

VARIABLES BÁSICAS QUE DEFINEN EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE MEZCLAS FORRAJERAS EN SU PRIMER AÑO

Moliterno, E. A.¹

Recibido: 31/07/01 Aceptado: 13/09/01

RESUMEN

La producción de 5 mezclas forrajeras de gramíneas, leguminosas y achicoria bajo dos frecuencias de defoliación fue estudiada a lo largo del año de su siembra. La composición de las mezclas fue la variable de mayor incidencia, destacándose aquellas cuyo componente gramínea estuvo compuesto por *Avena byzantina* y *Lolium multiflorum*. Estas pasturas rindieron en promedio 5093kg.ha⁻¹MS, superando a las mezclas con gramíneas perennes en más del doble (204%). La frecuencia de defoliación, con una variación del 60% entre el manejo con mayor y menor N° de cortes, respectivamente, no incidió en la producción acumulada de forraje si bien todas produjeron más forraje bajo el manejo más frecuente. La altura del perfil de pastura determinada previo al corte resultó mejor estimador del forraje cosechado en la primavera, no siendo de utilidad durante el verano. La información sobre los rendimientos de forraje fue obtenida del *horizonte de cosecha*, el cual fue definido por la diferencia entre la altura total y el rastrojo de 4cm, el cual se mantuvo constante para ambas frecuencias. La MS cosechada fue separada en aquella correspondiente a la fracción *pastura* y *malezas*, registrándose una contribución importante de las últimas, especialmente en las mezclas de menor desarrollo inicial. La tasa de crecimiento de la fracción *pastura* entre cada corte fue calculada para todas las mezclas en cada manejo de frecuencia, obteniéndose un rango de 3.9 a 26.0kg.ha⁻¹.día⁻¹MS, con los menores valores en verano y los mayores en primavera.

PALABRAS CLAVE: altura de la pastura, frecuencia de defoliación, horizonte de cosecha, mezclas forrajeras, producción MS.

SUMMARY

MANAGEMENT VARIABLES THAT AFFECT THE YIELD OF FORAGE MIXTURES DURING THE FIRST YEAR

The yield composition of 5 seeding mixtures (grass/legume and chicory) under two defoliation frequencies was studied during the first year. Seeding mixture had a significant effect on herbage DM yield, whereas defoliation frequency did not. Treatments with *Avena byzantina* and *Lolium multiflorum* as the grass component yielded an average 5093kg.ha⁻¹DM, out yielding those treatments with perennial grasses by more than the double (204%). Despite the absence of a significant effect, all treatments yielded more herbage DM under the more frequent defoliation management. This management involved 60% more cuts than the less frequent management. Sward canopy height, recorded immediately before cutting, was more closely associated to herbage DM yield during spring and had a very low R² during summer. Herbage DM yields were recorded for the cutting horizon, as defined by the difference between sward canopy height and residual height, the latter remaining constant throughout the experimental period. The mean growth rate for the *pasture* fraction total DM was calculated for each period between two successive cuts, the range lying between 3.9kg.ha⁻¹.d.⁻¹DM and 26.0 kg.ha⁻¹.d.⁻¹DM. The lowest rates were recorded for the second half of the summer whilst the highest were achieved during spring.

KEY WORDS: Cutting horizon, defoliation frequency, herbage DM yield, seeding mixtures, sward canopy height.

¹ Facultad de Agronomía, Estación Experimental Dr. Mario A. Cassinoni CP60000 Paysandú, Uruguay.
E-mail: henrymoli@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

La siembra de pasturas mezcla de gramíneas y leguminosas perennes de clima templado ha sido un factor de alto impacto en la intensificación de los establecimientos lecheros en el país, a pesar de lo cual su contribución a la base forrajera en el total de la superficie destinada a la ganadería ha sido históricamente inferior al 10% (Moliterno, 1998). Esta baja contribución ha sido el resultado de la combinación de varios factores, entre los cuales la variabilidad de las condiciones ambientales durante la fase de establecimiento de pasturas cultivadas es responsable del buen o mal desarrollo inicial de este tipo de pasturas. García *et al.* (1981) han analizado esta problemática, dada la información de que aproximadamente un tercio de las praderas que se siembran anualmente presentan problemas durante su establecimiento, lo cual reduce su productividad inicial así como la vida útil del mejoramiento. Esta situación ha experimentado una mejora cualitativa en los aspectos referidos al número y tipo de las especies forrajeras disponibles comercialmente para formular mezclas forrajeras o pasturas monoespecíficas. En el presente, la diversidad de géneros y especies registradas en el país (INASE, 2001) permite diferentes combinaciones de especies, las cuales pueden mejorar la productividad potencial de forraje durante el año de siembra con un alto impacto en la economía ganadera. No obstante, una mejora en el nivel de producción de forraje debe ser acompañada de estrategias en la cosecha de la misma (pastoreo o corte), que permitan mantener a la pastura creciendo a tasas que posibiliten dicho objetivo.

La frecuencia de defoliación constituye entonces una variable que, asociada a las características genéticas de las especies combinadas, determina el resultado productivo. Si bien se dispone en el país de información sobre la respuesta productiva de mezclas de *Festuca arundinacea* Schreb. y leguminosas perennes a diferentes frecuencias de defoliación (García, 1996; Moliterno *et al.*, 1997), ésta está generalmente referida al segundo año de este tipo de pasturas, lo que enfatiza la necesidad de estudiar sus efectos durante el primer año. Paralelamente, buena parte de la información nacional relacionada a la producción de especies puras y/o mezclas de gramíneas y leguminosas ha sido generada en el sur del país, con características climáticas diferentes a la región centro-norte. Estos aspectos justifican la necesidad de profundizar en el conocimiento del efecto de variables tales como la combinación de especies y el manejo inicial de la defoliación en el comportamiento de este tipo de pasturas durante el primer año. Con ese objetivo presente, este artículo discute los resultados de un experimento en el cual se compara la produc-

ción de primer año de diferentes mezclas forrajeras manejadas bajo dos frecuencias de defoliación. Los resultados de este trabajo continúan a aquellos correspondientes a la producción del primer corte, presentados en un artículo anterior (Moliterno, 2000),

MATERIALES Y MÉTODOS

Las características generales del experimento en cuanto a su localización y ambiente han sido descritas previamente (Moliterno, 2000). Los resultados experimentales analizados en este artículo continúan a aquellos y corresponden al resto del 1er. año a partir del segundo corte (22/08/1994) hasta el 15/03/95, para completar el verano del año de siembra.

Diseño experimental y análisis de datos

El experimento comprendió 5 (cinco) mezclas forrajeras cuya producción y composición fue obtenida mediante 2 (dos) frecuencias de defoliación (Cuadro 1), genéricamente denominadas como “más frecuente” (+Fr) y “menos frecuente” (-Fr). El manejo +Fr fue determinado empíricamente en función de la densidad y altura de la biomasa aérea, mientras que se estableció para el -Fr un intervalo que no superara en días al doble del primero. Los tratamientos (=mezcla forrajera x frecuencia de defoliación) fueron dispuestos en un diseño de parcela dividida en bloques al azar, con 4 repeticiones. La parcela mayor (9,25m x 4,25m) correspondió a la variable mezcla forrajera, mientras que cada subparcela (4,63m x 4,25m) correspondió al nivel de frecuencia de defoliación. Los datos correspondientes a las determinaciones que se describen a continuación fueron analizados mediante análisis de varianza o regresiones lineales entre las variables. Los valores medios de las variables experimentales fueron comparados a través de la mínima diferencia significativa (MDS), con máxima probabilidad de error del 5%.

