

## **EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO Y PRODUCTIVIDAD DE UNA MEZCLA DE ESPECIES FORRAJERAS**

Myrna J. Ayala Ortega<sup>1</sup>, José M. Fernández Brondo<sup>2</sup>, Humberto González Morales<sup>3</sup>,  
Regino Morones Reza<sup>4</sup>

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro  
Buenavista, Saltillo, Coahuila  
CP 25315 México

---

<sup>1</sup> Alumno de Postgrado de la Maestría en Manejo de Pastizales.

<sup>2</sup> Profesor-Investigador, Depto. Botánica.

<sup>3</sup> Profesor-Investigador. Depto. Recursos Naturales Renovables.

<sup>4</sup> Profesor-Investigador, Depto. Estadística y Cálculo.

## RESUMEN

Para determinar el efecto de la proporción de *Festuca arundinacea* (alta festuca, AF) y *Lolium perenne* (ryegrass perenne, RP) en la productividad forrajera de esta mezcla de gramíneas, e identificar los procesos fisiológicos relacionados con dicha productividad, se montó un experimento en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), campus Saltillo. Debido a la diferencia en los períodos de crecimiento de ambas especies, evaluados en campo durante el período primavera-verano (P-V), la mezcla con mayor proporción de RP mostró mayor producción de biomasa. Durante el período invierno-primavera (I-P), la mezcla con 75% de AF produjo la mayor biomasa. El análisis de crecimiento, evaluado en invernadero, confirmó que ambas especies tienen diferencias en su respuesta productiva por la desigualdad de sus aparatos asimilatorios, aunque al iniciar la madurez éstos se ven compensados. De lo anterior, se concluyó que las especies son compatibles, por lo que se recomienda la inclusión de alta festuca en mayores proporciones, para proveer forraje en épocas críticas.

**Palabras clave:** mezclas, gramíneas, acumulación de biomasa, análisis de crecimiento, *Festuca arundinacea*, *Lolium perenne*.

## ABSTRACT

The objectives of this study were: to determine the proportional effects of tall fescue (TF) *Festuca arundinacea* and perennial ryegrass (PR) *Lolium*

*perenne*, in the mixture upon productivity; to identify the physiological and ecological processes upon production, the study was conducted in the campus of the Agrarian University Antonio Narro (UAAAN). Due to the difference in the growing periods of both species, they were evaluated on the field, for the period spring-summer (S-S). The higher the proportion of the mixture of PR, the higher the biomass accumulation. For the period winter-spring (W-S), the proportion of the mixture with 75% of TF was the best one. The growth analysis carried out at the greenhouse showed that both TF and PR had differences in regard to production, due to unbalance of their assimilatory process, however when maturity began to take place, it tends to be compensated. We concluded that both species were compatible, thus we recommend the inclusion of higher proportions of TF in the seeding rate for the period W-S to promote forage production.

**Key words:** mixture, grasses, biomass accumulation, growth analysis, *Festuca arundinacea*, *Lolium perenne*.

## INTRODUCCIÓN

La necesidad de contar con forraje durante todo el año en las regiones ganaderas de Coahuila, ha impulsado al establecimiento de praderas con especies forrajeras de gramíneas y/o leguminosas como una alternativa importante. Así, la mezcla de especies perennes ha reducido en 60 y hasta 75% los costos totales, al no tener que sembrar especies anuales en dos ciclos (Gutiérrez, 1992; Nuñez *et al.*, 1991).

Entre las especies forrajeras que se han ensayado en la UAAAN sobresale la de ryegrass perenne y la alta festuca, por su compatibilidad, persistencia y productividad. Además del efecto ambiental y de manejo en la producción de forraje de esta mezcla, la proporción de cada especie es determinante, ya que su patrón de crecimiento y la respuesta de éste a los factores ambientales son variables (Haynes, 1980; Townsend *et al.*, 1990; Woledge *et al.*, 1992).

