Figura No. 4.2. Diagramas de reemplazo para alta festuca (AF)(x) y ryegrass perenne (RG)(Δ) y AF+RG(---), con base en el peso seco (g/m^2) durante primavera-verano e invierno-primavera.....	32
Figura No. 4.3. Tasa de crecimiento relativo y tasa de asimilación neta en cuatro períodos de crecimiento para alta festuca y ryegrass perenne bajo condiciones de invernadero.....	35

Figura No. 4.4. Razón de área foliar, área foliar específica e índice de área foliar en cuatro períodos de crecimiento para alta festuca y ryegrass perenne bajo condiciones de invernadero.....	37
Figura No. 4.5. Relaciones hoja/vástago y tallo/vástago con base en materia seca para ryegrass perenne y alta festuca en cuatro períodos de crecimiento bajo condiciones de invernadero.....	38

INTRODUCCION

En el Estado de Coahuila, los pastos constituyen el 66 por ciento de la superficie sembrada de cultivos perennes, fluctuando su producción anual alrededor de 420 mil ton, destinadas a la producción pecuaria. La exportación de becerros para engorda hacia los Estados Unidos ocupa el primer lugar de las actividades pecuarias en el estado, siendo en 1993 mayor a 1.2 millones de cabezas (FIRA, 1994; INEGI, 1994).

Lo anterior evidencia la importancia del establecimiento de praderas con mezclas de especies perennes de gramíneas y/o leguminosas, que además de producir más forraje que los monocultivos, tienen la ventaja de no sembrar especies anuales en dos ciclos, abaratando los costos de producción. Sin embargo, las fluctuaciones en la proporción gramínea/leguminosa o gramínea/gramínea y la falta de persistencia de algún componente, reduce la eficacia de la producción (Piñeiro y Pérez, 1993; Woledge *et al.*, 1990).

Se ha reconocido, que cuando las plantas crecen en estrecha proximidad unas con otras, sean de la misma o de diferente especie, su desigualdad es debido al crecimiento vegetativo, producción y mortalidad (Silvertown, 1982). El equilibrio entre los componentes de una asociación se ve influenciado no sólo por la habilidad competitiva de cada componente sino también por el manejo y por factores ambientales (Ball y Crush, 1985).

El crecimiento de las plantas forrajeras asociadas o solas, se ha evaluado directamente en su nivel productivo (incremento en materia seca), sin dar crédito a la integración de los procesos fisiológicos y ecológicos con los que se relacionan. Como ha sido reconocido por Woledge *et al.* (1992a, b), es necesario entender la fisiología de la producción de los componentes de una mezcla de especies que se encuentran creciendo en competencia una con la otra. Para lo cual, Hunt (1982) propone analizar el crecimiento de las plantas por sus características básicas como es la materia seca de la planta entera y sus componentes, la magnitud del sistema de asimilación de la planta y los cambios de la primera y segunda características en función al tiempo.

En experimentos sobre mezclas de especies forrajeras que se han realizado en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, *Lolium perenne* L. (ryegrass perenne) y *Festuca arundinacea* Schreb. (alta festuca) sobresalen como las gramíneas que mejor se adaptan con las leguminosas por su buena compatibilidad, persistencia y producción (Gutiérrez, 1991, Gutiérrez, 1993 y Sosa, 1993); sin embargo, es importante conocer el efecto de la proporción de cada especie en la mezcla sobre la productividad forrajera.

Objetivos

Objetivo general

- Evaluar el crecimiento de las especies individuales y de la mezcla, así como su capacidad productiva.

Objetivos específicos

- Determinar el efecto de la proporción de cada especie en la mezcla, sobre la productividad de la misma.
- Identificar, mediante análisis de crecimiento, los procesos fisiológicos y ecológicos relacionados con la producción.

Hipótesis

- La proporción de cada especie en la mezcla afecta la productividad de la misma.
- El análisis de crecimiento permite identificar qué procesos fisiológicos y ecológicos determinan la productividad.

REVISION DE LITERATURA

Utilización de Especies Forrajeras en Mezclas

Díaz (1992) menciona que el uso de mezclas de especies forrajeras perennes ha cobrado gran interés, debido a que en el norte del país, el sistema típico de producción de forrajes es la utilización de especies anuales de verano e invierno, ya que por las diferencias en temperaturas entre las estaciones del año, no se puede trabajar con la misma especie en los dos ciclos, lo que además implica gasto doble para la preparación de terreno, la compra de semilla y de otros insumos dos veces por año. Así, Gutiérrez (1992) encontró que el uso de mezclas redujo los costos totales en un 60 por ciento para el caso de un rancho en el municipio de Cuatrociénegas, Coah., y Nuñez *et al.* (1991) reportaron que la reducción puede ser hasta del 75 por ciento.

Además de lo anterior, la producción de mezclas forrajeras, se relaciona con un incremento en los rendimientos de las especies que la forman así como la prolongación y uniformidad de las mismas (Carámbula, 1994).

En una evaluación de mezclas de seis gramíneas con alfalfa, Gutiérrez (1993) encontró que *Festuca arundinacea* (alta festuca) tuvo baja producción durante el primer año,

incrementándose en el segundo y mejorándose en el tercero con una producción promedio superior a los 400 kg MS/ha. Por otra parte, *Lolium perenne* (ryegrass perenne) rindió cerca de los 400 kg MS/ha al inicio del experimento, tendiendo a la baja en el segundo año (promedio 60 kg MS/ha) y recuperándose nuevamente en el tercero, con un promedio de 200 kg MS/ha.

Sollenberger *et al.* (1984) determinaron que ryegrass perenne resultó con producciones de materia seca más altas en asociación con alfalfa (*Medicago sativa*) que *Dactylis glomerata*, así como una mejor persistencia de la leguminosa. Sin embargo, cuando se mezcló trébol blanco (*Trifolium repens*) con ryegrass perenne y alta festuca, el trébol presentó buen crecimiento en ambas mezclas, aunque con alta festuca resultó superior que con ryegrass perenne (Woledge *et al.*, 1992a).

✓ Se ha puntualizado que el balance entre dos especies que crecen en asociación se ve afectado por muchos aspectos del ambiente y de manejo, lo que repercute en diferentes efectos sobre el crecimiento de ambas (Woledge *et al.*, 1992a).

Crecimiento y Productividad de Plantas

El crecimiento vegetal se define como acumulación de biomasa o como un cambio irreversible en tamaño, forma y ocasionalmente en número (Hunt, 1982).

Los factores internos que afectan las características del crecimiento están generalmente relacionados con procesos fisiológicos básicos, tales como la fotosíntesis, respiración, transporte y el metabolismo del nitrógeno, entre otros (Salisbury, 1970).

Daubenmire (1982) ha establecido que la manera de iniciar la medición de la dinámica de crecimiento es evaluar su productividad a través del tiempo, considerando la velocidad con que cambian las estructuras de la planta.

Consideraciones sobre el Análisis del Crecimiento

El análisis del crecimiento, es una metodología cuantitativa que considera varios índices de crecimiento de las plantas y su relación con el aparato fotosintético (Hunt, 1982; Brown y Blaser, 1968).

Para efectuar un análisis del crecimiento de las plantas, Hunt (1982) ha sugerido que se consideren las siguientes características: a) materia seca presente en cada parte de la planta, b) magnitud del sistema de asimilación de la planta y c) los cambios de a) y b) en función al tiempo. Por lo que entre las variables a evaluar, se debe incluir el peso seco de cada parte de la planta y el área foliar.

Este tipo de análisis permite determinar el efecto de los factores ambientales sobre la producción de las plantas, por lo que Brown y Blaser (1968) y Salisbury (1970) observaron

que el índice de área foliar (IAF) es un indicador del crecimiento de las plantas y lo asocian al peso seco total, altura de planta, acumulación de fitomasa y madurez fisiológica.

Una de las características más importantes del crecimiento, que describe la eficiencia en la producción neta del aparato asimilatorio, es la tasa de asimilación neta (TAN) (Hunt, 1982) que es otro índice del crecimiento que contribuye a explicar el rendimiento de las plantas. Aase (1978) reporta que el IAF se asocia al crecimiento y además es un indicador de la TAN, así como de la transpiración, mientras que Carámbula (1994) considera al IAF como el tamaño de la fábrica (planta) para producir forraje y a la TAN como la manera de medir la eficiencia fotosintética de esa fábrica.

Se ha encontrado que los patrones de producción de las plantas forrajeras bajo corte o pastoreo varían según sea el caso; sin embargo, como es difícil determinar el índice de área foliar mientras el animal se encuentra pastoreando se utiliza, para fines prácticos, la altura del corte. Así, Orr *et al.* (1988), determinaron para ryegrass perenne, que mientras se incrementaba la altura a la que pastoreaban los animales (30, 50 y 70 mm) se incrementó también el IAF (2.03, 2.39 y 3.34, respectivamente), pero bajo corte el IAF fue superior, con una media de 5.09.

Woledge *et al.* (1992b) estudiaron dos variedades de trébol blanco mezcladas con ryegrass perenne y alta festuca, encontrando que el trébol presentó la más alta proporción de su área foliar cerca de la parte más alta del dosel cuando, estuvo asociado con los dos

zacates. También su tasa de crecimiento relativa fue mayor que la de los zacates, además de que durante el primer período de crecimiento tuvo más rendimiento cuando estuvo asociado que solo.

En una comparación entre ryegrass perenne, alta festuca y *D. glomerata*, se encontró que ryegrass perenne fue más sensible al estrés hídrico del suelo al reducir su tasa de crecimiento del cultivo conforme este se incrementó, seguido por alta festuca que a pesar de un crecimiento foliar más lento, produjo hojas muy largas y en consecuencia una área similar a las otras especies. *D. glomerata* presentó la mayor resistencia a la sequía, aunque en el verano, sus rendimientos no fueron tan altos como los de alta festuca (Norris, 1982).

Competencia entre Plantas

Haynes (1980) ha resaltado que las diferencias fisiológicas y morfológicas entre plantas en una pradera afectan la naturaleza de la competencia interespecífica. Trenbath (1978b), por su parte, resalta que la intensidad de la interacción entre los componentes de una mezcla de especies forrajeras dependerá del contacto entre individuos de los diferentes componentes.

Como se ha mencionado, la mezcla de especies forrajeras produce más forraje que cuando son sembradas en monocultivo, aún fertilizadas con suficiente nitrógeno (Townsend *et al.*, 1990; Mallarino y Wedin, 1990). Sin embargo, la productividad de las mezclas depende

en parte de la selección de las especies involucradas, ya que se ha encontrado que algunas mezclas son más compatibles que otras (Chamblee, 1958).

Lo anterior se debe principalmente a que las plantas que se encuentran interactuando, sean de la misma o de diferentes especies se ven afectadas en características tales como la tasa y hábito de crecimiento, arquitectura foliar, morfología radical (Haynes, 1980), producción de semillas y mortalidad (Silvertown, 1982). Así, Harper (1983) ha encontrado más apropiada la palabra interferencia en lugar de competencia, para referirse a la interacción que guarda la proximidad de organismos vecinos.