Determinaciones

Altura del perfil de pastura: inmediatamente previo al corte se determinó la altura total desde el nivel del suelo, utilizando una varilla graduada en cm registrando la altura correspondiente al punto de toque más alto con una precisión de 0,5cm. En cada unidad experimental se registraron 14 lecturas en una transecta a intervalos de 15cm tomándose el promedio de las mismas como valor correspondiente para el análisis estadístico de los datos.

Rendimiento total del horizonte de cosecha (HC): el HC resulta de la diferencia entre la altura previa al corte y la del rastrojo remanente, la cual fue estandarizada en 4cm.

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos.

Mezcla Forrajera	Composición	Frecuencia de defoliación	F e c h a s d e c o r t e						
			22 AGO	05 SEP	06 OCT	24 OCT	16 NOV	10 ENE	15 MAR
M1	Av+Ach+TR	+ Fr	o	o	o	o	o	o	o
		- Fr		x	x			x	
M2	F+TB+L	+ Fr	o	o	o	o	o	o	o
		- Fr		x	x			x	
M3	Ph+TB+L	+ Fr	o	o	o	o	o	o	o
		- Fr		x	x			x	
M4	Rg+TR+TB+L	+ Fr	o	o	o	o	o	o	o
		- Fr		x	x			x	
M5	D+TR+L	+ Fr	o	o	o	o	o	o	o
		- Fr		x	x			x	

Av: *Avena byzantina* cv RLE 115; Ach: *Cichorium intybus* Común; D: *Dactylis glomerata* cv Oberón; F: *Festuca arundinacea* cv Tacuabé; Ph: *Phalaris aquatica* cv Urunday; L: *Lotus corniculatus* cv San Gabriel; Rg: *Lolium multiflorum* cv LE 284; TB: *Trifolium repens* cv Zapican; TR: *Trifolium pratense* cv LE 116.

+Fr: más frecuente -Fr: menos frecuente

La adopción de este criterio responde a la practicidad de considerar la producción del mismo como utilizable en su totalidad. El forraje fue cosechado mediante una cortadora autopropulsada de 50cm de ancho de corte, con altura regulable y bolsa recolectora de forraje. En cada unidad experimental (19,7m²) se cosecharon 3,25m², obtenidas de 2 fajas separadas 40 cm entre sí. El forraje recolectado fue pesado inmediatamente, luego de lo cual se extrajo una muestra de peso no inferior a los 200g para estimar su contenido de agua y calcular su porcentaje de Materia Seca. Estas muestras fueron secadas a estufa de ventilación forzada a 70°C durante 48h.

Composición del rendimiento: luego del corte con máquina recolectora, dentro del área de 40cm de ancho entre las franjas cortadas, se extrajeron 2 muestras de 0,09m² cortadas con tijera a una altura aproximada a 4cm. Para ello se utilizó como referencia la altura de las fajas cortadas previamente por la máquina, de manera de poder extrapolar la composición del material al mismo HC del cual se obtuvo el total.

Las dos muestras fueron manualmente separadas en las siguientes fracciones :

Pastura: correspondiente a cualquier parte verde de plantas de las especies sembradas;

Material senescente: cualquier parte de planta de las especies sembradas de coloración amarillenta amarroada;

Malezas: cualquier parte de planta de especies otras que las sembradas, ya sea en estado juvenil (verde) o maduro (senescente).

Luego de la separación cada muestra fue individualmente secada a estufa, siguiendo el mismo procedimiento descripto para el rendimiento total. La contribución en kg.ha⁻¹MS de cada fracción al rendimiento total fue calculada multiplicando su proporción en el total de peso seco de las fracciones de cada unidad experimental por el rendimiento de MS total de ésta, obtenido del corte con máquina.

Tasa de crecimiento (calculado): el crecimiento promedio de la producción total cosechada en cada corte (kg.ha⁻¹.día⁻¹MS) fue calculado dividiendo aquella entre el N° de días transcurridos desde la última defoliación. Dado que los cortes con máquina fueron realizados siempre a la misma altura y en la misma área de cada parcela, la producción obtenida en cada corte correspondió a la neta, sin necesidad de descuentos por material producido previamente y cosechado en el corte siguiente. La tasa de crecimiento para las fracciones descriptas previamente fue calculada en forma similar, dividiendo el total de MS correspondiente a cada fracción entre el N°. de días transcurrido.

Profundidad del HC (calculado): se calculó como la diferencia entre la altura de la pastura previo al corte y la del rastrojo luego del mismo (4cm). Se expresa como cm lineales cosechados y es una medida previa para estimación de la densidad del forraje cosechado según la altura del estrato.

Cuadro 2. Valores de los principales parámetros climáticos durante el período experimental.

Mes / Año	Temp. media (°C)	Heladas (n° total)	Precipitaciones (mm)	Evaporación Tanque A (mm)	Heliofanía (horas/día)
ENE 94	23,8	0	95,7	277,7	102
FEB 94	23,1	0	75,3	189,5	85
MAR 94	21,9	0	95,9	179,1	79
ABR 94	18,4	0	77,0	109,8	72
MAY 94	17,1	1	79,5	84,6	60
JUN 94	13,8	6	26,0	84,1	45
JUL 94	12,7	7	74,7	69,1	56
AGO 94	12,6	6	24,3	89,0	62
SEP 94	16,6	3	24,3	130,2	64
OCT 94	17,4	1	170,6	146,9	58
NOV 94	20,9	0	60,3	232,6	90
DIC 94	25,2	0	104,5	269,2	89
ENE 95	28,7	0	126,1	257,4	89
FEB 95	21,4	0	30,4	213,2	79
MAR 95	19,6	0	145,5	192,4	85

Densidad del HC (calculado): este parámetro (kg. cm⁻¹ MS) fue calculado dividiendo la producción de MS de cada fracción entre la profundidad del HC (cm de altura cosechados), de manera de proporcionar una comparación de la estructura de cada mezcla al momento del corte. Esta variable fue también utilizada para comparar la estructura de la misma mezcla bajo ambos manejos de defoliación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Condición ambiental durante el período experimental

Las características del clima durante el desarrollo del experimento (Cuadro 2) fueron de temperaturas medias mayores a 10° C durante el invierno, registrándose un total de 24 heladas. En general el invierno del año de siembra no fue muy riguroso ya que para un período medio de heladas de 55 días para la zona, se registró este evento durante el 44% del mismo. Las precipitaciones, que para el cuatrimestre mayo-agosto representaron solamente el 22.5% del total anual (908.1mm acumulado en el año), fueron superadas por la evaporación (Tanque A) en todos los meses, a excepción del mes de julio. La evapotranspiración potencial (ETP) calculada para la zona para el cuatrimestre analizado es de 191mm (Cruz *et al.*, 2000), por lo que en este período se generó un leve balance positivo en relación a la precipitación ocurrida (205mm). El período de

mayor desbalance hídrico ocurrió desde mediados de primavera y durante los meses de verano, para los cuales Cruz *et al.* (2000) estimaron la ETP en 956 mm, lo cual de acuerdo a las precipitaciones ocurridas (Cuadro 2) daría un déficit equivalente a 319 mm. Esta deficiencia potencial significó una limitante importante para el desarrollo de las mezclas a partir de mediados de la primavera del año de siembra.