Se evaluó el crecimiento de las especies en mezcla y monocultivo, para determinar su efecto productivo en la mezcla, e identificar los procesos fisiológicos y ecológicos relacionados con su producción, asumiendo que la proporción de cada especie en la mezcla afecta su productividad, y que análisis del crecimiento permite identificar los procesos fisiológicos y ecológicos que determinan la productividad.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

El estudio se realizó en tres etapas en el campus de la UAAAN, ubicado a 100°57' longitud oeste y 25°28' latitud norte, con una altitud de 1740 msnm (INEGI, 1980).

### **Etapa I: Ensayo de Germinación**

Para ajustar la densidad de siembra y conocer la respuesta de la semilla en su etapa inicial de crecimiento, se determinó el porcentaje y la resistencia de germinación (Gordon, 1971). En los tratamientos se utilizaron 100 semillas por especie en cuatro repeticiones. Se usó una cámara de ambiente controlado, a temperatura constante (24°C), durante 8 días. Asimismo, se realizó el análisis de varianza, de acuerdo al diseño completamente al azar y comparación de medias con prueba de Tukey, al 0.05 de probabilidad.

### **Etapa II: Experimento de Campo**

Se evaluó el comportamiento productivo de cada especie en la mezcla y el de la mezcla misma con cinco tratamientos en diferentes proporciones (Cuadro 1), arreglados en un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. La unidad experimental fue de 5 x 4 m y la unidad de muestreo de .5 x .5 m.

**Cuadro 1. Número de tratamientos y proporción de cada especie en la mezcla.**

No. Tratamiento	AF(%)	RP(%)
1	100	0
2	75	25
3	50	50
4	25	75
5	0	100

Se preparó el suelo con barbecho, rastra y nivelación; se sembró al voleo y en seco; se utilizaron densidades de siembra iguales en la mezcla ( $15 \text{ kg ha}^{-1}$ ) y de 20 y  $22 \text{ kg ha}^{-1}$  para ryegrass perenne y alta festuca, respectivamente. El riego que se proporcionó después de la siembra fue de rodado, y los siguientes, de acuerdo con las necesidades del cultivo.

Se fertilizó para el establecimiento con  $61 \text{ kg de P ha}^{-1}$  en forma de superfosfato simple y  $100 \text{ kg N ha}^{-1}$  en forma de urea y se usaron las mismas fuentes después de cada corte. La dosis anual de mantenimiento fue de 550-61-0; el fósforo se aplicó seis meses después de la siembra.

Se evaluó cada 30 días. El vástago se cortó 2 cm por arriba del suelo en cada unidad experimental. El material vegetal se separó por especie en los tratamientos mezclados, se secó en estufa a  $70^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  durante 48 h y se pesó. El análisis de varianza correspondió al diseño experimental y se compararon medias de Tukey (0.05). Dada la variabilidad de los datos, se analizó la producción acumulada de biomasa en dos períodos de crecimiento; primavera-verano (P-V) (mayo-septiembre) e invierno-primavera (I-P) (diciembre-abril). Se realizaron los siguientes contrastes ortogonales, con el fin de reafirmar los resultados encontrados:

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 calcularon regresiones para evaluar la tasa de crecimiento, en términos de peso seco en  $g/m^2$  tiempo de los tratamientos en cada período. Con los valores de la pendiente se corrieron los análisis de varianza, así como la comparación de medias.

La elaboración de los diagramas de reemplazo siguió el modelo de Wit (1960), citado por Harper (1983), con el peso seco acumulado por metro cuadrado durante P-V e I-P, para AF, RP y ambas. La producción de biomasa se relacionó gráficamente con temperatura y precipitación; y se usó la media de peso seco en  $g/m^2$  de los tratamientos y la media mensual de las variables ambientales en el período evaluado (mayo 1993-abril 1994).