En un estudio de cuatro años sobre las relaciones competitivas entre trébol blanco y ryegrass perenne, Camlin (1981) encontró que tanto la gramínea como la leguminosa influyen una sobre la otra en asociación. Contrariamente, para Collins y Rhodes (1989) no hubo efecto de interacción sobre el rendimiento de estas especies en asociación, respondiendo en forma similar el trébol blanco solo que asociado. Sin embargo, Martin y Field (1984) encontraron que ryegrass perenne fue más competitivo que el trébol, siendo mayor el efecto de competencia radicular que por vástagos.

Por otro lado, Casler (1988) evaluó la persistencia y habilidad competitiva entre ryegrass perenne, *D. glomerata* y *Bromus inermis* con alfalfa, encontrando mayor vigor y cobertura en *D. glomerata*, posteriormente en *B. inermis* y ryegrass perenne al último; en rebrote estuvo primero *D. glomerata*, luego ryegrass perenne y *B. inermis* al final. Esto

demostró el comportamiento intermedio de ryegrass perenne tanto en persistencia como en habilidad competitiva.

Series de Reemplazo

En 1960 de Wit introdujo el uso de un modelo que analiza la competencia entre dos genotipos que crecen a densidades constantes a través de series de reemplazo (Harper, 1983).

Los modelos, que se generan en los experimentos basados en series de reemplazo, son cuatro (Figura 2.1); el primer modelo explica que cada especie (I, J) contribuye al rendimiento total en relación directa a la proporción en que fue sembrada. Es decir, si la densidad de la población mezclada es tan baja, que los individuos dentro de esta no interfieren unos con otros, o bien la densidad es tan grande como para que las plantas interfieran unas con otras, pero el efecto de I sobre J es precisamente el mismo que J sobre J y el efecto de J sobre I es el mismo que el de I sobre I. Los resultados experimentales, cuando la densidad es suficientemente alta para que los individuos interfieran entre ellos, sugieren que las dos especies hacen la misma demanda sobre los recursos ambientales, aunque los rendimientos de las especies en forma pura no sean iguales, lo que significa que hicieron una diferente eficiencia de conversión o para fines distintos.

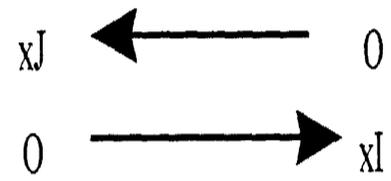
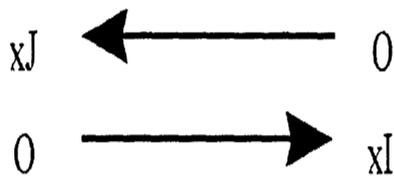
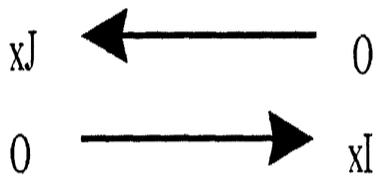
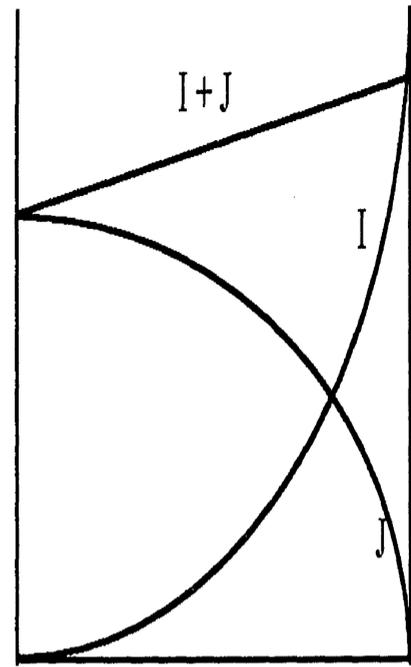
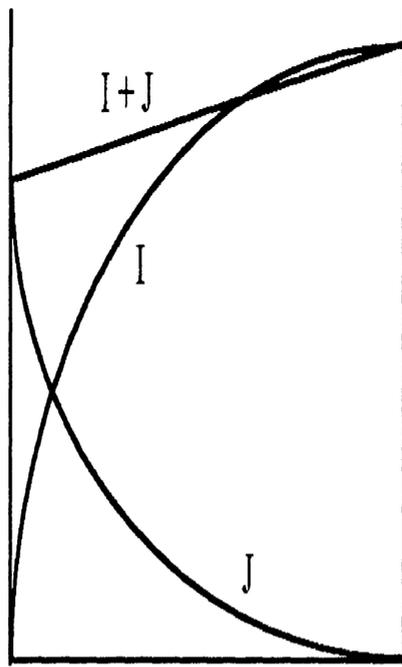
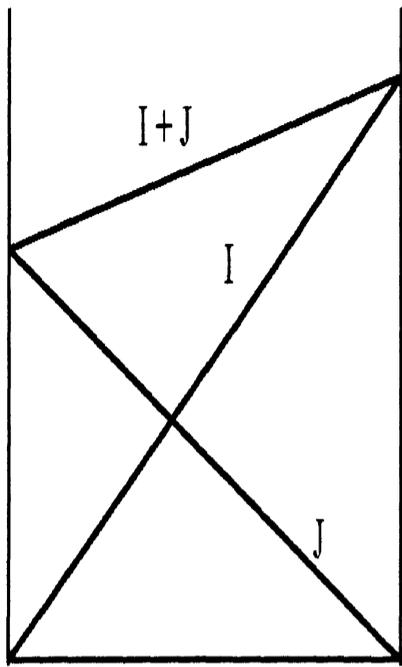
El modelo II indica que el efecto de I sobre J es más grande que el de J sobre J y la influencia de J sobre I es menos que la de I sobre I. En este caso, las dos especies demandan

Modelo I

Modelo IIa

Modelo IIb

R
e
n
d
i
m
i
e
n
t
o



Modelo III

Modelo IV

R
e
n
d
i
m
i
e
n
t
o

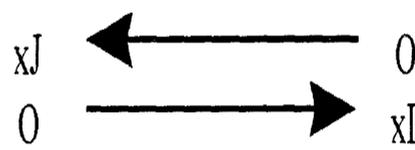
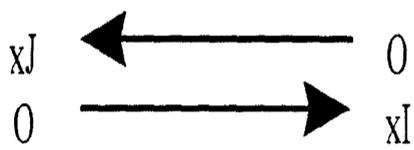
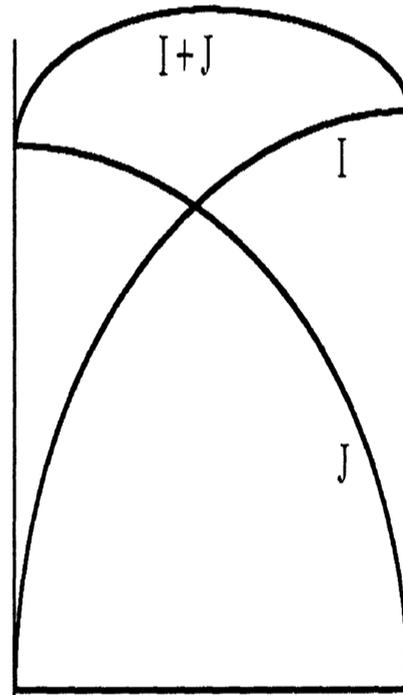
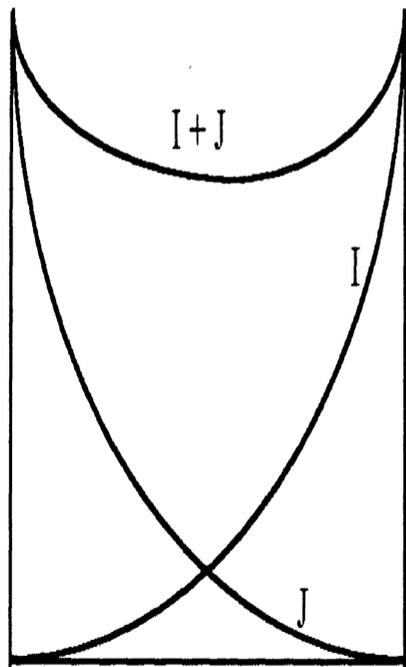


Figura 2.1. Modelos para experimentos basados en series de reemplazo (de Wit, 1960, citado por Harper, 1983).

los mismos recursos ambientales, pero existe un diferencial entre ellas. La especie que está rindiendo más en forma pura no necesariamente es la más rendidora en la mezcla. Por lo que una especie que es productiva en forma pura puede ser un mal competidor, lo que se denomina “efecto Montgomery”.

En el modelo III, el efecto de I sobre J es mayor que el de J sobre J y el efecto de J sobre I es más grande que el de I sobre I. Este es un modelo de mutuo antagonismo, en el cual ninguna especie contribuye en su proporción esperada al rendimiento de una mezcla. Tal situación sería si cada especie daña el ambiente de la otra en mayor medida en que se encuentra dañado su propio ambiente.

El modelo IV señala que el efecto de I sobre J es menor que el de J sobre J y el efecto de J sobre I es menor que el de I sobre I. A primera vista, pareciera un modelo de simbiosis, pero no necesariamente lo es. En una simbiosis cada componente de la mezcla se beneficia con la presencia del otro. El modelo describe situaciones en las cuales por una razón u otra las especies se escapan de alguna medida de competencia con la otra.

Las series de reemplazo se han utilizado en campo con mezclas binarias a diferentes proporciones. En un estudio realizado por Hill y Gleeson (1990) con trébol blanco y trébol subterráneo (*Trifolium subterraneum*), durante tres estaciones de crecimiento, encontraron que las dos especies compitieron vigorosamente por los mismos recursos, reportando coeficientes relativos de agrupamiento mayores a 1.0 así como rendimientos relativos totales

mayores de 1.0 en primavera de 1986 y 1987 y otoño de 1987. Según las investigaciones, esto se debió a que en monocultivo, el trébol blanco presentó sus hojas inferiores más grandes y completamente expandidas, tendiendo a una baja densidad de hojas verticales, pero más pesadas y altas. Por otro lado, el trébol subterráneo mostró un dosel ligeramente más corto formado de una serie de capas de hojas casi totalmente expandidas, que en los tratamientos combinados mantuvo esa misma estructura del dosel, mientras el trébol blanco elongó sus pecíolos, permitiendo la posición de sus grandes hojas sobre el dosel del otro. Esta complementariedad morfológica foliar y arquitectura del dosel, explican el sobre-rendimiento.

Sinclair y Gleeson (1984) compararon dos métodos de análisis de series de reemplazo con los modelos de de Wit (1960) y Gleeson y McGilchrist (1980) en cuanto a sus coincidencias algebraicas e interpretación agronómica, concluyendo que ambos métodos requieren desarrollar análisis separados y por lo tanto necesitan un análisis estadístico simple y unificador para los experimentos. Sin embargo, en la aplicabilidad del modelo, el de de Wit es general, mientras que un modelo que tiende hacia la unificación es el de Gleeson-McGilchrist. Los enfoques son complementarios en términos de interpretación agronómica, pero cuando el número de genotipos en un experimento es grande y el propósito es obtener un rango general de esos genotipos en términos de habilidad competitiva e identificar aquellos que logren mezclas altamente productivas, entonces se recomienda el análisis de Gleeson-McGilchrist. Por otra parte, si el número de genotipos es pequeño o el arreglo dialélico no es completo (cuando algunas combinaciones de genotipos no están representadas), entonces el modelo de de Wit es más informativo.