Producción acumulada

De las variables estudiadas, el tipo de mezcla forrajera afectó significativamente ($P < 0.04$) la producción total acumulada (Cuadro 3), mientras que la frecuencia de defoliación no determinó diferencias importantes entre los componentes del rendimiento (Cuadro 4), salvo para la fracción material senescente. El conjunto de las mezclas evaluadas bajo el manejo -Fr tuvo un incremento del 55% en esta fracción, en relación con el promedio de los tratamientos manejados +Fr.

Efecto del tipo de mezcla forrajera

Al igual que lo descrito para el primer corte de este experimento (Molitero, 2000), los tratamientos más productivos correspondieron a M1 y M4, los que en conjunto superaron al promedio de las mezclas con gramíneas perennes en 104%. Cuando se analizó la contribución porcentual de cada fracción al rendimiento acumulado, la mejor relación pastura / malezas (Cuadro 3) también corres-

pondió a los tratamientos M1 y M4. Para ambos, la contribución de lo sembrado superó el 60%, mientras que el resto de las mezclas esta contribución promedió 35%. En general, las mezclas que como M1 y M4 combinan especies que se alternan en el momento de máximo desarrollo en el año de siembra, poseen una ventaja comparativa frente a aquellas que lo hacen en el mismo período. M1 combinó el rápido desarrollo de la avena con una buena contribución de la achicoria y trébol rojo a partir de la primavera y durante el verano, factor que mantuvo la invasión de malezas a bajos niveles. La tendencia para M4 fue similar, si bien la incidencia del enmalezamiento fue mayor por el menor desarrollo relativo de las leguminosas en esta mezcla. La prolongada competencia ejercida por *L. multiflorum* dejó a las leguminosas acompañantes en un estado de desarrollo insuficiente para enfrentar las condiciones del primer verano.

Ceriani *et al.* (1989), comparando diferentes mezclas forrajeras durante el primer año, obtuvieron la mejor relación pastura / malezas en aquellas que contenían gramíneas agresivas como raigrás o especies como achicoria, capaces de mantener tasas de crecimiento aceptables durante el verano.

La mayor contribución de las especies agresivas a la producción total de forraje tuvo un costo importante, medido como material senescente al momento del corte. De acuerdo a los datos del Cuadro 3, fue posible observar una relación positiva entre aquellos tratamientos cuyos rendimientos en pastura fueron mayores y lo cosechado como material senescente. El rápido envejecimiento de las hojas de *A. byzantina*, *L. multiflorum*, *D. glomerata* y *T. pratense*, principales contribuyentes de esta fracción, fue el factor de mayor importancia en la incidencia de la misma. Particularmente, en *A. byzantina* y *D. glomerata* fue po-

sible observar la incidencia de la infección de patógenos, que aceleraron el proceso de envejecimiento de las hojas de estas especies.

Efecto de la frecuencia de defoliación

Durante el primer año el manejo de defoliación +Fr implicó un 60% más de cortes que el manejo -Fr (Cuadro 4). La única fracción sobre la cual el manejo de la defoliación ejerció efectos significativos fue la del material senescente, el cual se incrementó en un 55% al reducir el número de cortes de 8 a 5. Para el resto de las fracciones tampoco se detectaron interacciones entre el tipo de mezcla y la frecuencia de defoliación en los rendimientos de las mismas. En la Figura 1 puede observarse que salvo para M2, el rendimiento de la fracción pastura fue mayor bajo el manejo +Fr. Si bien no existió significación, este comportamiento se relacionó a la evolución del material senescente bajo ambos manejos de defoliación. Los mayores rendimientos de pastura de M1, M4 y M5 se correspondieron con los contenidos más altos de material senescente (Cuadro 3). Bajo ambas frecuencias de defoliación el rebrote medido como acumulación neta de MS debió seguir un patrón de curva sigmoide, similar al descrito para pasturas defoliadas más o menos intensamente y luego cerradas para permitir su rebrote en forma ininterrumpida (Parsons and Penning, 1988). De acuerdo a este modelo, la diferencias en rendimiento pueden explicarse por las características del tapiz vegetal al momento de interrumpir su rebrote para realizar la cosecha (corte). Si bien bajo el manejo +Fr los períodos de acumulación de MS fueron menores, las relaciones de competencia entre todos los contribuyentes a la MS total cosechada (sps. sembradas y malezas) duraron menos. En general, el tejido vegetal de los componentes de las mezclas forrajeras bajo manejo +Fr fue más jo-

Cuadro 3. Composición de la producción del primer año de las mezclas forrajeras evaluadas.

	Producción obtenida en el HC (kg.ha ⁻¹ MS) ¹				Contribución % de cada fracción		
	TOTAL	Material Senescente		PASTURA	Mat. Senescente		
		PASTURA	MALEZAS		PASTURA	MALEZAS	PASTURA
M1	7701,8 a	5134,6 a	1428,5 c	1138,7 a	67	18	15
M2	6283,4 c	1822,5 c	3980,7 ab	480,2 c	29	63	8
M3	6604,6 bc	2052,9 c	4226,0 a	325,7 c	31	64	5
M4	8121,8 a	5050,8 a	2352,5 bc	718,5 b	62	29	9
M5	8126,3 a	3619,8 b	3440,6 ab	1065,9 ab	45	42	13

¹ Dentro de cada columna, valores seguidos de igual letra no difieren.

ven, y por lo tanto más eficiente. Si bien la diferencia en días entre ambas frecuencias de defoliación no fue extrema (Cuadro 4), la dinámica particular del desarrollo de especies cultivadas perennes en el año de siembra pudo incidir en las diferencias encontradas a nivel del material senescente.

Con especies de rápido crecimiento como las anuales *A. byzantina* y *L. multiflorum* y en menor grado perennes como *D. glomerata* y *T. pratense*, estas pérdidas pueden ser más importantes que en especies de crecimiento más lento. Este podría ser uno de los factores más relevantes en explicar las mayores pérdidas de MS de M1, M4 y M5 (Cuadro 3) y del conjunto de las mezclas bajo el manejo -Fr (Cuadro 4).

Tasas de crecimiento durante el rebrote

Una información importante derivada de las diferentes frecuencias de corte fue la del cálculo del ritmo de crecimiento o rebrote entre 2 defoliaciones sucesivas, para cada mezcla. A lo largo del primer año, las variables *tipo de mezcla forrajera* y *frecuencia de defoliación* afectaron individualmente la tasa de acumulación de MS, por lo que los valores para cada una de estas variables se presentan en forma separada.

