

CARACTERIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN INICIAL DE DIVERSAS MEZCLAS FORRAJERAS

Moliterno, E. A.

Recibido: 24 de abril de 2000. Aceptado: 10 de julio de 2000.

RESUMEN

El establecimiento, vigor de las especies forrajeras y producción inicial a los 80 días post siembra fueron estudiados en cinco mezclas forrajeras compuestas por la combinación de una gramínea invernal anual o perenne (*Avena byzantina* cv RLE 115, *Lolium multiflorum* cv LE 284, *Festuca arundinacea* cv Tacuabé, *Phalaris aquatica* cv Urunday y *Dactylis glomerata* cv Oberón) y una o más leguminosas (*Trifolium repens* cv Zapicán, *Trifolium pratense* cv LE 116 y *Lotus corniculatus* cv San Gabriel) a las cuales se les agregó achicoria (*Cichorium intybus* cv Comercial) en una de ellas. El establecimiento a los 40 días post siembra fue menor al 50% de la semilla viable sembrada para todas las mezclas con excepción de la que incluyó a *Lolium multiflorum* como gramínea. El vigor de plantas de las especies forrajeras de cada mezcla expresado como peso de su biomasa aérea y radicular fue en general mayor para las gramíneas, mientras que de las leguminosas utilizadas *Lotus corniculatus* fue la de menor vigor inicial. La producción de forraje cosechada a los 80 días post siembra fue significativamente mayor para las mezclas con *A. byzantina* y *L. multiflorum*, siendo estas gramíneas las que contribuyeron con la mayor proporción del forraje total en cada mezcla. El resto de las mezclas tuvieron una menor producción inicial de forraje y una elevada incidencia de la fracción malezas en el total cosechado, reflejando la menor habilidad competitiva de las especies perennes en relación con malezas de hábito de vida anual. La altura del perfil total de pastura determinada previa al corte resultó un buen estimador de la producción de forraje, con un mejor grado de asociación cuando se consideró la fracción pastura que para el total (pastura + malezas).

PALABRAS CLAVE: Establecimiento, competencia, vigor de plántulas, rendimiento de forraje, altura de la pastura.

SUMMARY

CHARACTERIZATION OF THE INITIAL PRODUCTION OF DIFFERENT SEEDING MIXTURES

The establishment, seedling vigor and yield at first cut were assessed on 5 seeding mixtures resulting from the combination of one annual or perennial cool-season grass (*Avena byzantina* cv RLE 115, *Lolium multiflorum* cv LE 284, *Festuca arundinacea* cv Tacuabé, *Phalaris aquatica* cv Urunday y *Dactylis glomerata* cv Oberón), one or more temperate legumes (*Trifolium repens* cv Zapicán, *Trifolium pratense* cv LE 116 y *Lotus corniculatus* cv San Gabriel) and chicory (*Cichorium intybus* cv Comercial) in one of the mixtures. Establishment 40 days after sowing was less than 50% of the viable seed sown for all mixtures with the exception of that with *L. multiflorum*. Seedling vigor for component species within each mixture measured as dry weight of tops and roots was highest for grasses, and among them oats clearly outweighed italian ryegrass and the perennials tall fescue, hardinggrass and orchardgrass in both, tops and roots. Among legumes red clover and birdsfoot trefoil were the most and least vigorous species, respectively. First cut yields 80 days after sowing were highest for mixtures with oats and italian ryegrass, with the grass fraction comprising more than 90% of total DM yield. The average yield composition for the remaining 3 mixtures had more than 50% DM contributed by weeds, reflecting the lower competitive ability of perennial grasses and legumes in relation to annual weeds. Sward canopy height was found to be positively associated to total DM yield and that of the pasture fraction, with a higher correlation coefficient for the latter.

KEY WORDS: Establishment, competition, seedling vigor; herbage yield, canopy height.

INTRODUCCIÓN

La escasa contribución de las praderas cultivadas con especies perennes a los esquemas forrajeros ha resultado de la combinación de factores biológicos, no sólo por la baja tolerancia de las especies de origen templado al estrés ambiental del verano (Carámbula, 1987; Millot *et al.*, 1987) sino también por factores de rentabilidad asociados al riesgo productivo y poco control de aspectos del manejo de dichos mejoramientos (Alonso y Pérez Arrarte, 1980). Estos factores han evolucionado en forma dispar en los últimos años, ya que si bien la disponibilidad de cultivares nacionales para una diversidad de gramíneas y leguminosas forrajeras anuales y perennes ha permitido combinar recursos para la obtención de pasturas más productivas, el resultado económico de las empresas agropecuarias ha sido extremadamente variable. No obstante, en términos generales, ha habido una tendencia perceptible a reconocer la importancia de la incorporación de los mejoramientos intensivos para mejorar la rentabilidad de los predios (Duran, 1996).

Desde el punto de vista del producto ganadero generado anualmente, el Uruguay se ha caracterizado por mantener índices subóptimos en los valores promediales de carne y lana (Alonso y Pérez Arrarte, 1980; Millot *et al.*, 1987; Duran, 1996), derivados en gran parte de las limitantes en cantidad y calidad que la pastura nativa ofrece como principal sustento alimenticio a la ganadería.

Cuando se considera los cuatro ejercicios agropecuarios desde el año 1993 al año 1997, la superficie mejorada aumentó en un 20%, correspondiendo a las praderas permanentes y cultivos forrajeros anuales invernales el mayor impacto en este aumento con un 11,5% y 69,1%, respectivamente (Moliterno, 1998). No obstante, el mismo autor ha destacado que, con relación al impacto que en la producción ganadera cabría esperar de las praderas permanentes mezclas de gramíneas y leguminosas, el hecho de que no superen el 7,5% de la superficie total destinada a la ganadería ha resultado una restricción importante al incremento en la producción física.

A pesar de contar con un registro importante de especies y cultivares forrajeros de origen templado —22 especies y 73 cultivares en 1998— (INASE, 1998), los datos de la performance productiva de diferentes combinaciones de estas especies (gramíneas y leguminosas anuales y perennes y otras especies como achicoria) a escala nacional son relativamente escasos. Para el litoral oeste del país en brunosoles y vertisoles sobre Fray Bentos, Boutes y Zarza (1982) evaluaron la producción de tres mezclas de gramíneas perennes y leguminosas durante su segundo

año, sin encontrar diferencias importantes entre ellas. Uno de los factores determinantes de dichos resultados fue la incidencia del enmalezamiento registrado desde las primeras etapas del establecimiento de las mezclas.

Moliterno (1992), analizando resultados de varios experimentos en los que se comparó la producción y la composición botánica del rendimiento en MS de diversas mezclas forrajeras perennes durante el primer año, encontró que de una producción total cosechada de aproximadamente 4600 kg.ha⁻¹ MS, la mitad correspondió a la fracción malezas. Cuando a esas mezclas se les incorporó una gramínea anual, el rendimiento de la fracción pastura aumentó a más del 100%, mientras que la contribución de esta fracción al total cosechado representó el 75%. Este comportamiento enfatiza la importancia de incluir en las mezclas forrajeras especies de rápido crecimiento para detener el avance de las malezas en pasturas sembradas en aquellos suelos chacreados, los cuales generalmente contienen una alta población de semillas de malezas agresivas. Este estudio reveló además que las características de la composición del rendimiento para el total del primer año fueron similares a las obtenidas al primer corte post siembra, lo cual resalta la importancia del control de los factores involucrados en el establecimiento de las pasturas al ser esta fase determinante no sólo de su evolución durante el primer año, sino de su comportamiento productivo en los años siguientes.

La necesidad de disponer de información actualizada sobre la performance productiva de distintas combinaciones de gramíneas, leguminosas y otras especies forrajeras de gran difusión en el país, ha justificado el desarrollo del presente estudio en el cual se analiza el comportamiento de cinco mezclas durante la fase de su establecimiento desde la siembra hasta la primera defoliación, período definido como de producción inicial. Esta etapa es determinante no solamente de la evolución de las mezclas durante el año de siembra sino además en los años subsiguientes, incidiendo definitivamente en su persistencia productiva.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el otoño de 1994 en la Estación Experimental Mario A. Cassinoni de la Facultad de Agronomía (32° 23' S, 58° 04' W) se sembró sobre un suelo Brunosol Eutrítico Típico de la Unidad San Manuel de la formación Fray Bentos, un ensayo de evaluación de 5 mezclas forrajeras resultantes de la combinación de las especies presentadas en el Cuadro 1. La elección de las mismas respondió a la gama de mezclas que forman parte de los sistemas tanto de producción lechera como de ganadería intensiva, así como algu-

nas mezclas de poca difusión pero que son consideradas de importancia en esquemas de alta demanda forrajera. Las mezclas fueron integradas con una gramínea anual (M1 y M4) o perenne (M2; M3 y M5) y por una combinación de 2 ó 3 leguminosas de diferente ciclo (M2; M3 y M5), y una con 1 leguminosa y achicoria (M1). Las densidades de siembra para cada especie son las mismas, independiente de la mezcla que integra, ya ajustadas al 100% de germinación (Cuadro 2.).

El experimento fue instalado sobre el rastrojo de una pradera de 7 años el cual fue roturado 3 meses antes de la siembra. Luego de los laboreos secundarios de afinado se procedió a la fertilización fosfatada el día previo a la siembra, para lo cual se incorporaron 100 kg.ha⁻¹ de la fórmula 0-

40-41-0. La siembra se efectuó el 20 de mayo, incorporándose las leguminosas y la achicoria al voleo luego de lo cual se rastrelló cada unidad experimental a los efectos de cubrir la semilla. En forma inmediata se procedió a la siembra de todas las gramíneas en surcos, empleando una sembradora experimental de 6 surcos distanciados a 0,17 m. (Wintersteiger PLOTMAN, Gesellschaft m.b.h. & CO, Austria).

- Diseño experimental y análisis de datos

Los tratamientos (=mezclas) fueron dispuestos en un diseño de bloques completamente aleatorizados con 4 repeticiones, con un tamaño de parcela de 9,25 m x 4,25 m (39,3 m²) definido para permitir cinco pasadas de la sembradora experimental de surcos.

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos.