Bajo condiciones controladas, Hill y Gleeson (1988) estudiaron la competencia entre plántulas de *Phalaris aquatica*, trébol blanco y subterráneo, en mezclas. El análisis de de Wit mostró que trébol subterráneo excluyó a sus acompañantes, mientras phalaris y trébol blanco compitieron escasamente por diferentes nichos resultando en una sobreproducción. El análisis de Gleeson-McGilchrist indicó que, sin cortes frecuentes, trébol subterráneo y phalaris fueron más agresivos que trébol blanco pero al aumentar la frecuencia de los cortes, trébol blanco fue más agresivo como un componente mayor que como uno menor en la mezcla. Los autores concluyeron que las plántulas de trébol blanco y subterráneo son adecuadas para combinarse con phalaris, debido a que phalaris no es demasiado agresiva con trébol blanco y es tolerante a la agresividad de trébol subterráneo.

Trenbath (1978a) sugiere que en experimentos con mezclas el modelo de de Wit para series de reemplazo provee una base sólida de análisis. La medida de la productividad y el rendimiento relativo total indican pares de genotipos que pueden estar explotando su ambiente en diferentes formas pero que son indicadores inseguros de pares coexistiendo potencialmente y que el resultado de una simulación indica que un simple cambio de dominancia durante el crecimiento no puede estabilizar una mezcla.

Potencial y Compatibilidad de las Especies en Estudio

Ryegrass perenne y alta festuca están consideradas dentro de las principales especies gramíneas forrajeras (Thomas y Humphreys, 1991), por presentar un rango de

caracteres complementarios importantes en el desarrollo de forrajes consistentemente productivos y persistentes. Mientras ryegrass perenne provee de forraje con alta digestibilidad y buen contenido de carbohidratos solubles, la alta festuca generalmente tiene un mejor desarrollo en su sistema radical, lo cual le permite una amplia persistencia, sobre todo cuando la concentración de nutrientes es baja. Estas especies poseen además una amplia adaptación a condiciones extremas de frío durante el invierno y a la sequía durante el verano (Casler y Walgenbach, 1990). Cunningham *et al.* (1994) describe al ryegrass perenne como una de las gramíneas forrajeras más investigadas y de valor para praderas de clima templado.

Alta festuca es superior a ryegrass perenne en persistencia y habilidad para resistir condiciones extremas de temperatura y disponibilidad de agua (Thomas y Humphreys, 1991), suelos con mal drenaje o bajo pH (Welty y Barker, 1993), o con pendientes pronunciadas (Easton *et al.*, 1994). Generalmente se considera que alta festuca tiene un pobre y lento establecimiento, bajo vigor de la semilla y menor valor nutritivo que el ryegrass perenne (Thomas y Humphreys, 1991).

Se ha estudiado el efecto de asociación de diferentes gramíneas sobre el crecimiento y desarrollo de algunas leguminosas de interés, como es el trébol blanco y el subterráneo, en base al rendimiento de ambos componentes (gramínea-leguminosa), concluyendo que entre las gramíneas más compatibles se encuentra ryegrass perenne seguida por alta festuca. Sin embargo, ryegrass perenne ha mostrado poca persistencia (Camlin, 1981; Fothergill y Davies,

1993). Por otro lado, Charles *et al.* (1991) mencionan que para Nueva Zelanda, alta festuca ha demostrado buena compatibilidad con leguminosas perennes.

El potencial de rebrote después de una defoliación en especies del género *Lolium* ha mostrado una curva sigmoide, con tres fases; 1) fase de lenta recuperación, 2) fase de rápido crecimiento, y 3) fase de declinación en la acumulación neta de materia seca (Brougham, 1965), así como una curva exponencial en la acumulación de materia seca de las hojas (Fulkerson y Slack, 1994).

MATERIALES Y METODOS

Localización

El trabajo se llevó a cabo en el Campo Experimental de Buenavista, que se encuentra en el campus de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Las coordenadas geográficas con las cuales se ubica el área de estudio dentro de la UAAAN, son: 100°57' longitud oeste y 25°28' latitud norte. La altitud es de 1740 msnm (INEGI, 1980).

Características del Clima y Suelo

El clima se considera de tipo semicálido extremo, con una temperatura media anual de 19.8°C y una precipitación media anual de 350 mm, es una zona semiárida correspondiendo a la clase Bs (García, 1988).

De acuerdo a los análisis realizados, los suelos son de tipo aluvión y se clasifican como medianamente pobres en nitrógeno total (0.11 por ciento), medianamente ricos en fósforo aprovechable (57.3 kg/ha), muy ricos en potasio intercambiable (>600 kg/ha), medianos en materia orgánica (1.37 por ciento), altos en carbonatos (4.1 por ciento), pH medianamente alcalino (7.83) y de textura migajón arcillosa.

Metodología

Se trabajó con dos especies gramíneas: rye grass perenne (*Lolium perenne* L.) y alta festuca (*Festuca arundinacea* Schreb.).

El estudio se realizó en tres etapas: Etapa I: Ensayo de germinación, Etapa II: Experimento de campo; y Etapa III: Experimento de invernadero.

Etapa I: Ensayo de Germinación

Se realizaron pruebas de germinación a la semilla antes de sembrar, para ajustar la densidad de siembra a la semilla pura viable. Las especies fueron consideradas como tratamientos, utilizándose como unidad experimental 100 semillas por especie en cuatro repeticiones, las cuales se pusieron en cajas petri con papel filtro en una cámara de ambiente controlado, a temperatura constante (24°C), con ocho horas luz y 16 de oscuridad. Se hicieron conteos diariamente durante ocho días y se determinó la resistencia a la germinación como una medida de la media del tiempo de germinación (Gordon, 1971). Así mismo se realizó análisis de varianza, de acuerdo a un diseño completamente al azar y comparación de medias de Tukey al 0.05 de probabilidad, tanto para el porcentaje como para la resistencia a la germinación.

Etapa II: Experimento de Campo

El terreno se preparó por medio de un barbecho y varios pasos de rastra con el fin de acondicionar el suelo. La siembra se realizó al voleo y en seco, proporcionando un riego inmediatamente después, procurando que los siguientes riegos estuvieran espaciados de acuerdo a las necesidades del cultivo.

Para la siembra, se utilizaron las densidades recomendadas tanto para el monocultivo como para la mezcla, según se indica en el Cuadro 3.1 (Garza, 1957; Gutiérrez, 1991).

Cuadro 3.1. Densidades de siembra utilizadas en cada especie, en monocultivo y en mezcla (kg/ha).

Especie	Monocultivo	Mezcla
<i>Lotium perenne</i>	22	15
<i>Festuca arundinacea</i>	20	15

Con el fin de conocer el comportamiento de las especies en su nivel productivo, se formaron cinco tratamientos con diferentes proporciones de cada especie en la mezcla, como se muestra en el Cuadro 3.2.

Cuadro 3.2. Número de tratamientos y proporción de cada especie en la mezcla.

No. Tratamiento	Alta festuca (%)	Ryegrass perenne (%)
1	100	0
2	75	25
3	50	50
4	25	75
5	0	100

El arreglo de los tratamientos fue en un diseño bloques al azar con cuatro repeticiones.

La siembra se llevó a cabo en 20 unidades experimentales con una dimensión de 5 x 4 m (20 m²) cada una. Se utilizaron dos áreas de muestreo con cuadrantes de varilla de .50 x .50 m (.25 m²), de las que se determinó la media para cada tratamiento.

Las parcelas recibieron una fertilización de establecimiento de 61 kg de fósforo/ha en forma de superfosfato simple y 100 kg/ha de nitrógeno en forma de urea. Después de cada corte se fertilizó con las mismas fuentes de nitrógeno y fósforo, a razón de 550-61-00 como fórmula anual de mantenimiento, aplicando el fósforo seis meses después de la siembra.

Debido a la desuniformidad en la emergencia de las plantas, tres meses después de la siembra se realizó un corte a todas las parcelas con el fin de que se iniciaran los muestreos con un crecimiento lo más uniforme posible.

Las evaluaciones se realizaron cada 30 días, cortando el vástago a una altura de dos centímetros por arriba del suelo en cada unidad experimental. El material vegetal fue depositado en bolsas de papel debidamente identificadas. En el laboratorio se pesaron las muestras y se separaron las especies en los tratamientos mezclados. El secado se hizo en una estufa con temperatura de 70°C ± 5°C, durante 48 horas, pesando nuevamente.

Se realizó el análisis de varianza correspondiente al diseño experimental y se compararon medias según el método Tukey al nivel de probabilidad de 0.05 para interpretar la significancia de los tratamientos. Dada la variabilidad de los datos, se decidió analizar la producción acumulada de biomasa en dos períodos de crecimiento; primavera-verano (mayo-septiembre) e invierno-primavera (diciembre-abril). Estos datos también fueron utilizados para realizar contrastes ortogonales, con el fin de reafirmar los resultados encontrados, formándose de la manera siguiente:

C1: Puros vs. mezclados (T1, T5 vs T2, T3, T4);

C2: Puros vs. puros (T1 vs T5)

C3: Balanceados vs. no balanceados (T3 vs T2, T4)

C4: No balanceado vs no balanceado (T2 vs T4).

Se utilizaron regresiones para evaluar la tasa de crecimiento (g de peso seco/m²/tiempo) de los diferentes tratamientos en cada período. Con los valores de la pendiente se corrieron los análisis de varianza correspondientes al diseño experimental, así como la comparación de medias (Tukey $P < 0.05$).

Para la elaboración de los diagramas de reemplazo se siguió el modelo de de Wit (1960) citado por Harper (1983), con el peso seco por metro cuadrado acumulado durante primavera-verano e invierno-primavera para alta festuca, ryegrass perenne y la suma de ambas.

El comportamiento de la producción de biomasa con las variables ambientales de temperatura y precipitación se relacionó utilizando los valores medios de peso seco por unidad de superficie (g/m^2) de todos los tratamientos, así como la temperatura y precipitación media mensual durante el período de evaluación (mayo 1993-abril 1994).

Etapas III: Experimento de Invernadero

La siembra se realizó en macetas, con tierra de bosque, debidamente esterilizada, depositándose cinco semillas por maceta. El primer riego se aplicó después de la siembra y los sucesivos cada diez días, como promedio. Se fertilizó inmediatamente después de la siembra con las mismas fuentes y cantidades que en el experimento de campo, con excepción del fósforo que solamente se aplicó a la siembra.

Cada especie fue considerada como tratamiento, en un diseño completamente al azar con tres repeticiones.

A los diez días después de la siembra (dds) se iniciaron las evaluaciones en tres macetas por muestreo y una planta por maceta. En aquellas macetas que contenían plántulas con al menos una hoja con lígula definida, se hizo un aclareo para dejar un individuo por maceta. Se hicieron 16 evaluaciones sucesivas (cada 10 días).

Para realizar análisis del crecimiento (Hunt, 1982), en cada evaluación se midió el peso fresco de vástagos, determinando enseguida el área foliar en un medidor CI-202, para posteriormente proceder a su secado y pesado al igual como en el experimento de campo.

Se hizo el análisis de varianza correspondiente al diseño experimental y se compararon medias con base en la diferencia mínima significativa (DMS) a un nivel de probabilidad de 0.05.