Efecto del tipo de mezcla forrajera

Los valores calculados para la tasa de crecimiento corresponden exclusivamente a la fracción *pastura*, ya que según la mezcla y el momento del año, la contribución de

Cuadro 4. Producción del primer año de las fracciones componentes del rendimiento total (promedio de 5 mezclas forrajeras) según el manejo de defoliación aplicado.

Manejo de defoliación	Nº total cortes	Intervalo entre cortes (d) ¹	Rendimiento (kg.ha ⁻¹ MS) en HC ²			
			TOTAL	PASTURA	MALEZAS	PASTURA
+Fr	8	31,3 ± 20,3	7511,8	3668,6	3257,2	586,0
-Fr	5	54,5 ± 43,2	7223,4	3403,7	2914,1	905,6
P>F			0,1232	0,133	0,0872	0,0001

¹ A partir del 2º corte post siembra

² HC: horizonte de cosecha

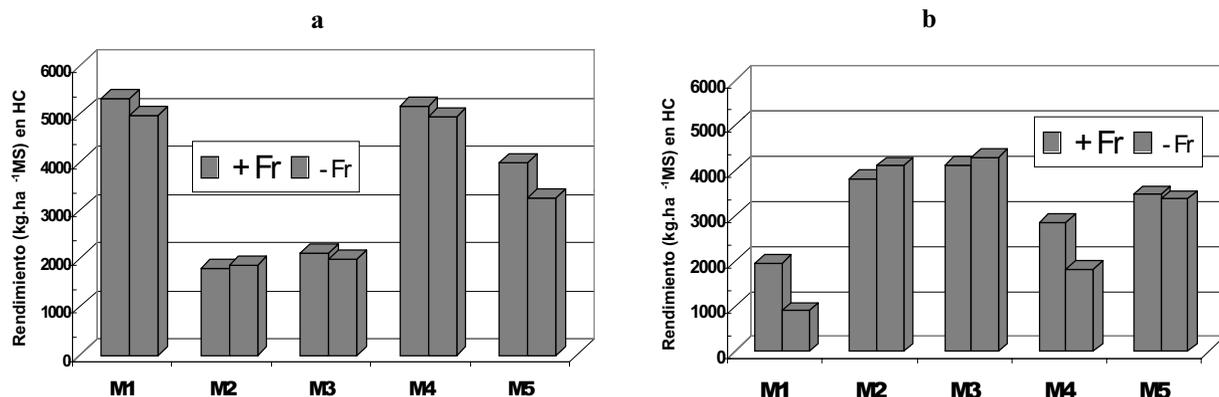


Figura 1. Rendimiento acumulado del primer año de la fracción (a) «Pastura» y (b) «Malezas» de cinco mezclas forrajeras de acuerdo a la frecuencia de defoliación (+Fr/-Fr; ver símbolos en Cuadro 1).

Cuadro 5. Tasa de crecimiento (kg.ha⁻¹.día⁻¹MS en HC) de la fracción PASTURA a lo largo del año de siembra.

Mes Días de crecimiento Frecuencia ¹	AGOSTO		SEPTIEMBRE		O C T U B R E			NOVIEMBRE		ENERO	M A R Z O	
	14	14	28	31	31	18	23	41	55	64	119	
	+Fr	+Fr	-Fr	+Fr	-Fr	+Fr	+Fr	-Fr	+Fr	+Fr	-Fr	
M1	43.7 a	7.1	16.4	9.7 d	16.1 c	11.9	19.2	24.9	23.2 a	15.0	8.6	
M2	29.5 ab	6.4	8.8	7.4 d	9.7 d	11.0	14.8	17.7	5.8 b	4.4	2.8	
M3	21.9 b	8.0	11.2	7.4 d	8.5 d	10.8	16.7	17.9	8.6 b	1.8	1.2	
M4	47.0 a	16.2	28.6	22.0 b	31.3 a	13.2	27.8	33.6	30.2 a	0.5	1.6	
M5	31.9 ab	7.0	13.5	10.2 d	10.7 d	14.3	23.7	35.8	30.8 a	8.7	5.5	
P promedio	34.8	8.9	16.7	11.3	15.3	12.2	20.4	26.0	19.7	6.1	3.9	

esta fracción al rendimiento total varió considerablemente. Las mayores tasas de crecimiento se registraron al principio (agosto) para aquellas mezclas bajo manejo +Fr, dado que este corte fue el segundo luego del de producción inicial, cuyos resultados fueron presentados en una publicación anterior (Moliterno, 2000). Ese momento coincidió con un activo macollaje luego del primer corte para todas las gramíneas integrantes de las mezclas, destacándose claramente la avena (M1) y el raigrás (M4) del resto. Hasta octubre, los tratamientos M1 y M4 fueron los de mayor rapidez de rebrote, debido principalmente al componente gramínea de la mezcla. Esta fecha de corte fue la única de las que coincidieron cortes simultáneos para ambos tratamientos de frecuencia, en la cual se detectó interacción significativa entre tipo de mezcla y frecuencia en la tasa de rebrote. M1 y M4 crecieron más rápidamente bajo el manejo -Fr, mientras que el resto de los tratamientos lo hicieron a una tasa similar bajo ambas frecuencias de defoliación. Dos posibles factores pudieron ser responsables de ese comportamiento: por un lado el tipo de gramínea (anuales invernales en ambos casos), y el número de cortes acumulados hasta ese momento. Tanto la avena como el raigrás estaban en pleno desarrollo reproductivo, lo que para cualquier especie implica acumular MS a la máxima tasa en relación con el resto de su ciclo de desarrollo (Robson *et al.* 1988), mientras que paralelamente, tuvieron un corte menos que el tratamiento +Fr, por lo que ello debió significar un mayor contenido de reservas para contribuir al rebrote. A partir del mes de noviembre, la decapitación (eliminación de los tallos reproductivos) bajo ambos manejos de frecuencia favoreció el desarrollo del resto de los componentes de M1 y M4. El desarrollo de dactylis y trébol rojo en M5 desde mediados de primavera

en adelante, marcó la diferencia en relación con M2 y M3, de desarrollo más lento.

Desde mediados a fines del primer verano la capacidad de M4 de producir forraje se redujo considerablemente, registrando el menor crecimiento junto con M3. La desaparición del raigrás junto con el deterioro del resto de las leguminosas por el ambiente estival (Cuadro 2), explicaron este resultado. En el caso de M3, el escaso aporte *P. aquatica* debido a su latencia estival y del trébol blanco por su baja tolerancia a las altas temperaturas y falta de agua, explicaron los niveles mínimos de acumulación de MS.