### **Etapa III: Experimento de Invernadero**

Se sembraron cinco semillas por maceta, con tierra esterilizada. Se fertilizó después con las mismas fuentes y cantidades de campo, con excepción del fósforo que sólo se aplicó a la siembra. Se regó después de la siembra y cada 10 días, como promedio. El aclareo se hizo en plántulas con al menos una hoja con lígula definida, para dejar un individuo por maceta.

Cada especie fue un tratamiento, en un diseño completamente al azar con tres repeticiones. A los 10 días después de la siembra (dds) se iniciaron las evaluaciones en tres macetas por muestreo, con un total de 16 sucesivos. Para realizar el análisis de crecimiento (Hunt, 1982), se midió el peso fresco de vástagos;

se determinó el área foliar con un medidor CI-202, para luego secar y pesar. El análisis de varianza correspondió al diseño experimental y se compararon medias por diferencia mínima significativa (DMS) al 0.05.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Etapa I: Ensayo de Germinación

Ambas especies mostraron porcentajes de germinación estadísticamente iguales, aunque RP fue ligeramente mayor que AF. En resistencia a la germinación, AF superó. ( $P \leq 0.05$ ) a RP, suponiendo que una vez iniciada la imbibición, la radícula del embrión de AF tardó más en penetrar la testa (Cuadro 2).

**Cuadro 2. Valores promedios de porcentajes de germinación y resistencia a la germinación de RP y AF.**

Variable	RP	e.e.	AF	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

Los altos coeficientes de variación en porcentaje de germinación pueden deberse a una viabilidad reducida del lote de semillas. Suponiendo una calidad similar en las semillas de ambas especies, se puede asumir por consiguiente, una mayor velocidad de imbibición o de movilización de reservas del eje del embrión a la radícula en elongación. Thomas y Humphreys (1991) señalan que AF se caracteriza por un bajo vigor de la semilla, mientras que RP presenta un rápido y temprano crecimiento.

### Etapa II: Experimento de Campo

La biomasa acumulada de RP al 75% o más en mezcla, indica que a mayor proporción de RP en la mezcla, mayor acumulación de biomasa, al grado que al tener sólo RP, su biomasa duplica a la obtenida por AF sola (Cuadro 3).

**Cuadro 3. Peso seco promedio acumulado (g/.25 m<sup>2</sup>) por tratamiento durante P-V e I-P.**

Tratamiento	P-V		I-P	
	Media	e.e.	Media	e.e.
1 (AF100)	405.48 c	45.37	967.66 ab	183.16
2 (AF75;RP25)	500.47 c	44.41	1287.72 a	97.83
3 (AF50;RP50)	567.04 bc	85.16	985.12 ab	135.4
4 (AF25;RP75)	689.54 ab	23.85	847.79 b	187.85
5 (RP100)	802.06 a	72.25	837.97 b	118.75

Literales distintas entre columnas indican diferencia estadística (P≤0.05).  
e.e. = error estandar

Para el período I-P el comportamiento es inverso. La mezcla T2 con mayor producción de biomasa y menor variación estadística indica que existe sinergia cuando ambas especies se mezclan en esa proporción. Los 985.12 g acumulados en T3, así como la biomasa acumulada en T1 y T5 concuerdan con esta aseveración. Resultados similares presentan Gutiérrez (1993) y Sosa (1993).

Los contrastes ortogonales confirman el acoplamiento entre especies durante la primera evaluación (P-V), de acuerdo a las diferencias altamente significativas en tratamientos puros y combinados (Cuadro 4). En I-P la comparación entre combinados arrojó diferencia altamente significativa, por la biomasa de T2, donde AF fue competitiva.