RESULTADOS Y DISCUSION

De acuerdo al planteamiento de este estudio, se procederá a la descripción de los resultados sobre la etapa I: Ensayo de Germinación, etapa II: Experimento de Campo y Etapa III: Experimento de Invernadero.

Etapa I: Ensayo de Germinación

A los ocho días después de iniciado el ensayo, ambas especies mostraron porcentajes de germinación estadísticamente iguales, aunque ryegrass perenne fue ligeramente mayor que alta festuca. Con respecto a la resistencia a la germinación, alta festuca mostró valores significativamente ($P \leq 0.05$) mayores que ryegrass perenne, esto significa que una vez iniciada la imbibición, la radícula del embrión de alta festuca tardó más en penetrar la testa que la de ryegrass perenne (Cuadro 4.1).

Los elevados coeficientes de variación en el porcentaje de germinación tal vez sean consecuencia de una viabilidad reducida del lote de semillas. Asumiendo una calidad similar en las semillas de ambas especies, se puede pensar en una mayor velocidad de imbibición, o de movilización de reservas del eje del embrión a la radícula en elongación, en ryegrass perenne que en alta festuca. Thomas y Humphreys (1991) reportan que alta

Cuadro 4.1. Valores promedios de porcentajes de germinación y resistencia a la germinación de ryegrass perenne y alta festuca.

Variable	Ryegrass perenne	e.e.	Alta festuca	e.e.
Porcentaje de germinación	91.75 a	4.92	90.25 a	16.58
Resistencia a la germinación	16.53 b	4.32	26.78 a	9.93

Literales distintas entre filas indican diferencia estadística ($P \leq 0.05$).

e.e.= error estandar

festuca se caracteriza por un bajo vigor de la semilla, mientras que ryegrass perenne presenta un rápido y temprano crecimiento. Hill *et al.* (1985), por su parte, encontraron bajos porcentajes de germinación (75-90) en alta festuca a temperaturas constantes y alternadas.

Etapa II: Experimento de Campo

Acumulación de Biomasa

La proporción en que cada especie entra en la mezcla, determina la biomasa acumulada en el período primavera-verano, siendo la diferencia en cada tratamiento significativa estadísticamente (Cuadro 4.2). Así, los gramos de biomasa acumulados en la superficie muestreada ($.25 \text{ m}^2$) en los tratamientos en que ryegrass perenne entra mayor o igual al 75 por ciento a formar parte de la mezcla, mostraron incrementos significativos ($P \leq 0.05$). Resulta evidente que a mayor proporción de ryegrass perenne en la mezcla, mayor acumulación de biomasa en este período, al grado de que al tener solo ryegrass

Cuadro 4.2. Peso seco promedio acumulado (g/.25 m²) por tratamiento durante primavera-verano e invierno-primavera.

Tratamiento	Primavera-verano		Invierno-primavera		
	Media	e.e.	Media	e.e.	
1 (AF100)	405.48	c	45.37	967.66 ab	183.16
2 (AF75;RG25)	500.47	c	44.41	1287.72 a	97.83
3 (AF50;RG50)	567.04	bc	85.16	985.12 ab	135.4
4 (AF25,RG75)	689.54	ab	23.85	847.79 b	187.85
5 (RG100)	802.06	a	72.25	837.97 b	118.74

AF= Alta festuca

RG= Ryegrass perenne

Literales distintas entre columnas indican diferencia estadística ($P \leq 0.05$).

perenne, la biomasa es prácticamente el doble de la obtenida por alta festuca sola, siendo esta diferencia altamente significativa.

Para el período invierno-primavera se puede observar en el mismo cuadro un comportamiento inverso; es decir, a mayor proporción de alta festuca mayor acumulación de biomasa (1287.72). Es importante notar que la mezcla de 75 por ciento de alta festuca y 25 por ciento de ryegrass perenne tuvo la mayor producción de biomasa y la menor variación estadística, lo que pudiera ser indicador de que existe sinergia cuando ambas especies se mezclan en esa proporción; los 985.12 g acumulados en este período por el tratamiento de 50 por ciento de cada especie, así como la biomasa acumulada por los tratamientos en que cada especie está al 100 por ciento concuerdan con esta aseveración. En un estudio realizado por Gutiérrez (1993), señala que en una mezcla de gramíneas-leguminosas en la misma localidad ryegrass perenne presentó sus

mejores rendimientos en primavera y verano, reduciéndose en otoño, y que alta festuca tuvo muy bajas producciones durante el primer año de evaluación, incrementándose significativamente a partir del segundo año. Por otra parte, Sosa (1993) reportó a ryegrass perenne con similaridad estadística en su producción durante primavera, verano e invierno, siendo otoño la estación de menor producción y a alta festuca con la mejor producción durante primavera, seguida por la de invierno.

En el Cuadro 4.3. se muestran los resultados del análisis de varianza realizado a los contrastes ortogonales, en donde se confirma el estado de acoplamiento que estaba surgiendo entre ambas especies durante la primera evaluación (primavera-verano), evidenciado esto por las diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) en los tratamientos en que ambas especies fueron sembrados en forma pura (T1 y T5), así como los que estuvieron mezclados en diferente proporción (T2 y T4). Mientras que para invierno-primavera la comparación entre estos últimos tratamientos marcó la diferencia altamente significativa ($P \leq 0.01$), influenciada por la superioridad de acumulación de biomasa del tratamiento dos, donde alta festuca mostró su gran competitividad.

En la parte superior de la Figura 4.1 se muestra la biomasa (g/m^2) producida mensualmente por cada especie en todos los tratamientos. En general, se observa que la biomasa acumulada por alta festuca en el período primavera-verano fue menor que la acumulada por ryegrass perenne, invirtiéndose este comportamiento en el período invierno-primavera. Cabe hacer notar que el comportamiento de ambas especies permite

Cuadro 4.3. Análisis de varianza de los contrastes ortogonales evaluados durante primavera-verano e invierno primavera.

Contraste	Gl	CM	Fc	Ft	
				0.05	0.01
Prim-Verano					
C1	1	1568.98	0.28 ns	4.75	9.33
C2	1	314563.22	55.6 **		
C3	1	2085.64	0.37 ns		
C4	1	71489.28	12.64 **		
Error exptal.	12	5657.5			
Inv-Prim.					
C1	1	90613.72	2.86 ns		
C2	1	33638.99	1.06 ns		
C3	1	18207.25	0.57 ns		
C4	1	387085.5	12.2 **		
Error exptal.	12	31716.5			

suponer que alta festuca tiene mayor capacidad de acumulación de biomasa durante los meses más fríos.

Tasa de Crecimiento

En el Cuadro 4.4 se muestran los valores medios de la tasa de crecimiento ($\text{g/m}^2/\text{mes}$) para los diferentes tratamientos. El comportamiento observado es muy similar al del total de la biomasa acumulada por período, mostrado en el Cuadro 4.2. La diferencia de que la variación (error estandar) dentro de los tratamientos fue menor confirma la superioridad de ryegrass perenne en velocidad de acumulación de biomasa durante el período primavera-verano, lo que coincide con otros autores al reportar que alta festuca presenta un lento crecimiento al inicio, pero luego que se establece es muy competitiva (Thomas y Humphreys, 1991; Langer, 1990; Easton *et al.*, 1994). También Woledge *et al.* (1992b) al comparar dos períodos de crecimiento

Cuadro 4.4. Tasa de crecimiento ($\text{g/m}^2/\text{mes}$) por tratamiento durante primavera-verano e invierno-primavera.

Tratamiento	Primavera-verano		Invierno-primavera	
	Media	e.e.	Media	e.e.
1 (AF100)	345.32 d	11.21	826.32 ab	53.4
2 (AF75;RG25)	422.72 cd	11.85	1045.4 a	29.03
3 (AF50;RG50)	510.64 bc	22.15	838.84 ab	31.9
4 (AF25;RG75)	641.28 ab	8.07	633.4 b	47.86
5 (RG100)	714.4 a	22.61	673.72 b	31.7

AF= Alta festuca

RG= Ryegrass perenne

Literales distintas entre columnas indican diferencia estadística ($P < 0.05$).

ininterrumpido señalaron que ambas especies no fueron significativamente diferentes en su peso seco en el primer período evaluado (Abril-Junio), pero al final (Agosto) el peso de alta festuca fue significativamente mayor que el de ryegrass perenne.

Relación de la Producción con Variables Ambientales

La Figura 4.1 muestra el comportamiento de precipitación y temperatura así como los valores medios de peso seco (g/m^2) de las especies en todos los tratamientos durante el período de mayo 1993 a abril 1994. Se puede observar que ryegrass perenne tiene mayor capacidad de respuesta para acumular biomasa bajo condiciones de humedad favorables y menor resistencia al estrés hídrico que alta festuca. Aunque las necesidades de agua se trataron de cubrir por medio de riegos, la demanda evapotranspirativa del ambiente fue mayor en el período de invierno-primavera, ocasionando una condición hídrica estresante.