Tratamiento	Composición	Abreviaturas	Precocidad
1	Avena + Achicoria + Trébol Rojo	Av+Ach+TR	ALTA
2	Festuca + Trébol Blanco + Lotus	F+TB+L	BAJA
3	Phalaris + Trébol Blanco + Lotus	Ph+TB+L	BAJA
4	Raigras + Trébol Blanco + Trébol Rojo + Lotus	Rg+TB+TR+L	ALTA-MEDIA
5	Dactylis + Trébol Rojo + Lotus	D+TR+L	MEDIA

Cuadro 2. Especies y cultivares componentes de las mezclas utilizadas así como las características de la semilla de cada una.

ESPECIE	CULTIVAR	Nombre común	Peso de 1000 semillas (g)	Densidad siembra al 100% Ger. (kgha ⁻¹)	Nº total semillas sembradas por m ²	Nº semillas viables sembradas por m ²
Gramíneas						
<i>Avena byzantina</i>	RLE 115	avena (Av)	36,17	60	171,7	165,9
<i>Dactylis glomerata</i>	INIA OBERON	dactilis (D)	0,69	10	1739,1	1449,3
<i>Festuca arundinacea</i>	TACUABE	festuca (F)	2,66	15	609,0	563,9
<i>Lolium multiflorum</i>	LE284	raigras (Rg)	2,48	15	646,5	606,1
<i>Phalaris aquatica</i>	URUNDAY	falaris (Ph)	1,51	9	860,9	596,0
Compuestas						
<i>Cichorium intybus</i>	Común	achicoria (Ach)	1,55	3	245,2	193,6
Leguminosas						
<i>Lotus corniculatus</i>	SANGABRIEL	lotus (L)	1,40	10	859,6	716,3
<i>Trifolium pratense</i>	LE 116	tr.rojo (TR)	1,95	8	451,3	410,3
<i>Trifolium repens</i>	ZAPICAN	tr. blanco (TB)	0,64	2	345,4	314,0

Los análisis de varianza fueron realizados mediante el paquete estadístico SAS, para los datos correspondientes a todas las determinaciones descritas previamente, probándose transformaciones para reducir el coeficiente de variación en el caso del porcentaje de establecimiento, las cuales no mejoraron esta característica por lo cual se analizó la variable sin transformar. Para la comparación de medias se utilizó la mínima diferencia significativa (MDS), con máxima probabilidad de error del 5%.

Determinaciones

A los efectos de caracterizar la evolución inicial de las mezclas se realizaron las siguientes determinaciones:

Censo de población de plantas establecidas para cada mezcla: a los 40 días post siembra se determinó el número de plantas presentes (=establecidas) para cada especie componente de la mezcla, y por sumatoria, para la mezcla total. Para ello se ubicaron 8 cuadrados de 0,3 m de lado por parcela distribuyéndolos de a 2 por cada lado de la misma, equidistantes de los extremos y a 0,5 m del borde de la parcela. Aparte de las especies sembradas, se contaron las plantas de malezas mono y dicotiledóneas, sin distinguir entre ellas. La población total de especies y malezas de cada parcela referidas al total de la superficie de muestreo fueron transformadas a plantas.m⁻².

Porcentaje de establecimiento (calculado): con la estimación obtenida para cada parcela del número de plantas establecidas por m² de cada mezcla, se calculó el porcentaje de establecimiento con relación a la cantidad de semilla viable y total sembradas por m² (Cuadro 2). Los valores resultantes fueron analizados estadísticamente de manera de contrastar esta característica en unidades comparables, dada la diferente cantidad de semilla viable y total sembrada según cada mezcla.

Vigor de plantas: a los 70 días pos siembra se extrajeron muestras de todas las especies forrajeras para determinar el peso seco de su parte aérea (PA; hojas y macollos) y raíces (R), como indicadores del vigor de las diferentes especies. De cada parcela se extrajo un conjunto de plántulas de todas las especies integrantes de la mezcla, utilizando una pala plana de 0,2 m de base por 0,35 m de profundidad. Las extracciones se realizaron una por cada lado de la parcela, a aproximadamente 0,2 m del borde. El conjunto de plántulas de cada parcela fue lavado cuidadosamente para evitar pérdidas de material radical, luego de lo cual fueron separadas manualmente por especie, tomándose 10 plántulas al azar de cada una de las especies componentes de la mezcla. En cada plántula de la submuestra por especie se determinaron los siguientes caracteres convencionalmente asociados al vigor inicial o de estableci-

miento. Estos valores resultaron del promedio de las 10 observaciones por especie y parcela:

***Gramíneas:** número de macollas por planta; número total de hojas (completamente expandidas y visibles en expansión) y peso seco de PA y R, para lo cual luego de las determinaciones previamente mencionadas cada planta fue cortada a la altura de la corona para separar ambos componentes. Las muestras fueron secadas en estufa con ventilación forzada a 60°C por 48 h;

***Leguminosas y achicoria:** como complemento a la información sobre vigor de estas dicotiledóneas, se anotó para cada planta la presencia y estado de sus cotiledones, utilizando los siguientes términos descriptivos: “muertos o ausentes” – “senescentes” (parcial o totalmente cloróticos), y “verdes” (funcionales). Dado el carácter complementario de estas observaciones los resultados fueron expresados como porcentaje de cada estado en el total de observaciones. Finalmente se determinó el peso seco de PA y R para cada especie, aplicando la misma metodología descrita para las gramíneas.

Rendimiento de forraje, composición del mismo en el horizonte de cosecha (HC) y altura de la pastura: a los 80 días post siembra se realizó un corte para determinar la producción acumulada de forraje (kg.ha⁻¹ MS) y la composición del mismo en el HC. Este fue definido como el estrato de pastura cosechado resultante de la diferencia entre la altura total al momento del corte y la del rastrojo remanente luego del mismo. En cada parcela se cortaron con tijera 6 cuadrados de 0,09 m² de superficie a una altura aproximada de 4 cm, para lo cual previamente se cortó una faja a dicha altura, paralela al lado más largo de cada parcela, con una cortadora de césped con bolsa recolectora y altura de corte regulable. La altura de la cortadora fue fijada a 3,8 – 4,0 cm y el forraje fue colectado en la bolsa y retirado siendo los cuadrados posteriormente ubicados contra el borde de esta faja, de manera de servir de guía a la altura de corte.

El total de forraje cosechado por parcela fue pesado luego de lo cual se extrajeron dos submuestras, una para la determinación de su contenido de humedad mediante el secado a estufa con ventilación forzada a 70°C durante 48 h, y la otra para la determinación de su composición botánica. Estas últimas fueron separadas manualmente en las especies componentes de cada mezcla, restos secos de las mismas y malezas. Los resultados de producción de forraje se presentan descriptos como a) “rendimiento total”, correspondiente al total cosechado para cada mezcla (=tratamiento); b) el “rendimiento pastura”, correspondiente al conjunto de las especies de cada mezcla, excluidos los restos secos y c) “rendimiento malezas”.

Para la estimación de la altura del perfil total (PT) de la pastura se siguió el procedimiento descrito por Moliterno (1997), definiendo así el HC. Cuando fue procedente, se determinó el tipo de relación entre la producción de forraje ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ MS) y la altura PT, así como con la profundidad del HC.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Establecimiento

El número de semillas totales y viables sembradas por especie y por mezcla (M, en adelante) fue contrastante (Cuadro 2), por un lado debido a la composición de las mezclas en cuanto a diferencias en tamaño de semilla y densidades utilizadas, y por otro a diferencias en la capacidad germinativa según la especie en particular. Como consecuencia de ello el número de plantas contabilizadas a los 40 días post siembra (dps) y los correspondientes porcentajes de establecimiento (%E) en relación a la semilla viable y total sembradas (Cuadro 3), mostraron diferencias importantes entre mezclas, registrándose un aumento progresivo desde M1 M5. La mayor cantidad total de semilla sembrada en M5 resultó como consecuencia del pequeño tamaño de la semilla de D y su densidad de siembra (Cuadro 2). De esta manera, esta mezcla estuvo constituida por un 32% más de semillas que la del M4, a pesar de ésta fue la única mezcla más compleja al estar compuesta por cuatro especies. M1 fue la de menor densidad total de semillas sembradas debido al tamaño de la avena por un lado y a la baja densidad de siembra de la achicoria con relación a otras leguminosas utilizadas. Las diferencias entre semillas “totales” y “viables” fueron consideradas

normales, existiendo una diferencia de entre 13 – 14% para las M 1,2 y 4, mientras que para las 3 y 5 las diferencias fueron mayores debido a un menor poder germinativo de algunas gramíneas como Ph (M3) y D (M5).

Porcentajes de establecimiento de plántulas según especie y tipo de mezcla

Los %E del conjunto de mezclas fueron en general bajos a muy bajos, y con diferencias importantes entre ellas. Los valores calculados con relación a la cantidad de semilla viable, si bien era lógico esperar que resultaran mayores en relación con la “semilla total”, mantuvieron la misma tendencia y significación estadística, no superando en el mejor de los casos el 58% (M4). Los tratamientos con menor %E fueron los correspondientes a las M3 y M5, con valores menores al 25% de la semilla viable sembrada, por lo que considerando la última mezcla mencionada y en valores absolutos de semilla, hubo una pérdida neta de alrededor de 2000 semillas viables por m^2 de parcela.

En el Cuadro 4 se describe el aporte porcentual del promedio de semillas viables sembradas de cada especie y su correspondencia a su contribución en relación con el total de plántulas establecidas según cada mezcla en particular. Con la excepción de M1, el resto de los tratamientos tuvo una población en la cual la fracción gramínea de la misma fue mayoritaria, lo que marcó diferencias en la habilidad de transformar semillas viables en plántulas establecidas, según el tipo de especie. La diferencia más extrema se produjo con la M4 cuya gramínea (raigrás) pasó de representar alrededor del 30% de la semilla viable al 82% del total de plántulas establecidas, lo que no sólo demostraría que es una especie rústica con bajas exigencias para instalarse, sino que además el banco de semillas de raigrás espontá-

Cuadro 3. Cantidad de semilla sembrada, % E calculado en relación al número de plantas establecidas y enmalezamiento a los 40 días post siembra.

Tratamiento	Semillas sembradas por m^2		N° de plantas establecidas m^{-2}	% Establecimiento con relación al N° de:		Enmalezamiento N° plantas m^{-2}
	Totales	Viables		Semillas TOTALES	Semillas VIABLES	
M1	867,9	769,8	342,0	39,4 ab	44,5 ab	308,0 ($\pm 198,5$)
M2	1814,0	1594,2	538,9	29,7 bc	33,8 bc	325,3 ($\pm 148,1$)
M3	2065,9	1626,3	375,7	18,2 c	23,1 c	279,2 ($\pm 74,9$)
M4	2302,8	2046,7	1178,8	51,2 a	57,6 a	204,2 ($\pm 58,0$)
M5	3050,0	2575,9	556,0	18,2 c	21,6 c	329,9 ($\pm 128,2$)
						MDS= 135,8

Valores dentro de cada columna con igual letra no difieren ($P < 0,05$).

