

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

**CARACTERÍSTICAS DE LA IMPLANTACIÓN Y VIGOR DE
GRAMÍNEAS Y LEGUMINOSAS PERENNES INTEGRANTES DE
MEZCLAS FORRAJERAS Y ESTUDIO DE LA POBLACIÓN DE
UNIDADES MORFOLÓGICAS EN EL OTOÑO DEL 2º AÑO**

por

ACLE MAUTONE, Fernando José
CLEMENT PIQUET, Guillermo Martín

**TESIS presentada como uno de
los requisitos para obtener el
título de Ingeniero Agrónomo**

MONTEVIDEO
URUGUAY
2004

I. PÁGINA DE APROBACIÓN

Tesis aprobada por:

Director: _____ -
Ing. Agr. Enrique Moliterno

_____ -
Ing. Agr. Jaime García

_____ -
Ing. Agr. Sylvia Saldanha

Fecha: 18 de junio de 2004 _____ -

Autores: _____ -
Fernando Acle Mautone

_____ -
Guillermo Clement Piquet

II. AGRADECIMIENTOS

En primer lugar se agradece la constante dedicación del Ing. Agr. Enrique Moliterno durante todo el período de tesis. También se agradece a los Ing. Agr. Jaime García y Sylvia Saldaña por participar en el tribunal de defensa de tesis.

Se agradece la colaboración del Ing. Agr. Jorge Franco por su asesoría en el análisis estadístico de los resultados y a todo el personal de la EEMAC que de alguna forma hizo posible desarrollar el trabajo de campo.

También se agradece el apoyo de nuestras familias, novias y a los muchacho que mal o bien cooperaron durante todo el proceso de tesis.

III. ABREVIATURAS UTILIZADAS

Alf.....	<i>Medicago sativa</i>
Br.....	<i>Bromus auleticus</i>
d.....	Día
Dac.....	<i>Dactylis glomerata</i>
dps.....	Días post siembra
E. Esp.....	Especies espontáneas
Fes.....	<i>Festuca arundinacea</i>
Gram.....	Gramíneas
H/mac.....	Hojas por macollo
ha.....	Hectárea
HC.....	Horizonte de cosecha
HCE.....	Hojas completamente expandidas
HEE.....	Hojas en expansión
HT.....	Hojas totales
L.....	<i>Lotus corniculatus</i>
Mac.....	Macollos
Max.....	Máximo
Min	Mínimo
MO.....	Materia orgánica
MS.....	Materia seca
ns.....	No existen diferencias significativas
PAA.....	Peso seco parte aérea alfalfa
PAB.....	Peso seco parte aérea trébol blanco
PAG.....	Peso seco parte aérea gramíneas
PAL.....	Peso seco parte aérea lotus
Ph.....	<i>Phalaris aquatica</i>
pl.....	Planta
PP.....	Precipitaciones
ppm.....	Partes por millón
PRA.....	Peso seco parte raíz alfalfa
PRB.....	Peso seco parte raíz trébol blanco
PRG.....	Peso seco parte raíz gramíneas
PRL.....	Peso seco parte raíz lotus
Prom.....	Promedio
Rdto.....	Rendimiento
T maxp.....	Temperatura máxima promedio
T med.....	Temperatura media
T minp.....	Temperatura mínima promedio
TB.....	<i>Trifolium repens</i>
Trat.....	Tratamiento

IV. LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

CUADRO	pág.
Cuadro 2.1 Características de gramíneas invernales.....	4
Cuadro 2.2 Características de las leguminosas.....	12
Cuadro 2.3 Niveles críticos de fósforo asimilable para leguminosas y gramíneas forrajeras	12
Cuadro 3.1 Análisis de suelo del experimento.....	41
Cuadro 3.2 Detalle de las mezclas sembradas.....	43
Cuadro 3.3 Análisis de suelo para refertilización.....	45
Cuadro 4.1 Temperatura del suelo para las primeras etapas de crecimiento cada diez días y promedio.....	54
Cuadro 4.2 Porcentaje promedio de implantación para todas las especies.....	55
Cuadro 4.3 Porcentaje de implantación por especie según mezcla.....	57
Cuadro 4.4 Número y proporción de plantas establecidas por tratamiento en relación al número de semillas viables sembradas.....	59
Cuadro 4.5 Porcentaje de implantación en gramíneas por tratamientos.....	61
Cuadro 4.6 Porcentaje de implantación para las leguminosas según tratamiento.....	63
Cuadro 4.7 Estado de desarrollo de plantas de gramíneas según número de unidades morfológicas a los 83 dps.....	65
Cuadro 4.8 Desarrollo de plantas de trébol blanco según número de unidades morfológicas a los 83 dps.....	67
Cuadro 4.9 Número de tallos de alfalfa y lotus según tratamiento a los 83 dps.....	67
Cuadro 4.10 Peso seco de parte aérea y raíz por planta según tratamiento (g/planta) a los 83 dps.....	68
Cuadro 4.11 Relación parte aérea raíz por especie según tratamiento.....	69
Cuadro 4.12 Peso seco de parte aérea y de raíz en gramíneas a los 83 dps.....	71
Cuadro 4.13 Peso seco de parte aérea y de raíz en leguminosas a los 83 dps.....	71
Cuadro 4.14 Contraste de parte aérea y raíz para festuca y dactylis.....	74
Cuadro 4.15 Rendimiento total y por fracción al primer corte en Kg.ha ⁻¹ MS.....	75
Cuadro 4.16 Estado de desarrollo y estimación de rendimiento disponible para gramíneas a los 83 dps según tratamiento.	77
Cuadro 4.17 Estado de desarrollo y estimación de rendimiento disponible para leguminosas a los 83 dps.....	79
Cuadro 4.18 Rendimiento total y por fracción durante el primer año.....	84
Cuadro 4.19 Porcentaje de contribución de gramíneas y leguminosas al aporte de MS/ha para tres dps durante el primer año de la pastura.....	85
Cuadro 4.20 Porcentaje de trébol blanco y lotus en aporte de forraje para tres dps durante el primer año de la pastura.....	87

Cuadro 4.21	Proporción relativa en rendimiento de leguminosas en aporte de MS/ha para tres dps durante el primer año de la pastura.....	88
Cuadro 4.22	Número y evolución de unidades morfológicas por especie según manejo.....	90
Cuadro 4.23	Contraste de proporción de macollos de gramíneas.....	91

FIGURA		pág.
Figura 2.1	Procesos del rebrote y tasas de crecimiento inicial e instantánea.....	26
Figura 2.2	Población y crecimiento de macollos según altura de la pastura.....	39
Figura 3.1	Plano del ensayo.....	42
Figura 4.1	Temperaturas máxima, mínima y promedio históricas nacionales y para el año del ensayo.....	52
Figura 4.2	Precipitación mensual histórica y la registrada durante el período experimental.....	53
Figura 4.3	Porcentaje de implantación promedio por mezcla para cada tratamiento.....	56
Figura 4.4	Porcentaje promedio de implantación para todas las especies.....	58
Figura 4.5	Relación entre el número total de semillas viables sembradas y número total de plantas establecidas por tratamientos.....	60
Figura 4.6	Número de plántulas de malezas por m ² a los 50 dps.....	64
Figura 4.6a	Peso seco promedio de parte aérea de festuca y dactylis con diferente leguminosa acompañante.....	73
Figura 4.7	Comparación del rendimiento del componente gramínea de cada mezcla forrajera estimado a los 83 dps con el determinado al primer corte (105 dps).....	78
Figura 4.8	Comparación del rendimiento del componente leguminosa estimado a los 83 dps con el determinado al primer corte (105 dps)	79
Figura 4.9	Relación entre el número de plantas y el rendimiento de la fracción pastura al primer corte.....	80
Figura 4.10	Relación gramínea / leguminosa en aporte de MS al primer corte...	82
Figura 4.11	Proporción de gramínea y leguminosa en aporte de MS/ha para tres dps durante el primer año de la pastura.....	86
Figura 4.12	Evolución promedio de unidades morfológicas por especie bajo el manejo A.....	92
Figura 4.13	Evolución promedio de unidades morfológicas por especie bajo el manejo B.....	93

V. TABLA DE CONTENIDO

I.	PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
II.	AGRADECIMIENTOS.....	III
III.	ABREVIATURAS UTILIZADAS.....	IV
IV.	LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	V
V.	TABLA DE CONTENIDO.....	VII

1. INTRODUCCIÓN

El campo natural es el principal recurso forrajero del Uruguay, pero presenta limitantes tales como una marcada producción estival con poco aporte del componente leguminosa. La baja producción de forraje y su comportamiento estacional se ven desfavorecidos ya que generalmente se encuentran especies tanto ordinarias como improproductivas e incluso malezas. Estas características colocan a las empresas agropecuarias en condiciones de baja disponibilidad y calidad forrajera que limita los indicadores productivos.

La adopción de praderas cultivadas permite levantar algunas de las restricciones que impone el campo natural. Esta tecnología permite viabilizar los sistemas agrícola – ganaderos, ya que las pasturas tienen un rol fundamental en las rotaciones, principalmente en la recuperación de la fertilidad y estructura del suelo. Esta se torna imprescindible en sistemas intensivos como la producción lechera o invernada, sobretodo teniendo en cuenta que las pasturas cultivadas ocupan el 8,5% del total del área del Uruguay destinada a pastoreo (DIEA, 2003).

Sin embargo el uso de pasturas cultivadas lleva a elevar los costos de producción, por lo que se vuelve fundamental lograr la mayor persistencia productiva posible. En nuestro país el principal problema de la adopción de este tipo de praderas es la baja duración, entre varios factores, a causa de un manejo incorrecto (cama de siembra, fertilización, frecuencia e intensidad de pastoreo). Para prevenir dicho inconveniente y además lograr una mayor productividad, se requiere el uso de información acerca de las mezclas y su respuesta al manejo. La evaluación oficial a nivel nacional se ha concentrado en el suroeste del país, por lo que es de importancia contar con la

información de la performance de especies templadas en otras zonas, especialmente cuando se combinan gramíneas y leguminosas en mezclas forrajeras.

El rendimiento inicial se explica en parte por el porcentaje de implantación y este resulta, entre otros factores del vigor de las especies utilizadas. Conocer como se afecta el rendimiento de la pastura dadas dichas variables tiene fundamental importancia al momento de definir las mezclas forrajeras a sembrar. Luego de la primera defoliación, la frecuencia e intensidad de la misma debe ser programada desde el punto de vista de la pastura y no solo del animal, de forma de mantener estable el sistema de producción.

Considerando la importancia productiva de las mezclas forrajeras, el experimento objeto de esta tesis analiza la implantación, el vigor inicial y el rendimiento del primer año de gramíneas y leguminosas perennes integrantes de seis mezclas forrajeras.

Paralelamente, y como forma de cuantificar el potencial de producción otoñal del segundo año, se estudió para cada mezcla forrajera, la variación en la población de las unidades morfológicas entre el comienzo y final de la estación, bajo dos manejos de defoliación basados en la frecuencia de la misma.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

CARACTERÍSTICAS DE LAS ESPECIES UTILIZADAS

Gramíneas

Las gramíneas perennes invernales son un componente de las praderas de larga duración que cumplen su ciclo vegetativo en el periodo otoño, invierno y parte de la primavera, ubicándose la floración de las especies durante la primavera y el verano. Aportan forraje todo el año lo que contribuye además a la persistencia de las pasturas sembradas evitando el enmalezamiento dado su carácter perenne.

En virtud de su estructura y hábito de crecimiento, las gramíneas se adaptan muy bien al pastoreo, por lo cual luego de una defoliación el proceso de formación de hojas no se interrumpe. En general su centro de crecimiento se ubica lo suficientemente bajo como para escapar al daño, sin embargo esta posición no es inmune todo el año, ya que bajo ciertas condiciones, algunas gramíneas alargan sus entrenudos lo cual torna vulnerable el ápice del tallo (Langer, 1990).

Según Haynes (1980), las gramíneas tienen un sistema radicular más largo y fino que las leguminosas, aunque el área radicular por materia seca (MS) sea similar. Esto tiene un importante efecto en la fertilidad del suelo, ya que aportan materia orgánica mediante la descomposición de sus raíces, mejorando las propiedades físicas de los mismos. Además las primeras tienen más pelos radiculares y una mayor área de exploración, lo que le da a las gramíneas más competitividad sobre nutrientes poco móviles como fósforo, potasio y azufre.

Cuadro 2.1: Características de gramíneas invernales

Especie	Cultivar	Peso aproximado de mil semillas (g)
<i>Festuca arundinacea</i> Schreb.	E. Tacuabé	2.56
<i>Dactylis glomerata</i> L.	INIA Oberón	0.72
<i>Phalaris aquática</i> L.	E. Urunday	1.62
<i>Bromus auléticus</i> Trinuis.	El Potrillo	4.15

Fuente: Facultad de Agronomía, guía de clase, curso de pasturas.

Las gramíneas invernales encuentran para implantarse las mejores condiciones de temperatura y humedad de suelo en el otoño, siendo ésta la época de siembra más recomendable para su establecimiento. En general, se puede afirmar que en las primeras etapas, el crecimiento de las gramíneas es más lento que el de las leguminosas.

Mitchell (1956) y Carámbula (1977) coinciden en que la temperatura óptima de crecimiento se ubica alrededor de los 25°C. Por encima de estas temperaturas los ritmos de crecimiento disminuyen y se detienen al alcanzar temperaturas de 32-35°C.

***Festuca arundinacea* Schreb.**

Festuca arundinacea es la gramínea perenne de ciclo invernal de mayor difusión en el Uruguay como componente de praderas de larga duración, siendo el cultivar E. Tacuabé el de mayor importancia.

Presenta rizomas cortos, macollas densas con prefoliación convolutada y tiene aurículas y lígula muy pequeñas. El sistema radicular es fasciculado, denso en superficie y con raíces muy profundas. La inflorescencia es una panoja laxa con numerosas espiguillas pediceladas (Mulsera *et al.*, 1984).

La temperatura óptima de crecimiento se encuentra alrededor de los 25°C tolerando un amplio rango de temperaturas lo que le permite mantenerse verde todo el año, siempre que haya suficiente humedad en el suelo. Por su parte, es la gramínea que mejor soporta los anegamientos temporarios. Se adapta a un gran rango de suelos con pH entre 4.5 y 9, y prospera mejor en suelos medios a pesados (Carámbula, 1977; 1997).

La implantación es lenta a causa del poco vigor que tienen sus plántulas, pudiendo ser perjudicada por la dominancia de especies de crecimiento más rápido. Por esta razón, debe manejarse con mucho criterio, si no se quiere correr el riesgo de perderla por competencia, ya sea por malezas o especies forrajeras de mayor vigor inicial (Carámbula, 1977).

La baja implantación puede mejorarse sensiblemente mediante el método de siembra en líneas a iguales o menores densidades (10–12 kg. ha⁻¹ según Tafernaberry *et al.*, 1989; Ceriani, *et al.* 1989) resultando en una implantación más uniforme y un mejor desarrollo inicial.

Tanto en siembras convencionales como asociadas, la siembra de *Festuca arundinacea* en líneas es uno de los factores de mayor incidencia en la implantación, obteniéndose incrementos del orden del 15 al 30% en la proporción de gramínea de la pastura, especialmente cuando las condiciones para el desarrollo de la pastura no son muy favorables (Rebuffo *et al.*, 1998).