Efecto de la frecuencia de defoliación

El mayor período de crecimiento entre cortes del manejo -Fr determinó que se acumulara mayor cantidad de hoja para contribuir a la fotosíntesis, y por lo tanto a la acumulación de MS. Este proceso fue responsable de las diferencias encontradas en las tasas de crecimiento durante la primavera del primer año a favor del manejo con menor N° de cortes (Cuadro 5), no obstante lo cual la situación varió durante el verano. La menor pérdida por senescencia de las mezclas bajo manejo +Fr, con un corte en enero, permitió la reposición parcial de tejido joven, considerando las condiciones restrictivas del verano para las especies C₃. Esta reposición permitió que a mediados de marzo la tasa de crecimiento del manejo +Fr superara a la de las mezclas no defoliadas desde noviembre. Considerando que el período de crecimiento para el manejo -Fr fue de 119 días, buena parte de la MS producida por las mezclas bajo este manejo se perdió por senescencia y/o muerte, no justificándose un descanso tan prolongado. El manejo +Fr, con 3 cortes entre noviembre y marzo, produjo MS a una tasa mayor, lo que resultó de la reposición de lo cosechado por

el corte de enero. Estos resultados indican por un lado la ventaja de que los períodos de rebrote no excedan los 60 días, dependiendo del momento del año y condiciones ambientales, y por otro lado que la intensidad aplicada en este experimento (4cm), puede considerarse como no limitante al haber sido la misma para ambos manejos.

Altura y su relación con el rendimiento

Al considerar la altura como variable es necesario tener presente que se refiere al total del perfil de la pastura y que en el valor promedio de la misma intervinieron tanto especies sembradas como malezas. También es necesario recordar que los rendimientos en MS “total” y “pastura” fueron obtenidos del horizonte de cosecha (HC), resultante de cosechar la pastura por encima de los 4cm. El objetivo de relacionar ambas variables fue el de aportar pautas prácticas para facilitar el manejo de pasturas de estas características, utilizando a la altura como un estimador de la producción instantánea de forraje y de fácil determinación a campo (Moliterno, 1997).

Efecto del tipo de mezcla forrajera

La altura del perfil total (PT) de la biomasa aérea de cada tratamiento fue una de las pocas variables en la cual se detectaron diferencias significativas en todas las fechas de corte (Figura 2). Durante agosto y septiembre, M1 y M4 registraron mayores alturas al momento del corte, principalmente debido a la morfología de avena y raigrás,

gramíneas con láminas largas y succulentas. Durante el mes de octubre se realizaron 2 cortes a los tratamientos +Fr; el segundo (24/10) permitió una mayor expresión de los componentes perennes de las mezclas anteriores por lo que las alturas se equipararon entre las mezclas, salvo M1. La casi total desaparición de *A. byzantina* dado su hábito anual y la eliminación de los ápices reproductivos producida por el corte anterior (06/10), determinó que la altura resultase de la contribución de *C. intybus*, *T. pratense* y las malezas presentes. Todos estos componentes presentaron bajo desarrollo en ese momento, reflejo de la competencia previamente ejercida por la avena. Más hacia la primavera, el desarrollo de las leguminosas, achicoria y las gramíneas perennes fueron factores que interactuaron en la determinación de la altura. Desde mediados a fines del verano, la altura promedio al momento del corte fue considerablemente más alta para cada mezcla en relación con el resto del período en evaluación. La contribución del trébol rojo parcialmente encañado y malezas florecidas como *Ammi majus* junto con una buena contribución de achicoria y dactylis en sus respectivas mezclas, explicaron las alturas registradas durante el período enero – marzo.

Variación estacional en la asociación entre la altura y el rendimiento de las fracciones

La utilidad de la relación altura \iff disponibilidad de forraje en el manejo general de pasturas se obtiene a través de funciones de ajuste, las cuales en este experimento

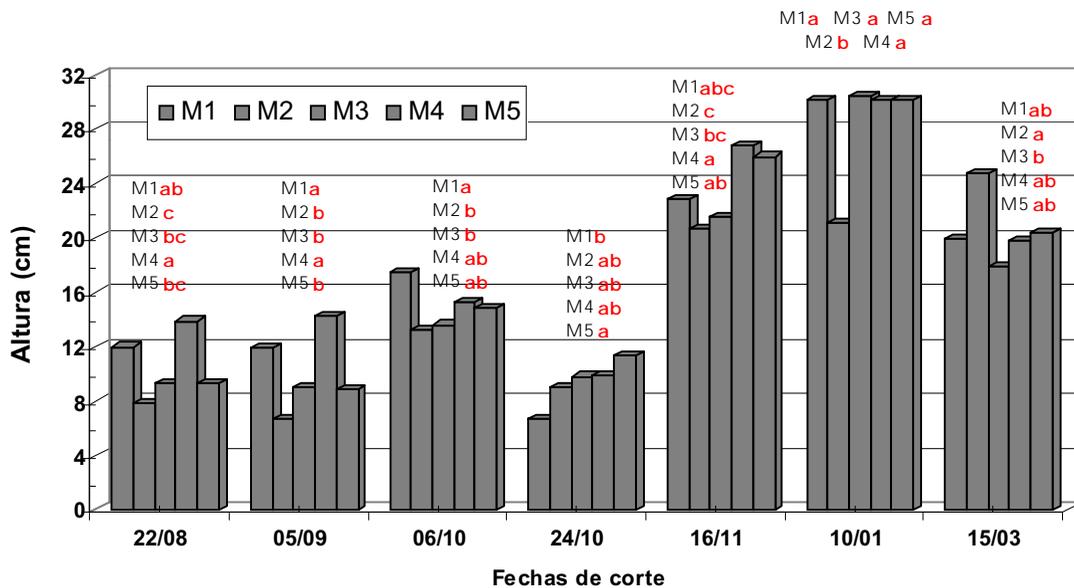


Figura 2. Evolución en la altura de la pastura de cinco mezclas forrajeras al momento del corte. (Leyendas encima de barras dentro de cada fecha indican las diferencias al nivel de P<0.05).

fueron obtenidas mediante el análisis del total de observaciones registradas dentro de una misma estación. Las funciones de respuesta y curvas de ajuste se obtuvieron para la MS TOTAL y la correspondiente a la fracción PASTURA, para el invierno, primavera y verano del año de siembra (Figura 3). Considerando la comparación entre estaciones, la mejor asociación entre las variables se obtuvo en primavera y la más baja durante el verano. Cuando se consideraron las fracciones Total y Pastura, salvo durante el período inicial de desarrollo (invierno), la mejor asociación se obtuvo para la fracción "Total" de MS cosechada en el HC. Durante el invierno la asociación entre la altura y el rendimiento de la fracción *Pastura* en el HC fue de $R^2=0.595$, mientras que para la fracción *Total* fue de $R^2=0.394$. En la Figura 3b puede observarse como la función lineal ajustada tuvo una menor dispersión de las observaciones dentro del rango de 4-9cm de altura, lo que equivalió a una profundidad del HC entre 0-5cm. La estructura de las mezclas forrajeras evaluadas en esta estación determinó que su densidad incrementara lo cosechado en aproximadamente $39\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\text{MS}$, por cada cm de altura total por encima de los 4cm de rastrojo. Durante la primavera se registraron los mejores coeficientes de determinación para ambas fracciones ($R^2=0.791$ y $R^2=0.686$, para *Total* y *Pastura*, respectivamente), ajustando una función cuadrática para la fracción *Pastura* a lo largo de la cual, en el rango entre 6-15cm de altura (Figura 3d), se observó la menor dispersión. El rango de alturas previas al corte fue mayor para esta estación en relación con el invierno, producto por un lado de una mayor base de datos (3 cortes; $n=100$) y una morfología de las especies forrajeras variable a lo largo de la estación como consecuencia del desarrollo reproductivo de las plantas originadas más tempranamente.