**Cuadro 4. Análisis de varianza de los contrastes ortogonales con significancia.**

Contraste	Gl	CM	F <sub>c</sub>	F <sub>t</sub>	
				0.05	0.01
P-V					
C2	1	314563.22	55.6 **	4.75	9.33
C4	1	71489.28	12.64 **		
Error exptal.	12	5657.5			
I-P					
C4	1	387085.5	12.2 **		
Error exptal.	12	31716.5			

La figura 1 muestra la biomasa (g/m<sup>2</sup>) producida mensualmente por especie, en cada tratamiento. El comportamiento de las especies señala que AF

tiene mayor capacidad de acumulación de biomasa durante los meses más fríos. La acumulación de biomasa bajo condiciones de humedad favorables es mayor en RP, así como menor la resistencia al estrés hídrico que AF. Norris (1982) contrasta la humedad del suelo con el crecimiento de *Lolium*, *Dactylis* y *Festuca*, al mencionar que RP fue más sensible a la sequía, pues redujo sus tasas de crecimiento ( $6.2-4.4 \text{ g/m}^2/\text{día}$ ), mientras para AF no fue significativa ( $4.1-3.1 \text{ g/m}^2/\text{día}$ ). Cunningham *et al.* (1994) relacionan resultados similares al decrecer su persistencia dentro de la mezcla.

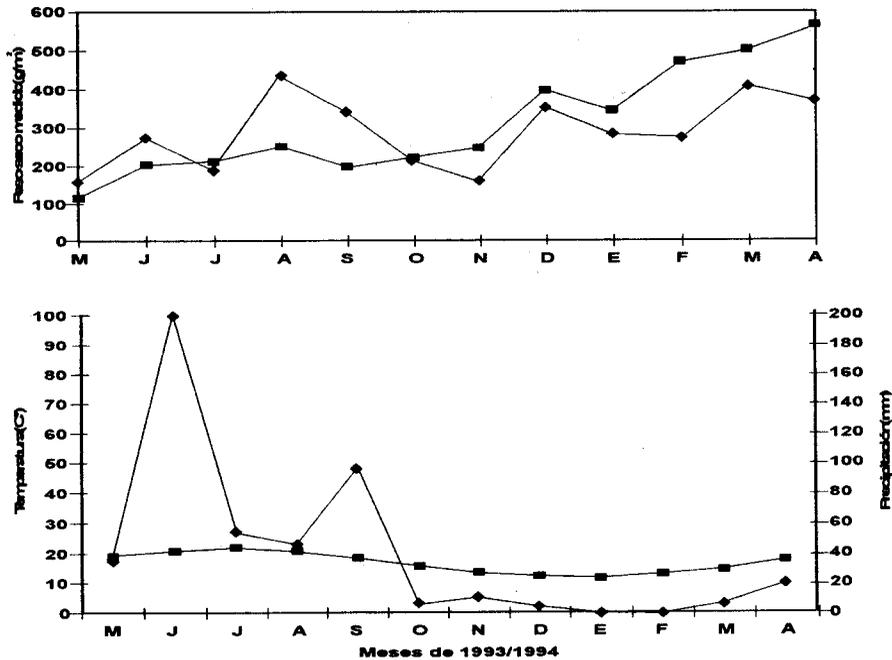


Figura 1. Peso seco medio ( $\text{g/m}^2$ ) (arriba) de todos los tratamientos para alta festuca (AF  $\square$ ) y ryegrass perenne (RP  $\diamond$ ); y diagrama ombrotérmico (abajo) (T  $\square$ ) (P  $\diamond$ ) durante el estudio

Los valores medios de tasa de crecimiento se presentan en el cuadro 5. La diferencia en la variación (e.e.) dentro de tratamientos fue menor en I-P que P-V. Esto confirma que RP tuvo mayor velocidad de acumulación de biomasa en P-V, lo que concuerda con otros autores que señalan que AF presenta lento crecimiento al inicio, pero una vez establecida, es muy competitiva (Easton *et al.*, 1994; Langer, 1990; Thomas y Humphreys, 1991).