La producción de forraje otoño invernal de *Festuca arundinacea* es muy importante por tratarse de la época de mayores deficiencias. García (1979), realizó distintos manejos estivales comprobando que se afectaba de este modo la producción otoñal, siendo la misma lineal y directamente proporcional al área foliar que se mantuvo en verano.

A su vez, la defoliación estival afecta la persistencia de la gramínea debido a que fomenta el enmalezamiento con especies estivales agresivas como *Cynodon dactylon*. Si bien, su producción de verano es reducida, se mantiene verde y contribuye a reducir el avance de esta maleza (García *et al.* 1991).

Durante la primavera (setiembre), se produce el alargamiento de los entrenudos y los meristemas apicales de las macollas que se encuentran en fase reproductiva son elevados al horizonte de pastoreo. El crecimiento de primavera ininterrumpido hasta plena floración, posibilita la manifestación del mayor potencial de crecimiento. Sin embargo, si bien se alcanzan los máximos registros de producción de todo el ciclo, el mismo presenta una alta proporción de tallos por lo cual este forraje será de menor calidad (Formoso, 1996).

Dactylis glomerata L.

Dactylis glomerata es una gramínea perenne invernala cespitosa, con macollos achatados intravaginales, lígula blanca, sin aurículas, con hojas y vainas glabras y lámina navicular. La inflorescencia es una panoja con espiguillas en manojos apretados (García, 1995).

El cultivar INIA Oberón, es de porte intermedio a semierecto que cuando se lo deja crecer bajo pastoreo frecuente se vuelve más postrado. Tiene buen crecimiento invernala y no tiene latencia estival aunque en pleno verano su productividad disminuye en nuestras condiciones. (INASE-INIA, 2002) Florece a principios de noviembre y la semilla madura a fines de diciembre (García, 1995).

Su óptimo térmico está alrededor de los 20-29°C (Mitchell, 1956) y su temperatura mínima es elevada, y alrededor de los 4.5°C no crece. La tasa de crecimiento invernal es baja, aproximadamente la mitad de lo que crece *Festuca arundinacea*.

Se adapta a un amplio rango de suelos, desde texturas arenosas a pesadas, aunque su mejor performance se obtiene en texturas medias y permeables. Crece bien en suelos de fertilidad moderada; se la considera una especie de menores requerimientos de fertilidad que *Festuca arundinacea*, *Phalaris aquática* y raigrás perenne.

Oberón es poco tolerante a excesos hídricos por lo que no se recomienda su uso en suelos húmedos o muy poco permeables (García, 1995). A su vez, Langer (1990) afirma que tiene la capacidad de tolerar condiciones de sequía durante la germinación y en la etapa de plántula.

Es de implantación más rápida que la *Festuca arundinacea* y tiene buena capacidad para resemejarse. Es por eso que si bien se beneficia con la siembra en líneas, su implantación en siembras al voleo es aceptable. En cualquier caso debe sembrarse superficialmente, entre 0.5 y 1 cm de profundidad; siembras más profundas enlentecen y reducen la emergencia (García, 1995).

En cultivo puro la densidad de siembra es de 12-15 kg.ha⁻¹ (Carámbula, 1977), mientras que en mezclas con leguminosas la densidad debe oscilar entre 6 y 10 kg.ha⁻¹ presentando además una buena tolerancia a la sombra (García, 1995).

Sus principales problemas son su establecimiento relativamente lento y sensibilidad a un pastoreo intenso y pisoteo de animales. *Dactylis glomerata*, tiene un crecimiento inicial lento respecto a raigrás, pero luego de establecida es mucho más agresiva (Haynes, 1980). Si se la compara con *Festuca arundinacea* o *Phalaris aquática*,

el crecimiento inicial es más vigoroso, produciendo un aumento rápido en el número de macollos, lo que favorece una buena implantación y generalmente un mayor rendimiento al primer año. Sin embargo, en los años siguientes es aventajado por dichas gramíneas (Bautés y Zarza, 1975 citado por Carámbula, 1977).

La producción total y estacional depende del manejo ya que el daño producido por un pastoreo intenso durante todo un año, no se repara con el manejo más aliviado al año siguiente (Brougham, 1959).

Los órganos muertos se descomponen con dificultad, por eso luego de secarse, endurecen y permanecen en el lugar.

En cuanto a la sanidad, el cultivar INIA Oberón presenta susceptibilidad a la roya (*Colletotrichum graminis*), lo que tiene una implicancia directa en la disminución de calidad y menor área foliar y eventualmente en la persistencia (García, 1995).

Phalaris aquática L.

Es una especie de ciclo invernal que presenta rizomas alargados con entrenudos más cortos que anchos. Las macollas son extravaginales y las laminas son de color azul-verdoso a gris-verdoso con una lígula prominente de 2.5 a 6 mm. Tiene un sistema radicular muy desarrollado y sus raíces profundas tienen gran incidencia en su persistencia.

El cultivar E. Urunday es de porte semierecto y encaña a fines de octubre, siendo especialmente indicada para praderas de alta calidad (García *et al*, 1991).

Presenta crecimiento inicial más rápido que *Festuca arundinacea* pero tiene un bajo vigor inicial (Carámbula,1977).

El mecanismo de latencia estival está dado por el engrosamiento de los entrenudos basales en el período de alargamiento y floración, acompañado de un aumento del sistema radicular de forma simultánea. Estos nudos engrosados (tubérculos) permanecen verdes durante el verano mientras que el resto de la parte aérea muere y sirve de protección. La sobrevivencia de estos tubérculos depende exclusivamente del suministro de agua del sistema radicular y el adecuado nivel de reservas que se acumularon durante el final de la primavera. Por esto posee un rebrote otoñal más tardío que *Festuca arundinacea* ya que el mismo se da a partir de las yemas axilares de los tubérculos (Carámbula, 1977).

Se adapta a suelos pesados e hidromórficos y su producción relativa a otras gramíneas es excelente en suelos arenosos. Las precipitaciones deben ser mayores a 600 mm y su temperatura óptima es de 20°C (García *et al* 1991).

La densidad de siembra en forma de cultivo puro es 12-15 kg. ha⁻¹ , y en mezclas se ubica entre 8 y 9 kg. ha⁻¹ , siendo el otoño la época de siembra más adecuada (Carámbula, 1977).

Bromus auleticus Trinuis

Es una especie perenne de ciclo invernal común en campos vírgenes y rastrojo antiguo (Rosengurtt, 1946). Esta es una de las pocas especies nativas del Uruguay que fue domesticada y seleccionada para obtener el cultivar comercial Potrillo.

Sus hojas son de velloso variable hasta glabras, puede presentar rizomas ascendentes que terminen en una macolla formando una mata laxa hacia los bordes (Covas, 1981).

El crecimiento inicial es muy lento, de hojas medianamente largas, probablemente capaces de resistir la competencia de arvenses. Empieza a macollar adquiriendo densidad en la primavera y alcanza la plenitud del vigor al final del segundo año, o en el tercero (Rosengurtt, 1946). *Bromus auleticus* es una especie que encuentra mejores condiciones de implantación hacia fines de mayo y principio de junio (Olmos, 1993), adaptándose a siembras en líneas y al voleo (García *et al* 1991).

Freire *et al.* (1982), concluyeron que en 64 accesiones provenientes de distintos lugares del país, su tiempo promedio de emergencia fue de 10-12 días, con un grado de germinación y establecimiento muy bueno.

Allegri y Formoso (1978, 1984), comprobaron la mayor producción otoño-invernal de esta gramínea nativa comparada con *Festuca arundinacea* y *Phalaris aquatica*, tanto en suelos arenosos como pesados, pero mostró intolerancia a condiciones de mal drenaje, en suelos hidromórficos y planosoles donde no aparece naturalmente. *Bromus auleticus* se encuentra en un amplio rango de suelos, en cuanto a pH, materia orgánica y contenido de fósforo (Olmos, 1993).

Según Olmos (2001), se destaca no sólo por su productividad, sino que también ha mostrado la máxima persistencia en los experimentos a campo realizados. Es una especie que presenta un excelente forraje de calidad en el período otoño - invernal comparado con las tasas de crecimiento registrados en los campos naturales de la región (23 vs. 7 Kg. ha⁻¹.d/día para el otoño y 19 vs. 5 para el invierno en un brunosol del norte),

Según Castrillón y Pirez (1987), citados por Olmos (2001), el *Bromus auleticus* ha mostrado buen comportamiento tanto en praderas convencionales como en siembras en cobertura, o por métodos de remoción intermedia de la pastura natural.

En cuanto a la producción total y a la composición botánica, se destacan como más productivos las asociaciones con leguminosas. Sin embargo, de acuerdo a la composición botánica, *Bromus auleticus* no realiza ningún aporte de consideración, salvo luego del periodo de sequía sufrido en el verano de 1985, donde muestra su alta resistencia a la misma mejorando su competencia relativa con las leguminosas asociadas (Olmos, 1993).

Para asegurar una cobertura de plantas de *Bromus auleticus* lo más densa posible debe sembrarse a 40 kg. ha⁻¹. Lo anterior es debido a dos razones: a) su lento crecimiento que lo hace susceptible a la competencia por otras especies y b) los porcentajes de germinación con frecuencia no superan el 80%. (Olmos, 1993)

Debido al lento crecimiento del primer año, la fertilización con nitrógeno debe dejarse para el momento en que se considera que la pastura se estableció adecuadamente. Se encontraron respuestas desde 40 hasta 120 Kg. ha⁻¹ de nitrógeno (N-NO₃⁻) y para el caso de fósforo la respuesta se situó entre 60 y 80 Kg. ha⁻¹. de P₂O₅ (Olmos, 1993).

Leguminosas

Las leguminosas son el componente que aporta calidad a las mezclas forrajeras utilizadas en el país, dado su elevado contenido de proteína, su menor contenido de

pared celular y por consiguiente su mayor digestibilidad. Esto las hace fundamentales a la hora de pensar en pasturas de calidad.

Cuadro 2.2: Características de las leguminosas

Especie	Cultivar	Peso aproximado de mil semillas (g)
<i>Medicago sativa</i> L.	E. Crioula	2.24
<i>Trifolium repens</i> L.	E. Zapicán	0.65
<i>Lotus corniculatus</i> L.	E. San Gabriel	1.34

Fuente: Facultad de Agronomía, guía de clase, curso de pasturas.

Una característica adversa de las leguminosas es su baja persistencia cuando se las incorpora en mezclas forrajeras, siendo éstas las responsables de la disminución de la productividad.

Presentan gran respuesta a la fertilización fosfatada, registrando niveles críticos muy superiores a las gramíneas. Estos varían entre 12 y 20 ppm de P₂O₅ siendo *Lotus corniculatus* la menos exigente y *Medicago sativa* la de mayor requerimiento.

Cuadro 2.3: Niveles críticos de fósforo asimilable para leguminosas y gramíneas forrajeras (Bordoli, 1998)

Especie	Nivel crítico de fósforo (ppm P)
<i>Medicago sativa</i>	20-25
<i>Trifolium repens</i>	15-16
<i>Lotus corniculatus</i>	10-12
Gramíneas	8-10

Una característica de interés es la fijación biológica de nitrógeno por parte de la leguminosas, que realiza la utilización del nitrógeno libre de la atmósfera por una

bacteria específica del género *Rhizobium*. Esta forma nódulos en las raíces de las leguminosas creando una simbiosis que aporta nitrógeno al sistema suelo – planta, el cual es aprovechado por las gramíneas. De aquí la importancia de la inoculación eficiente de las semillas de las leguminosas y un adecuado nivel de fósforo en el suelo de forma de que la simbiosis actúe siempre eficientemente.

Una desventaja es la provocación de hinchazón o meteorismo dada la rápida liberación de proteínas solubles, las cuales confieren gran estabilidad a las burbujas de gas que se producen durante el proceso de fermentación (Carámbula, 1977). Esto puede provocar la muerte del animal por asfixia dado el gran volumen que llega a alcanzar el rumen. La especies que lo provocan son *Medicago sativa*, *Trifolium repens* y *Trifolium pratense*.

En comparación con las gramíneas, las semillas de las leguminosas absorben más agua en la germinación y también lo hacen más rápidamente, por lo que su proceso germinativo total suele ser más rápido (Muslera *et al.*, 1984).

Las leguminosas como *Lotus corniculatus* y *Medicago sativa*, que son de crecimiento erecto, presentan un ensanchamiento llamado corona que es asiento de las yemas que dan origen a los tallos; mientras que las de tipo rastrero, como el *Trifolium repens*, presentan estolones (Carámbula, 1977; Muslera *et al.*, 1984).

Una de las características de los tréboles y medicagos es la presencia de semillas duras, cuya proporción depende de la especie y varía con el tiempo. Estas son causadas por la impermeabilidad y grosor de la cubierta seminal o testa (Muslera *et al.*, 1984).

Medicago sativa L.

Medicago sativa es una planta perenne, con desarrollo generalmente erecto, de 60 a 100 cm. La raíz es generalmente de tipo pivotante, con una raíz principal que penetra en el suelo alcanzando profundidades de hasta 8 ó 10 metros, lo que le permite llegar al agua de las capas profundas y una corona que puede o no sobresalir del terreno. Desde la superficie hasta los 60 centímetros presenta raíces secundarias que forman un sistema radicular fasciculado que le permite extraer los nutrientes (Carámbula, 1977).

Las hojas son trifoliadas, con el pecíolo del folíolo central más desarrollado (Medicago). Las flores crecen en forma de racimos de la axila de las hojas. El color es azul o púrpura. (Muslera *et al.*, 1984).

La alfalfa es una forrajera con hábito de crecimiento tipo arbustivo, está adaptada a esquemas de pastoreo rotativos, poco frecuentes, intensos y de corta duración (Formoso, 2000). Los cultivares nacionales más utilizados son Estanzuela Chaná y Estanzuela Crioula.

El principio general que rige el manejo de esta especie está basado en el hecho que, a diferencia de las gramíneas y leguminosas rastreras, los puntos de crecimiento son extraídos con el pastoreo, dada su posición en los extremos de los tallos. Por ello es que el rebrote depende principalmente de las yemas que se ubican en la corona a nivel del suelo (Langer, 1990). En el caso que no sean removidas las yemas axilares el rebrote también se podrá originar a partir de éstas.

Luego de la defoliación, la energía para el rebrote proviene de la raíz. El contenido de almidón y azúcares disminuyen hasta que *Medicago sativa* tiene 20 centímetros, momento en que la cantidad de fotoasimilados por las hojas alcanza a satisfacer los requerimientos del nuevo crecimiento. A partir de ese momento la

acumulación de carbohidratos solubles de la fotosíntesis excede la tasa de producción del área foliar y se vuelve a almacenar en raíz y corona. El momento de máxima acumulación se da cuando está en un 10% de floración. Los carbohidratos solubles y su dinámica son vitales para su persistencia (Formoso, 2000).

La precocidad y vigor de plántulas determinan su alto rendimiento en el primer año cuando se la siembra en otoño temprano. Presenta buena productividad durante todo su ciclo pudiendo producir 50 por ciento del forraje total en el verano. Su rápida recuperación después del corte permite obtener hasta seis cortes al año (Formoso, 2000).