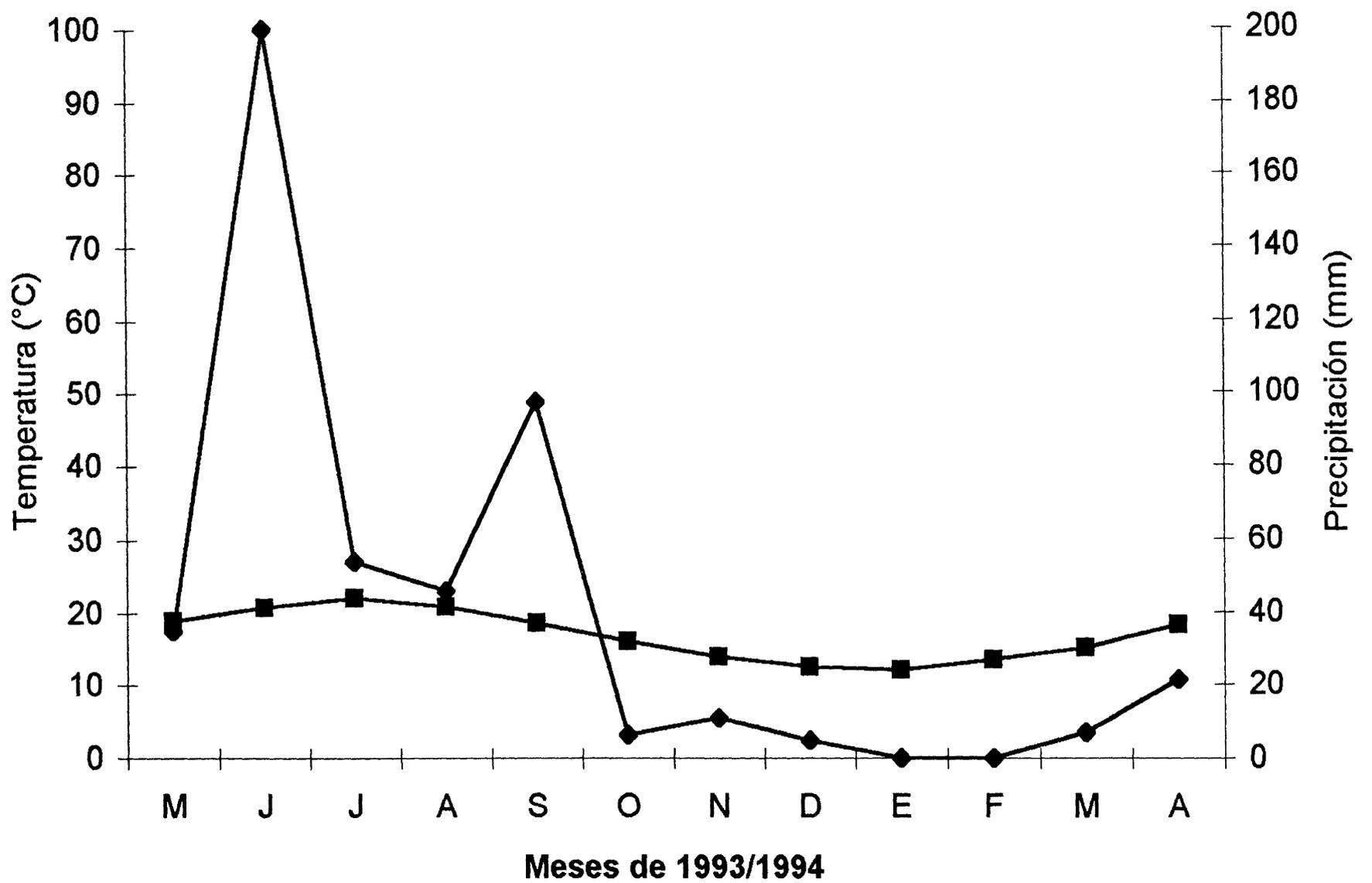
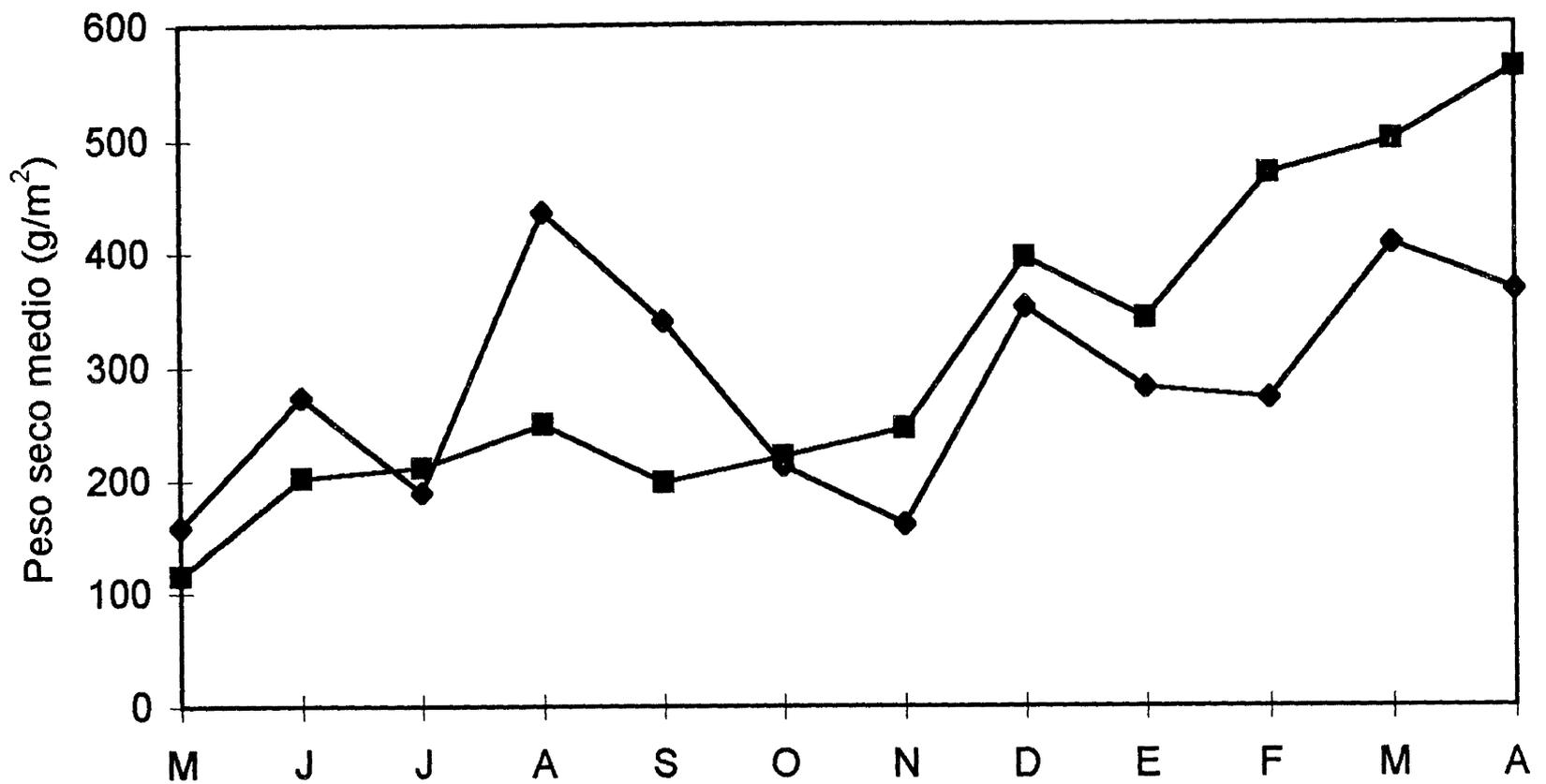


Figura 4.1. Peso seco medio (g/m²)(arriba) de todos los tratamientos para alta festuca (FS ■) y ryegrass perenne (RG ◆); y diagrama ombrotérmico (abajo) (T ■) (P ◆) durante el estudio.

Lo anterior coincide con lo señalado por Norris (1982) al contrastar la humedad del suelo con el crecimiento de especies de *Lolium*, *Dactylis* y *Festuca*, mencionando que ryegrass perenne fue más sensible a la sequía al reducir sus tasas de crecimiento (6.2-4.4 g/m²/día), mientras alta festuca aún siendo irrigada no incrementó significativamente la acumulación de materia seca (4.1-3.1 g/m²/día).

Así mismo, Morris y Thomas (1972) relacionaron la respuesta de diferentes especies a diversos ambientes (sitios), encontrando que ryegrass perenne incrementó su producción ante mejores condiciones ambientales, mientras *Festuca ovina* fue relativamente insensible a cambios del ambiente y se obtuvieron buenos rendimientos bajo condiciones extremas. También se ha reportado que ryegrass perenne reduce su persistencia dentro de una mezcla de especies cuando presenta altas tasas de crecimiento durante condiciones de sequía o al final del otoño e invierno (Cunningham *et al.*, 1994).

Series de Reemplazo

En la Figura 4.2 los pesos secos acumulados durante los dos períodos evaluados de cada especie y de la mezcla en los diferentes tratamientos se presentan organizados en diagramas de reemplazo.

Para el período primavera-verano, la participación de cada especie en la producción de biomasa de la mezcla está en relación directa a la densidad de siembra, lo que sugiere que no ocurre competencia entre las especies en los tratamientos de 0-100

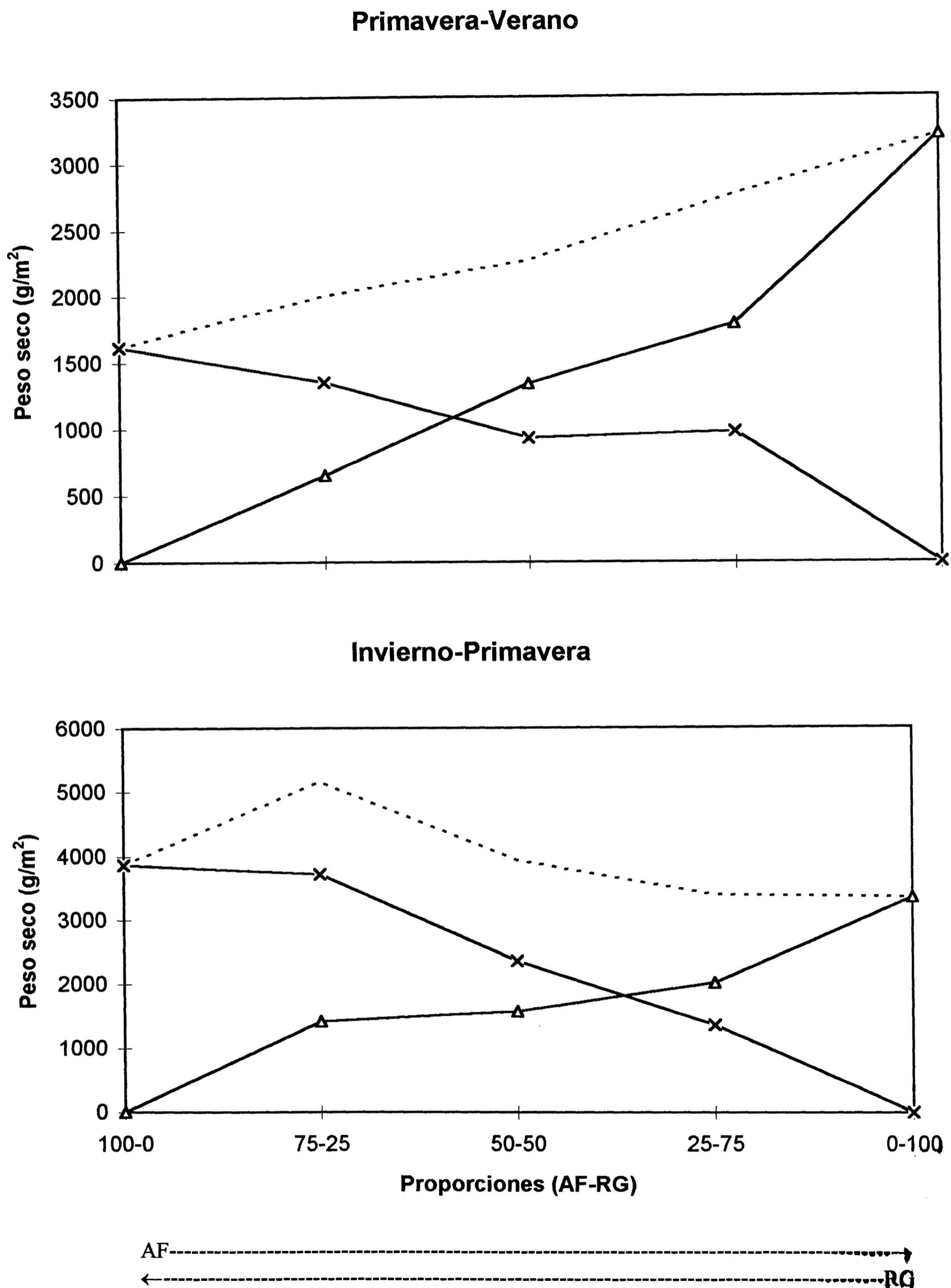


Figura 4.2. Diagramas de reemplazo para alta festuca (AF)(x), ryegrass perenne (RG)(Δ) y AF+ RG(---) en base a peso seco (g/m^2) durante primavera-verano e invierno-primavera.