Cuadro 4. Composición porcentual de la población sembrada y establecida según tipo de mezcla.

	% del total de semillas viables sembradas correspondientes a:					% del total de plantas establecidas correspondientes a:				
	Gramínea	TB	TR	L	Ach	Gramínea	TB	TR	L	Ach
M1	21,6	---	53,3	---	25,1	37,3	---	27,8	---	34,8
M2	35,4	19,7	---	44,9	---	75,8	10,6	---	13,7	---
M3	36,6	19,3	---	44,1	---	68,9	12,6	---	18,6	---
M4	29,6	15,3	20,1	35,0	---	81,7	4,2	8,3	5,8	---
M5	56,3	---	15,9	27,8	---	71,8	---	16,7	11,6	---

neo en suelos con un historial agrícola muy intenso como el de este experimento, puede significar una densidad de semillas en el suelo varias veces superior a la efectivamente sembrada.

De las tres leguminosas utilizadas, L fue la que promedialmente tuvo la peor relación semillas viables sembradas/plántulas establecidas (10,39/1). Para el resto de las especies esta relación fue de: 2,15/1; 6,19/1; 4,31/1 y 1,63/1 para el promedio de las gramíneas (excluido Rg), TB, TR y Ach, respectivamente.

La población de malezas fue considerablemente alta y con una variación importante entre mezclas (cuadro 3), aunque las diferencias no resultaron significativas. La incidencia de éstas, al igual que en el caso del raigras espontáneo, estuvo relacionada al historial agrícola de los suelos del tipo del descripto para el experimento. Amir y Rivero (1989), evaluando 2 mezclas similares en composición y densidades a M1 y M2 en campos anexos a los de este experimento, determinaron a los 35 dps %E del 70 y 60 para las mezclas de Av+Ach+TR y F+TB+L, respectivamente, y un enmalezamiento promedio de 350 plantas.m⁻². Estos resultados son coincidentes con los del presente experimento en dos aspectos como son por un lado el mejor establecimiento de la mezcla con Av, como especie agresiva por su tamaño de semilla y anualidad de producción, y por otro en la incidencia del banco de semillas de malezas, tanto de dicotiledóneas como de raigras espontáneo.

Eficiencia de la relación semillas viables/plántulas establecidas por parte de las diferentes especies

Con respecto a las diferencias entre especies en su habilidad para transformarse de semillas viables en plántulas establecidas en condiciones de campo, varios trabajos han demostrado que tanto el factor especie como la incidencia del ambiente a través de la temperatura y la

humedad para estimular la germinación y la emergencia rápida, resultan normalmente los factores de mayor relevancia.

Leguminosas

Así, al nivel de leguminosas Awan *et al.* (1997), comparando 3 especies de diferente tamaño de semilla y bajo niveles contrastantes de humedad del suelo, obtuvieron los valores más bajos de plantas establecidas y/o con radículas visibles a los 40 dps en *Trifolium ambiguum* (31%) y los valores más altos para *T. subterraneum* (70%), siendo la primera especie mencionada la de menor tamaño de semilla y la última la de mayor peso de las tres especies evaluadas. Por otro lado, en leguminosas forrajeras de emergencia epígea, la característica de tamaño de semilla mayor aporta la presencia de un mayor contenido de reservas endospermicas de considerable valor frente al costo energético para emerger y luego expandir los cotiledones para que éstos actúen rápido como primeros órganos fotosintetizadores. Al respecto, Hur y Nelson (1985) compararon varias leguminosas en su habilidad para producir plántulas y su relación con el tamaño de la semilla, determinando coeficientes de correlación positivos y significativos entre este último carácter y la superficie cotiledonaria al momento de máxima expansión. La superficie cotiledonaria máxima, alcanzada a las 2 semanas post emergencia, se correlacionó positiva y significativamente con el peso seco de las plántulas, parámetro que normalmente define el vigor de implantación. Sin embargo, estas diferencias en vigor de acuerdo al tamaño de la semilla no son el único factor determinante de las diferencias entre especies ya que Hur y Nelson (1985) observaron que si bien *L. corniculatus* expandió sus cotiledones más rápido que *T. repens*, produjo su primera hoja más lentamente y con menor área foliar, resultando ser la especie con menor vigor de plántula.

En el presente experimento el tamaño de la semilla fue para las dicotiledóneas, de mayor a menor (Cuadro 2): $TR > Ach > L > TB$, no obstante lo cual L con un tamaño de semilla 2,2 veces mayor que TB precisó 10,39 semillas viables para producir una plántula, mientras que TB precisó 6,19. La menor capacidad inicial de competencia del lotus puede comprender en primera instancia, aspectos relacionados a su rapidez de germinación y la relación con la temperatura del microambiente edáfico. En este sentido Hill y Luck (1991), estudiando la velocidad de germinación de varias leguminosas templadas bajo diferentes rangos de temperaturas, determinaron que lotus demoró 45 horas en comenzar a germinar bajo un régimen controlado de temperatura de 15/10 °C día/noche, respectivamente mientras que tr. blanco, alfalfa y tr. rojo comenzaron a germinar a las 24 h las dos primeras y 36 h la última. Cuando el tratamiento comprendió un régimen de 12/6°C, transcurrieron 234 h para detectar la primera germinación en lotus mientras que ésta fue registrada a las 73, 110 y 112 h para alfalfa, trébol rojo y trébol blanco, respectivamente.

Otro aspecto relacionado al bajo establecimiento de leguminosas forrajeras tiene que ver con la incidencia de patógenos y las enfermedades originadas por éstos, las cuales enlentecen el desarrollo inicial de la plántula, debilitándola hasta morir o aumentando su sensibilidad a la competencia por especies más agresivas. En Uruguay Pérez *et al.* (1999), han identificado a especies del género *Pythium* como el principal grupo de patógenos que afecta la implantación de leguminosas forrajeras, en particular lotus. Los hongos patógenos de géneros tales como *Pythium*, *Rhizoctonia* y *Fusarium* atacan a las plántulas en estados de pre y post emergencia, siendo el período crítico de susceptibilidad de las especies forrajeras el transcurrido entre la siembra y los 20-25 días siguientes a la misma (Pérez *et al.*, 1999).

Gramíneas

En gramíneas de origen templado, Andrews *et al.* (1997) compararon el peso de semilla de seis especies y su incidencia en la capacidad de emergencia, habiendo determinado que ésta aumentó con el peso de la semilla hasta los 5 mg, ajustando un modelo cuadrático entre estas variables con un $R^2=0,92$. Entre las especies evaluadas en su experimento, *Lolium multiflorum* fue de las de mayor peso de semilla, mientras que otras como *Festuca arundinacea* y *Dactylis glomerata* tuvieron pesos relativos a *L. multiflorum* de 17% y 7%, respectivamente, siendo los %E determinados por los autores de 93%, 64% y 33% para *Lolium*, *Festuca* y *Dactylis*, respectivamente.

Las diferencias en tamaño de semilla para las mismas especies de gramíneas del presente experimento no tuvieron la misma magnitud en el caso de F y Rg. La semilla de *F. arundinacea* fue 7,5% más pesada que la de Rg (cuadro 1), no obstante lo cual la relación descrita en el cuadro 4 fue mayor para esta última especie. Si bien es necesario considerar la incidencia del raigras espontáneo, imposible de identificar del sembrado en M4, en el resto de los tratamientos el enmalezamiento estuvo mayoritariamente representado por dicotiledóneas. Por lo tanto, la diferencia entre el número de plantas establecidas en relación con el de semillas viables sembradas entre F y Rg resultó más un reflejo de la diferente habilidad para germinar y emerger más rápidamente de la última, que un efecto aditivo de la semilla ya presente en el suelo. Entre las características que contribuyen a mejorar la velocidad de emergencia y en general el vigor de implantación o establecimiento de una especie, Brock *et al.* (1982), comparando el vigor de establecimiento entre raigras perenne y festuca determinaron que a los 10 días luego de la emergencia el raigras había utilizado el 47% de sus reservas endospermicas, contra solo el 14% de la festuca. Esta diferencia determinó que el raigras perenne creciera más rápidamente, desarrollando un sistema radicular que a los 8 días era más del doble de largo que el de festuca.

Las especies, los parámetros climatoedafológicos y los métodos de siembra

De acuerdo con la información disponible las diferencias en tamaño de la semilla indican la existencia de un potencial básico sobre el cual el ambiente del suelo, al cual la semilla es incorporada, actúa fundamentalmente a través de la humedad y la temperatura. Una característica común a todas las referencias citadas hasta el momento es la de haberse realizado los experimentos bajo condiciones ambientales de humedad y temperatura controladas, de manera de poder aislar dichos factores para interpretar sus efectos. Por el contrario, las condiciones ambientales en este experimento fueron las impuestas por el clima de la región para ese año en particular, por lo que la interacción entre las variables que integraron el ecosistema particular pudieron ejercer diferentes efectos sobre el comportamiento en cada una de las especies consideradas.

En la Figura 1 se describe la evolución de los principales parámetros que definieron el clima durante el período experimental. La temperatura media para el mes de siembra resultó más alta de lo normal (17,1°C), pero las precipitaciones fueron bastante irregulares dentro del mes, ocurriendo el mayor volumen a principios de mayo. Por otro lado la evolución de la evaporación (Tanque A) y las pre-

precipitaciones (Figura 1b) durante el período mayo junio permiten suponer que la situación general fue de déficit creciente de humedad en el suelo. Esta situación se agravó a partir de mediados de junio, con un descenso en la temperatura media ($13,8^{\circ}\text{C}$) y un aumento importante en la diferencia precipitación - evaporación. Otros factores ambientales adversos fueron la ocurrencia de heladas e insola-

ción de baja duración (Figura 1c) debido a la nubosidad, con un promedio de h/d de radiación = 4,5, el más bajo de todo el año. Estas condiciones, conjuntamente con el enmalezamiento cuantificado, afectaron a las especies en forma diferencial, resultando en la disparidad de plantas establecidas en función de cada especie de gramínea o leguminosa en particular, y dentro de estas últimas, según la mezcla que integraba.