La elección de la chacra es muy importante para lograr una buena implantación, debido a la gran exigencia de *Medicago sativa* por la calidad del suelo; requiere pH neutro, texturas medias a livianas, buen drenaje y profundidad, con alta disponibilidad de fósforo. Las plántulas son extremadamente sensibles al anegamiento, mientras que las plantas adultas son algo más tolerantes (Rebuffo, 2001).

La alfalfa no admite siembras sobre cultivos anteriores de la misma especie, debido a la fuerte alelopatía, inhibiéndose la germinación y el crecimiento de plántulas (Rebuffo, 2001).

Frente a la mayoría de los cultivares; los nacionales Estanzuela Crioula y Estanzuela Chaná se destacan por su buena performance frente a enfermedades foliares (García *et al*, 1991).

La alfalfa se puede sembrar en otoño e invierno y aún extender el período de siembra hasta el comienzo de la primavera. Las siembras de otoño temprano (fines de marzo – abril) son las más adecuadas, ya que el clima templado permite un rápido desarrollo de las plántulas, siendo las temperaturas óptimas de germinación entre 19 y 25 °C y los requerimientos para el crecimiento óptimo de las plántulas son entre 20 y 25

°C (Rebuffo, 2001). Aunque en siembras de primavera se dan similares condiciones de implantación, sembrar en otoño tiene la ventaja de llegar al verano con una planta más desarrollada que le permita afrontar una posible sequía estival.

Según Rebuffo (2001), la densidad de siembra utilizada en nuestro país es de 20 kg. ha⁻¹, pero puede ser reducida siempre que se cuente con una buena preparación del suelo, una siembra en fecha o una siembra en línea a una profundidad de 1 a 2 cm.

Tal es así que en la pampa argentina, Cangiano *et al.* (2002) encontraron que sembrando entre 6 y 12 Kg.ha⁻¹ no existieron diferencias significativas en la cantidad de plantas logradas y producción de materia seca.

Trifolium repens L.

Esta leguminosa es de origen mediterráneo, considerada en Uruguay como subespontánea, siendo el cultivar más utilizado en el país Estanzuela Zapicán.

Es una especie glabra de hábito postrado con muchos tallos extendiéndose por la superficie del suelo. El hábito estolonífero constituye una característica valiosa en una planta que se utiliza en praderas sometidas a pastoreos intensos (Langer, 1990).

Esta especie se adapta a suelos con elevados contenidos de fósforo. Necesita un régimen hídrico de 700 a 1000 mm anuales y no tolera las sequías. La temperatura óptima de crecimiento es 24 °C (Haynes, 1980).

Inicialmente, la plántula desarrolla una raíz pivotante, la cual persiste generalmente un año. Posteriormente y a partir de los nudos de los estolones, se desarrollan raíces adventicias y dentro de los 20 cm de suelo se concentra la mayor parte

(Evans, 1978). Durante el periodo estival su productividad se ve deprimida por la falta de agua, lo que lleva a comportarse en condiciones extremas como una planta anual (Carámbula, 1977).

Debido a su hábito estolonífero, el crecimiento vertical de esta planta, o sea el aprovechable por el animal, está dado fundamentalmente por hojas y pedúnculos florales, por lo que las defoliaciones generalmente no afectan sus puntos de crecimiento, y la calidad del forraje presenta un valor nutritivo muy alto a lo largo del ciclo de producción (Carámbula, 1977).

Según Brougham (1960) citado por Langer (1990), *Trifolium repens* es capaz de producir en forma satisfactoria solo cuando es sometida a pastoreos intensos. El rebrote del trébol blanco proviene de las axilas de las hojas existentes y la velocidad con que lo realiza depende del área foliar residual, que por ser postrado es en general considerable.

Presenta un bajo vigor inicial, lo que apareja una baja producción en los primeros momentos, por lo que presenta problemas a la implantación en praderas asociadas con especies más agresivas (Carámbula, 1977).

Como en el trébol blanco las hojas nuevas están debajo de las formadas anteriormente, en períodos prolongados sin pastorear se producen pérdidas importantes de materia seca (Langer, 1990).

Lotus corniculatus L.

Lotus corniculatus es una leguminosa perenne estival. Las hojas están formadas por cinco folíolos, uno terminal, dos opuestos y dos en la base de los pecíolos (Carámbula, 1977). Al final del primer año la planta tiene desarrollada una corona de la

cual emergen los tallos. El sistema radicular consiste en una raíz pivotante con numerosas ramificaciones. Las raíces de lotus no son tan profundas como las de alfalfa, pero exploran más que ésta en superficie, lo que explicaría la mayor persistencia en suelos más superficiales y mal drenados (Seaney y Henson, 1970; citado por Carámbula, 1977).

Otra característica sobresaliente de esta leguminosa es que no produce meteorismo. La presencia de taninos condensados mejora la utilización de la proteína por parte de los animales y evita la formación excesiva de espuma, la que provoca meteorismo en los rumiantes.

La mayor producción del *Lotus corniculatus* es en primavera y otoño, sin embargo el cultivar Estanzuela San Gabriel tiene buenos rendimientos también en invierno y primavera temprana.

Los primeros brotes de las plantas se desarrollan a partir de yemas ubicadas en las axilas de los cotiledones y de las primeras hojas del corto tallo primario de la plántula, el que rápidamente cesa de crecer. Luego el rebrote se produce de las yemas ubicadas en la corona (Díaz, 1995).

Un aspecto deficitario de esta especie es el lento crecimiento inicial, lo que determina que no sea capaz de competir exitosamente con especies de crecimiento más rápido como trébol rojo o alfalfa (Hughes, 1969; citado por Carámbula, 1977).

La persistencia de esta especie es muy buena dada su resiembra natural, lo cual sumado a su buena calidad y adaptación a un amplísimo rango de suelos, la han convertido en la forrajera más utilizada, tanto en praderas artificiales como en mejoramientos extensivos en Uruguay.

Sin embargo existe una gran proporción de plantas que mueren por enfermedades de raíz y corona causadas por hongos de los géneros *Fusarium*, *Rhizotocnia* y *Sclerotinia*.

El *Lotus corniculatus* tiene la capacidad de adaptarse con éxito a situaciones extremas tanto de exceso como de déficit de agua, sin embargo no soporta sequías severas y continuas (Hughes, 1969; citado por Carámbula, 1977).

La densidad de siembra recomendada se ubica entorno a los 8-10 kg.ha⁻¹, realizándose generalmente y con resultados favorables, al voleo. Puede ser sembrada sola o en mezclas, y hasta registra un buen comportamiento y tolerancia a la competencia si se la siembra con cultivos asociados (Zanoniani *et al.*, 2002).

PRODUCTIVIDAD DE LAS MEZCLAS FORRAJERAS

Tipo de mezcla y producción

Considerando tanto las gramíneas como las leguminosas es posible la instalación de pasturas cultivadas que presenten una proporción diferente en la oferta de forraje estacional a pesar de un rendimiento similar. Uno de los componentes fundamentales de las praderas cultivadas es la elección de las gramíneas. La importancia de la misma radica en la necesidad de complementar los diferentes ciclos de crecimiento con las leguminosas acompañantes, contribuir a una calidad más balanceada que permita reducir los riesgos de meteorismo, así como posibilitar una mejor utilización del nitrógeno atmosférico incorporado al ecosistema por la leguminosa (Olmos, 2001).

El número de componentes puede variar desde las mezclas simples, constituidas por una leguminosa y una gramínea, hasta aquellas mezclas complejas formadas por varias especies de ambas familias (Carámbula, 1977).

Existe una diferencia importante en la estructura según la edad de la pastura, siendo ésta también observada a nivel de porcentaje de materia seca y digestibilidad. Las praderas de mayor edad presentan mayor densidad en los primeros 5 cm de altura desde el suelo (67%) que las pasturas más jóvenes (56%) (García, 1995).

Estas variaciones pueden explicarse debido a los cambios en el balance gramíneas / leguminosas, viéndose aumentada la primer fracción en detrimento de la segunda, lo que provoca un aumento de la concentración de forraje en los estratos inferiores. La acumulación de material senescente con la edad de la pradera también explica esta mayor concentración (García, 1995).

La presencia de malezas es sustancialmente inferior en mezclas con gramíneas perennes que en cultivos puros de alfalfa. Sin embargo, la inclusión de gramíneas reduce los riesgos de meteorismo y dotan a la pastura de un mejor piso sobre todo en períodos lluviosos (Formoso, 2000).

Así por ejemplo, la producción de forraje de alfalfa pura comparada con una mezcla de ésta con una gramínea perenne es similar durante los primeros 2 – 3 años, mientras que del tercer o cuarto año en adelante, en general, las mezclas producen mayores rendimientos de forraje por hectárea, que pueden alcanzar valores de entre 10 a 40 % superiores (Formoso, 2000).

En el caso del *Bromus auleticus*, la asociación con trébol rojo (*Trifolium pratense*), se descarta por su forma de crecimiento y su ciclo. Por su habito de crecimiento, el *Lotus corniculatus* parece más adaptable a una mezcla con *Bromus*

auleticus, sin embargo tiene el inconveniente de que su aporte de nitrógeno no es tan importante como el trébol blanco. El momento de introducción de la leguminosa debe hacerse a partir del segundo año en cobertura sobre el *Bromus auleticus* ya instalado (Olmos, 1993)

Por otra parte, el dactylis es la gramínea que mejor se asocia con *Medicago sativa*, dado su hábito de crecimiento erecto, floración tardía y buen potencial estival. En mezclas forrajeras, se asocia muy bien con trébol blanco, lotus y trébol rojo. En evaluaciones realizadas en La Estanzuela, Oberón fue el más productivo de los cultivares evaluados. (García, 1995)

En mezclas de *Festuca arundinacea* y *Dactylis glomerata* con *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus*, se aprecia que ambas especies presentan en general una distribución estacional similar. En términos de producción, Oberón fue superior a Tacuabé en invierno, primavera y verano (García, 1995).

Interacciones de los componentes

Complementariedad

Las mezclas complejas son diseñadas fundamentalmente para alcanzar rendimientos máximos y distribución homogénea del forraje a lo largo del año. Sin embargo, el desarrollo de estas mezclas complejas esperando teóricamente una alta producción de forraje durante un lapso extenso, muchas veces no se logra porque los factores ambientales que causan las diferencias de crecimiento y desarrollo de las distintas especies forrajeras son incontrolables (Carámbula, 1977).

Las especies acompañantes deben ser compatibles, es decir deben responder de forma similar al manejo, y deben de tener la misma palatabilidad bajo el sistema de manejo utilizado (Harlan, 1956).

Las leguminosas realizan un invaluable aporte de nitrógeno a las gramíneas en las mezclas forrajeras. Existen dos vías principales por las cuales el nitrógeno puede ser transferido de éstas a las gramíneas asociadas:

- 1) Transferencia sobre la superficie del suelo. El nitrógeno excretado por el ganado bajo la forma de estiércol y orina es probablemente la vía de transferencia más importante.
- 2) Transferencia por debajo de la superficie del suelo. El mecanismo de transferencia de nitrógeno de las leguminosas más importante consiste en el desprendimiento y descomposición de los nódulos y tejido radicular. (Langer, 1990)

Competencia y balance gramínea/leguminosa

Es aceptado que en el largo plazo, las gramíneas dominan generalmente a las leguminosas, por eso para mantener una buena productividad es necesario un buen balance (Haynes, 1980).

Todas las plantas que viven juntas en una comunidad se encuentran en algún grado de competencia entre ellas durante sus ciclos de vida. Por lo general, las plantas de la misma especie compiten más directamente, y más intensamente entre ellas que entre otras especies. Las especies de ciclo invernal dominaran a las de ciclo estival en los años en que las condiciones del invierno son favorables y viceversa (Harlan, 1956).

Cuando existe inhibición o alteraciones en el crecimiento, es difícil determinar si se debe a la competencia, a la alelopatía, o a ambos simultáneamente.

La clave de la eficiencia del uso del agua es la habilidad para impedir la pérdida de agua. En condiciones de suelo seco, las gramíneas se perjudican menos que las leguminosas a excepción de alfalfa. Pero bajo buenas condiciones hídricas (riego) el trébol blanco es el que más forraje produce. Falaris también tiene una ventaja frente al periodo seco ya que tiene latencia estival (Haynes, 1980).

La competencia por luz se da siempre, ya que ésta también se da dentro de una misma planta, cuando una hoja sombrea a otra. Las interacciones por luz son modificadas por manejo, ya sea por frecuencia de corte, intensidad de pastoreo, etc. El sombreado lleva a la muerte de raíces de *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus* y algo menos en *Medicago sativa* (McCree, 1966).

En cuanto a nitrógeno, fósforo y azufre, el trébol blanco es el que tiene la menor competitividad, debido principalmente a su morfología radicular y su capacidad de intercambio catiónico (Haynes, 1980).

Variación estacional

La estructura de la pastura muestra cambios según la estación del año, presentando mayores densidades de forraje en los estratos inferiores durante los periodos de menores temperaturas (invierno), siendo la distribución en el perfil más homogénea

durante los meses de primavera y dentro de estos, en diciembre, que es cuando la mayoría de las especies componentes se encuentran en estado reproductivo.

Los contenidos de material muerto también varían, de 6% en primavera a 30% o más durante el verano o luego de períodos de alta acumulación de forraje (Formoso *et al.*, 1984).

Factores ambientales

El crecimiento de la pastura está fuertemente influenciada por la temperatura y cuando es menor de 4 °C, se detiene el desarrollo de la planta. (Clarkson y Warner, 1969).

Las temperaturas en invierno determinan las menores tasas de crecimiento, mientras que en verano y primavera se registran las máximas acumulaciones de materia seca, aunque se trata de especies de metabolismo C₃. Sumado a ello, con el alargamiento del fotoperíodo, se da el comienzo de la encañazón, motivo por el cual no se da este desarrollo en otoño a pesar que las temperaturas puedan volver a los mismos rangos y la humedad del suelo sea más adecuada.

El déficit hídrico compromete el desarrollo de la pastura. Durante el verano la tasa de crecimiento depende del agua disponible ya que el estrés hídrico provoca una caída en la fotosíntesis, en la velocidad de macollaje y en la expansión de hojas (Brougham, 1956). Por su lado, las temperaturas por arriba del óptimo para las especies templadas, también provocan una disminución en la actividad de las plantas (Mitchel, 1956).

A medida que se reduce la intensidad de luz, la tasa de aparición de hojas disminuye en forma considerable mientras que el nivel de suministro de nutrientes minerales parece no tener efecto sobre dicha tasa, aunque sí sobre el tamaño de hojas. Sin embargo el efecto principal de un suministro de nutrientes variable se observa en la respuesta de macollaje de las gramíneas (Langer, 1990).

Ong (1978) demostró que el factor determinante en la muerte de macollos u hojas es el nivel de luz, ya que cuando los tratamientos fueron sombreados (100% vs. 17.5 - 2.5% de luz), los niveles de disponibilidad de nutrientes tienen pequeño efecto en la cantidad de materia seca de la planta o el número de macollos muertos y hojas verdes.