En la figura 2, el peso seco acumulado por especie y en mezcla, se presentan en diagramas de reemplazo. Para P-V, la participación de cada especie en la producción de biomasa en mezcla está en relación directa a la densidad de siembra, lo que sugiere que no ocurre competencia en T5 y T4; cuando las especies tienen igual proporción (T3), el efecto de una especie sobre la otra es el mismo. Esta relación corresponde al modelo I de de Wit, donde ambas especies tienen demandas ambientales similares pero con diferente eficiencia en la transformación, lo que significa para RP un mayor número de hojas delgadas y cortas, mientras que para AF un menor número de hojas pero con dimensiones mayores. Norris (1982) encontró una mayor tasa de producción de hojas y una menor velocidad de expansión foliar para RP que para AF.



**Cuadro 5. Tasa de crecimiento ( $\text{g/m}^2/\text{mes}$ ) por tratamiento durante Primavera-verano e Invierno-primavera.**

Tratamiento	P.V		I-P	
	Media	e.e.	Media	e.e.
1 (AF100)	345.32 d	11.21	826.32 ab	53.4
2 (AF75;RP25)	422.72 cd	11.85	1045.4 a	29.03
3 (AF50;RP50)	510.64 bc	22.15	838.84 ab	31.9
4 (AF25;RP75)	641.28 ab	8.07	633.4 b	47.86
5 (RP100)	714.4 a	22.61	673.72 b	31.7

Literales distintas entre columnas indican diferencia estadística ( $P < 0.05$ ).  
e.e. = error estandar

Para I-P la participación de ambas especies en la biomasa total de la mezcla indica que AF ejerce un mayor efecto sobre RP que a la inversa, lo que correspondera al modelo II de de Wit. Esto, debido a los mayores costos de mantenimiento de la biomasa foliar de RP que la de AF en condiciones de temperatura e intensidad luminosa bajas, coincide con Langer (1990).

### **Etapas III: Experimento de Invernadero**

No hubo significancia ( $P \leq 0.05$ ) en tratamientos sobre los índices del crecimiento, aunque en la figura 3 la tasa de crecimiento relativo (TCR) indica mayor eficiencia de AF como productora de biomasa durante el primero y segundo períodos de crecimiento, en que ambas especies estaban en etapas vegetativas tempranas. Posteriormente declina en etapas iniciales a la madurez, lo cual se relaciona con el comportamiento de la tasa de asimilación neta (TAN) 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 efecto de sombreado de las hojas inferiores por las superiores. Comparando esto en razón del área foliar (RAF), se aprecia que AF al inicio del crecimiento mantuvo una proporción similar de área foliar por unidad de peso seco total, que después disminuye debido a un aumento del peso seco en otras partes de la planta diferentes a las hojas, según el incremento en relación tallo/vástago con respecto a hoja/vástago.

El área foliar específica (AFE) indica que al inicio del crecimiento, AF tiene mayor área foliar ( $\text{cm}^2$ ) por gramo de peso seco acumulado en las hojas, aunque esto no superó al de RP en el segundo período (Figura 4), lo que sería una ventaja para AF producir rápidamente mayor superficie fotosintética, para luego alcanzar una alta tasa de establecimiento. Resultados similares encontraron Gao y Wilman (1994) y Wilman *et al.* (1994). Sin embargo, Ryegrass perenne mostró un comportamiento inverso a AF en TAN y TCR (Figura 3), aunque al final de la evaluación del primer índice de crecimiento (TAN), RP mostró una disminución en su eficiencia para acumular biomasa, al igual que AF, debido a su semejanza en el aparato asimilatorio en estados de edad avanzada, donde el número mayor de hojas delgadas en RP se compensa con mayores dimensiones de hoja, aunque en menor número de AF. Esto se observa en el comportamiento similar de ambas especies en índice de área foliar (IAF) (Figura 4). Lo mismo han encontrado Garwood *et al.* (1979) y Norris (1982).