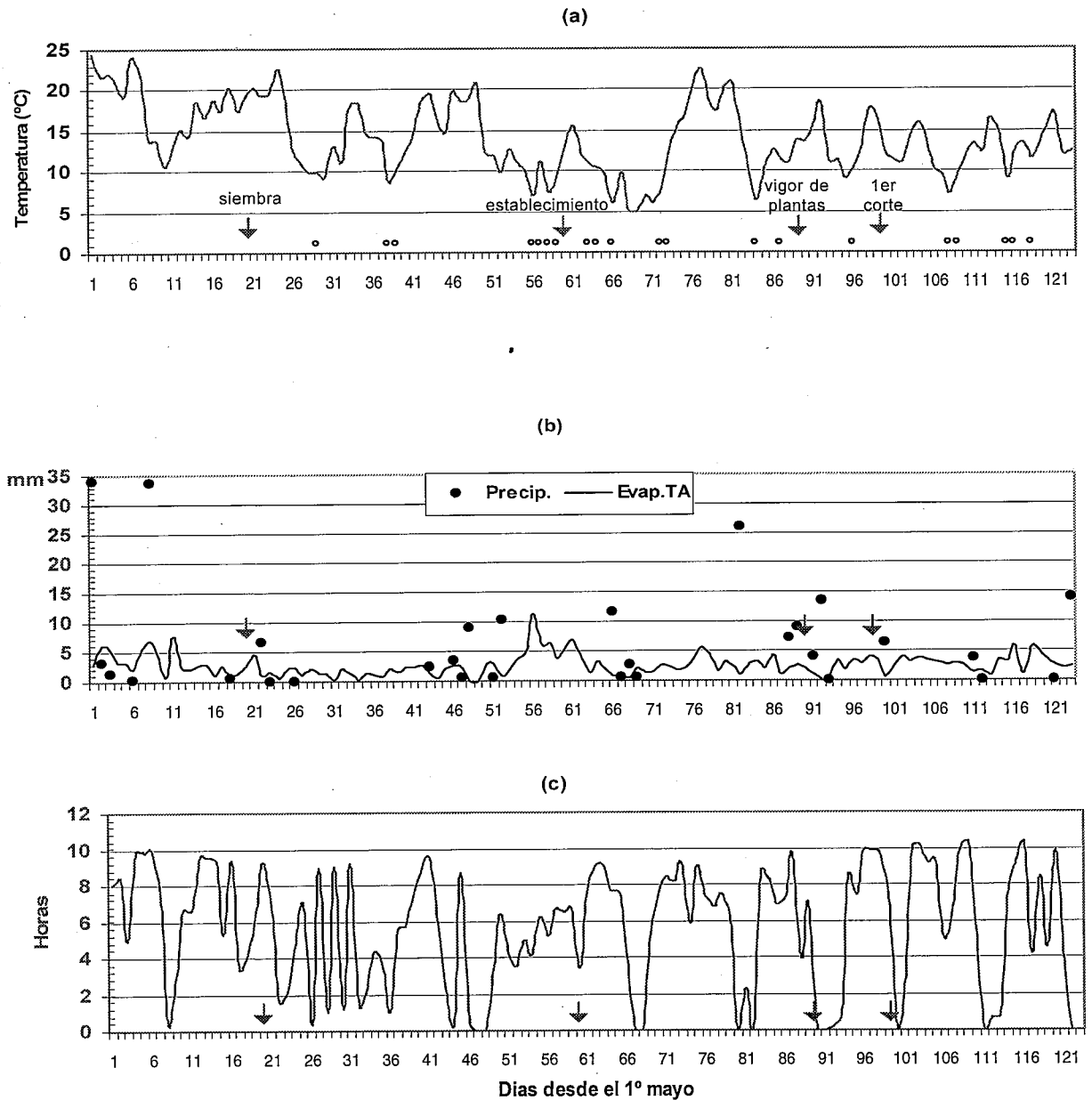


Figura 1. Evolución de los principales parámetros climáticos durante el período experimental; a) temperatura media y ocurrencia de heladas (o); b) precipitaciones y evaporación (EV), y c) horas de radiación solar directa (insolación).

Un aspecto que tuvo incidencia en cómo las condiciones ambientales afectaron a la semilla de las diferentes especies se relacionó al método de siembra. Mientras las gramíneas fueron sembradas en líneas con una sembradora de surcos, las leguminosas y achicoria fueron sembradas al voleo sobre la superficie de las parcelas luego de lo cual se rastillaron para cubrir las mismas. En condiciones de temperaturas elevadas para la época y desecación de los primeros cm de suelo, la ubicación y contacto con el suelo de la semilla de gramíneas posiblemente facilitó la germinación y emergencia de estas especies en relación con las leguminosas, pudiendo ser uno de los factores que explicaron la mayor contribución porcentual de aquellas en el total de plántulas establecidas.

La achicoria, sembrada de la misma forma que las leguminosas, fue la dicotiledónea de mejor relación semillas/plántulas del cuadro 4 (1,63/1). En promedio se contabilizaron 119 plántulas por m², valores superiores a los determinados por Cesari (1986), quien en un experimento sobre suelos similares comparó la productividad de una mezcla de F+TB+L+Ach con la de un monocultivo de achicoria. En dicho estudio las densidades de siembra de la achicoria fueron de 3 kg.ha⁻¹ en mezcla y 4 kg.ha⁻¹ pura, y las poblaciones resultantes de esta especie a los 96 dps fueron de 70 y 78 plantas.m⁻², respectivamente. Para las condiciones del presente experimento se considera que la población alcanzada por esta Compuesta manifestó no sólo su habilidad para germinar en las condiciones ambientales previamente señaladas sino también como integrante de la mezcla con la especie más agresiva de todas, la avena.

Vigor de plantas

Biomasa aérea y subterránea de las gramíneas

Entre las gramíneas, las características evaluadas como indicadores del vigor inicial tuvieron valores más altos

para las 2 especies anuales en relación con el conjunto de las perennes (Cuadro 5). Av y Rg fueron significativamente más macolladoras, y entre ellas la primera fue 16,5% superior en esta característica, si bien la diferencia no fue estadísticamente significativa. Dentro de las gramíneas perennes la de mejor comportamiento fue F con casi 50% más macollos que Ph, mientras que D fue intermedia.

El número de hojas por macollo fue un carácter menos variable entre especies que el anterior. Mientras la diferencia entre las especies que registran el mayor y menor valor (Ph y F, respectivamente) fue del 27% para esta característica, la variación entre las especies más y menos macolladoras fue del 305%. Esta diferencia sugiere que como característica, la capacidad de macollaje fue más relevante en la determinación de la agresividad de la especie que la producción de hojas.

Tanto la biomasa aérea (PA) como la subterránea (R) de Av fueron significativamente mayores que para el resto de las gramíneas evaluadas. Siguiendo la tendencia observada para el macollaje, las gramíneas anuales se diferenciaron claramente de las perennes por su mayor desarrollo aéreo y radicular, a pesar de que la diferencia a favor del Rg no fue significativamente superior. La variación encontrada entre los valores para ambas características entre especies (CV=46,2 y 98,2% para PA y R, respectivamente), exigió MDS elevadas para cada una de ellas.

Para cada especie se estimó el peso individual de los macollos (Cuadro 5), el cual mostró diferencias en cuanto a la estrategia de partición de la MS de la PA durante la etapa inicial de su desarrollo. Ph como gramínea perenne produjo macollos 7% más pesados que Rg, diferencia que llegó al 89% al considerar a F y D, gramíneas cuyos macollos fueron muy similares en peso. La variación en cuanto a la relación PA/R fue importante (Figura 2a) entre las gramíneas, siendo F y Rg las de menor y mayor relación (2,89/1 vs 5,74/1, respectivamente). El promedio PA/R de

Cuadro 5. Componentes del vigor de plantas de cultivares de gramíneas forrajeras anuales y perennes a los 70 dps.

Cultivar	Nº macollos por planta	Peso individual macollos (mg)	Nº hojas por macollo	Peso seco (mg.planta-1)	
				PA	R
<i>RLE 115</i>	11,28 a	167,8	3,30 ab	1892,3 a	412,8 a
<i>LE 284</i>	9,68 a	58,3	3,05 b	564,0 b	98,3 b
<i>TACUABÉ</i>	5,53 b	32,9	2,90 b	182,0 b	63,0 b
<i>URUNDAY</i>	3,70 b	62,4	3,68 a	230,8 b	52,5 b
<i>OBBERON</i>	4,55 b	33,3	3,58 a	151,5 b	40,9 b

Valores dentro de cada columna seguidos de diferente letra difieren a P<0,05.

las dos especies anuales fue 41% mayor al de la relación promedio para las 3 gramíneas perennes, marcando una diferencia genética importante en la capacidad de particionar los fotosintatos hacia un rápido desarrollo de la biomasa aérea.

Al respecto Rhodes (1968, a y b), estudió las características asociadas a la habilidad competitiva de las plántulas de gramíneas forrajeras durante la fase de establecimiento y determinó que el rápido desarrollo de las raíces nodales de las especies más agresivas fue uno de los principales factores determinantes de la supresión de especies de menor vigor como *F. arundinacea* cuando integró mezclas con especies de esas características.