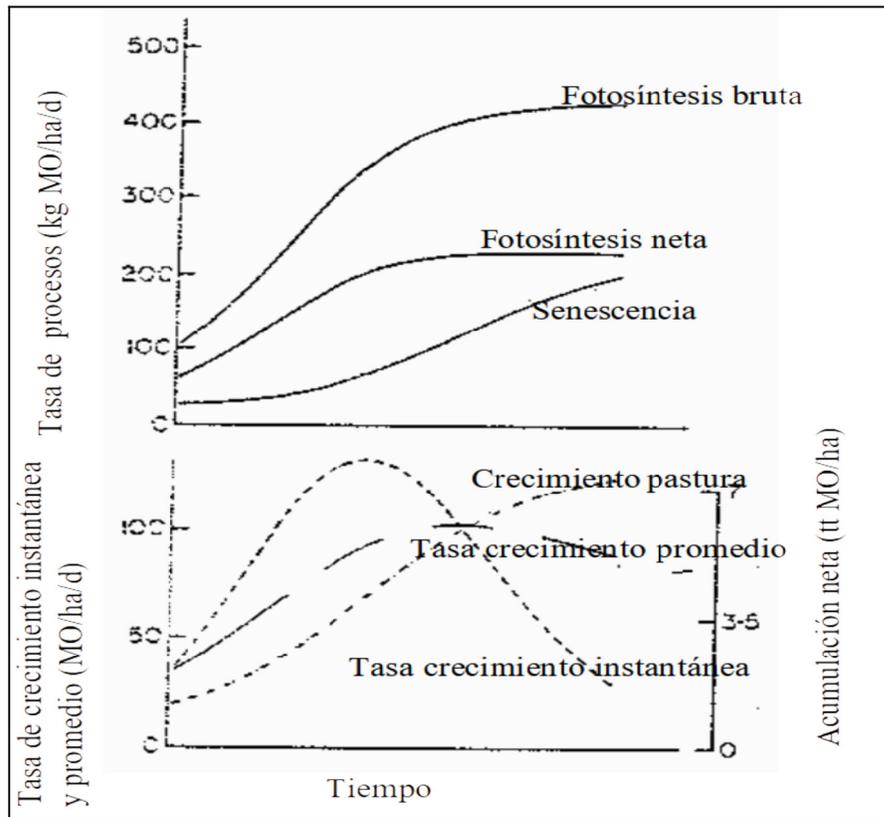
MANEJO DE LA DEFOLIACIÓN

Etapas de crecimiento de una pastura

La capacidad de una planta de producir forraje depende de la cantidad de nutrientes y agua que posea pero fundamentalmente del grado de radiación solar que le llegue a sus hojas (Carámbula, 1977). A su vez, según Hodgson (1990) la capacidad de una pastura de producir materia seca depende del grado de utilización que haga de la radiación solar a través de sus hojas.

Seguido a una defoliación severa, la tasa de crecimiento promedio aumentará rápidamente en conjunto con el marcado incremento en la tasa de crecimiento instantánea. Durante las fases más tardías del rebrote, la tasa de crecimiento promedio se reduce debido a la acumulación del material senescente (Parsons *et al.* 1988).

Figura 2.1: Procesos del rebrote y tasas de crecimiento inicial e instantánea (Parsons *et al.*, 1988).



La máxima tasa de crecimiento promedio ocurre después de la máxima tasa de crecimiento instantánea pero antes del rendimiento techo, tal como se observa en la figura 2.1 (Parsons *et al.* 1988).

La explicación de esta curva está en los procesos fisiológicos que ocurren en la planta luego que esta es defoliada. Al comienzo la tasa fotosintética se incrementa rápidamente a medida que se expanden nuevas hojas. La disminución del crecimiento, aunque no se ha comprendido claramente, puede ser causada por la respiración de las hojas inferiores sombreadas, a la igualación entre aparición y senescencia de hojas, o a la operación de estos y otros mecanismos al mismo tiempo. (Langer, 1990)

Si a las pasturas se las deja crecer en forma ininterrumpida, el rendimiento de materia seca aumenta hasta cierto punto con el incremento de la longitud del período de crecimiento. Eventualmente el rendimiento puede no registrar aumentos futuros o puede en efecto disminuir. Esta fase, durante la cual el rendimiento aumenta, difiere en las distintas especies, en particular cuando estas presentan un arreglo espacial de hojas notablemente diferente (Langer, 1990).

El máximo rendimiento real alcanzado depende, principalmente de la energía lumínica recibida por las plantas y de la temperatura, las cuales van disminuyendo desde otoño hasta mediados de invierno, llevando a que el rendimiento máximo esperado también decrezca (Brougham, 1959). El rendimiento de una pastura sin cortes en primavera aumenta hasta un punto determinado, pero en este caso por la floración de las gramíneas invernales (Langer, 1990).

El término índice de área foliar, IAF, es la relación entre el área de hojas y el área de suelo cubierto, expresando la densidad de hojas de una determinada pastura. A medida que el IAF aumenta, crece la intercepción de luz por las hojas, hasta un valor crítico de 95% de la luz incidente llamado IAF óptimo, en que el proceso de fotosíntesis neta es máxima (Watson, 1947, citado por Carámbula, 1977).

Luego de alcanzado el IAF óptimo, el crecimiento y la acumulación de forraje verde comienzan a decrecer progresivamente hasta que al final es nulo. En algunos cultivos, como *Medicago sativa*, el crecimiento se mantiene alto durante un lapso importante de tiempo sin que se produzca una reducción del mismo (Brougham, 1956).

Existen diferencias entre las especies y cultivares forrajeros en cuanto a la forma de intercepción de la luz. La capacidad de una planta o cultivo para captar la radiación solar, depende del hábito de crecimiento, de la forma y orientación de sus hojas, del

ángulo de incidencia de la luz, así como de la transmisión de la luz a través de su trama de vegetación (Hodgson, 1990).

Estacionalidad de la tasa de crecimiento

-
Mediciones hechas sobre pasturas mixtas de gramíneas y leguminosas en latitudes de 38° (Brougham, 1956) muestran que en verano para interceptar el 95% de luz incidente es necesario un IAF de 4.5 a 5.5, mientras que en invierno el IAF crítico es más bajo, en un valor aproximado de 3. Por ello es posible realizar pastoreos más frecuentes en las estaciones frías del año, evitándose de este modo pérdidas de hojas inferiores por sombreado.

En verano por el contrario, intervalos mayores permiten alcanzar una mayor producción. Sin embargo, el punto máximo de crecimiento depende de las condiciones ambientales reinantes. En otoño – invierno, a medida que disminuye la energía solar y la temperatura, el máximo crecimiento es cada vez menor. En primavera, al aumentar la energía y la temperatura, las tasas de crecimiento aumentan (Hodgson, 1990).

Para la maximización del rendimiento se debe considerar como afecta el período de rebrote o descanso y la tasa de crecimiento promedio, la que se define como el incremento neto en el peso del tapiz dividido entre el tiempo transcurrido de descanso (Watnabe *et al*, 1984, citados por Parsons *et al.*, 1988). El objetivo es cosechar cuando la tasa de crecimiento promedio sea máxima ya que luego comenzará a disminuir (figura 2.1).

Los cambios estacionales en la fisiología de la producción forrajera implican una respuesta diferencial a la intensidad y frecuencia de defoliación a lo largo del año.

Intensidad

La intensidad es la altura a la cual es defoliada una pastura (horizonte de cosecha), dejando como consecuencia un área foliar remanente que determinará el futuro desarrollo de las plantas.

La defoliación debe ser realizada en forma tal de evitar la selección durante el pastoreo, para que el rebrote sea de máxima calidad (tierno y palatable) y favorecer la competitividad de las especies deseables sobre las malezas (Voisin, 1959).

La altura de defoliación puede afectar las reservas para el rebrote. Sin embargo, resultados de Campbell (1969; citado por Langer, 1990), indican que para obtener un rendimiento máximo lo más importante es someter a la pastura a un pastoreo intenso, dejando un mínimo rastrojo y un prolongado período de descanso, en lugar de dejar una cantidad importante de hojas después de cada período de pastoreo.

Para *Medicago sativa*, se considera adecuada una altura de rastrojo desde el punto de vista del rendimiento y persistencia, aquella que deja un residuo de aproximadamente 5 cm. Cada tallo conserva así de dos a tres nudos con sus correspondientes yemas axilares lo que asegura un adecuado rebrote (Formoso, 2000).

Las especies de hábito erecto como *Dactylis glomerata*, se perjudican más con los pastoreos intensos que las especies postradas, ya que en la defoliación son retiradas las hojas y tallos claves para el rebrote y además esta especie ubica sus reservas en la base de los macollos, lo que sin duda se perjudica con un pastoreo muy intenso y frecuente (Haynes, 1980).

En un ensayo de una pastura mezcla con *Trifolium repens* y *Festuca arundinacea* en tres años consecutivos de evaluación, Robson *et al.* (1976; citado por Haynes, 1980), demostraron que se obtiene mayor rendimiento con cortes a 5 cm que a 10 cm, aunque esto incrementó la contribución del *Trifolium repens* ya que se adapta mejor a esa intensidad de pastoreo.

Frecuencia

El intervalo entre dos defoliaciones debe permitir la remoción del forraje antes que el crecimiento decline de su máxima tasa (Langer, 1990).

Los pastoreos muy frecuentes determinan una disminución del nivel de reservas y el peso de las raíces, lo que origina menor producción de forraje y rebrotes más lentos. Disminuciones marcadas de las reservas conllevan al debilitamiento de la planta, a mayor susceptibilidad al ataque de enfermedades y a la muerte (Formoso, 2000).

En ensayos con trébol blanco y raigrás en Nueva Zelanda; períodos de descanso cortos entre las defoliaciones (12 – 13 días) llevaron a cosechar el tapiz en momentos en que la fotosíntesis bruta está aumentando y la tasa de senescencia se mantiene baja. En cambio con períodos de descanso intermedios (19 – 23 días) la cosecha del forraje se realiza cuando la tasa fotosintética es casi máxima, aumentando la tasa promedio de fijación de carbono, mientras que la tasa de senescencia es aún baja (Parsons *et al.*, 1988). Figura 2.1.

Debido a su hábito de crecimiento, *Dactylis glomerata* requiere un manejo rotativo para expresar su potencial. Resultados obtenidos al aplicar dos frecuencias diferentes durante tres años mostraron que el manejo normal (altura 20 cm) permitió

obtener un 23% más de forraje por año que el más frecuente (10-12 cm). Sin embargo, al cuarto año no existieron diferencias en el stand de plantas, lo que quiere decir que los manejos aplicados afectaron la productividad pero no tanto la persistencia. Esto demuestra una buena versatilidad al manejo, volviéndose más postrado ante manejos más frecuentes (García, 1995).

En *Medicago sativa*, el rebrote basilar es el indicador de crecimiento que señala claramente cuando la “condición fisiológica” de la planta se ha restablecido del pastoreo o corte previo y por tanto, se encuentra en condiciones de ser pastoreada o cortada nuevamente (salvo condiciones de sequía). Después de un corte o pastoreo, siempre el nivel de reservas y el peso seco de la raíz disminuyen hasta un valor mínimo que se produce cuando el rebrote de la parte aérea tiene entre 15 a 20 cm de altura. En esta fase nunca se la debe pastorear, ya que sino se la debilitaría drásticamente (Formoso, 2000).

Respecto a *Lotus corniculatus*, el manejo óptimo para maximizar los rendimientos y la persistencia, es relativamente similar al de *Medicago sativa* ya que responde favorablemente a defoliaciones poco frecuentes. Formoso (1995), establece que la producción de forraje de cultivares de porte erecto, se maximiza cuando se aplica un manejo rotativo que permita acumulaciones de forraje pre-corte cercanas a dos toneladas de materia seca por hectárea.

Trifolium repens se adapta a distintas intensidades y frecuencias de corte, donde por ejemplo bajo una defoliación muy frecuente, desarrolla hojas más chicas y pegadas al suelo. Según Haynes (1980) esta especie se comporta mejor con cortes a 5 cm que a 10 cm si la defoliación es poco frecuente.

Efectos del pastoreo

En el corto plazo los efectos del corte en una planta pueden ser: determinantes (por ejemplo reducir el vigor o matar la planta), beneficiosos (por ejemplo aumentar el macollaje o la tasa de crecimiento), o ser neutros (Valentine,1990).

Según Valentine (1990), la respuesta a la defoliación dependerá de:

- ubicación del tejido meristemático y el estado de desarrollo de los nuevos macollos
- reserva de carbohidratos y balance de carbono
- área foliar remanente (IAF)
- intercepción de luz
- época del año y estado de crecimiento
- desarrollo radicular
- efectos de defoliación

Pastoreos tendientes a la maximización de las reservas producen plantas vigorosas, con buen sistema radicular, mayor resistencia a enfermedades, rebrotes más rápidos y productivos, mayor número de yemas axilares y basilares y consecuentemente mayor número de tallos por planta (Formoso, 2000).

Por lo tanto, el pastoreo debe estar dirigido a cumplir y respetar las bases fisiológicas y morfológicas de las especies para no ir en detrimento de la producción de las mezclas forrajeras.

Reservas y rebrote

Davison y Milthorpe (1966), citados por Langer (1990), hallaron que el contenido de carbohidratos en la base de hojas parcialmente expandidas, es el factor principal que afecta la velocidad y la cantidad de rebrote en *Dactylis glomerata* siendo pobre la correlación entre rebrote y carbohidratos totales en la planta.

Luego de una defoliación, la obtención de altas velocidades de rebrote depende principalmente del número de puntos de crecimiento activos remanentes (Formoso, 1995). Por ello, el hábito de crecimiento y la ubicación de los puntos de crecimiento son claves para la supervivencia de la planta frente a la defoliación.

La superficie foliar remanente está determinada por la intensidad de la defoliación y fundamentalmente por el tipo de crecimiento de la especie, erecto o rastrero. A igual área foliar remanente, debido a la disposición de sus hojas, las leguminosas interceptan más luz que las gramíneas y en consecuencia se recuperan más fácilmente. Dentro de las leguminosas es el trébol blanco el que se recupera más rápidamente al tener un IAF menor. Pero no solo es importante la cantidad remanente de hojas, sino también la eficiencia de las mismas, es decir, el tipo y su estado.

La falta de funcionalidad normal de las raíces también afecta la tasa de fotosíntesis, o incluso provoca un cese completo de la actividad de cualquier hoja que quede debido a la reducción en el flujo de agua y minerales desde las raíces. El crecimiento radicular en pastoreos intensos puede cesar por varios días (Evans, 1978). La fijación de nitrógeno por las leguminosas también cesa hasta tres semanas luego de la defoliación ya que no hay energía para realizar el proceso.

En un tapiz pastoreado superficialmente, la tasa de rebrote será alta inicialmente ya que el crecimiento temprano será mantenido por las hojas verdes remanentes y a las reservas en la base de los tallos. Donde esas reservas sean bajas, las tasas de crecimiento serán lentas inicialmente y se incrementarán a medida que aumente el IAF, pero a un ritmo progresivamente menor (Hodgson, 1990)

En praderas pastoreadas racionalmente, el rebrote es proporcional a la masa foliar remanente y la pérdida de hojas presenta simplemente una pérdida de área foliar fácilmente recuperable (Langer, 1990). En praderas aliviadas muchas veces la superficie foliar remanente está constituida por hojas viejas o parcialmente descompuestas por la humedad y microorganismos; por lo que su valor como área fotosintetizante es muy bajo.