(T5) y 25-75 (T4) y que cuando las especies entran en la misma proporción (50-50) (T3) el efecto de una especie sobre la otra es el mismo. Esta relación corresponde al modelo I de de Wit. Ambas especies tienen demandas ambientales similares pero con diferente eficiencia en la transformación, lo que significa que para ryegrass perenne la estrategia es mayor número de hojas delgadas y cortas mientras que alta festuca presenta menor número de hojas pero con dimensiones mayores. Esto coincide con lo reportado por Norris (1982) quien en un estudio sobre los efectos de la humedad del suelo en el crecimiento de especies de *Lolium*, *Dactylis* y *Festuca*, encontró una mayor tasa de producción de hojas y una menor velocidad de expansión foliar para ryegrass perenne que para alta festuca.

Para el ciclo invierno-primavera la participación de ambas especies en la biomasa total de la mezcla indica que alta festuca ejerce un mayor efecto sobre ryegrass perenne que a la inversa, lo que correspondería al modelo II de de Wit. Esto podría estar relacionado con mayores costos de mantenimiento de la biomasa foliar de ryegrass perenne que de alta festuca en condiciones de temperatura e intensidad luminosa bajas. Para lo cual, Langer (1990) ha señalado la compatibilidad de alta festuca con ryegrass perenne además de la superioridad competitiva de esta después de que se ha establecido.

El comportamiento productivo mostrado por las especies en ambos ciclos resulta en una producción de forraje durante todo el año.

Etapa III: Experimento de Invernadero

Análisis del Crecimiento

No se encontraron efectos significativos ($P \leq 0.05$) de los tratamientos sobre los índices del crecimiento, aunque en el Cuadro 4.5 y Figura 4.3, la tasa de crecimiento relativo indica una mayor eficiencia de alta festuca como productora de biomasa durante el primero y segundo período de crecimiento en el que ambas especies se encontraban en una etapa vegetativa temprana. Posteriormente sufrió una caída a partir de las etapas iniciales a la madurez de la planta, lo cual se relaciona con el comportamiento de la tasa de asimilación neta que pudo deberse a un incremento en el tejido respiratorio sobre el fotosintético al encontrar mayor peso seco en tallos que en hojas, así como un mayor efecto de sombreado de las hojas inferiores por las superiores.

Cuadro 4.5. Valores promedio de tasa de crecimiento relativo, tasa de asimilación neta, razón de área foliar y área foliar específica.

Período (dds)	Especie	TCR (mg/mg/día)		TAN (mg/cm ² /día)		RAF (cm ² /mg)		AFE (cm ² /g)	
		Media	e.e.	Media	e.e.	Media	e.e.	Media	e.e.
27-37	Alta festuca	0.032	0.02	0.156	0.10	0.203	0.00	260.59	15.8
	Ryegrass perenne	0.026	0.02	0.181	0.10	0.151	0.01	209.79	19.9
69-79	Alta festuca	0.052	0.05	0.299	0.30	0.207	0.04	347.49	9.4
	Ryegrass perenne	0.027	0.03	0.094	0.10	0.291	0.01	422.89	18.3
111-121	Alta festuca	0.027	0.01	0.191	0.00	0.14	0.01	195.95	11.7
	Ryegrass perenne	0.041	0.04	0.163	0.20	0.245	0.01	335.37	17.8
147-157	Alta festuca	0.015	0.00	0.087	0.02	0.17	0.01	244.44	9.3
	Ryegrass perenne	0.035	0.00	0.219	0.02	0.165	0.00	239.85	11.4

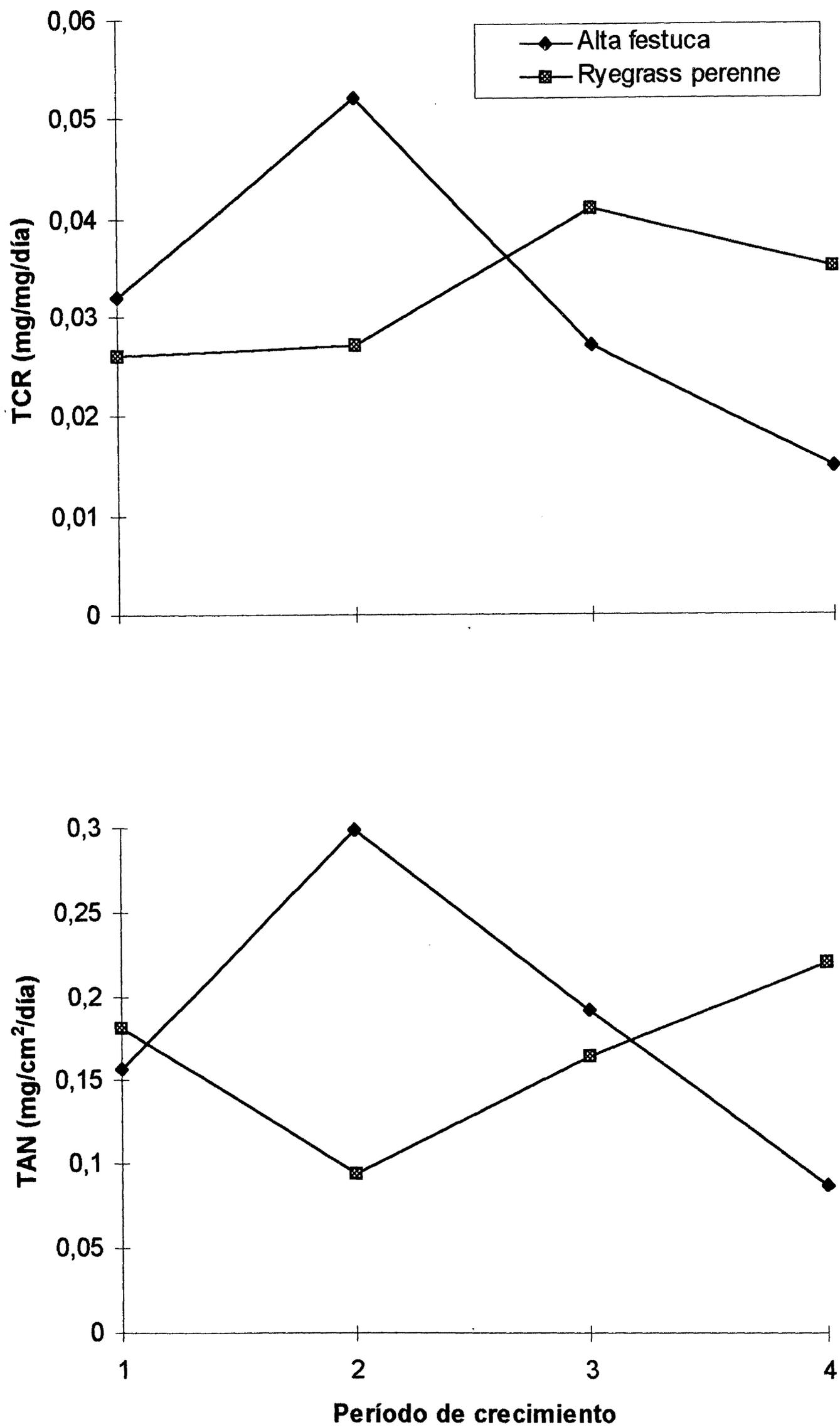


Figura 4.3. Tasa de crecimiento relativo y tasa de asimilación neta en cuatro períodos de crecimiento para alta festuca y ryegrass perenne bajo condiciones de invernadero.

Relacionando lo anterior con razón del área foliar, se puede apreciar que alta festuca en los primeros períodos de crecimiento mantuvo una proporción similar de área foliar por unidad de peso seco total de la planta, proporción que después disminuye debido posiblemente a un aumento del peso seco en otras partes de la planta diferentes a las hojas, lo que se puede constatar por el incremento en la relación tallo/vástago con respecto a la relación hoja/vástago (Cuadro 4.6, Figura 4.4).

Cuadro 4.6. Valores promedio de índice de área foliar y relaciones hoja/vástago, tallo/vástago, con base en materia seca.

Período (dds)	IAF por especie	Hoja/vástago		Tallo/vástago	
		Media	e.e.	Media	e.e.
	Alta festuca				
27-37	0.24	0.78	0.02	0.21	0.02
69-79	0.78	0.67	0.02	0.33	0.02
111-121	2.09	0.67	0.00	0.32	0.00
147-157	5.41	0.66	0.00	0.33	0.00
	e.e. 1.63				
	Ryegrass perenne				
27-37	0.25	0.67	0.02	0.33	0.02
69-79	0.98	0.71	0.02	0.29	0.01
111-121	2.38	0.71	0.01	0.28	0.01
147-157	5.6	0.7	0.00	0.29	0.00
	e.e. 1.77				

Los valores del área foliar específica (Cuadro 4.5, Figura 4.5) indican que al inicio del crecimiento, alta festuca tiene mayor cantidad de área foliar (cm^2) por gramo de peso seco acumulado en las hojas, aunque este comportamiento no sea superior al de ryegrass perenne en el segundo período evaluado, lo que se evidencia como una ventaja para producir rápidamente una mayor superficie fotosintética para luego alcanzar una alta tasa de establecimiento. Lo que concuerda con Gao y Wilman (1994) al señalar que

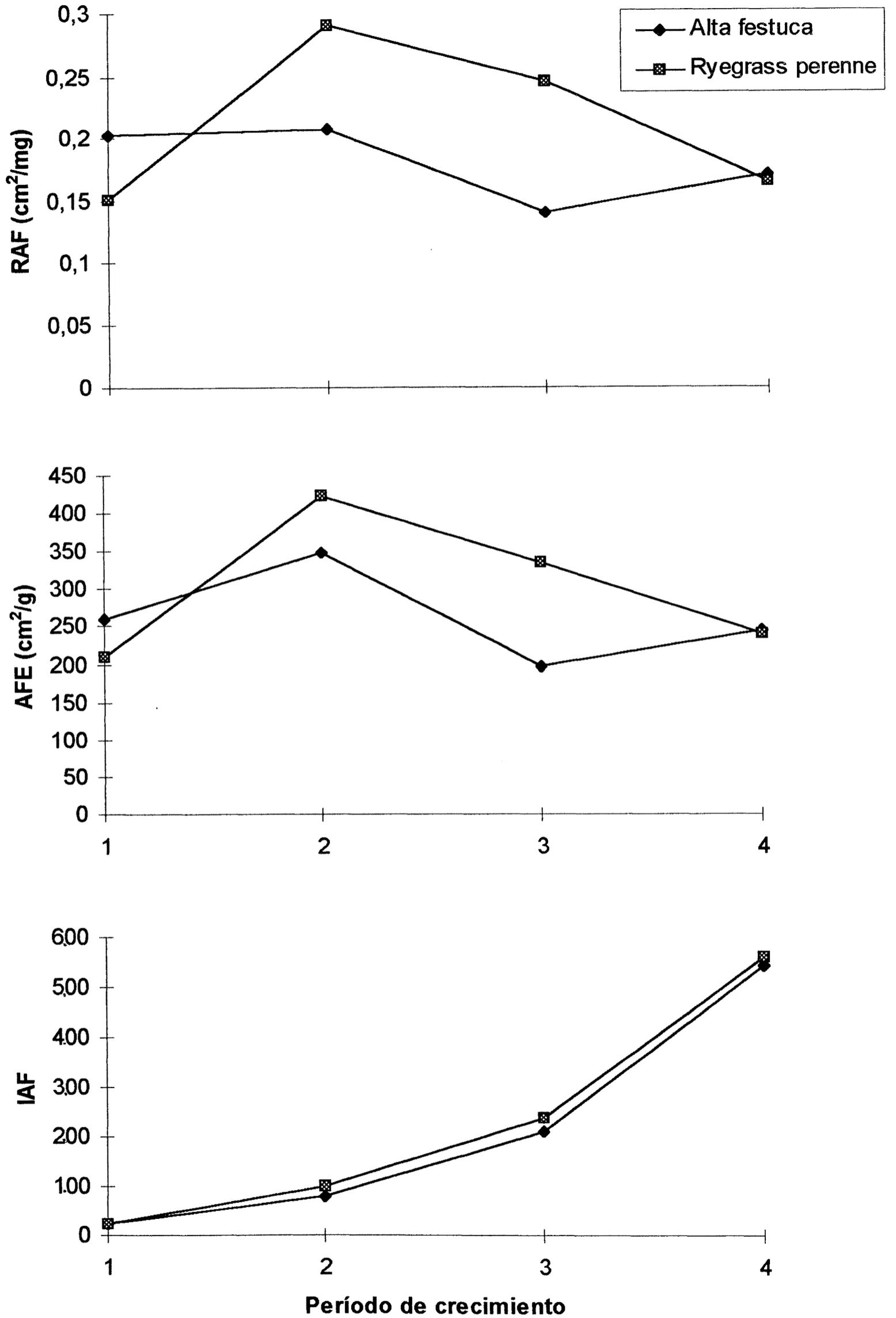


Figura 4.4. Razón de área foliar, área foliar específica e índice de área foliar en cuatro períodos de crecimiento para alta festuca y ryegrass perenne bajo condiciones de invernadero.