La asociación entre ambas variables tuvo sus valores más bajos para la fracción *Pastura* durante el verano (Figura 3f), estación en la cual se registró la variación más elevada ($\text{CV}=86.3\%$). Los altos %MS de las especies, inherentes a las condiciones ambientales y la encañazón de especies como las gramíneas anuales y perennes, achicoria y trébol rojo, determinaron que la asociación entre altura y rendimiento de la fracción explicara solamente el 6% de la variación total. Para la fracción *Total* se obtuvo una mejor asociación ($R^2=0.544$; $\text{CV}=25.1\%$), principalmente explicada por la contribución de malezas encañadas como *Ammi majus* y *Cardus sp.*, por lo que la utilidad de esta relación para su utilización a escala productiva está directamente relacionada tanto a la composición botánica de las pasturas como al estado fisiológico de las mismas.

La composición botánica como factor de ajuste en la relación altura \leftarrow disponibilidad

Si bien la base de datos utilizada en las regresiones entre altura y disponibilidad de forraje correspondió a la de todos los tratamientos en conjunto, existieron diferencias importantes en la contribución de la fracción *Pastura* al total de MS cosechada entre aquellos (Figura 4). Este factor tuvo incidencia sobre la altura registrada para cada tratamiento previo al corte, ya que en aquellas situaciones con mayor proporción *Pastura*, era de suponer que habría un mayor N° de observaciones de la variable determinada por alguna (s) de las especies de las mezclas.

En general, en M1, M4 y M5 la fracción *Pastura* predominó durante buena parte del invierno y primavera (Figuras 4a, d y c), por lo que la altura pudo considerarse como un razonable estimador del forraje disponible.

En verano la diferencia entre los porcentajes de *Pastura* y *Malezas* fueron máximas a favor de la última para M2, M3 y M4 (Figuras 4b, c y d, respectivamente). Bajo estas condiciones la altura resultó un mejor estimador de la producción total que de la fracción *Pastura*, razón por la cual los valores obtenidos de R^2 para esta estación (Figuras 3e, f) fueron mayores para la primera.

Profundidad del HC

Efecto del tipo de mezcla forrajera

La profundidad acumulada del HC (cm totales cosechados en el conjunto de todos los cortes) fue una variable calculada para comparar la estructura de los tratamientos, resultante de la morfología de las especies de cada mezcla así como de la frecuencia de defoliación aplicada. En el Cuadro 6 puede observarse que a nivel de mezcla forrajera, M4 fue la que rindió la mayor profundidad de cosecha mientras que la menor correspondió a M2, con una diferencia entre ambas de 28.5cm. Esta fue la única diferencia significativa y entre los factores más probables en la explicación de este resultado pueden mencionarse el lento desarrollo de las 3 especies componentes de M2 y su relativamente baja contribución (Figura 4) a la MS cosechada a lo largo del primer año.

Para todas las mezclas la mayor profundidad cosechada se obtuvo durante el verano, dado el desarrollo reproductivo de todas las especies (fracciones *Pastura* y *Malezas*) y mayores intervalos entre defoliaciones, determinados por las condiciones ambientales.

Para relacionar esta información a la estructura de cada tratamiento, se utilizaron los datos del Cuadro 3 y Cuadro

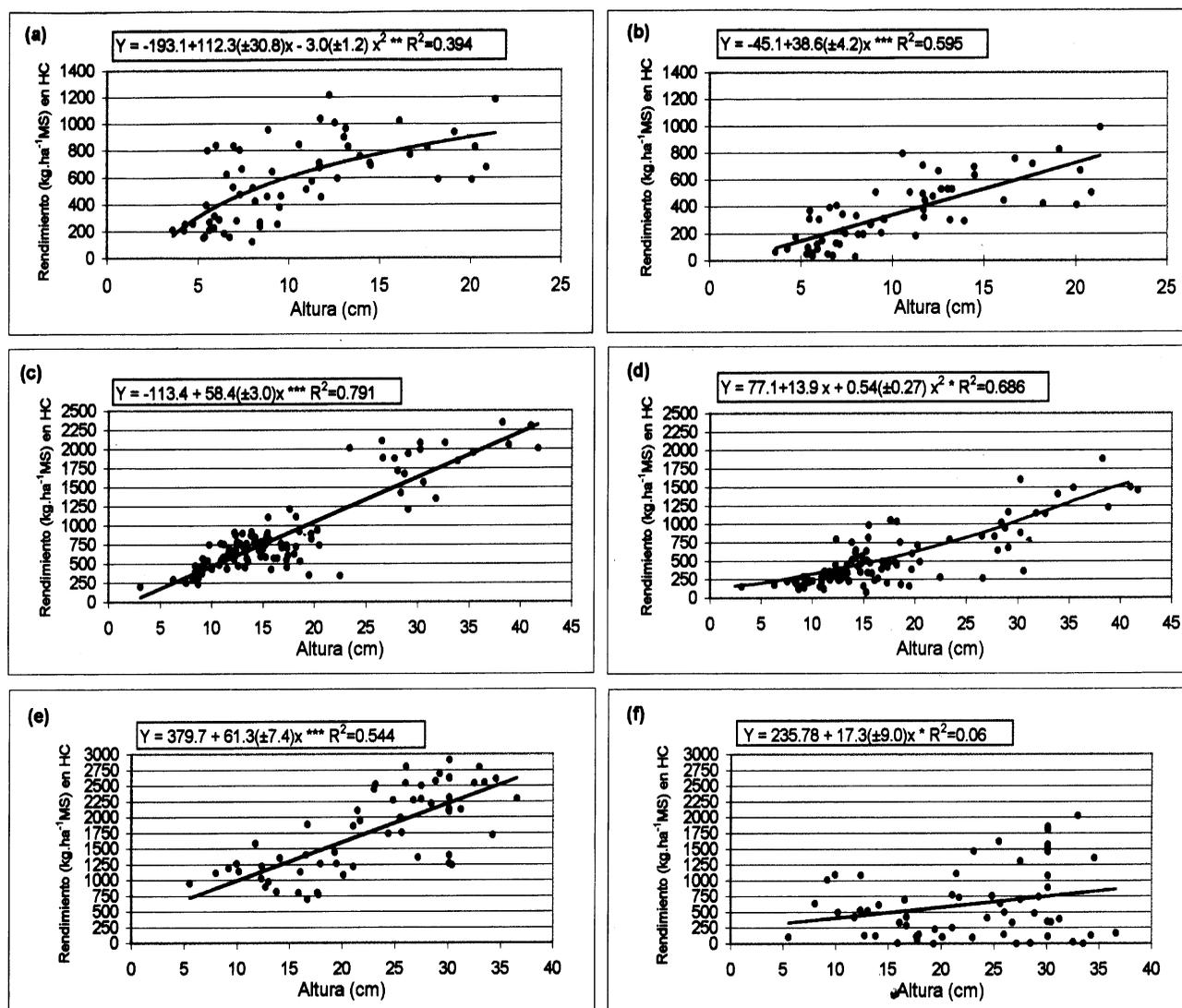


Figura 3. Relación entre la altura del PT y el rendimiento en MS del HC de las fracciones TOTAL y PASTURA a lo largo del primer año. a. TOTAL INVIERNO; b. PASTURA INVIERNO; c. TOTAL PRIMAVERA; d. PASTURA PRIMAVERA; e. TOTAL VERANO; f. PASTURA VERANO. Ecuaciones de ajuste y significación del coeficiente para cada estación en recuadro interno.