Las gramíneas tienden a acumular las sustancias de reserva en la base de las hojas, rizomas y la base de los macollos (Langer, 1990). Por tanto, las pasturas pueden ser defoliadas intensamente siempre y cuando tengan un período de recuperación apropiado. Los azúcares, fructosanos y almidón son las sustancias de reserva más importantes, a pesar de que la hemicelulosa y aún la celulosa también pueden cumplir esta misión (Weinmann, 1948 citado por Carámbula, 1977). Asimismo, otras sustancias como las proteínas podrían actuar como sustancias de reserva.

Cuanto más frecuente e intensa sea la defoliación, menor área foliar remanente poseerá una pastura y menos sustancias se podrán acumular, lo que impide la supervivencia de la población total de macollas.

Por esto es necesario que las plantas entren a los períodos de reposo o latencia (invierno o verano, según ciclo) con un nivel apropiado de sustancias de reserva. Una disminución del nivel de reservas conlleva a trastornos en la aparición de hojas y macollas. También influye en el ritmo de producción de raíces y además, se produce una

disminución en la absorción de las mismas (Davidson y Milthorpe 1966, citados por Langer, 1990).

Los menores valores de reservas se registran en las estaciones más propicias para el crecimiento, como es la primavera en nuestro país. Los máximos generalmente ocurren en los períodos térmicos que limitan más el crecimiento vegetal por las bajas temperaturas como ocurre durante el invierno (Formoso, 2000).

Para el caso de *Trifolium repens*, independientemente de la intensidad del pastoreo, Formoso (1995) determinó una estrategia de defoliación en un orden preestablecido:

1. Las primeras hojas que se producen son los remanentes en vías de desarrollo localizadas en los nudos próximos a los meristemos apicales de los estolones principales y posteriormente los laterales
2. Si estas fueron removidas, se desarrollan nuevas hojas a partir de los meristemos foliares recientemente generados por los meristemos apicales de los estolones.
3. En tercera instancia, se activan los meristemos axilares del plato nodal, se inicia el crecimiento y desarrollo de un nuevo estolón, llamado estolón lateral y el meristema apical de este, comienza a generar primordios foliares que se desarrollaran en nuevas hojas.

En *Medicago sativa*, el tiempo que demoran los rebrotes en independizarse de los carbohidratos de reserva es de 10 días (Cangiano *et al.*, 2002). Esto es debido a que a partir de esa fecha los tallos son capaces de autoabastecerse de nutrientes dado el superávit en el balance de energía producto de una mayor fotosíntesis sobre la respiración.

Para el caso de *Dactylis glomerata*, los carbohidratos de reserva están ubicados en la base de las hojas parcialmente desarrolladas (Davidson y Milthorpe, 1966, citados por Langer, 1990) Estos se utilizan en su mayor parte en respiración y el resto sería utilizado para la formación de nuevos tejidos. Lo anterior justifica un manejo intenso y poco frecuente de la especie para permitir un nivel de reservas apropiado para la persistencia productiva de la mezcla.

DINÁMICA POBLACIONAL

La unidad morfológica de crecimiento de las plantas es el fitómero, el cual consiste en una hoja, un entrenudo, una yema axilar o potencial y un nudo. Los fitómeros en gramíneas se organizan en macollos que a su vez se organizan en grupos formando la planta. Un macollo esta compuesto de un meristema apical o punto de crecimiento, un tallo, hojas, raíces, nudos y yemas durmientes y el potencial de producir semillas (Valentine, 1990).

Para las leguminosas, la unidad morfológica es el estolón en el caso del *Trifolium repens* y los tallos para especies de porte erecto como lo son el *Lotus corniculatus* y *Medicago sativa*. En estas unidades morfológicas es donde se encuentran las yemas con sus respectivos meristemas apicales, que van a formar los fitómeros y que explican el futuro rebrote.

La tasa de crecimiento de los macollos y su desarrollo vegetativo, están determinadas no solo por la adecuada disponibilidad de nutrientes, luz y agua, sino también por el vigor y la fuerza de sus raíces, por la ubicación de la base del macollo sobre o debajo de la superficie del suelo, por la interacción con otros macollos, o por

restricciones en el crecimiento de nuevas hojas y yemas axilares que pueden estar dadas por la presencia de restos secos en la base del tallo (Mitchell y Glenday, 1958).

El manejo del tapiz debe aspirar a mantener el balance deseado de las especies sembradas. Existe una función que relaciona la densidad poblacional de los macollos (número de macollos por unidad de área) y el tamaño individual de los mismos en el tapiz, de modo que, el tamaño individual de los macollos decrece en función del aumento de la densidad poblacional de los mismos (Hodgson, 1990).

Cada macollo que se origina en las yemas axilares de las hojas, es una replica completa del vástago original con su propio ápice de tallo, hojas, nudos, raíces, etc. El macollo principal da origen a macollos primarios, que forman a su vez macollos secundarios, éstos macollos terciarios y así sucesivamente de manera que aunque su estructura es idéntica, difieren solamente en edad y tamaño. Aunque el macollo puede considerarse como la unidad básica de una pastura, aún no está claro hasta que grado funciona en forma independiente (Langer, 1990).

Cada macollo permanece vivo sólo durante un período limitado de tiempo, que varía desde unas pocas semanas hasta varios meses o un año. Estos macollos producen semilla o mueren antes de finalizar su estación de crecimiento, aunque la longevidad de aquellos vegetativos puede prolongarse mediante cortes o pastoreos que eviten la semillazón. Por lo tanto una planta de gramínea puede clasificarse como perenne en virtud de una aparición sucesiva de macollos de vida corta (Langer, 1990).

En una misma planta y por ende, también dentro de la pastura, se produce una dinámica de muerte y renovación de macollos casi continua, resultando una situación siempre cambiante y nunca estática, incluso cuando los recuentos de macollos parecen sugerir que la población ha permanecido incambiada (Langer, 1990).

En el caso de las gramíneas con metabolismo de tipo C_3 , el número de macollos aumenta en fase vegetativa, durante otoño e invierno, para posteriormente disminuir en primavera y verano (Formoso, 1995). Esta disminución puede deberse a la muerte de los macollos sumado un cese en la aparición dado el comienzo de la etapa reproductiva.

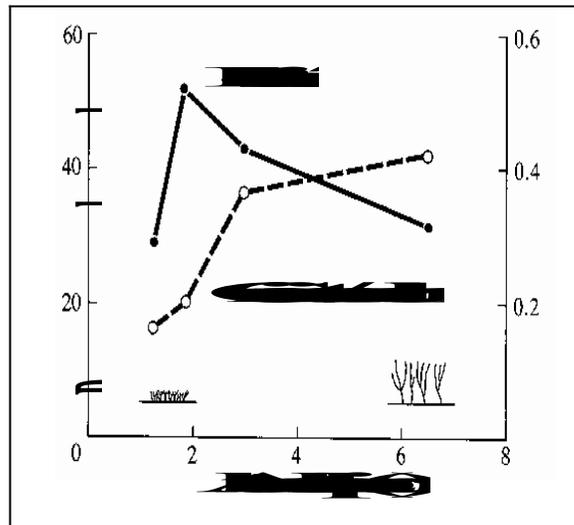
Efectos de la defoliación

La remoción de la parte aérea va asociada casi siempre con una caída en el total (canopia y raíces) de peso que puede prolongarse hasta 10 o 14 días (Evans, 1978), período que depende de la intensidad de defoliación.

Luego de ocurrida la defoliación, se movilizan carbohidratos desde la raíz para compensar lo que se proporcionaba antes con la fotosíntesis de las hojas. Por lo tanto, la pérdida de peso se da principalmente a nivel de las raíces (Hodgson, 1990).

La mayor parte del cambio que existe en el peso de la materia seca del material vivo durante el rebrote y luego del pastoreo es en la fracción lámina. El peso de los tallos aumenta, sobre todo en primavera y verano durante los períodos de mayor descanso, pero en general, los tallos contribuyen en menor proporción a la disminución de peso registrada luego del pastoreo en comparación con aquella explicada por la desaparición de la lámina (Parsons *et al*, 1988).

Figura 2.2: Población y crecimiento de macollos según altura de la pastura (Hodgson, 1990).



La tasa de crecimiento del forraje está influenciada tanto por el suministro de energía proveniente de la fotosíntesis, explicado a su vez por el tamaño y la eficiencia de la canopia, como por el número y actividad de los sitios de crecimiento (macollos en gramíneas y estolones en trébol blanco) por unidad de área (Hodgson, 1990).

En Nueva Zelanda, en un experimento de *Lolium multiflorum* perenne, se determinó que la población de macollos puede variar desde 10.000 macollos/m² bajo pastoreo laxo hasta 60.000 macollos/m² en pastoreos muy frecuentes. A pesar de esto, el pastoreo puede transformarse en muy severo, por lo que, la población de macollos disminuye como consecuencia de las altas pérdidas, sin compensación en rendimiento por el aumento del tamaño de los macollos. Esto inevitablemente traerá serias consecuencias en la producción de forraje. Por tanto, tapices pastoreados intermitentemente, usualmente presentan poblaciones sustancialmente más bajas de macollos grandes que pastoreos continuos (Hodgson, 1990).

La población de macollos en un tapiz defoliado intermitentemente crece por lo general hasta un pico en primavera, decrece rápidamente luego de la estación reproductiva y luego continúa aproximadamente constante hasta la próxima estación reproductiva. En contraposición, la población de macollos en tapices bajo pastoreo continuo permanece relativamente constante en un número mayor (Hodgson, 1990).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

UBICACIÓN Y ANTECEDENTES

El ensayo se realizó desde junio de 2002 hasta junio de 2003 en el potrero 22 A de la Estación Experimental Mario A. Cassinoni de la Facultad de Agronomía (E.E.M.A.C.), ubicada en la sexta sección policial del departamento de Paysandú. (32° 20' S; 58° 02' W; Alt: 61 m).

Las parcelas experimentales fueron ubicadas sobre un suelo tipo Brunosol éutrico típico perteneciente a la Unidad San Manuel, la cual se encuentra sobre sedimentos limosos de la formación Fray Bentos. Los datos del análisis de suelo se presentan en el cuadro 3.1.

Cuadro 3.1: Análisis de suelo del experimento.

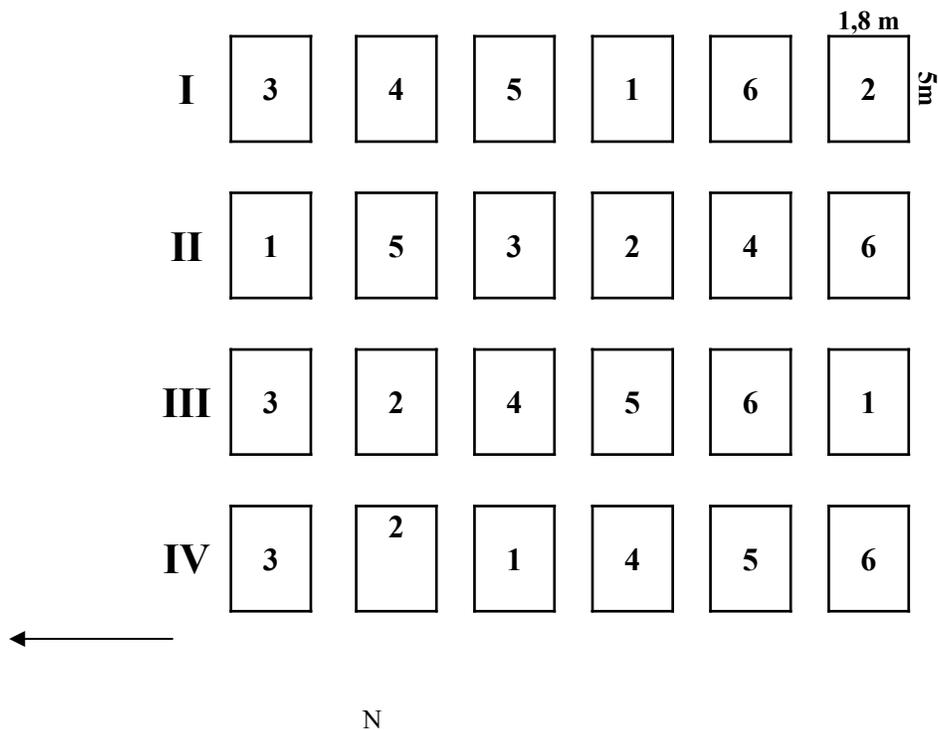
Bloque	pH (agua)	MO %	P ppm	NO-3 ppm
I	5,1	5,1	9,3	6,4
II	5,7	4,9	8,8	5,9
III	5,7	4,5	8,2	6,0
IV	6,2	5,0	17,6	7,3
Promedio	5.7	4.9	10.9	6.4

Durante el verano previo a la instalación del experimento se sembró *Setaria italica* (Moha) la cual fue cosechada el 6 de abril. El 12 de junio se realizó una pasada de rotovador en forma superficial, para afinar la cama de siembra.

DISEÑO EXPERIMENTAL

El experimento se desarrolló en un diseño de bloques al azar, con cuatro repeticiones y seis tratamientos dispuestos en parcelas de 5.0 x 1.8 m (9.0 m²). A partir del otoño del 2003, cada parcela se dividió en dos manejos, resultando así doce tratamientos con cuatro repeticiones y parcelas de 2.5 x 1.8 m (4.5 m²). En la figura 3.1 se muestra el plano del ensayo (anexo 1).

Figura 3.1: Plano del ensayo



Trat	Especies integrantes de la mezcla	Semillas viables (N°/m)	% de germinación	Densidad de siembra (Kg.ha ⁻¹) *	Método de siembra
------	-----------------------------------	-------------------------	------------------	--	-------------------

TRATAMIENTOS

En el experimento se consideraron dos variables, seis mezclas forrajeras de gramíneas y leguminosas, y dos frecuencias de defoliación. Las características de las mezclas forrajeras utilizadas y su método de siembra se detallan en el cuadro 3.2. La frecuencia de corte fue determinada en base al porcentaje de cobertura del suelo, definiendo así para el otoño del segundo año, un manejo A bajo el cual la defoliación fue aplicada cuando se alcanzó un 80-85 % de cobertura y un manejo B, el cual se cortó al transcurrir un 50 % más de días luego de alcanzar la cobertura antes mencionada.

Cuadro 3.2: Detalle de las mezclas sembradas.

1	<i>Phalaris aquatica</i> cv. E. Urunday	562.5	75.0	9.0	En líneas
	<i>Trifolium repens</i> cv. E. Zapicán	230.8	94.5	1.5	Al voleo
	<i>Lotus corniculatus</i> cv E. San Gabriel	444.4	88.0	6.0	Al voleo
2	<i>Festuca arundinacea</i> cv. E. Tacuabé	588.2	82.2	10.0	En líneas
	<i>Trifolium repens</i> cv. E. Zapicán	230.8	94.5	1.5	Al voleo
	<i>Lotus corniculatus</i> cv. E. San Gabriel	444.4	88.0	6.0	Al voleo
3	<i>Dactylis glomerata</i> cv. INIA Oberón	843.4	70.0	7.0	En líneas
	<i>Trifolium repens</i> cv E. Zapicán	230.8	94.5	1.5	Al voleo
	<i>Lotus corniculatus</i> cv. E. San Gabriel	444.4	88.0	6.0	Al voleo
4	<i>Festuca arundinacea</i> cv. E. Tacuabé	320.9	82.2	5.45	En líneas
	<i>Medicago sativa</i> cv. E. Chaná	266.1	93.3	5.45	alternadas
5	<i>Dactylis glomerata</i> cv. INIA Oberón	460.0	70.0	3.82	En líneas
	<i>Medicago sativa</i> cv. E. Crioula	257.3	90.0	5.45	alternadas
6	<i>Bromus auleticus</i> cv. Potrillo	602.4	85.0	25.0	En líneas
	<i>Medicago sativa</i> cv. E. Chaná	266.1	93.3	5.45	alternadas
	<i>Trifolium repens</i> cv. E. Zapicán	230.8	94.5	1.5	con legum.