Dos de los factores más importantes en determinar las diferencias de emergencia y velocidad de crecimiento inicial entre especies, afectando entre otros procesos la producción de raíces nodales o adventicias mencionada previamente, son el tamaño de semilla y la temperatura ambiente. En tal sentido Cohen y Tadmor (1969), comparando los efectos de distintos rangos de temperaturas y diferentes tamaño de semilla de gramíneas forrajeras domesticadas (semilla pequeña) y de cereales, sobre características tales como la tasa de crecimiento radicular hasta los 42 dps, determinaron que la misma fue menor a cualquier temperatura; estas diferencias fueron relacionadas a la variación en el tamaño de semilla de las especies evaluadas,

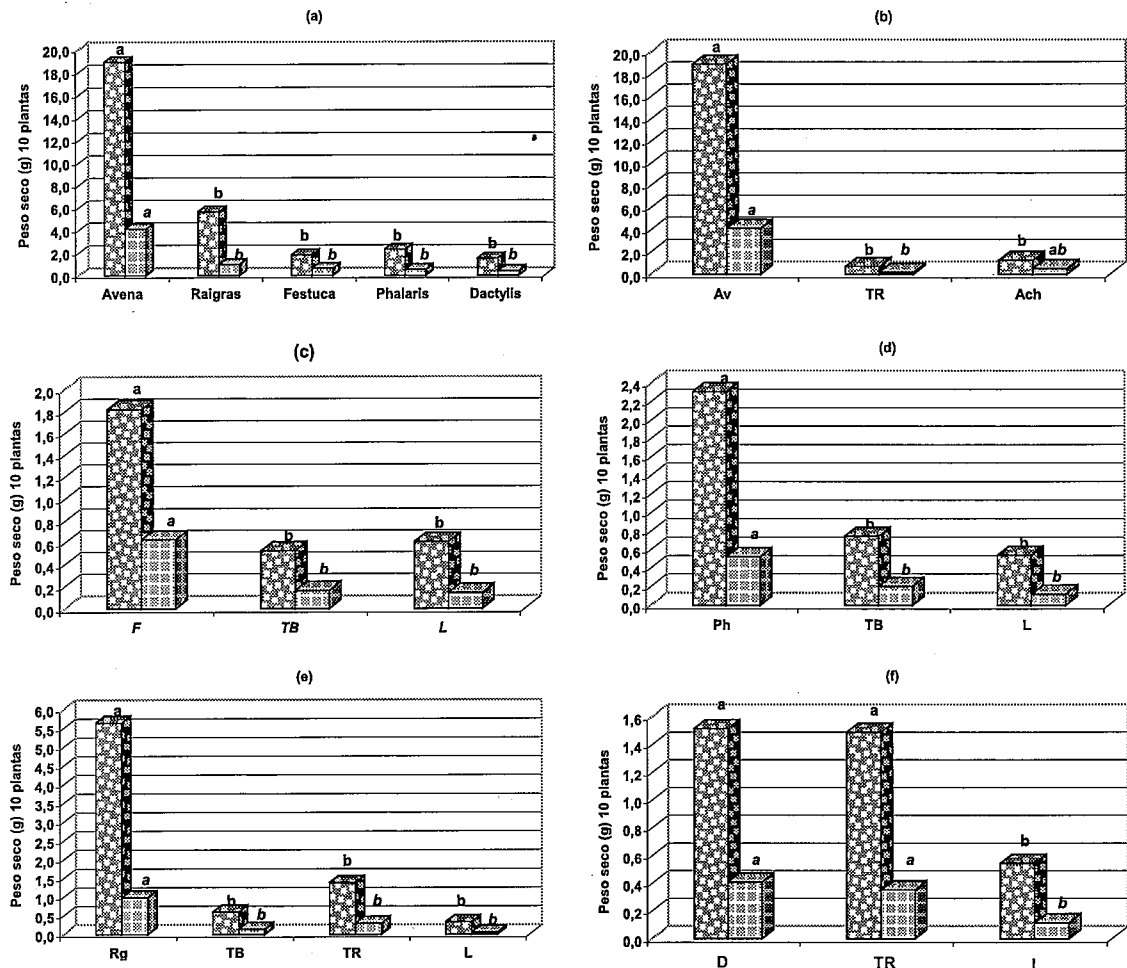


Figura 2. Vigor de las diferentes especies forrajeras expresada como partición de la MS entre la parte aérea (PA) y raíces (R) a los 70 días luego de la siembra: a) Gramíneas; b) M1; c) M2; d) M3; e) M4; f) M5. Dentro de cada figura letras diferentes entre especies para la misma característica (PA o R) difieren a $P < 0,05$.

considerando las especies de semilla pequeña en relación a la de cereales como la avena. Las temperaturas utilizadas, que fueron aumentadas progresivamente desde los 10 a los 25°C, promovieron un mayor desarrollo radicular en todas las especies independientemente del tamaño de la semilla de cada una, manteniéndose vigentes las diferencias entre las distintas especies estudiadas.

En un experimento destinado a determinar qué factores son responsables de la variación en el vigor de implantación de algunos cereales, López-Castañeda *et al.* (1996) encontraron que el tamaño del embrión fue la característica más importante en explicar las diferencias de vigor entre especies. Las semillas con mayor tamaño de embrión produjeron plántulas con mayor peso seco de la biomasa aérea y radicular.

Todas las gramíneas evaluadas en el presente experimento destinaron considerablemente más carbohidratos a la formación de tejidos aéreos que radiculares, al momento de la determinación. Estos resultados coinciden con los que han sido presentados por López-Castañeda *et al.* (1996) y Rhodes (1968 b), y en ambos casos la relación PA/R aumentó a medida que aumentó el tiempo entre la siembra y su determinación como resultado de una menor tasa de desarrollo radicular a medida que se pasó de depender de energía proveniente de las reservas seminales a la aportada por los fotosintatos provenientes de la PA.

La Av fue el ejemplo extremo de agresividad (PA) al ser la especie de mayor macollaje y peso individual de macollos (Cuadro 5). Esta relación operó de manera diferente para las gramíneas perennes, entre las cuales un mayor número de macollos/plántula se correspondió con menores pesos individuales de PA.

El desarrollo radicular de avena también fue significativamente mayor que el del resto de las gramíneas, Rg incluido. Esta característica, también relacionada al tamaño de la semilla y del embrión, da una ventaja competitiva muy importante durante las primeras semanas post siembra desde el punto de vista de la absorción de agua y nutrientes. Otras características relacionadas al mayor vigor de la avena tienen que ver con los menores requerimientos de temperatura para iniciar la germinación (López-Castañeda *et al.*, 1996), tanto como para mantener mayores tasas de desarrollo radicular a bajas temperaturas en relación con especies forrajeras de menor tamaño de semilla (Cohen y Tadmor, 1969).

Bajo las condiciones ambientales predominantes del país durante las siembras otoñales, en aquellas mezclas en que interviene Av como fracción gramínea, éstas características complementan al tamaño de semilla como factores determinantes de su mayor vigor de implantación.

Biomasa aérea y subterránea de las leguminosas y achicoria

Las especies dicotiledóneas (leguminosas y achicoria) mostraron en general un menor desarrollo tanto de la PA como R que sus gramíneas acompañantes en cada mezcla (figura 2). Considerando en forma separada al conjunto de leguminosas en relación con la achicoria, ya que ésta integró una sola mezcla a diferencia de las primeras, TR fue la leguminosa más precoz teniendo el mayor peso promedio tanto para su PA (118,7 mg/planta) como R (27,6 mg/planta). Su biomasa aérea fue 90% más pesada que la de TB y 234% más que la de L, mientras que su desarrollo radicular fue 65% y 253% mayor que el de TB y L, respectivamente.

Cuando la comparación dentro de cada mezcla incluyó a la fracción gramínea, algunas diferencias entre leguminosas no fueron evidentes mientras que cuando se contrastaron sin la presencia de aquellas (Cuadro 6), la menor amplitud del rango de valores para ambas características (PA y R) permitió detectar al nivel de las M4 y M1 diferencias entre las especies dicotiledóneas. TB fue la segunda leguminosa en precocidad luego de TR, quedando el L en tercer lugar como la especie menos vigorosa, tanto en lo que respecta a su desarrollo aéreo como radicular.

Otra característica evaluada como indicadora de precocidad fue la presencia y estado de cotiledones a los 70 dps (cuadro 6); mientras L presentó casi un 25% de plantas con cotiledones activos (verdes) y un 43% en diferentes estados de senescencia, el resto de las leguminosas y achicoria no presentaron cotiledones funcionales habiendo desaparecido o muerto la casi totalidad. La desaparición de los cotiledones indica en las plántulas el pasaje definitivo de la etapa heterotrófica a la autotrófica, y está relacionado a la velocidad de inicio de formación de hojas y velocidad de expansión de las mismas, por lo cual la menor demora en la ocurrencia de la misma está asociada a una mayor precocidad.

Comparando la incidencia de factores genéticos y ambientales en las características de vigor entre varias leguminosas templadas, Hill y Luck (1991) determinaron diferentes exigencias de temperatura para iniciar la germinación entre TR, TB y L, las que se mantuvieron durante el desarrollo inicial luego de la emergencia. Para una temperatura diurna constante de 15°C, estos autores observaron que TB y TR iniciaron antes la germinación y produjeron plántulas más pesadas que L.

Similares resultados fueron obtenidos por Hur y Nelson (1985), quienes a temperaturas constantes de 20°C determinaron que si bien L expandió sus cotiledones más rápido y a un mayor tamaño final que TB, inició el desarrollo

Cuadro 6. Vigor de plantas de leguminosas y achicoria a los 70 dps expresado como peso seco de la PA y R y presencia y estado de los cotiledones.

	<i>Peso seco (mg) por planta</i>							
	TB		TR		L		Ach	
	PA	R	PA	R	PA	R	PA	R
M1	—	—	68,8	17,6 b	—	—	125,13	49,83 a
M2	52,73	16,35	—	—	61,03	14,3	—	—
M3	74,68	20,2	—	—	54,0	11,85	—	—
M4	59,9 b	14,03 b	138,4 a	29,85 a	33,13 b	5,83 c	—	—
M5	—	—	149,03 a	35,2 a	54,55 b	11,45 b	—	—

Dentro de cada fila, y para la misma característica (PA o R), letras diferentes indican valores que difieren a $P < 0.05$. Ausencia de letras= NS.

Cotiledones	Presencia y estado de cotiledones % en el total de plantas			
	TB	TR	L	Ach
Verdes o activos	0	0	23,9	0
Senescentes	15,1	5,9	43,4	10,0
Muertos o ausentes	84,9	94,1	32,7	90,0
<i>Total</i>	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>

de hojas más lentamente y con menor área foliar que esta última, resultando en un pobre vigor de plántula. Los mismos autores indicaron que la importancia de los cotiledones como primeros órganos fotosintetizadores se mantuvo hasta la segunda semana post emergencia, luego de lo cual comenzaron a senescer y desprenderse de las plántulas.

El desarrollo post establecimiento de las especies del presente experimento se produjo en condiciones favorables de temperatura ambiental, pero con escasas precipitaciones (Figura 1 a y b). En el período de 30 días desde el establecimiento hasta la determinación de vigor ocurrieron 7 heladas, con efectos temporales sobre la tasa de crecimiento de las plántulas y la desecación de la capa superficial del suelo. Bajo estas condiciones, la composición de las mezclas a través de la gramínea acompañante fue otro factor importante en la variación intra e interespecifica del peso de las leguminosas. TR como leguminosa más precoz fue severamente afectada por la competencia de la avena (M1), reduciendo su biomasa aérea en más del 50% en relación con su inclusión en la mezcla con D (cuadro 6).