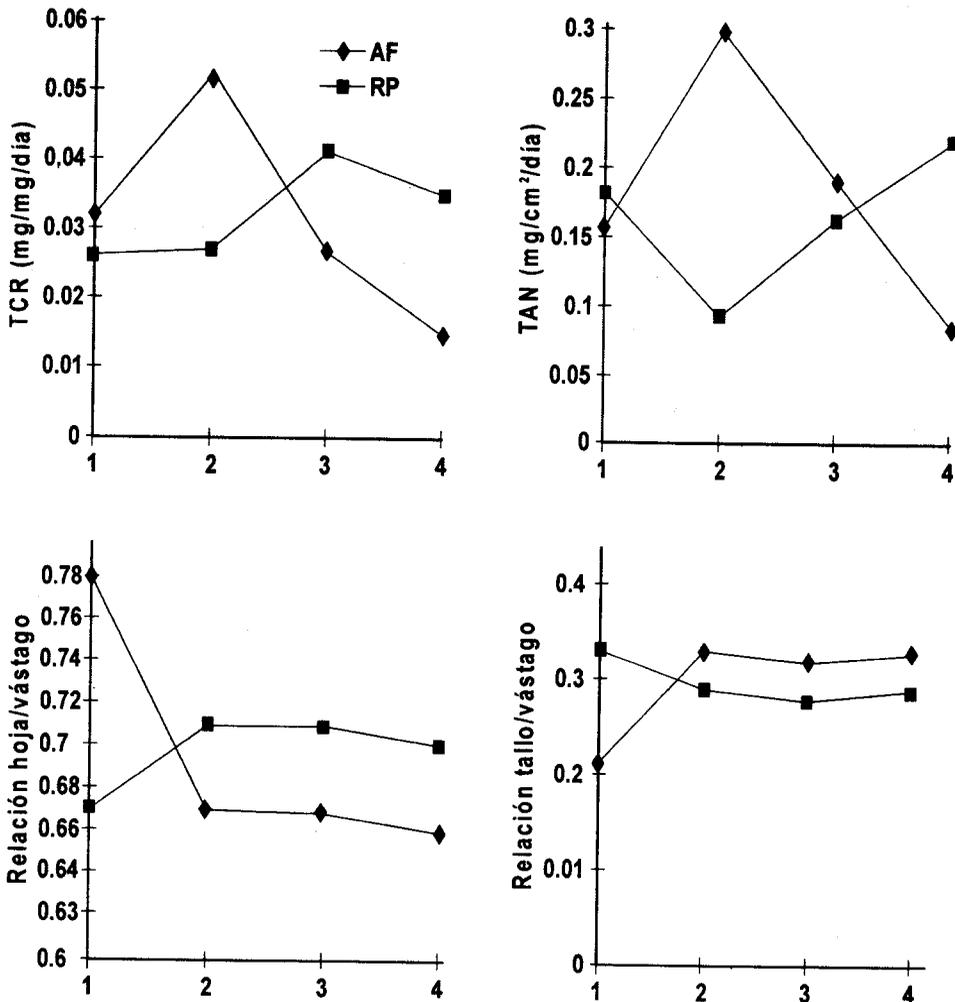


Figura 3. Tasa de crecimiento relativo (TCR), Tasa de asimilación neta (TAN), Relación hoja/vástago y tallo/vástago en cuatro períodos de crecimiento para alta festuca (AF) y ryegrass perenne (RP) bajo condiciones de invernadero.