* se considera con 100% de germinación

En el caso de las mezclas que incluyen *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus* (tratamientos 1, 2 y 3), las gramíneas fueron sembradas en 11 hileras a 17 cm de distancia y las leguminosas al voleo. En el caso de los tratamientos 4, 5 y 6, las gramíneas y las leguminosas se sembraron en hileras intercaladas, quedando así una distancia entre hileras de 34 cm para cada especie. El criterio utilizado para determinar la población de semillas fue su densidad en la hilera, por lo que para las gramíneas perennes y alfalfa, su densidad se reduce a la mitad. A su vez, en estos casos se sembraron seis hileras de gramíneas y cinco de leguminosas quedando así las filas de las primeras contra los bordes.

SIEMBRA, FERTILIZACIÓN Y FITOSANITARIOS

El 25 de junio de 2002, se procedió a sembrar el experimento. Para la siembra, las leguminosas fueron inoculadas con la cepa de las bacterias correspondientes a cada especie.

El análisis de suelo de las parcelas del ensayo se detalla en el cuadro 3.1. La fertilización se realizó tomando en cuenta el nivel crítico de la alfalfa (20 ppm de P_2O_5), por lo que se agregaron 200 $Kg.ha^{-1}$ de superfosfato. Durante el otoño del segundo año se realizó la refertilización según el análisis de suelo (cuadro 3.3).

Cuadro 3.3: Análisis de suelo para refertilización.

	ANALISIS de SUELO 20/03/2003				REFERTILIZACION
	Tratamiento	P _{ppm}	NO ₃ ⁻	M.O.(%)	25-33-33-0 kg.ha ⁻¹
I	1,2,3	13,01	9,0	4,6	210
	4,5,6	12,51	3,0	5,0	240
II	1,2,3	14,76	7,5	5,0	180
	4,5,6	14,01	3,0	4,7	180
III	1,2,3	13,51	3,0	4,3	210
	4,5,6	12,26	3,0	4,3	240
IV	1,2,3	9,51	6,0	4,3	330
	4,5,6	13,01	3,0	4,0	210
Promedio		12,82	4,7	4,5	

En cuanto a los fitosanitarios, se realizó control de malezas y plagas. Debido a la presencia de malezas anuales invernales como crucíferas y *Ammi majus*, el 15 de agosto de 2002 se aplicaron 300 cc/ha de Preside a todo el ensayo. En lo que se refiere a control de insectos, periódicamente se controló el ataque de hormigas con Mirex, y debido a la aparición de pulgones, el 23 de setiembre de 2002 se aplicaron 400 cc/ha de Lorsban (Clorpirifós al 44.9 % de peso).

DETERMINACIONES

En este trabajo las variables estudiadas fueron: establecimiento, vigor, rendimiento y dinámica de las unidades morfológicas

Establecimiento

El 14 de agosto de 2002, a los 50 días post-siembra, se realizó el conteo de plántulas para calcular el porcentaje de establecimiento de las especies sembradas. Para

ello se tomaron cuatro medidas por parcela, utilizando una unidad de muestreo de 50 x 20 cm, ubicada al azar, dentro de las cuales se contó el número de plántulas de especies sembradas y malezas. Posteriormente, relacionando esta medida con el número de semillas viables sembradas, se calculó el porcentaje de establecimiento, como número de plantas establecidas/número de semillas viables x 100. Esta determinación se efectuó para cada especie dentro de cada mezcla de forma de obtener el porcentaje de establecimiento o implantación individual, y por suma de los componentes de cada mezcla el total para la misma.

Vigor

El vigor de las especies fue evaluado a los 83 dps, tomando en cuenta el estado de desarrollo (macollos, tallos, hojas, etc.) y la relación en peso de la parte aérea y raíz. La metodología consistió en la extracción de diez plántulas de las especies sembradas por tratamiento, y debido a que fue un método destructivo, se realizó en los bordes de las parcelas. Para la extracción de las plántulas se utilizó una pala plana de 20 cm de ancho y 40 cm de profundidad, de forma de extraerlas con la menor pérdida de material radicular.

El estado de desarrollo fue medido mediante el conteo de las unidades vegetativas. Para el caso de gramíneas y trébol, se registraron las hojas totales, en expansión y las totalmente expandidas, además de macollos y estolones respectivamente. En alfalfa y lotus se determinó solamente el número de tallos.

La relación parte aérea raíz consistió en obtener el peso seco de dichas fracciones, para cada especie. Para ello se procedió a lavar las muestras (para eliminar restos de tierra) y dividir las en parte aérea y raíz, para finalmente colocarlas en estufa a

60° C durante 48 horas. Por último se pesaron las fracciones por separado obteniendo así un dato promedio para cada especie.

Rendimiento

La estimación de rendimiento consistió en la determinación de la producción de materia seca de cada mezcla. En cada corte se realizó la composición botánica de cada tratamiento con el objetivo de identificar el aporte individual de cada fracción (gramínea, leguminosa, restos secos de pastura, especies espontáneas y malezas).

Durante el primer año los cortes se determinaron según cobertura de suelo (cuando se alcanzaba un valor promedio de 85 %), realizándose éstos en las fechas: 8/10/2002, 1/11/2002, 9/12/2002, 28/01/2003 y 20/03/2003 para los tratamientos 1, 2 y 3; y para el caso de los restantes tratamientos las fechas fueron: 8/10/2002, 12/11/2002, 16/12/2002, 28/01/2003 y 20/03/2003.

El área cubierta se estimó mediante una unidad de muestreo de 50 x 20 cm, la cual fue ubicada al azar en la parcela, tomándose cuatro medidas por tratamiento en el primer año y tres en el segundo.

El corte se efectuó con una cortadora de césped autopropulsada, provista de bolsa recolectora y regulación de la altura de corte, (la cual se fijó en 6 cm) con un ancho operativo de 53 cm. Durante el primer año, las defoliaciones se realizaron en sentido longitudinal de la parcela, determinándose una superficie de corte de 2.65 m². El forraje cosechado de esa superficie fue pesado inmediatamente al corte, extrayéndose una

submuestra para determinar el porcentaje de materia seca en estufa a 60° C durante 48 horas.

Dado que previo al corte se determinó la altura del perfil de pastura (datos no analizados en este experimento), para cada unidad experimental, y la intensidad fue de 6 cm, los rendimientos de forraje son referidos a $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ MS del horizonte de cosecha (HC), es decir la diferencia entre la altura de la pastura previo al corte y el rastrojo de aproximadamente 6cm.

Para el caso de la composición botánica, se recolectaron al momento del corte dos muestras de cada tratamiento, a la misma altura del corte para rendimiento total. Para ello el forraje se cortó con tijera utilizando cuadrados de 30 cm de lado ubicados equidistantes de los bordes de cada parcela. Luego en el laboratorio se procedió a separar las fracciones antes mencionadas para determinar su peso seco. Para estos muestreos, se utilizó el mismo procedimiento de secado que el usado para determinar la materia seca del rendimiento total.

Durante el otoño del segundo año, dónde se aplicaron dos manejos de defoliación, el manejo A se cortó el 2/05/003, 30/05/2003 y 18/06/2003, mientras que el manejo B se defolió el 15/05/2003 y el 18/06/2003.

Dinámica de las Unidades Morfológicas

El estudio del seguimiento de las unidades morfológicas se realizó entre el 20 de marzo y el 19 de junio, realizándose las determinaciones en dos puntos fijos por parcela. El área de muestreo fue de 9.5 x 24 cm, dentro de las cuales las unidades evaluadas fueron macollos en gramíneas, estolones en trébol blanco y tallos en alfalfa y lotus.

Durante el período otoñal del segundo año, el conteo de las unidades morfológicas se realizó al día siguiente del corte y en la semana posterior.

MODELO ESTADÍSTICO

Diseño de Bloques Completos al Azar

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

$i = 1,2,3,\dots,t$
 $j = 1,2,3,\dots,r$

El modelo de bloques completos al azar, se utilizó para realizar el análisis estadístico de los rendimientos del primer año, la implantación y el vigor, tanto en número como en peso. La única variable que se modificó en los modelos fue Y_{ij} tomando en cada caso los valores correspondientes.

Para rendimiento, Y_{ij} corresponde a Kg MS/ha, en implantación ilustra el porcentaje de plantas establecidas, en vigor en número representa el número de unidades morfológicas y para vigor en peso expresa la parte aérea, la raíz y la relación entre ambas.

El resto de las variables toman los siguientes valores:

μ = Media poblacional

α_i = Efecto de la mezcla

β_j = Efecto del bloque

ε_{ij} = Error residual

$i = 1,2,3,4,5,6.$

$j = 1,2,3,4.$

Para el caso de implantación, la variable dependiente (Y_{ij}) es una proporción derivada de un conteo, por lo tanto se utilizó un modelo lineal generalizado (McChulagh *et al.*, 1983). La variable tiene distribución binomial y por lo tanto se utilizó una función de enlace logit. El logit es $\text{logit}(p)=\logaritmo(p/(1-p))$, donde p es la proporción. Se usó para realizar el “pocedure genmod” de SAS-V8.2.

Para realizar la comparación entre las medias de los tratamientos, se utilizaron comparaciones de pares, con el objetivo de obtener un ranking de tratamientos. El análisis entre los pares se realizó en base a las diferencias mínimas significativas de Tukey, tomándose como valor de referencia a la probabilidad de 0.10 como máximo para considerar a dos tratamientos como iguales.

Contrastes

Se realizaron contrastes para comparar el efecto en las variables de la pastura (gramíneas) al sembrarlas con trébol blanco y lotus al voleo, o con alfalfa en líneas. Por un lado se agruparon los tratamientos 2 y 3 para caracterizar el efecto de las leguminosas al voleo y por otro, las mezclas 4 y 5 para evaluar la siembra de alfalfa en hileras. Esto se hizo debido a que el componente gramínea se mantuvo constante lo que permitió establecer los criterios de comparación.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

CARACTERÍSTICAS DEL PERÍODO DE EVALUACIÓN

Hay dos estaciones de activo crecimiento de las pasturas templadas, una en primavera y otra en otoño, determinadas por el ciclo de las especies, la disponibilidad de agua en el suelo, la temperatura y la radiación solar disponible. Durante el verano, aún cuando se dispone de una alta radiación solar, ocurren deficiencias de agua en el suelo que limitan el crecimiento vegetal. En invierno, las bajas temperaturas y la menor disponibilidad de radiación solar, son las causantes de la disminución de la productividad de las pasturas (Corsi, 1978).

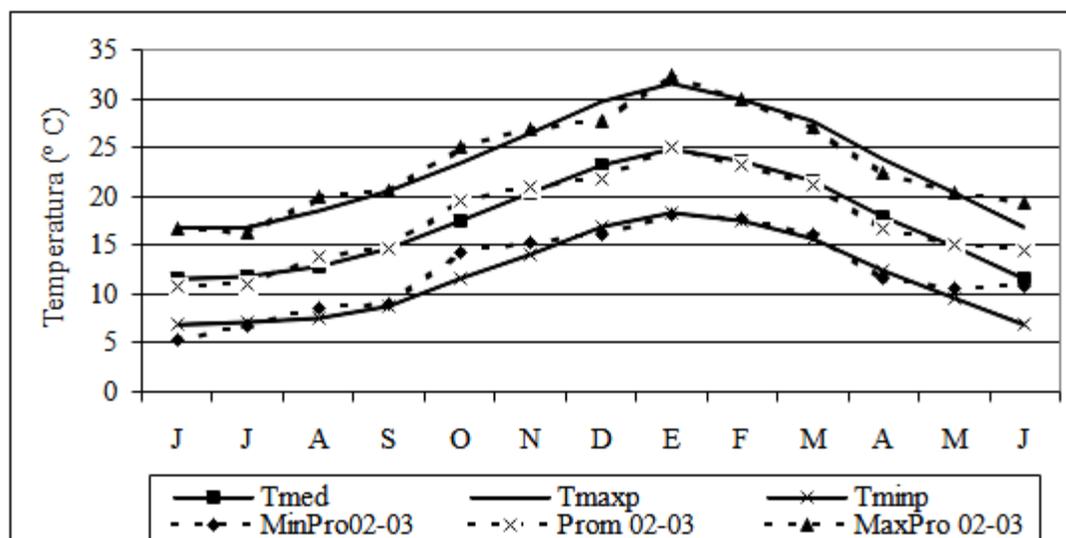
Temperatura

Los datos meteorológicos correspondientes a la serie histórica, indican que la temperatura promedio para el Uruguay oscila en torno a 17.5 ° C, siendo la máxima promedio de 23.3 ° C y la mínima de 11.8 ° C (D.N.M., 2003).

La parte mas continental, es decir, donde hay un mayor contraste entre la temperatura del mes más cálido y el más frío, ocupa el oeste de los departamentos de Soriano, Río Negro y Paysandú. Para el caso particular de Paysandú la máxima histórica se ubica en 44 ° C mientras que la mínima en -7.4 ° C. La temperatura media oscila entre 15 y 18 ° C (Corsi, 1978).

Según Corsi (1978), la fecha de ocurrencia de la primer helada es el 8 de junio, mientras que la última es el 9 de setiembre, dejando un período libre de heladas de 314 días.

Figura 4.1: Temperaturas máxima, mínima y promedio históricas nacionales y para el año del ensayo (Extraído de la Dirección Nacional de Meteorología serie 1961-1990 y de la estación climática de la EEMAC serie 2002-2003).

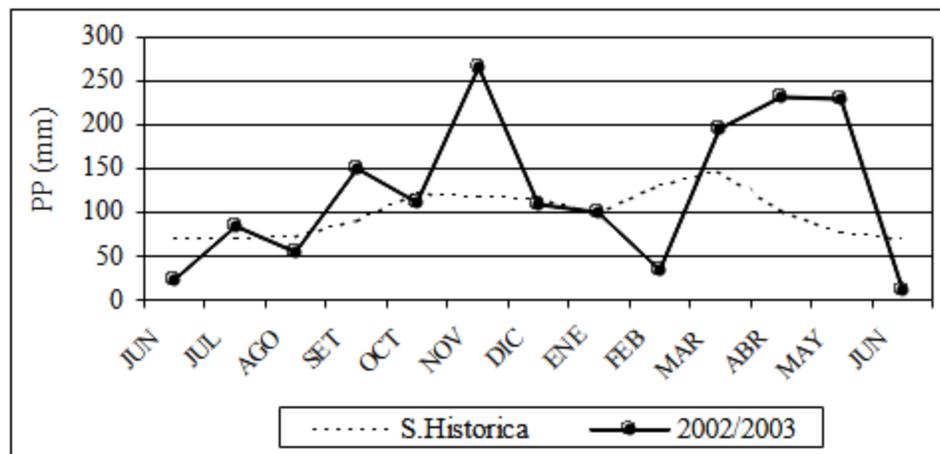


Durante el período de evaluación (junio 2002 y junio 2003), la temperatura se ubicó dentro de los rangos históricos, observándose leves desviaciones que se muestran en la figura 4.1. En la implantación (julio 2002), la temperatura fue inferior a lo esperado.