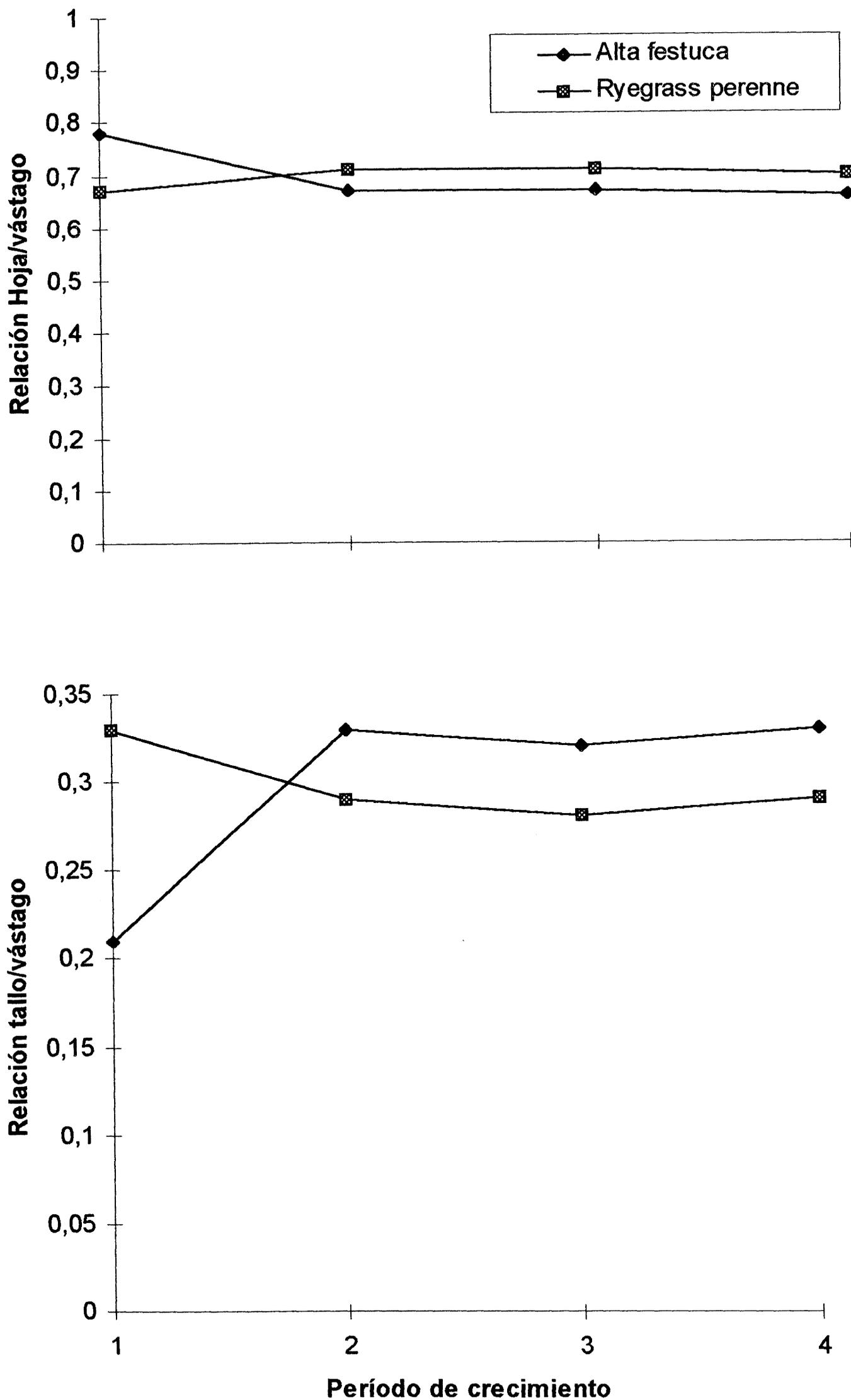


Figura 4.5. Relaciones hoja/vástago y tallo/vástago con base en materia seca para ryegrass perenne y alta festuca en cuatro períodos de crecimiento bajo condiciones de invernadero.

la tasa de aparición de hojas fue mayor en ryegrass perenne que en alta festuca, aunque esta última tuvo mayores tasas de extensión foliar, destacando que la alta inversión en la producción rápida de hojas puede perjudicar al desarrollo radicular, así como a la producción de nuevos vástagos y esto se vea reflejado en una escasa persistencia del zacate, confirmando lo anterior Wilman *et al.* (1994) al aseverar que ryegrass perenne se establece rápidamente pero no es persistente, en cambio con alta festuca ocurre lo contrario, al establecerse lentamente para después ser muy persistente.

Ryegrass perenne, mostró un comportamiento inverso a alta festuca tanto en la tasa de crecimiento relativo como en la tasa de asimilación neta (Figura 4.3), aunque al final de la evaluación del primer índice de crecimiento, esta especie mostró una disminución en su eficiencia para acumular biomasa, al igual que alta festuca, tal vez por su semejanza en el aparato asimilatorio en estados de edad avanzada, donde el número mayor de hojas delgadas en ryegrass se compensa por el incremento de las dimensiones aunque en menor número que presentan las hojas de alta festuca. Aspecto que se observa en el comportamiento similar de ambas especies en el índice de área foliar (Figura 4.4). Lo que otros autores también han encontrado cuando se refieren a la producción de una área foliar similar entre estas especies (Garwood *et al.*, 1979, Norris, 1982).

CONCLUSIONES

- De acuerdo a los objetivos e hipótesis planteados, con los resultados obtenidos, se puede concluir que ryegrass perenne, desde el ensayo de germinación, se distinguió por su precocidad y mayor porcentaje para germinar, comparada con alta festuca que presentó menor porcentaje y resistencia a la germinación, situación que respalda lo encontrado en las siguientes etapas.

- La acumulación de biomasa durante primavera-verano se incrementó conforme se incluyó en mayor porcentaje a ryegrass perenne. Contrariamente para invierno-primavera, la inclusión de alta festuca determinó el incremento en la producción, resultando la combinación de 75 por ciento alta festuca y 25 por ciento ryegrass perenne (T2) la mejor, lo cual indicó una posible sinergia cuando ambas especies se mezclan en ese porcentaje. De tal manera que la proporción en la que participaron las especies en la mezcla sí afectó su productividad.

- La tasa de crecimiento confirmó que alta festuca presenta un lento crecimiento después de sembrada, aunque una vez establecida llega a ser altamente competitiva.

- Ryegrass perenne presentó mayor capacidad para acumular biomasa en condiciones favorables de humedad y menor resistencia al estrés hídrico en comparación con alta festuca.

- Los diagramas de reemplazo indicaron que para primavera-verano, las especies se comportaron de acuerdo al modelo I de de Wit, apreciándose que aunque alta festuca y ryegrass perenne tuvieron demandas ambientales similares, la eficiencia en su transformación fue diferente. Para el período invierno-primavera alta festuca tuvo mayor potencial para acumular biomasa que ryegrass perenne, lo que concuerda con el modelo II de de Wit.

- En cuanto a la etapa de invernadero, los índices de crecimiento evaluados permitieron identificar que durante las etapas tempranas de crecimiento de las plantas hubo diferencias en la eficiencia productiva de las especies, aunque en estados más avanzados a su madurez logran similares resultados, debido posiblemente a las diferencias en las magnitudes de sus aparatos asimilatorios.

- En forma general, se concluye que las especies son compatibles, pudiendo recomendarse la inclusión de alta festuca en mayor proporción para proveer forraje en una estación en la que difícilmente lo hay (invierno-primavera).

RESUMEN

La presente investigación se realizó en el campus de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, en Buenavista, Saltillo, Coahuila. Los objetivos fueron determinar el efecto de la proporción de ryegrass perenne (*Lolium perenne*) y alta festuca (*Festuca arundinacea*) en mezcla, sobre la productividad de la misma e identificar mediante análisis de crecimiento, los procesos fisiológicos y ecológicos relacionados con la producción.

Se plantearon tres etapas de evaluación; un ensayo de germinación, un experimento de campo y otro de invernadero. En el primero, se realizaron pruebas de germinación a la semilla, con el propósito de ajustar la densidad de siembra a la semilla pura viable, usando las especies como tratamientos con 100 semillas por especie en cuatro repeticiones, determinándose además del porcentaje, la resistencia a la germinación, resultando ryegrass perenne con una mayor velocidad de imbibición o de movilización de reservas del eje del embrión a la radícula en elongación con respecto a alta festuca.

En el experimento de campo los tratamientos evaluados, en base a porcentaje, fueron: (T1) 100 alta festuca, (T2) 75 alta festuca + 25 ryegrass perenne, (T3) 50 alta

festuca + 50 ryegrass perenne, (T4) 25 alta festuca + 75 ryegrass perenne y (T5) 100 ryegrass perenne.

Se sembraron 20 unidades experimentales bajo un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones, iniciando la toma de datos en mayo de 1993. Los muestreos se hicieron mensualmente en una área de $.25 \text{ m}^2$ a través de cortes. Conformándose dos períodos de evaluación, uno de primavera-verano (mayo-septiembre) y otro de invierno-primavera (diciembre-abril), para determinar la acumulación de biomasa ($\text{g}/.25 \text{ m}^2$) y la tasa de crecimiento ($\text{g}/\text{m}^2/\text{mes}$). Los tratamientos que incluyeron en mayor proporción a ryegrass perenne durante primavera-verano acumularon mayor biomasa y lo hicieron más rápido. Sin embargo, para invierno-primavera ocurrió lo inverso, con el tratamiento (T2) en que alta festuca participó al 75 por ciento, acumulando mayor biomasa en menor tiempo. La tasa de crecimiento confirmó que alta festuca inicia su crecimiento en forma lenta, pero ya establecida resulta altamente competitiva. Al relacionar las variables ambientales de precipitación y temperatura del período experimental con las medias de los tratamientos en las dos especies, ryegrass perenne destacó por su capacidad de respuesta para acumular biomasa en condiciones de humedad favorables, así como una menor resistencia al estrés hídrico mientras alta festuca no se vio alterada.