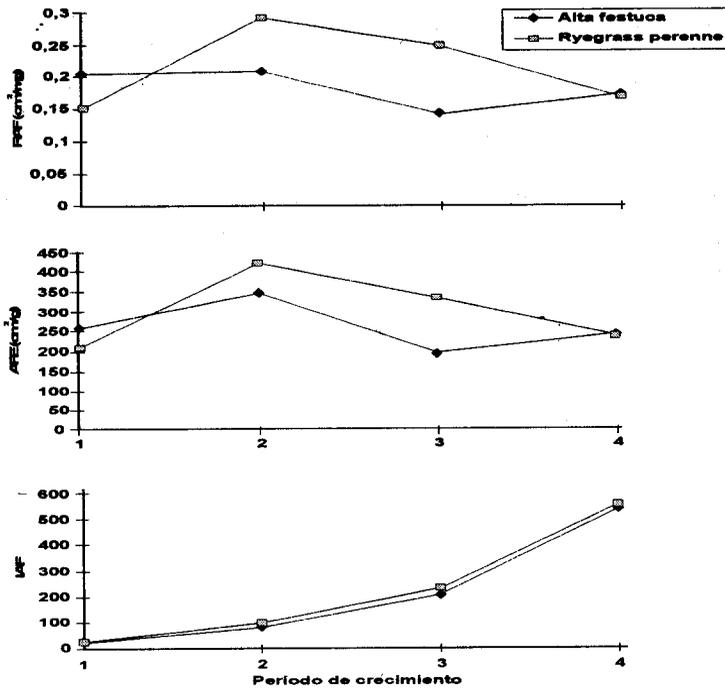


Figura 4. Razón de área foliar, área foliar específica e índice de área foliar en cuatro períodos de crecimiento para alta festuca y ryegrass perenne bajo condiciones de invernadero.

## CONCLUSIONES

Ryegrass perenne se distinguió, desde el ensayo de germinación, por su precocidad y mayor porcentaje para germinar, lo que responde a los resultados de

las siguientes etapas. La acumulación de biomasa en P-V se incrementó conforme se incluyó en mayor porcentaje ryegrass perenne. Contrariamente ocurrió en I-P, de manera que la proporción en la mezcla sí afectó su productividad.

La tasa de crecimiento confirmó que alta festuca presenta un lento crecimiento después de sembrada, mientras que una vez establecida es competitiva. Los diagramas de reemplazo indicaron, en ambas especies, diferencias en su eficiencia para acumular biomasa. Los índices de crecimiento resaltaron, en etapas tempranas, diferencias en la eficiencia productiva de las especies, mientras que en estadios más avanzados, fueron similares.

En forma general, se concluye que las especies son compatibles. Se recomiendan mayores proporciones de alta festuca con el fin de proveer forraje en épocas críticas.

## LITERATURA CITADA

- 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.
- De Wit, C.T. 1960. *On Competition*. IBS; Wageningen. 82 pp.

- 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.
- Gao, Y. and D. Wilman 1994. Leaf development in eight related grasses. *J. Agr. Sci. (Camb.)*. 123:41-46.
- 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.
- 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 pp.
- 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 pp.
- Harper, J.L. 1983. *Population Biology of Plants*. Academic Press; New York. 892 pp.
- Haynes, R.J. 1980. Competitive aspects of the grass-legume association. *Adv. Agron.* 33:227-261.
- Hunt, R. 1982. *Plant Growth Curves. The Functional Approach to Plant Growth Analysis*. Ed. Arnold Publ., England. 52 pp.
- INEGI. 1980. *Síntesis geográfica del Estado de Coahuila (Anexo cartográfico)*. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. SPP, México.

- Langer, R.H.M. 1990. Pastures. Their Ecology and Management. Oxford Univ. Press., Auckland, N. Z. 499 pp.
- Norris, I.B. 1982. Soil moisture and growth of contrasting varieties of *Lolium*, *Dactylis* and *Festuca* species. Grass Forage Sci. 37:273-283.
- Núñez H., G., A. Valdez, R. Martínez, S. Hernández y M. Tiscareño. 1991. Crianza de vaquillas lecheras en praderas de ballico perenne (*Lolium perenne*) en la zona templada de México. (pp: 84). En: Memorias de la XXIII Reunión Anual de la AMPA. Saltillo, Coah., 23-26 Octubre. México.
- Sosa R.,E.E. 1993. Determinación de la producción estacional de gramíneas y leguminosas en asociación. Tesis Maestría. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coah. México. 94 pp.
- 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.
- 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. 1992. The effect of cutting on the proportions of perennial ryegrass and white clover in mixtures. Grass Forage Sci. 47:169-179.