TB y L no difirieron en el desarrollo de su biomasa aérea en las mezclas en que ambas leguminosas fueron incluidas en conjunto, si bien el promedio de peso seco de PA de TB fue 23% superior y el de R 53% mayor que los correspondientes a L. En ambas leguminosas fue notoria la disminución en el peso de ambos componentes de la planta cuando el Rg fue la gramínea acompañante, habiendo sido L la que experimentó los mayores efectos de esa competencia a través de una reducción de mayor magnitud tanto en su biomasa aérea como subterránea. Si bien la única diferencia entre ambas leguminosas se detectó a nivel del peso seco de raíces en la M4 (cuadro 6), la tendencia a un mayor desarrollo inicial del TB en relación con L es coincidente con resultados obtenidos por Hill y Luck (1991) así como por Hur y Nelson (1985). En ambos trabajos los autores observaron superioridad del TB en el desarrollo inicial con relación al L, como resultado de una diferente estrategia durante su morfogénesis. Mientras L expandió rápidamente sus cotiledones llegando a tamaños finales mayores que los de TB, su velocidad de producción de hojas fue menor, determinando así una menor superficie foliar en cualquier momento dado del desarrollo inicial de ambas legumino-

sas, comparada con la de esta última. En el experimento de Hill y Luck (1991), el menor vigor de L a los 34 dps en relación con TB se debió entre otros factores a un desarrollo radicular significativamente menor que el de ésta última, lo que coincide con las diferencias observadas en el presente experimento para la M4.

La Ach mostró un desarrollo tanto aéreo como subterráneo mayor que TR en M1, si bien solamente a nivel radicular la diferencia fue significativa (cuadro 6). Esta característica resulta importante al considerar el bajo número de grados de libertad para comparar sus valores promedios y por lo tanto la exigencia de una MDS alta. En comparación con las leguminosas, la biomasa radicular de la achicoria fue 298% y 457% más pesada que el promedio de peso radicular de TB y L, respectivamente. Este mayor desarrollo desde etapas tan tempranas puede ser responsable de la mayor producción de esta especie durante el verano del año de siembra, como fue determinado por Cesari (1986) y Amir y Rivero (1989).

Producción inicial

La producción de MS cosechada a los 80 dps mostró diferencias importantes entre mezclas, tanto en lo producido por las especies sembradas como por la incidencia del enmalezamiento (Cuadro 7). La producción "Total", o sea la suma de todo el material cosechado que incluyó el componente malezas y el material senescente, tuvo una relación directa con la contribución de la fracción "Pastura" y ésta a su vez estuvo determinada principalmente por la fracción gramínea de cada mezcla.

Contribución de las gramíneas a las mezclas

Las dos mezclas que incluyeron gramíneas anuales en su composición (M1 y M4) fueron las de mayor producción en MS con la mejor relación %pastura / % resto (malezas + material senescente - Figura 3). Av fue significativamente más productiva que Rg al primer corte superándolo por 365 kg.ha⁻¹ MS de diferencia, lo cual significó un 24% más de forraje. La mayor precocidad del

Cuadro 7. Producción inicial y características de la misma de diversas mezclas forrajeras a los 80 dps.

Mezcla	Producción (kg ha ⁻¹ MS)				Altura Total (cm)	Profundidad del HC (cm)**	Densidad de las fracciones en el HC(kgMS.cm ⁻¹)		
	TOTAL *	PASTURA	GRAMINEA	MALEZAS			TOTAL	PASTURA	MALEZAS
1	2232,9 a	1956,6 a	1881,4 a	52,3 a	25,6 a	21,6	102,1 b	89,4 a	2,3 c
2	978,6 b	248,3 d	205,3 c	723,2 b	10,7 d	6,7	149,1 ab	37,0 b	111,1 ab
3	1268,2 b	544,3 c	463,6 c	720,0 b	15,3 c	11,3	120,6 ab	55,3 b	65,0 b
4	1828,6 a	1616,0 b	1516,1 b	191,5 a	20,3 b	16,3	112,4 b	99,7 a	11,4 c
5	1325,8 b	442,7 cd	315,4 c	883,1 b	12,1 cd	8,1	172,6 a	57,8 b	114,8 a

Dentro de columnas, valores con diferente letra difieren a P<0.05 *Comprende pastura, material senescente y malezas. **Altura total – altura rastrojo (4 cm).

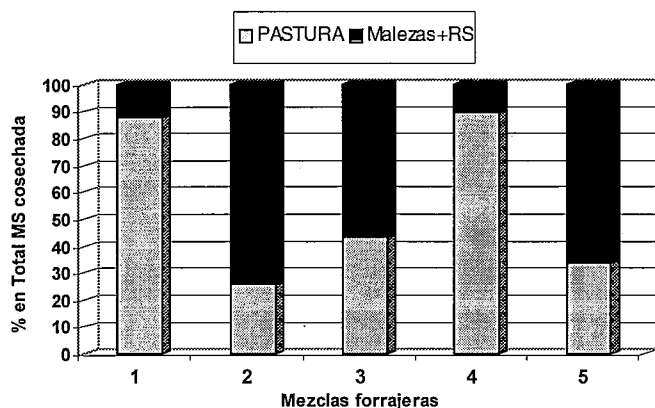


Figura 3. Composición promedio del total de forraje cosechado en cada mezcla a los 80 dps.

cultivar RLE 115 de Av en relación con el cv E284 de Rg (García *et al.*, 1991), fue estimulada por una temperatura media (Figura 1a) muy favorable durante la fase inicial del experimento.

Las mezclas con gramíneas perennes (M2; M3 y M5) fueron significativamente menos productivas en su conjunto que las dos anteriores, observándose la misma tendencia que para M1 y M4 en el sentido de que la mayor proporción del rendimiento de forraje de cada mezcla fue explicada por el aporte de la fracción gramínea de la misma (Figura 4). Si bien se detectó una producción significativamente superior de M3 sobre M2, cuando se contrastaron los rendimientos de las respectivas gramíneas (Ph y F), la diferencia no resultó significativa a pesar de la superioridad de Ph, quien produjo más del doble de forraje que F.

Las diferencias en el comportamiento inicial concuerdan con las características establecidas para la implantación de estas especies, cuando se describieron para los respectivos cultivares de festuca y falaris (García *et al.* 1991), y dactylis (García, 1995a), estableciéndose el siguiente orden de precocidad para las gramíneas perennes evaluadas en este experimento: *Phalaris aquatica* cv URUNDAY > *Dactylis glomerata* cv OBERON > *Festuca arundinacea* cv TACUABE.

Contribución de las leguminosas a las mezclas

Al nivel de leguminosas, su producción promedio al primer corte marcó una diferencia importante a favor de TR, quien superó en más del doble a TB y quintuplicó lo producido por L. Al igual que lo ocurrido en el caso de las gramíneas, las leguminosas siguieron la tendencia observada al analizar los componentes del vigor de plantas (Cuadro 6).

Incidencia del grado de enmalezamiento

El enmalezamiento fue un factor determinante en la producción total de las mezclas con gramíneas perennes (Figura 3), en las cuales más del 50% del total de MS cosechada fue aportada por la fracción malezas, entre las cuales *Ammi majus* contribuyó con más del 60% al rendimiento de la misma (datos no presentados), correspondiendo el resto a especies de los géneros *Cardus* y *Cirsium*.

La capacidad competitiva contra las malezas de M1 y M4 estuvo directamente relacionada a la gramínea de la mezcla. La diferencia productiva a favor de Av significó una mayor intensidad de competencia por luz y espacio hacia el resto de la población, malezas incluidas. Las mezclas con gramíneas perennes tuvieron un enmalezamiento significativamente mayor que M1 y M4, reflejando la menor capacidad de competencia de las especies forrajeras

perennes en relación con un enmalezamiento de hábito de vida anual.

Rendimiento inicial de las diferentes mezclas

Al ser el rendimiento inicial determinado pocos días luego de las mediciones de vigor de las especies, los resultados guardaron una relación estrecha con los valores presentados en los Cuadros 5 y 6 como características del vigor. Las diferencias observadas entre leguminosas a los 40 dps se reflejaron en la producción inicial, superando el TR al TB y/o L en la contribución a la MS de "pastura" en las mezclas de las cuales formaron parte. Cuando TR se combinó con Ach (M1) la diferencia en desarrollo de la PA previamente determinada, así como la mayor población de Ach al establecimiento (Cuadro 4), no se reflejaron en un mayor rendimiento de forraje de esta última especie. Cada una de estas dicotiledóneas aportó el 2% del total de la pastura cosechada y un posible factor en determinar este resultado pudo haber sido la intensidad de corte y su relación con la morfología de las especies.

El material cosechado correspondió a aquel ubicado por encima de los 4 cm desde el suelo, lo cual para una especie como la achicoria con hojas basales arrosetadas, debió haber implicado la extracción de muy poco material el cual es además muy succulento, particularmente en los estadios juveniles de esta especie.