De acuerdo a de Wit (1960), se realizaron diagramas de reemplazo con el peso seco acumulado de los tratamientos, encontrando que para el período de primavera-verano ambas especies tienen demandas ambientales similares, aunque con diferente

eficiencia en la transformación, correspondiendo esta relación al modelo I del autor antes citado. Para invierno-primavera se observaron mayores costos de mantenimiento de la biomasa foliar de ryegrass perenne que de alta festuca en las condiciones de temperatura e intensidad luminosa bajas de este período, correspondiendo a un comportamiento similar al modelo II de de Wit.

El experimento de invernadero consistió en la evaluación de tres macetas por muestreo y una planta por maceta, cada 10 días después de la siembra, determinando el peso fresco y seco de vástagos así como el área foliar. Se analizó por medio del diseño completamente al azar tomando como repeticiones las tres macetas por muestreo.

Se analizó el crecimiento de cada especie en base a tasa de crecimiento relativo ($\text{mg}/\text{mg}/\text{día}$), tasa de asimilación neta ($\text{mg}/\text{cm}^2/\text{día}$), razón de área foliar (cm^2/mg), área foliar específica (cm^2/g), índice de área foliar y las relaciones de hoja/vástago, tallo/vástago, encontrando diferencias en la eficiencia productiva de las especies, al inicio de su crecimiento, y similitudes en sus aparatos asimilatorios que compensan la respuesta productiva en etapas de madurez avanzada.

De manera general se concluyó que la proporción en que las especies participan en la mezcla afecta su productividad, sin embargo, las variables estudiadas en laboratorio, campo e invernadero permiten confirmar que las especies son compatibles, sobre todo en la combinación 75-25 de alta festuca y ryegrass perenne, respectivamente,

en que se logró una buena producción durante invierno-primavera, período en el cual resulta difícil la producción de forraje.

LITERATURA CITADA

- Aase, J.K. 1978. Relationship between leaf area and dry matter in winter wheat. *Agron. J.* 70(4):563-565.
- Ball, D.M. and C.S. Crush. 1985. Southern forages. Published by the Potash & Phosphate Institute (PPI) and Foundation for Agronomic Research (FAR). Atlanta, Georgia, USA. 256 p.
- Brougham, R.W. 1965. Effect of intensity of defoliation on regrowth of pastures. *Aust. J. Agr. Rese.* 7:377-387.
- Brown, R.H. and R.E. Blaser. 1968. Leaf area index in pasture growth. *Herb. Abst.* 38(1):1-9.
- Camlin, M.S. 1981. Competitive effects between ten cultivars of perennial ryegrass and three cultivars of white clover grown in association. *Grass Forage Sci.* 36:169-178.
- Carámbula, M. 1994. Producción y manejo de pasturas sembradas. Ed. Hemisferio Sur. 464 p.
- Casler, M.D. 1988. Performance of orchardgrass, smooth brome grass, and ryegrass in binary mixtures with alfalfa. *Agron. J.* 80:509-514.
- Casler, M.D. and R.P. Walgenbach. 1990. Ground cover potential of forage grass cultivars mixed with alfalfa at divergent locations. *Crop Sci.* 30:825-831.
- Chamblee, D.S. 1958. Some above and below ground relationships of an alfalfa-orchardgrass mixture. *Agron. J.* 50:434-437.
- Charles, G.W., G.J. Blair and A.C. Andrews. 1991. The effect of sowing time, sowing technique and post-sowing weed competition on tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) seedling establishment. *Aust. J. Agr. Rese.* 42:1251-59.
- Collins, R.P. and I. Rhodes. 1989. Yield of white clover populations in mixture with contrasting perennial ryegrass. *Grass Forage Sci.* 44:111-115.

- Cunningham, P.J., M.J. Blumenthal, M.W. Anderson, K.S. Prakash and A. Leonforte. 1994. Perennial ryegrass improvement in Australia. *N. Z. J. of Agr. Rese.* 37:295-310.
- Daubenmire, R.F. 1982. *Ecología vegetal: Tratado de autoecología de plantas*. Ed. Limusa. México. 496 p.
- de Wit, C.T. 1960. *On competition*. IBS. Wageningen. 82 p.
- ✓ Díaz S., H. 1992. Praderas de riego en el norte de México. En: Seminario sobre Bovino de Carne. Memorias. Univ. Aut. Agr. "Antonio Narro". Saltillo, Coah., México.
- Easton, H.S., C.K. Lee and R.D. Fitzgerald. 1994. Tall fescue in Australia and New Zealand. *N. Z. J. of Agr. Rese.* 37:405-417.
- Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura. (FIRA-Banco de México). 1994. Evaluación de praderas irrigadas en el norte de México. México, D.F. 158 p.
- Fothergill, M. and D.A. Davies. 1993. White clover contribution to continuously stocked sheep pastures in association with contrasting perennial ryegrasses. *Grass Forage Sci.* 48:369-379.
- Fulkerson, W.J. and K. Slack. 1994. Leaf number as a criterion for determining defoliation time for *Lolium perenne*. 1. Effect of water-soluble carbohydrates and senescence. *Grass Forage Sci.* 49:373-377.
- Gao, Y. and D. Wilman 1994. Leaf development in eight related grasses. *J. Agr. Sci. (Camb.)*. 123:41-46.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen. México. p. 148.
- Garwood, E.A., Tyson, K.C. and J. Sinclair. 1979. Use of water by six grass species. 1. Dry matter yields and response to irrigation. *J. Agr. Sci. (Camb.)*. 93:13-24.
- 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. 85 p.
- Gleeson, A.C. and McGilchrist, C.A. 1980. Mixture diallel experiments with unequal proportions of genotypes. *J. Agr. Sci. (Camb.)* 95:525-532.
- Gordon, A.G. 1971. The germination resistance test -a new test for measuring germination quality of cereals. *Can. J. Plant Sci.* 51:181-183.

- Gutiérrez C., J.J. 1992. Análisis de costos de alimentación de un sistema de producción pecuario con base en la producción de praderas. Problema especial. Maestría en Producción Animal. Programa de Graduados. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah. Inédito. 33 p.
- Gutiérrez C., J.J. 1993. Producción estacional y dinámica interespecífica de una mezcla de especies forrajeras perennes irrigadas. Tesis Maestría. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah. México. 67 p.
- Gutiérrez N., M. 1991. Comportamiento productivo estacional de una mezcla de especies forrajeras irrigadas. Tesis Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah. México. 49 p.
- Harper, J.L. 1983. Population biology of plants. 6th print. Academic Press. New York. 892 p.
- Haynes, R.J. 1980. Competitive aspects of the grass-legume association. *Adv. Agron.* 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 A.C. Gleeson. 1988. Competition among seedlings of phalaris, subterranean clover and white clover in diallel replacement series mixtures. *Grass Forage Sci.* 43:411-420.
- Hill, M.J., C.J. Pearson and A.C. Kirby. 1985. Germination and seedling growth of prairie grass, tall fescue and italian ryegrass at different temperatures. *Aust. J. Agr. Res.* 36:13-24.
- Hunt, R. 1982. Plant growth curves. The functional approach to plant growth analysis. Ed. Arnold Publ. England. 52 p.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. (INEGI). 1980. Síntesis geográfica del Estado de Coahuila (Anexo cartográfico). SPP. México.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. (INEGI). 1994. Censo agropecuario. SPP. México. 367 p.
- Langer, R.H.M. 1990. Pastures. Their ecology and management. Oxford Univ. Press. Auckland, N. Z. 499 p.

- 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 Forage Sci.* 45:393-402.
- Martin, M.P.L.D. and R.J. Field. 1984. The nature of competition between perennial ryegrass and white clover. *Grass Forage Sci.* 39:247-253.
- Morris, R.M. and J.G. Thomas. 1972. The seasonal pattern of dry-matter production of grasses in the North Pennines. *J. Br. Grassl. Soc.* 27:163-172.
- Norris, I.B. 1982. Soil moisture and growth of contrasting varieties of *Lolium*, *Dactylis* and *Festuca* species. *Grass Forage Sci.* 37:273-283.
- Nuñez 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 AMPA. Saltillo, Coah., México.
- Orr, R.J., A.J. Parsons, T.T. Treacher and P.D. Penning. 1988. Seasonal patterns of grass production under cutting or continuous stocking management. *Grass Forage Sci.* 43:199-207.
- Piñeiro, R.P. y J.L. Pérez. 1993. Importancia de los Forrajes en la Ganadería. Ed. Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. 220 p.
- Salisbury, J.H. 1970. Leaf growth in pasture grasses. *Tropical Grassl.* 4(1):17-36.
- Silvertown, W.J. 1982. Introduction to plant population ecology. 1st print. Logman. London. 209 p.
- Sinclair, D.F. and A.C. Gleeson. 1984. On the analysis of replacement series diallel experiments. *J. Agr. Sci. (Camb.)* 102:531-537.
- Sollenberg, L.E., W.C. Templeton, Jr. and R.R. Hill, Jr. 1984. Orchardgrass and perennial ryegrass with applied nitrogen and in mixtures with legumes. 2. Component contributions to dry matter and nitrogen harvests. *Grass Forage Sci.* 39:263-270.
- Sosa R., E.E. 1993. Determinación de la producción estacional de gramíneas y leguminosas en asociación. Tesis Maestría. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah. México. 94 p.
- Thomas, H. and M.O. Humphreys. 1991. Progress and potential of interspecific hybrids of *Lolium* and *Festuca*. *J. Agr. Sci. (Camb.)* 117:1-8.
- Townsend, C.E., H. Kenno and M.A. Brick. 1990. Compatibility of cicer milkvetch in mixture with cool-season grasses. *Agron. J.* 82:262-266.

- Trenbath, B.R. 1978a. Models and the interpretation of mixture experiments. In: Wilson, J.R. (Ed.). *Plant Relations in Pastures*. CSIRO. Australia p. 145-162.
- Trenbath, B.R. 1978b. Plant interactions in mixed crop communities. In: Wilson, J.R. (Ed.). *Plant Relations in Pastures*. CSIRO. Australia. p. 129-169.
- Welty, R.E. and R.E. Barker. 1993. Reaction of twenty cultivars of tall fescue to stem rust in controlled and field environments. *Crop Sci.* 33:963-967.
- Wilman, D., Y Gao, and P.J. Michaud. 1994. Morphology and position of the shoot apex in some temperate grasses. *J. Agr. Sci. (Camb.)*. 122:375-383.
- Woledge, J., A. Reyneri, V. Tewson and A.J. Parsons. 1992a. The effect of cutting on the proportions of perennial ryegrass and white clover in mixtures. *Grass Forage Sci.* 47:169-179.
- Woledge, J., K. Davidson and W.D. Dennis. 1992b. Growth and photosynthesis of tall and short cultivars of white clover with tall and short grasses. *Grass Forage Sci.* 47(3):230-238.
- Woledge, J., V. Tewson and I.A. Davidson. 1990. Growth of grass/clover mixtures during winter. *Grass Forage Sci.* 45:191-202.