Precipitaciones

La distribución mensual de lluvias no tiene un patrón definido en cuanto a concentración o falta de lluvia en determinados periodos del año, sin embargo como se ve en la figura 4.2, existe una concentración de las lluvias en los meses de otoño y primavera (Corsi, 1978).

Figura 4.2: Precipitación mensual histórica y la registrada durante el período experimental (Extraído de la Dirección Nacional de Meteorología y de la estación climática de la EEMAC).



Durante el año de evaluación se observó una variación importante en el régimen de precipitaciones, lo que no coincide con la serie histórica. En el ejercicio 2002/2003 llovieron 1578 mm que, comparados con los 1218 mm esperables, representaron un 30 % más de lo habitual.

Temperatura del suelo.

El cuadro 4.1 muestra la evolución de la temperatura de suelo durante el período de implantación. Según los datos aportados por Rebuffo (2001), la alfalfa germina entre 5 y 35 °C y su óptimo para crecimiento se ubica entre 20-25 °C. Carámbula (1977), afirma que una temperatura media de 25 °C contribuye a un mejor establecimiento de las praderas. Además las bajas temperaturas afectan mayormente a las gramíneas perennes y

a leguminosas como alfalfa y lotus, mientras que los tréboles se muestran capaces de germinar a temperaturas menores. Mitchell (1956), registró un crecimiento óptimo de las gramíneas entre 20 y 29°C.

Cuadro 4.1: Temperatura del suelo para las primeras etapas de crecimiento cada diez días y promedio. (Tomado de la estación climática de la EEMAC).

		Temperatura de suelo (°C)		
		Min	Prom	Max
Junio	1	12,1	16,6	20,6
	2	8,7	11,0	13,2
	3	7,1	10,5	14,3
	Promedio	9,3	12,7	16,0
Julio	1	8,6	11,6	13,1
	2	8,7	11,5	14,3
	3	8,9	12,3	15,4
	Promedio	8,7	11,8	14,3
Agosto	1	8,5	11,3	14,0
	2	9,7	13,7	17,2
	3	12,2	16,7	20,8
	Promedio	10,1	14,0	17,3

* Temperatura correspondiente a los primeros 10 cm de suelo.

IMPLANTACIÓN

El cuadro 4.2, presenta los resultados obtenidos para los valores de implantación de las especies según el tratamiento. En el anexo 2 se detallan los valores del número de semillas por metro y plantas establecidas. Los resultados confirmaron que se trata de un proceso ineficiente, ya que el promedio de implantación de las mezclas fue de 46%.

El establecimiento está estrechamente relacionado con el vigor inicial de las plantas, ya que es uno de los factores que determina la duración del mismo.

Cuadro 4.2: Porcentaje promedio de implantación para todas las especies.

<i>Especies</i>	% Implantación
<i>Phalaris aquatica</i>	44,8
<i>Festuca arundinacea</i>	37,7
<i>Dactylis glomerata</i>	45,9
<i>Bromus auleticus</i>	5,5
<i>Medicago sativa</i>	66,9
<i>Trifolium repens</i>	28,0
<i>Lotus corniculatus</i>	52,3
Promedio	40,1

Dentro de las leguminosas, la especie que presentó mayor porcentaje de implantación fue la alfalfa, la cual superó en más del doble al trébol blanco. Para el caso de las gramíneas, los valores superiores se obtuvieron en dactylis y falaris. Bromus se destacó por presentar la menor implantación. El valor de establecimiento promedio obtenido en el ensayo supera los valores citados por Askin (1990), que rondan los 30,25%.

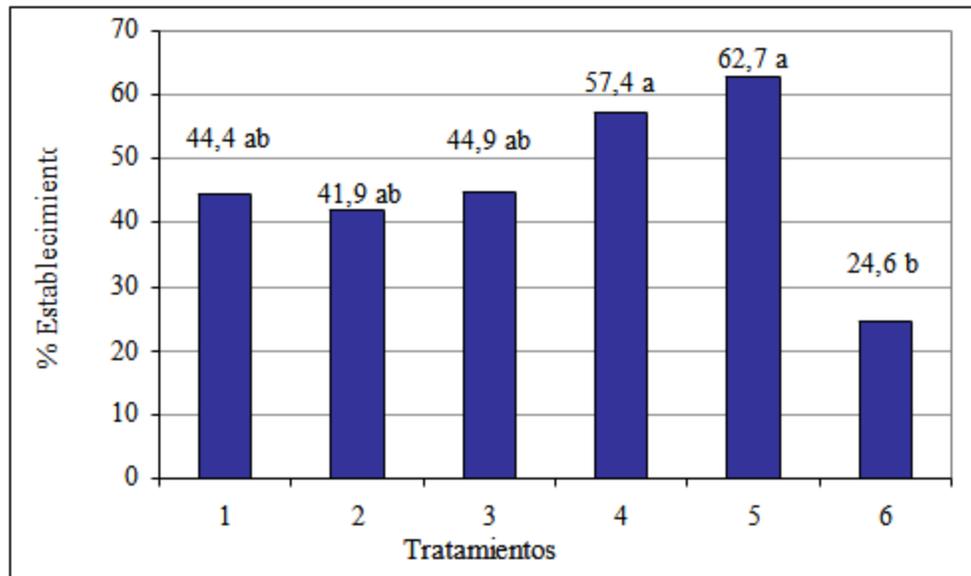
Otros factores no ambientales que afectan el establecimiento se producen por competencia, la cual se puede originar por las especies de la mezcla o por las malezas.

Al existir dos métodos de siembra de leguminosas, se originaron dos niveles diferentes de competencia entre las especies. Para el caso de los tratamientos sembrados al voleo, se determinó una mayor interacción entre especies ocasionada por una menor distancia entre las plántulas de diferentes especies. Otra diferencia es que estas mezclas, salvo el tratamiento 6, fueron compuestas por tres especies.

Los resultados muestran diferencias en comportamiento entre los tratamientos 1, 2 y 3 (con leguminosas al voleo) y 4, 5 y 6 (con alfalfa en líneas). De la figura 4.3, se desprende que para el primer grupo la implantación promedio fue de 44 %, mientras que para el segundo se ubicó en 48 %. El bajo desempeño de las fracciones gramínea y trébol blanco son las responsables del resultado obtenido en el tratamiento 6. Ahora bien si no se considera dicha mezcla, el segundo grupo incrementa su valor de establecimiento a 60 %.

Esta diferencia entre grupos se ve incrementada debido al excelente desempeño que registró la alfalfa, la cual hizo elevar los valores promedio de implantación de las mezclas (cuadro 4.3).

Figura 4.3: Porcentaje de implantación promedio por mezcla para cada tratamiento.



Valores con diferente letra difieren estadísticamente.

Al realizar el análisis de varianza se comprobó que el tratamiento seis fue estadísticamente inferior a los otros dos sembrados con alfalfa. La implantación de la

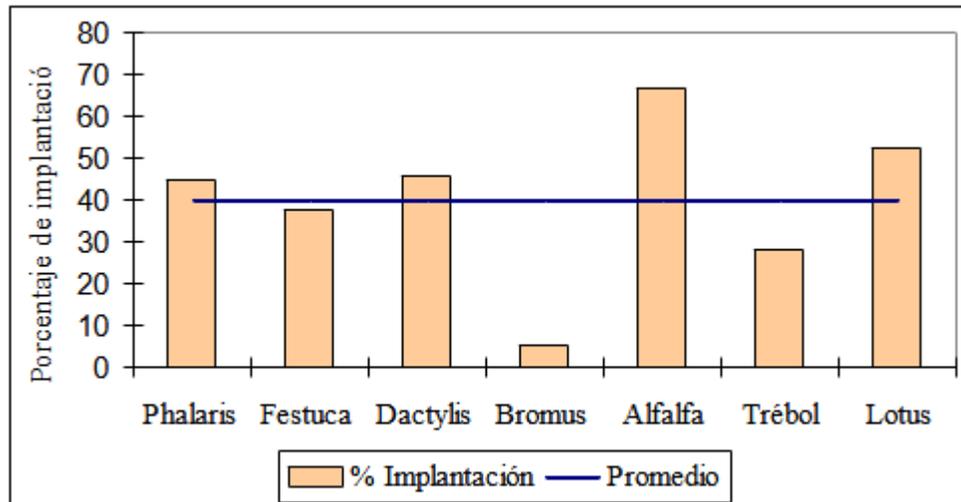
mezcla con bromus fue igual en términos estadísticos al resto de los tratamientos sembrados al voleo. Sin embargo esta diferencia en el establecimiento, desde el punto de vista agronómico, fue de una magnitud tal que pudo repercutir negativamente en la productividad futura de la pastura. Como se observa en el cuadro 4.3, el menor desempeño del tratamiento seis, fue explicado por el comportamiento que presentó la gramínea, la cual disminuyó el promedio de implantación de la mezcla.

A pesar de mostrar una implantación menor, los tratamientos sembrados con la leguminosa al voleo se comportaron de forma más uniforme que el resto. A su vez, en el cuadro 4.3, se observa que existió una cierta homogeneidad entre las fracciones que componen dichas mezclas. No ocurrió lo mismo en los tratamientos con alfalfa, ya que ésta mostró un establecimiento muy superior a la fracción gramínea de la mezcla llegando a ubicarse un 126 % por encima.

Cuadro 4.3: Porcentaje de implantación por especie según mezcla.

Mezcla							
Especies	1	2	4	4	5	6	<i>Promedio</i>
Falaris	44,8	-	-	-	-	-	44,8
Festuca	-	41,4	-	34,0	-	-	37,7
Dactylis	-	-	42,4	-	49,5	-	45,9
Bromus	-	-	-	-	-	5,5	5,5
Alfalfa	-	-	-	81,1	61,0	58,6	66,9
Trébol	24,1	42,2	46,4	-	-	19,2	28,0
Lotus	54,7	47,9	54,4	-	-	-	52,4
Promedio	44.4	41.9	44.9	57.4	62.7	24.6	46.0 ^{40.1}

Figura 4.4: Porcentaje promedio de implantación para todas las especies.



En cuanto a la relación entre la proporción de las semillas viables sembradas por tratamiento y la proporción final de plantas de cada especie se observó un comportamiento que se describe en el cuadro 4.4.

Cuadro 4.4: Número y proporción de plantas establecidas por tratamiento en relación al número de semillas viables sembradas.

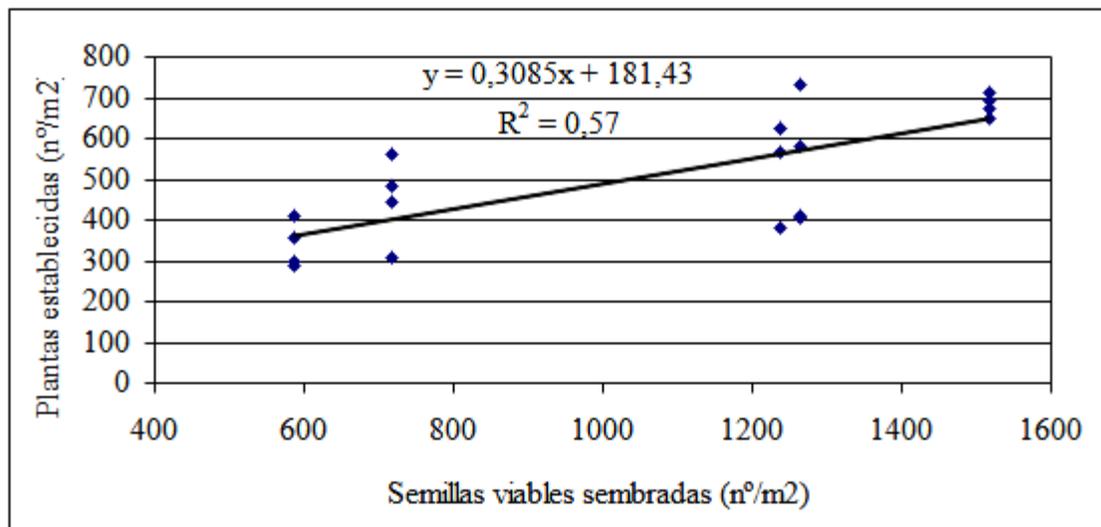
Trat	Mezcla	N° semillas viables/ m ²					N° plantas establecidas/m ²				
		Gram	TB	L	Alf	Total	Gram	TB	L	Alf	Total
1	Ph+TB+L	562,5	230,8	444,4	-	1238	251,9	55,6	242,5	-	550
	%	45%	19%	36%	-	100%	46%	10%	44%	-	100%
2	Fes+TB+L	588,2	230,8	444,4	-	1263	243,1	74,4	213,1	-	530,6
	%	47%	18%	35%	-	100%	46%	14%	40%	-	100%
3	Dac+TB+L	843,4	230,8	444,4	-	1519	356,9	83,8	241,3	-	681,9
	%	56%	15%	29%	-	100%	52%	12%	35%	-	100%
4	Fes+Alf	320,9	-	-	266,1	587	109,4	-	-	227,5	336,9
	%	55%	-	-	45%	100%	32%	-	-	68%	100%
5	Dac+Alf	460,0	-	-	257,3	717,3	227,5	-	-	222,5	450
	%	64%	-	-	36%	100%	51%	-	-	49%	100%
6	Br+Alf+TB	602,4	230,8	-	266,1	1099	33,1	44,4	-	192,5	270
	%	55%	21%	-	24%	100%	12%	16%	-	71%	100%

En el caso de las gramíneas, los tratamientos con trébol blanco y lotus presentaron una menor variación en la proporción de plantas establecidas, ya que se mantuvieron en torno a los valores para el número de semillas viables sembradas/m². Por ejemplo, para el caso del tratamiento dos, la proporción de plantas de festuca en la mezcla fue de 46% cuando el valor inicial era de 47%. Quiere decir que la especie mantuvo la proporción original en la mezcla. En cambio en el tratamiento 4, ésta gramínea pasó de contribuir un 55 % de semillas en la siembra, al 32 % de plantas establecidas.

En el caso de las mezclas con alfalfa las tres gramíneas evaluadas redujeron su proporción, lo que implicó una competencia a favor de la leguminosa que hizo aumentar su importancia en la mezcla luego del periodo de implantación.

El trébol blanco presenta un bajo vigor inicial, lo que se traduce en una baja producción en los primeros momentos además de presentar problemas de implantación en praderas asociadas con especies más agresivas, como cereales o verdeos invernales.

Figura 4.5: Relación entre el número total de semillas viables sembradas y número total de plantas establecidas por tratamientos.



Para analizar la relación entre el número total de semillas viables sembradas y el de las plantas establecidas, se excluyó el tratamiento seis dada la deficiente implantación del bromus. Se ajustó una ecuación lineal con un $R^2 = 0.57$, lo que demostró que existe relación entre ambas variables (figura 4.5). Este comportamiento es previsible ya que al incrementar el número de semillas sembradas la probabilidad de tener más plántulas establecidas es mayor para el rango de semillas viables sembradas en este ensayo,

Gramíneas

El cuadro 3.5 muestra que la implantación de las gramíneas de los tratamientos 1, 3 y 5 fueron estadísticamente superiores al resto, con el dactylis comportándose de forma similar independientemente de la leguminosa acompañante. Los valores

registrados para las especies confirman que en el proceso de implantación ocurren muchas pérdidas de plantas tornándolo ineficiente, ya que en el presente experimento no se lograron registros de más del 50%.