6 para estimar las densidades de las fracciones *Total* y *Pastura* para cada mezcla, las que figuran en las dos últimas columnas a la derecha del Cuadro 6. Mientras que para la fracción *Total* el rango de densidades calculado para las mezclas fue estrecho, para la fracción *Pastura* hubo diferencias mayores al 100% entre los extremos. M1 fue la pastura más densa, con diferentes contribuyentes según la estación del año: durante el invierno y principios de primavera la avena fue la especie de mayor contribución; a

partir de allí y hasta el final del verano, trébol rojo y achicoria fueron responsables de los rendimientos obtenidos.

Efecto de la frecuencia de defoliación

La diferencia entre ambos manejos de frecuencia (Cuadro 6) fueron muy significativas; bajo el manejo -Fr se cosecharon 22.5cm más de HC. Estas diferencias fueron el resultado de mayores intervalos entre cortes de dicho manejo (Cuadro 4), y por lo tanto a períodos de crecimen-

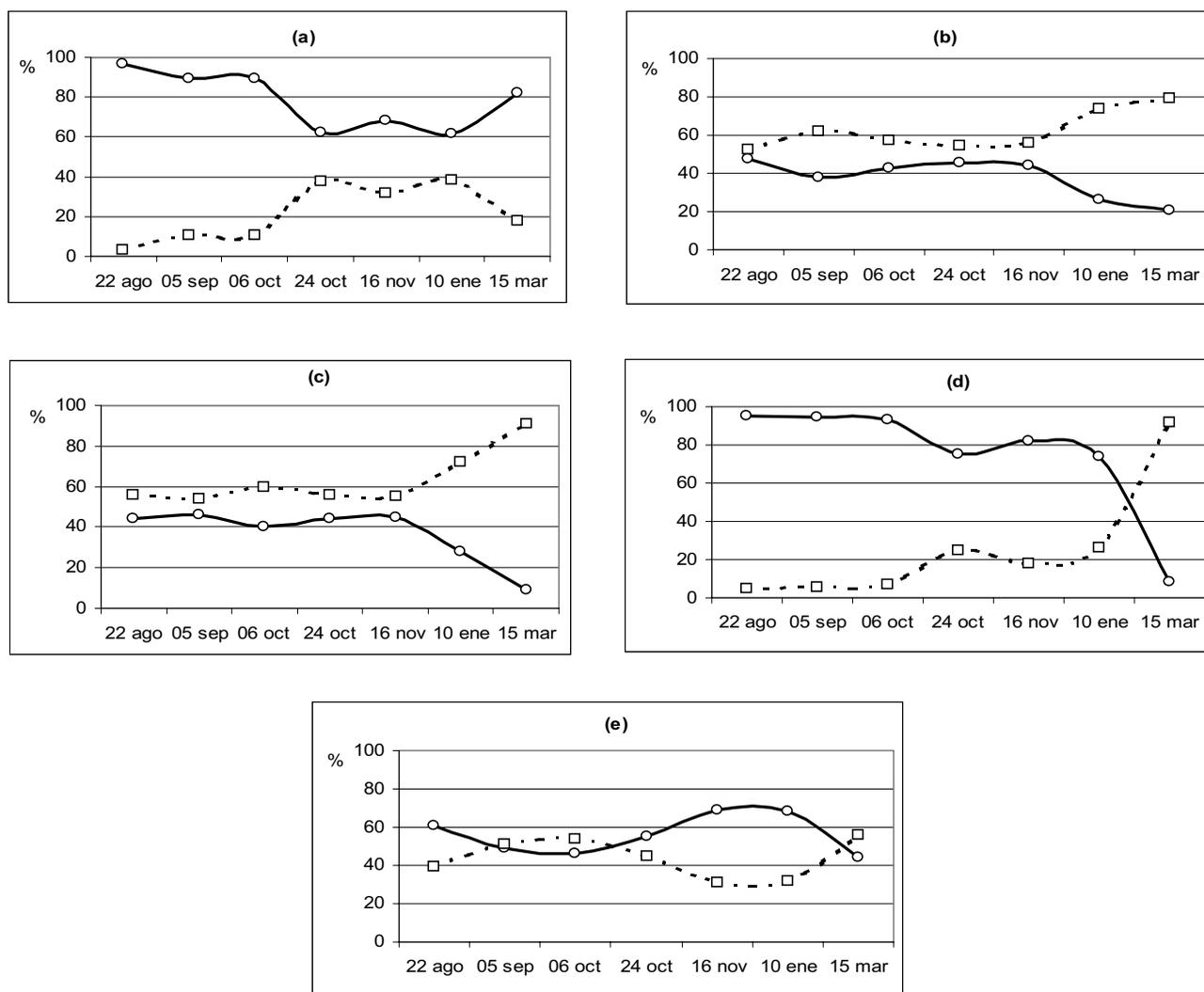


Figura 4. Evolución de la contribución porcentual de las fracciones (—○—) PASTURA y (---□---) MALEZAS al rendimiento total de MS cosechado en el horizonte de cosecha (HC) de cada tratamiento durante el primer año. (a) M1; (b) M2; (c) M3; (d) M4; (e) M5.

to más prolongados que permitieron mayor porte tanto de las especies sembradas como malezas. Aplicando el mismo criterio que para las mezclas, con los datos de los Cuadros 4 y 6 se estimó la densidad para ambas fracciones de acuerdo a la frecuencia de defoliación. El manejo +Fr determinó una mayor densidad de ambas fracciones en comparación al -Fr, principalmente por haber permitido una

cosecha de material de menor altura al momento del corte y por un mayor N° de veces. La mayor frecuencia de defoliación mantuvo a las mezclas bajo este manejo con una activa formación de hojas, por lo que la densidad en los estratos más bajos de la pastura debió ser mayor que para los tratamientos bajo manejo -Fr.