Las diferencias en lo producido entre la mezcla con Av y aquellas con gramíneas perennes son coincidentes con resultados previos reportados por Amir y Rivero (1989), quienes comparando mezclas similares a M1 y M2 del presente experimento determinaron una producción al primer corte 537% mayor para la mezcla con avena, con una contribución de la fracción malezas al rendimiento total del 24%, mientras que la mezcla con festuca experimentó un enmalezamiento que representó el 64% del total cosechado. En el presente experimento M1 fue 788% más productiva que M2 y mientras el enmalezamiento de la primera fue equivalente al 2% de lo cosechado, para M2 resultó el 74% del total de MS (Figura 3). En relación con la escasa contribución inicial de Ach también existió coincidencia con los resultados de Amir y Rivero (1989), quienes determinaron un rendimiento de esta especie al primer pastoreo equivalente al 1% del total de la fracción pastura. Cesari (1986) determinó una producción inicial (177 dps) de achicoria de 321 kg.ha⁻¹ MS, equivalente al 31% del total producido por una mezcla compuesta por esta especie en asociación con F, TB y L. Las diferencias registradas en ambos experimentos con las observadas en el presente estudio probablemente sean debidas tanto a las características de la mezcla con ausencia de especies anuales agresivas como la avena, como por un mayor período de crecimiento inicial en

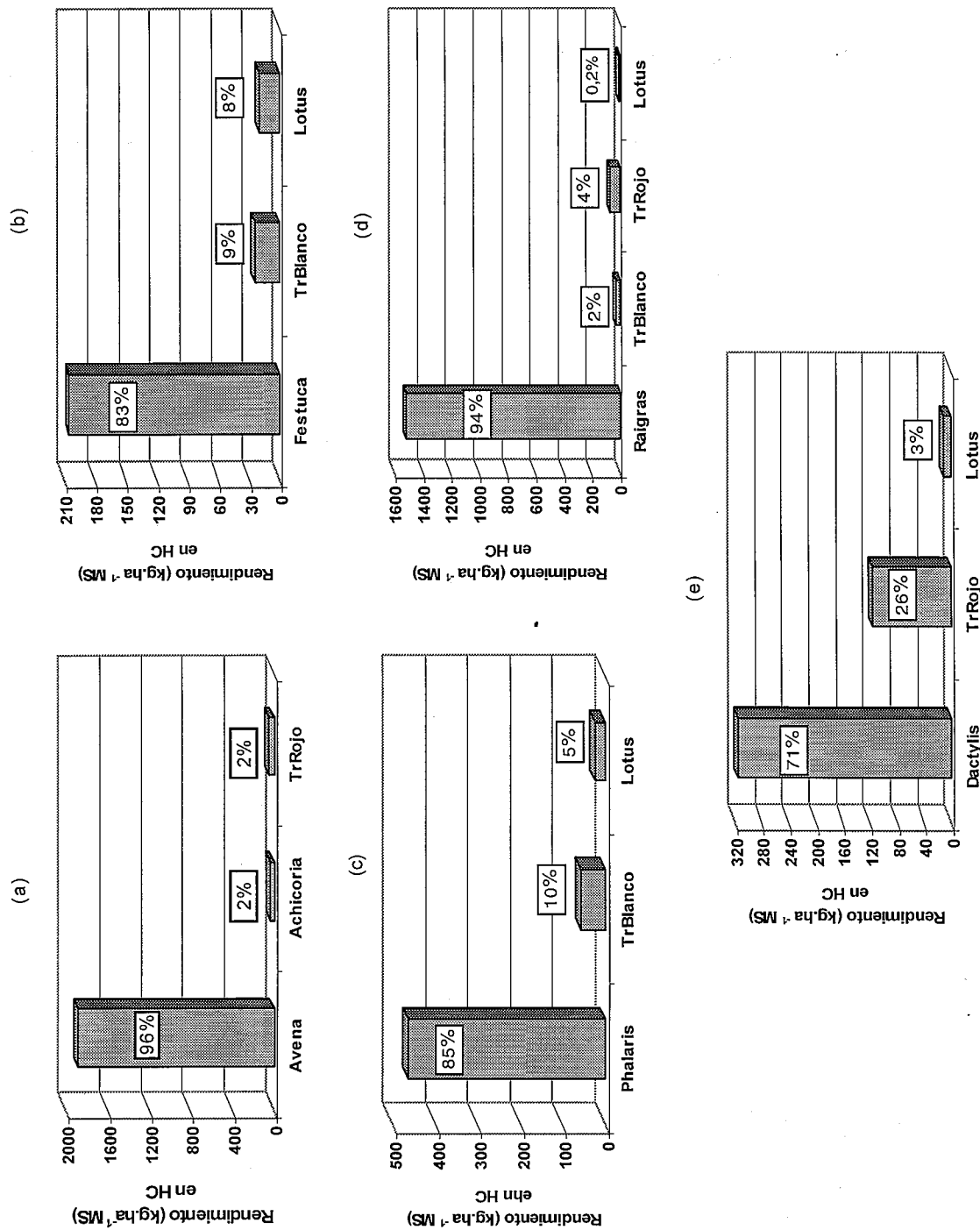


Figura 4. Contribución de cada componente según mezcla forrajera a la producción inicial a los 80 dps. (a) M1; (b) M2; (c) M3; (d) M4 y (e) M5.

relación con el de este experimento, el cual fue de menos de la mitad.

Las diferencias entre mezclas fueron básicamente el resultado de la producción de alguno de sus componentes, más que a una sumatoria del aporte de todos sus integrantes. Al analizar la relación entre la población al establecimiento de todas las mezclas y lo producido por la fracción "Pastura" al primer corte, de manera de considerar a la primera variable como estimador de la producción total inicial, no fue posible establecer una relación entre las mismas como tampoco cuando el análisis se realizó sólo para los tratamientos M1 y M4. Las probables explicaciones para este resultado pudieron deberse a que en M1 la población de Av representó el 37% del total, mientras que en la producción inicial la contribución de la gramínea fue equivalente al 96% de la MS, mientras que en el caso de M4 la situación fue diferente, manteniéndose una proporción equivalente entre población y rendimiento total inicial de 82% y 94%, respectivamente. La necesidad de tener un número de observaciones mínimo, que demandó considerar ambas mezclas en conjunto, fue otro factor en incidir en la falta de asociación entre ambas variables. Con relación al enmalezamiento, tampoco fue posible establecer una asociación entre su población al establecimiento y la producción de MS de la fracción 'Malezas' en el rendimiento total inicial. No obstante, su capacidad de expresar la población al establecimiento en kg MS cosechados fue bastante mayor que para las especies forrajeras de los tratamientos M2, M3 y M5. Mientras que el promedio del N° de plántulas para estas tres mezclas fue de 490,2/m² y el de malezas de 311,5 pl/m², los aportes correspondientes a las fracciones 'Pastura' y 'Malezas' al primer corte fueron de 411,8 y 775,4 kg.ha⁻¹ MS, respectivamente.

Otra característica que varió según la mezcla forrajera fue la densidad de la MS cosechada en el HC (Cuadro 7). Mientras en los tratamientos M1 y M4 la altura estuvo principalmente determinada por la gramínea anual de cada mezcla, en el resto la participación de malezas como *A. majus*, de hábito erecto de crecimiento, incidió en el promedio de altura y por lo tanto en la profundidad efectivamente cosechada. Por tal motivo se calculó la densidad de cada fracción en el HC de manera de poder contrastar su estructura en unidades comparables.

La densidad de la fracción 'Pastura' fue significativamente mayor para M1 y M4 que el resto de los tratamientos. Considerando que la mayor densidad del perfil de una pastura se ubica en los primeros 3 – 5 cm desde el suelo (Johnston *et al.*, 1993; García, 1995b), y que mayores alturas (=mayor profundidad HC) implican pérdida de densidad en los estratos superiores, la producción de MS de la Av (M1) y Rg (M4) pesó más en relación con estos

aspectos, manteniendo una mayor densidad a lo largo de toda la profundidad del HC.

Estas relaciones operaron en forma similar para el total del HC de las mezclas M2, M3 y M5 pero para la fracción 'Malezas'; éstas fueron superiores dada la mayor capacidad de crecimiento inicial de estas especies en relación con las especies forrajeras perennes.

Relación 'ALTURA' vs rendimiento en MS

Como estimador de la producción de forraje, la variable altura fue estudiada a través de un modelo que consideró la producción de las fracciones 'Pastura', 'Malezas' y la interacción entre ambas como principales determinantes del valor de la variable. El modelo ajustado ($R^2=0,823$) detectó un efecto altamente significativo para la variable rendimiento 'Pastura' en el HC ($P<0,0001$), mientras que ni la fracción 'Malezas' ni su interacción con la anterior incidieron en los valores de altura previos al corte.

En la Figura 5 se describe la forma de la relación así como la ecuación de ajuste correspondiente para la asociación entre la altura previa al corte y el rendimiento del HC para la producción 'Pastura' y 'Total' para el conjunto de las cinco mezclas ($n=20$), así como la curva ajustada para la producción 'Pastura' de M1 y M4, dada su mayor producción inicial y la relación con el comportamiento de la gramínea de la mezcla.

Cuando se consideró la fracción 'Pastura', el coeficiente obtenido para el aumento en la producción de MS por cada aumento en cm de altura fue mayor que para el caso de la fracción 'Total'. Considerando que ésta última incluyó malezas y que su grado de ajuste fue levemente menor que para 'Pastura', la altura puede tomarse como un razonable estimador de la producción inicial de esta fracción para las mezclas evaluadas en este experimento.

La respuesta en aumento de producción en relación con la altura fue menor al considerar M1 y M4 en relación con el de todas las mezclas en conjunto, en parte por el menor número de observaciones involucradas así como por las características de la morfología de Av y Rg previamente analizadas. No obstante, dada la mínima participación de las malezas en el 'Total' y por lo tanto su consideración práctica como 'Pastura', también para estas mezclas puede considerarse la altura como bien estimador de la producción inicial.

Implicancias agronómicas

Las mezclas evaluadas se diferenciaron no solamente en su composición botánica sino también en características tales como la cantidad total de semillas sembradas y la proporción en que éstas se transformaron en plantas esta-