Cuadro 6. Profundidad del horizonte de cosecha (HC) obtenido en cada estación y acumulado durante el primer año, según mezcla y manejo

Tratamiento	Profundidad Total cosechada en el año (cm)	Profundidad total (cm) cosechada en:			Densidad fracciones en HC (kg.ha ⁻¹ .cm ⁻¹ MS)	
		INVIERNO	PRIMAVERA	VERANO	TOTAL	PASTURA
M1	87.5 ab	11,9 ab	31,9	43.7 ab	88.0	58.7
M2	70.7 b	4,6 c	30.7	35.3 b	88.9	25.8
M3	78.4 ab	7,6 bc	31.6	39.2 ab	84.2	26.2
M4	99.2 a	15,2 a	34.4	49,6 a	81.9	50.9
M5	89.1 ab	7,5 bc	37.1	44,6 ab	91.2	40.6
+Fr	73,7	8,8	28,1	36,9	101.9	49.8
-Fr	96,2	9,9	38,2	48.1	75.1	35.4
P<F	0.0001	0.0509	0.0001	0.0001		

Dentro de cada columna, valores con diferente letra difieren a P<0.05 +Fr y -Fr: ver Cuadro 1

CONCLUSIONES E IMPLICANCIAS AGRONÓMICAS

En relación con la producción acumulada, las diferencias más importantes se dieron al nivel de la fracción *Pastura* que a nivel del *Total* de MS cosechada. Mientras que en el *Total*, la diferencia entre la mezcla de mayor y menor rendimiento fue de 1843 kg.ha⁻¹MS, cuando se comparó la fracción *Pastura* la diferencia fue de 3312kg.ha⁻¹MS. En ambos casos M1 fue la de mayor producción y M2 la de rendimiento más bajo. Las diferencias a favor de M1 y M4 en los primeros meses post siembra fueron de una magnitud suficiente como para trasladarse al total acumulado durante el período experimental.

El enmalezamiento varió considerablemente entre mezclas, representando un mínimo de 18% del total de MS cosechada (M1) a un máximo de 64% (M3). Dentro de las mezclas con gramíneas perennes, M5 produjo 87% más forraje de la fracción *Pastura* que el promedio de M2 y M3. Esta diferencia fue debida a la contribución tanto de *D. glomerata* como de *T. pratense*, los cuales a partir de inicios de primavera aventajaron claramente a las otras especies en M2 y M3.

El manejo +Fr, con 60% más defoliaciones que el -Fr, produjo 8% más rendimiento de la fracción *Pastura*. Este resultado, que operó en el mismo sentido para todas las mezclas, resultó de cosechar los tratamientos un mayor N° de veces en el mismo período, sin que hubiera diferencias apreciables en la capacidad de producir forraje bajo ambos manejos.

Las tasas de crecimiento calculadas para la fracción *pastura* oscilaron en un rango de 4 a 35kg.ha⁻¹.día⁻¹MS. Si bien se mencionan a nivel nacional valores superiores a los obtenidos en este experimento (Díaz *et al.*, 1996), debe recordarse que en éste el horizonte de cosecha del cual fueron calculadas correspondió a aquel por sobre los 4 cm. y las pasturas fueron mezclas de 3 ó 4 especies. Esta metodología respeta los principios de la morfofisiología de las plantas forrajeras, evitando cálculos de eventuales % de utilización que puedan quitar precisión a la extrapolación de la información.

La altura como estimador de la producción instantánea, varió en su precisión de acuerdo a la estación, siendo la primavera la época de mejor ajuste para las fracciones *Total* y *Pastura*. La menor asociación en verano, dada la morfología predominante de tallos florales y estructuras vegetativas con bajos contenidos de agua (altos %MS), determinó que para las condiciones bajo las cuales se desarrolló este experimento, la altura no haya sido un buen estimador durante esta estación.

Un aspecto que surgió de las curvas de ajuste determinadas en cada estación fue la menor dispersión de las observaciones registradas dentro del rango de alturas de 5-15cm. La mayor densidad del HC correspondiente a este rango (4-11cm, respectivamente), fue importante en explicar la buena producción de los tratamientos bajo el manejo +Fr.

Los resultados de este experimento refieren al primer año de producción, período que en Uruguay es a veces considerado como “de preparación” para su producción

posterior. La información generada indica que el potencial de este tipo de mezclas durante el año de siembra varió mucho más como respuesta a las especies combinadas que a la frecuencia de defoliación aplicada. En este contexto, la frecuencia de defoliación puede ser manejada basándose en los rangos de altura descritos en este experimento, respetando una altura mínima del rastrojo no menor a los 3.5-4cm.

AGRADECIMIENTOS

A los Ings.Agrs. R. Zanoniani por su colaboración en la tarea de campo y O. Bentancur y M. Cadenazzi por su asesoramiento en el análisis estadístico e interpretación de sus resultados.

Los resultados descritos en este artículo corresponden a experimentos del Proyecto *Estabilidad Productiva de Pasturas Cultivadas*, aprobado por la Comisión Sectorial de Investigación Científica (CSIC) de la Universidad de la República para la renovación de la dedicación total.

BIBLIOGRAFÍA

- CERIANI, R.; MARROIG, O.E. y OHOLEGUY, L.I. 1989. Productividad y manejo inicial de distintas mezclas forrajeras. Tesis Ing.Agr. Universidad de la República, Facultad de Agronomía. Montevideo, Uruguay.
- DIAZ, J.E; GARCÍA, J.A. y REBUFFO, M. 1996. Crecimiento de leguminosas en La Estanzuela. Serie Técnica N° 71 INIA La Estanzuela. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, Uruguay.
- GARCIA, J.A. 1995. Estructura del tapiz de praderas. Serie Técnica 66 INIA La Estanzuela. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, Uruguay.
- GARCIA, J.A. 1996. Producción de forraje de pasturas cultivadas en la región litoral sur. En: *Producción y manejo de pasturas* Seminario Técnico (Eds.: D.F. Risso; E.J. Berretta y A. Morón) INIA Tacuarembó Serie Técnica 80 pp. 163-168.
- GARCIA, J.A.; FORMOSO, F.A.; RISSO, D.F.; ARROSPIDE, C.G. y OTT, P. 1981. Factores que afectan la productividad y estabilidad de praderas. Centro de Investigaciones Agrícolas Alberto Boerger. Est.Exp. La Estanzuela, Uruguay. Miscelánea 29.
- INASE 2001. Instituto Nacional de Semillas. Uruguay. Boletín N° 68.
- 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.; ZANONIANI, R.A. and TAFERNABERRY, C. (1997). Effects of seasonal cutting regimes on the DM yield of temperate pastures. I. Response of a second-year sown pasture. Proceedings of the XVIII International Grassland Congress, Saskatoon, Canada: Session 22 pp 9 -10.
- 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.
- MOLITERNO, E..A. 2000. Caracterización de la producción inicial de diversas mezclas forrajeras. Agrociencia Vol. IV N°1 pág. 31-49
- PARSONS, A.J. and PENNING, P.D. 1988. The effect of the duration of regrowth on photosynthesis, leaf death and the average rate of growth in a rotationally grazed sward. *Grass and Forage Science* 43, 15-27.
- ROBSON, M.J.; RYLE, G.J.A. and WOLEDGE, J. 1988. The grass plant – its form and function. In Jones M.B. & Lazenby A. (eds) *The Grass Crop*, Chapman & Hall, London. pp.25-83.