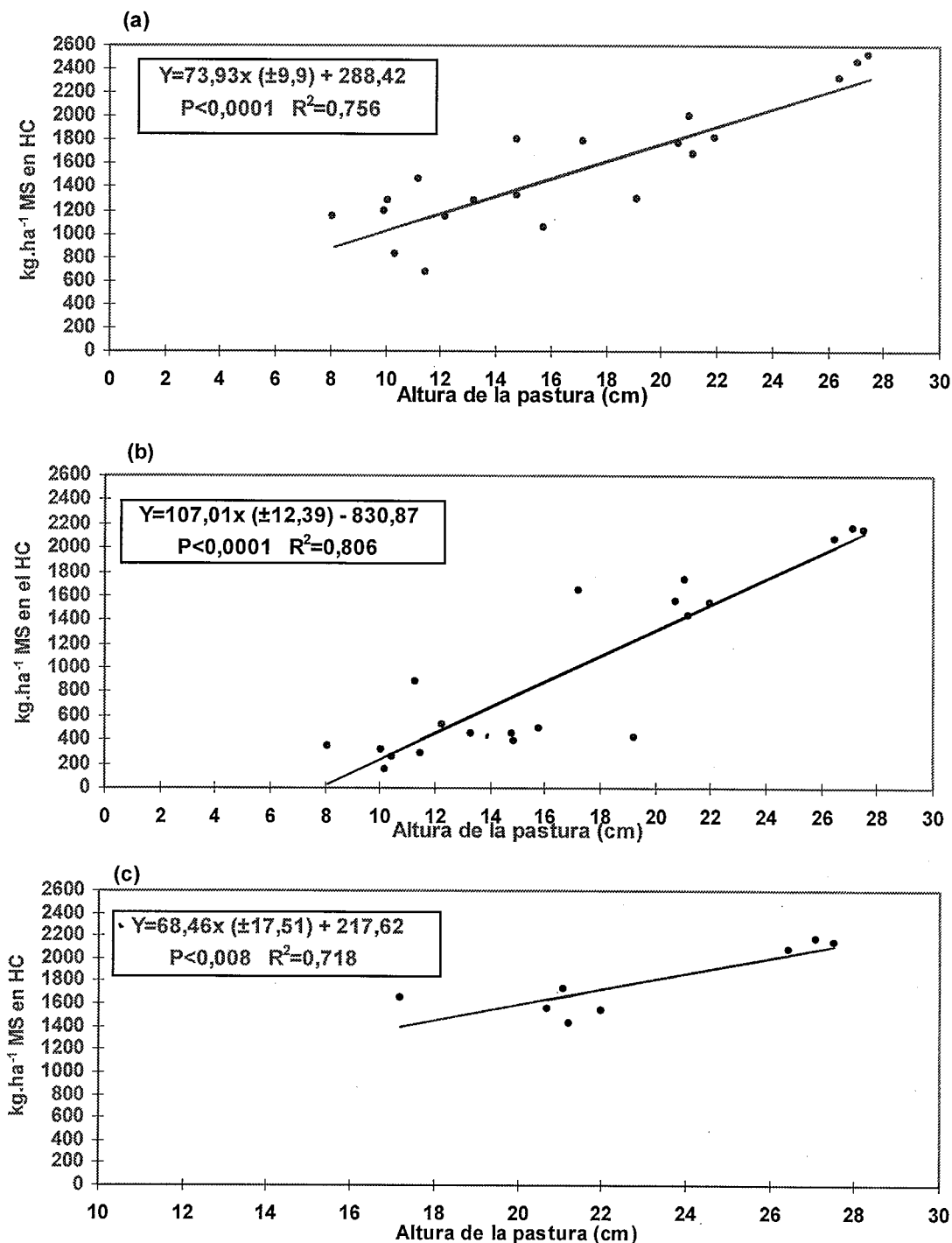


Figura 5. Curvas ajustadas y ecuaciones resultantes (recuadro interno) para la relación entre la *Altura Total* previa al corte y la *Producción de MS en el HC* de mezclas forrajeras a los 80 dps. (a) producción «Total»; (b) producción «Pastura» y (c) producción «Pastura» de las mezclas con avena (M1) y raigrás (M4).

blecidas para producir forraje. Este proceso tuvo en general una baja eficiencia y fue posible observar una tendencia a que las mezclas con mayor cantidad total de semilla sembrada por m² fueran las de menor porcentaje de establecimiento. Las densidades de siembra empleadas en cada especie fueron las normales, por lo que parte de las pérdidas se consideraron inevitables y producto de la interacción de varios factores, algunos de los cuales pudieron estar asociados al diferente método de siembra empleado para gramíneas y leguminosas y achicoria y su relación con el contenido de humedad de la sementera, y por otro lado el grado de enmalezamiento existente. La fecha de siembra fue más tardía que la óptima para las especies utilizadas, y si bien la temperatura media para los meses de mayo y junio fue superior al promedio, el bajo volumen de precipitaciones, la escasa insolación y la ocurrencia de heladas seguramente incidieron en un retraso tanto de la germinación como de la emergencia de algunas especies en particular.

El vigor de la avena y el raigras fue la característica más resaltante, ya que no solamente contribuyó a un mayor porcentaje de establecimiento de las dos mezclas que incluyeron a estas gramíneas sino que fue además responsable de la mayor producción de ambas al primer corte.

Si bien las mezclas con especies perennes no tienen el potencial inicial de aquellas con anuales de rápido crecimiento, éstas pueden mejorar su producción inicial en forma importante en condiciones de bajo enmalezamiento. La composición botánica de las mezclas perennes al primer corte marcó la importante incidencia del enmalezamiento, superando esta fracción el 50% del total de MS cosechada en las mezclas con festuca, falaris y dactylis. Este aspecto enfatiza la importancia de su control como primera medida para mejorar la capacidad competitiva de la mezcla sembrada y por lo tanto su mayor producción inicial.

Finalmente, la relación entre la altura del perfil de la pastura de cada mezcla y su rendimiento en MS fue positiva y con un grado de asociación importante. El poder utilizar esta característica, de fácil determinación a campo, como estimador de la producción instantánea de forraje constituirá otro factor para optimizar el manejo de pasturas.

AGRADECIMIENTOS

A los Ing. Agrs. R. Zanoniani y S. Noëll por su colaboración en diversas determinaciones a escala parcelaria. Al Ing. Agr. O. Bentancur, por su asistencia en el análisis estadístico e interpretación de sus resultados.

El presente trabajo forma parte del Proyecto "Estabilidad Productiva de Pasturas Cultivadas", presentado como uno de los proyectos bajo el régimen de dedicación total

de la Comisión Sectorial de Investigación Científica (CSIC) de la Universidad de la República.

BIBLIOGRAFÍA

- AMIR, G. y RIVERO, J.M. 1989. Dinámica del engramillamiento en la evolución de distintas pasturas. I. Implantación y producción otoñal del segundo año. Tesis Ing. Agr. Universidad de la República, Facultad de Agronomía. Montevideo, Uruguay.
- ANDREWS, M., ANDREWS, M.E., WATSON, C. and PERCIVAL, S.M. 1997. Emergence of small and large seeded grasses: importance of shoot strength. **In:** Proceedings XVIII International Grassland Congress, Canada. Session 22: 27-28.
- AWAN, M.H., KEMP, P.D., BARKER, D.J. and CHOUDHARY, M.A. 1997. Development and fate of seedlings of three temperate legumes following oversowing. **In:** Proceedings XVIII International Grassland Congress, Canada. Session 22: 39-40.
- BAUTES, C.D. y ZARZA, A. 1982. Comportamiento de tres mezclas forrajeras en suelos sobre Libertad, Fray Bentos y Cretácico. Investigaciones Agronómicas. Centro de Investigaciones Agrícolas "Alberto Boerger" N°3 (1): 41-45.
- BROCK, J.L., ANDERSON, L.B. and LANCASHIRE, J.A. 1982. 'Grasslands Roa' tall fescue: seedling growth and establishment. *New Zealand Journal of Experimental Agriculture* 10, 285-9.
- CARAMBULA, M. 1987. Producción de pasturas en Uruguay. DIALOGO XIX. Producción de Pasturas para Engorde y Producción de Leche. IICA/BID PROCISUR (Ed. C.J. Molestina; La Estanzuela, Colonia, Uruguay. Septiembre 1986). Págs.95-112.
- CESARI, J. 1986. Comportamiento productivo de una mezcla con achicoria y su respuesta a distintas fertilizaciones. Tesis Ing. Agr. Universidad de la República, Facultad de Agronomía. Montevideo, Uruguay.
- COHEN, Y. and TADMOR, N.H. 1969. Effects of temperature on the elongation of seedling roots of some grasses and legumes. *Crop Sci.* 9: 189-192.
- DURAN, H. 1996. La productividad ganadera en el Uruguay. *Revista Plan Agropecuario* N° 71:7-15
- GARCIA, J.A. 1995 a. *Dactylis glomerata* L. INIA LE OBERON. Boletín de Divulgación 49 INIA La Estanzuela. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, Uruguay.
- GARCIA, J.A. 1995 b. Estructura del tapiz de praderas. Serie Técnica 66 INIA La Estanzuela. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, Uruguay.

- GARCIA, J.A., REBUFFO, M y FORMOSO, F. 1991. Las Forrajeras de La Estanzuela. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, Uruguay.
- HILL, M.J. and LUCK, R. 1991. The effect of temperature on germination and seedling growth of temperate perennial pasture legumes. *Aust. J. Agric. Res.* 42, 175-89.
- HUR, S.N. and NELSON, C.J. 1985. Cotyledon and leaf development associated with seedling vigor of six forage legumes. **In:** Proceedings XV International Grassland Congress, Kyoto, Japan, 374-375.
- INASE 1998. Instituto Nacional de Semillas, Montevideo, Uruguay. Boletín N° 59.
- JOHNSTON, J.E., SINGH, A. and CLARK, E.A. 1993. Sward height in grazing management: vertical profiles in forage quality. **In:** Proceedings XVII International Grassland Congress, NZ and Australia. 890-891.
- LOPEZ-CASTAÑEDA, C., RICHARDS, R.A., FARQUHAR, G.D. and WILLIAMSON, R.E. 1996. Seed and seedling characteristics contributing to variation in early vigor among temperate cereals. *Crop Sci.* 36: 1257-1266.
- MILLOT, J.C; RISSO, D. y METHOL, R. 1988. Relevamiento de pasturas naturales y mejoramientos extensivos en áreas ganaderas del Uruguay. Informe de Divulgación. Revista Plan Agropecuario Suplemento Especial. 41pp.
- MOLITERNO, E. 1992. Características de la producción inicial de pasturas cultivadas en el Litoral Norte de Uruguay. Memorias de las 5tas Jornadas Técnicas de la Facultad de Agronomía "*Producción forrajera en el Uruguay*", 04 de diciembre, Montevideo. pp.45-46.
- MOLITERNO, E.A. 1997. Estimación visual de la disponibilidad de forraje en pasturas (II). La altura de la pastura como estimador de su producción instantánea. *Revista CANGÜÉ* N° 10 págs.27-31.
- MOLITERNO, E..A. 1998. Intensificación de la producción forrajera en el país. Antecedentes y evolución en los últimos años. *Revista CANGÜÉ* N° 12 págs.8-12.
- PEREZ, C., ALTIER, N., JONES, C., DE LA FUENTE, L. y ARIAS, A. 1999. Control biológico de enfermedades de implantación en lotus mediante *Pseudomonas* fluorescentes nativas. **In:** X Congreso Latinoamericano de Fitopatología. Libro de Resúmenes. Guadalajara, México. Resumen N° 221.
- RHODES, I. 1968a. The growth and development of some grass species under competitive stress 1. Competition between seedlings and established plants. *Journal of the British Grassland Society* 23: 129-136.
- RHODES, I. 1968b. The growth and development of some grass species under competitive stress 3. The nature of competitive stress, and characters associated with competitive ability during seedling growth. *Journal of the British Grassland Society* 23: 330-335.