Bromus fue la única especie que presentó diferencias estadísticamente significativas con el resto de las gramíneas, registrando un valor máximo de 7.0% de implantación. La razón de este comportamiento pudo haber sido porque se trataba de semilla vieja o tal vez por que ésta no había cumplido los requerimientos de frío para la germinación.

Cuadro 4.5: Porcentaje de implantación en gramíneas por tratamientos.

Tratamiento	Especie	% Implantación	Tukey (10%)
1	Falaris	44,8	ab
2	Festuca	41,3	bc
3	Dactylis	42,3	abc
4	Festuca	34,0	c
5	Dactylis	49,5	a
6	Bromus	5,5	d
Promedio	Gramínea	36,2	

Para la festuca la implantación promedio fue de 38%, comportándose mejor en asociación con trébol blanco y lotus que con alfalfa. A pesar de la menor densidad en los tratamientos con alfalfa, la población sembrada en la hilera fue la misma para ambos tratamientos (dos y cuatro), por lo que la competencia en la hilera de la gramínea fue similar.

Esta gramínea tiene una lenta implantación a causa de su poco vigor inicial y puede ser perjudicada por especies más agresivas (Carámbula, 1977). A pesar de no haber diferencias significativas, esto podría explicar la tendencia obtenida en la diferencia en los resultados de establecimiento, más aún si se toma en cuenta que la alfalfa presentó un valor de 81% de implantación en el tratamiento cuatro.

Las otras dos gramíneas de origen mediterráneo mostraron un mejor comportamiento durante esta etapa. Según García (1995), *dactylis* presenta una implantación más rápida que *festuca*, lo que coincide con los resultados obtenidos a los 50 días post siembra (cuadro 4.5); por su parte Carámbula (1977), afirma que *falaris* tiene un crecimiento inicial más rápido que *festuca*.

Leguminosas

Las leguminosas presentaron en promedio 49,8% de implantación, ubicándose un 37% por encima del promedio general de las gramíneas. Esto refleja una ventaja inicial de esta familia en las primeras etapas del desarrollo de las pasturas mezclas. Dado el bajo desempeño de *bromus*, si se lo excluye del análisis, la diferencia entre las fracciones es solamente 17,5%. Según Muslera *et al.* (1984), dicha aptitud se debe a que las semillas de las leguminosas absorben más agua en la germinación y también lo hacen más rápidamente, por lo que su proceso germinativo total suele ser más rápido.

El mayor establecimiento de las leguminosas determina que haya un cambio en la proporción de la pastura luego de establecida con respecto a lo sembrado. Es decir, se da un cambio en la importancia relativa deseada de cada fracción como se observa en el cuadro 4.4.

La alfalfa fue la especie que mostró la mejor implantación, aunque con grandes rangos de variación, coincidiendo con su precocidad y alto vigor inicial (Formoso 2000). Como se observa en el cuadro 4.6, el porcentaje de establecimiento promedio para la especie fue de 67%, lo que la ubica un 66% por encima del promedio general del ensayo. El menor valor registrado por ésta especie (58,6%) superó la mejor implantación del resto, lo que ayudó a un marcado incremento en la fracción de la mezcla. No se

registraron diferencias de comportamiento entre cultivares de alfalfa (E. Chaná y E. Crioula).

Por su lado tanto el trébol blanco como el lotus, no mostraron diferencias significativas en el porcentaje de establecimiento entre las diferentes mezclas de las que formaban parte. Para el caso del trébol, la implantación promedio de los tratamientos combinados con lotus (tratamientos 1, 2 y 3) fue de 31% mientras que lotus alcanzó un valor promedio de 52%, lo que equivale a 69% más.

Cuadro 4.6: Porcentaje de implantación para las leguminosas según tratamiento.

	Tratamiento	% Implantación
Alfalfa	4	81,1
	5	61,0
	6	58,6
	<i>Promedio</i>	66,9
Trébol blanco	1	24,1
	2	32,2
	3	36,3
	6	19,2
	<i>Promedio</i>	28,0
Lotus	1	54,7
	2	47,9
	3	54,4
	<i>Promedio</i>	52,3

ns

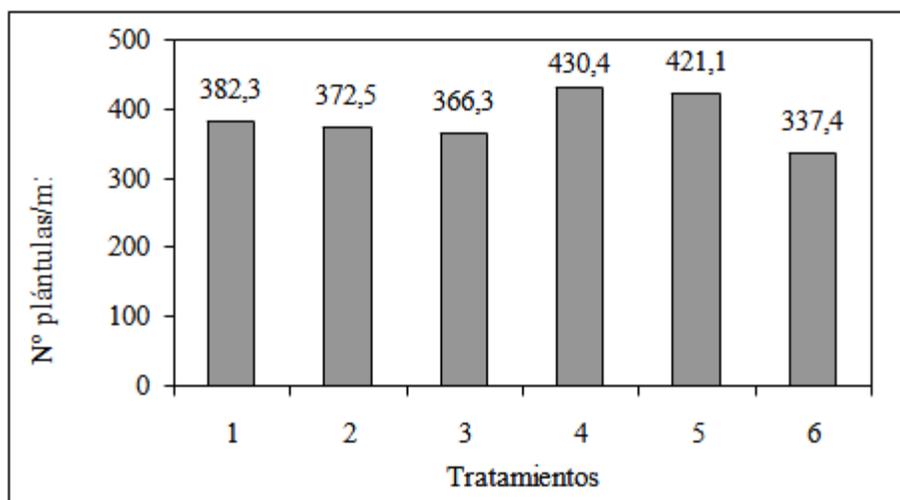
El menor porcentaje de implantación registrado en trébol blanco fue en el tratamiento seis, en el cual la alfalfa presentó la mayor relación parte aérea raíz (cuadro 4.11)

Malezas

En la figura 4.6, se observa que para todos los tratamientos la población de malezas fue elevada y sin diferencias significativas, por lo que esta variable tuvo un comportamiento similar en todas las mezclas.

Aunque el banco de semillas sea importante, a causa del control químico aplicado, la incidencia al primer corte de esta fracción representó solamente el 5% del total de materia seca cosechado (cuadro 4.15).

Figura 4.6: Número de plántulas de malezas por m² a los 50 dps (ns).



VIGOR

El vigor se utiliza para determinar la velocidad de crecimiento de las plántulas, lo que tendrá incidencia fundamental en el balance posterior entre especies de la pastura (Carámbula, 1977), y en el rendimiento al primer corte. Existen dos maneras de expresarlo, ya sea mediante el número y estado de las unidades morfológicas (por

ejemplo número de macollos, tallos o estolones) o por la relación del peso seco entre la parte aérea y la raíz.

Vigor en número de unidades morfológicas

A los 83 dps se realizaron las medidas de vigor, registrándose además una altura promedio de las especies de 6.6 cm y una cobertura de suelo de 65%. Los anexos 3 y 4 muestran los valores para todas las especies.

Gramíneas

Las gramíneas no difirieron en la cantidad de macollos por planta ni en la cantidad de hojas en expansión. Sin embargo, existieron diferencias en el resto de las fracciones estudiadas. Cuadro 4.7.

Cuadro 4.7: Estado de desarrollo de plantas de gramíneas según número de unidades morfológicas a los 83 dps (ver referencias de abreviaturas en página IV).

	Trat.	Mac./pl.	H.C.E.	H.E.E.	H.T.	H./Mac.
Falaris	1	3,4	6,9 bc	3,9	10,7 b	3,4 ab
Festuca	2	3,9	7,3 bc	4,3	11,6 ab	3,1 ab
Dactylis	3	2,9	6,9 bc	4,3	11,1 b	4,2 a
Festuca	4	4,1	7,6 b	5,0	12,4 ab	2,5 b
Dactylis	5	4,2	10,9 a	5,9	16,8 a	4,1 a
Bromus	6	2,5 ns	4,0 c	3,8 ns	7,8 b	3,4 ab

Valores dentro de cada columna con distinta letra difieren estadísticamente (P<0.10)

La festuca fue la que presentó los menores valores de hojas por macollo, llegando a 33% y 18% menos que dactylis y falaris respectivamente. Esto concuerda con

los datos antes mencionados respecto al bajo porcentaje de implantación obtenido a los 50 días post siembra.

El tratamiento que asocia *dactylis* con alfalfa fue el que permitió expresar la mayor diferencia en vigor con las demás gramíneas, no solo porque presentó mayor cantidad de hojas sino que además el 65% de éstas, se encontraban completamente expandidas. García (1995), sostiene que debido a su porte erecto y floración tardía, esta gramínea es la que mejor se asocia con alfalfa.

Según Carámbula (1977), *falaris* presenta un vigor intermedio entre *dactylis* y *festuca* coincidiendo con los resultados obtenidos en este estudio.

Aunque *Bromus auleticus* presentó igual número de hojas por macollo e igual número de macollos por planta que las demás gramíneas, el número de hojas completamente expandidas fue menor. Esta característica podría ser indicativa de una menor tasa de aparición de hojas en comparación al resto.

Leguminosas

Para trébol blanco, no existieron diferencias significativas entre los tratamientos en ninguna de las variables estudiadas, por lo tanto el método de siembra en este ensayo no modificó el vigor del trébol blanco. Se debe tener en cuenta que en el tratamiento seis, el trébol blanco fue sembrado en la línea con la alfalfa. (Cuadro 4.8).

Cuadro 4.8: Desarrollo de plantas de trébol blanco según número de unidades morfológicas a los 83 dps (ns).

Tratamiento	N° tallos/pl	H.C.E.	H.E.E.	H.T.
1	1.2	5.1	4.7	9.8
2	1.9	5.7	5.1	10.8
3	1.0	4.6	3.5	8.1
6	1.0	4.5	4.0	8.5

En el caso de trébol blanco, como se observa en el cuadro 4.8, no se registraron diferencias entre los tratamientos. Esto significó que el estado de desarrollo aéreo en todos los tratamientos que integró esta especie no fue de una desigualdad tal como para que se manifestaran diferencias en la habilidad competitiva, en función de las especies acompañantes. Por otro lado, ni festuca ni dactylis se vieron afectadas en características tales como el N° mac/pl y N° hojas/mac por estar asociadas o a trébol blanco y lotus o a alfalfa. (Cuadro 4.7)

Cuadro 4.9: Número de tallos de alfalfa y lotus según tratamiento a los 83 dps (ns).

	Tratamiento	N° Tallos	Promedio
Alfalfa	4	1.97	2.3
	5	2.43	
	6	2.50	
Lotus	1	4.75	4.9
	2	5.12	
	3	4.70	

Se observó que lotus presentó un mayor número de tallos por planta que alfalfa, sin embargo éstos fueron de menor peso (cuadros 4.9 y 4.10). Lo anterior reflejó una diferencia en el patrón de crecimiento entre ambas especies, donde la primera desarrolló más cantidad de tallos mientras que la segunda incrementó el tamaño de los ya existentes. Este comportamiento indicó una estrategia diferente de competencia durante la primera etapa de la pastura, en donde lotus cubrió más rápidamente el suelo a través de un mayor número de tallos por planta, mientras que alfalfa produjo menos tallos, pero de mayor peso individual.

Vigor de plantas en peso de unidades morfológicas

Cuadro 4.10: Peso seco de parte aérea y raíz por planta según tratamiento (g/planta) a los 83 dps (ver referencias de abreviaturas en página IV).

Trat.	PAG		PAB		PAL		PAA		PRG		PRB		PRL		PRA	
1	0,209	a	0,096		0,096				0,071		0,019		0,021			
2	0,163	ab	0,120		0,115				0,046		0,022		0,026			
3	0,104	b	0,083		0,081				0,048		0,017		0,021			
4	0,210	a					0,108		0,060							0,033
5	0,163	ab					0,141		0,061							0,040
6	0,109	b	0,093				0,169		0,042		0,017					0,040
Prom	0,159		0,098	ns	0,097	ns	0,139	ns	0,055	ns	0,019	ns	0,022	ns	0,038	ns

Valores dentro de cada columna con distinta letra difieren estadísticamente (P<0.10)

Relacionando los cuadros 4.7 y 4.10, se observa que no necesariamente las macollas más pesadas fueron las que tuvieron más hojas. *Dactylis* parece tener una tasa

de aparición de hojas mayor que el resto de las gramíneas y a su vez, este patrón no se modifica con la especie acompañante (ver anexo 5).

El cuadro 4.11 muestra que para el caso de las gramíneas, trébol blanco y lotus, la partición de la materia seca entre la parte aérea y raíz (PA/R) fue similar, independientemente de la mezcla, no registrándose diferencias significativas entre tratamientos dentro de cada especie.

Cuadro 4.11: Relación parte aérea raíz por especie según tratamiento.

	Tratamiento					
	1	2	3	4	5	6
Gramíneas (ns)	3.211	3.621	2.394	3.466	2.631	2.652
Trébol blanco (ns)	5.041	5.483	4.748	-	-	5.060
Lotus (ns)	4.583	4.376	3.936	-	-	-
Alfalfa	-	-	-	3.271 b	3.518 b	4.175 a

Valores dentro de cada fila con distinta letra difieren estadísticamente ($P < 0.10$)

La alfalfa fue la única que mostró un comportamiento diferencial, cuando se asoció con bromus y trébol blanco. Esto sugiere que en las primeras etapas del desarrollo, la planta tiende a priorizar el desarrollo de la parte aérea, lo cual resulta lógico en la medida que será ésta la que intercepte o capture la radiación incidente para utilizarla en la síntesis de carbono.

Desglosando la relación PA/R, se puede realizar un análisis de la partición de nutrientes dentro de la planta. Por un lado, las gramíneas presentaron la menor relación PA/R, pero el peso seco de la planta fue el mayor. En conjunto, las leguminosas presentaron un peso seco radicular 48% menor que las gramíneas, debido seguramente a las diferencias en la arquitectura del sistema radicular ya que en las primeras es pivotante y en las gramíneas es fasciculado.

En el caso de las gramíneas cada macollo posee una o varias raíces pivotantes, mientras que en las leguminosas, salvo las estoloníferas y las rizomatozas, poseen una sola raíz principal ramificada, lo que puede explicar el mayor peso inicial de las raíces en las gramíneas. Además las leguminosas poseen raíces más cortas y menos ramificadas lo que explica el mayor requerimiento en nutrientes (Evans, 1978).

Dentro de la fracción leguminosa, también existen notables diferencias entre las especies. Así, la que presentó el menor tamaño de planta y la mayor relación PA/R fue trébol blanco; esta elevada relación puede estar justificada por el escaso peso de su sistema radicular inicialmente pivotante y de lento crecimiento inicial, lo que hace elevar el indicador.

La alfalfa tuvo un comportamiento más equilibrado (la menor relación) entre las leguminosas, aunque la partición hacia la parte aérea fue elevada. Por lo tanto el valor de la relación PA/R por si solo no indica precocidad.

Estas diferencias en etapas tempranas de desarrollo de la pastura serán claves para el rendimiento al primer corte y su posterior importancia relativa dentro de la mezcla.

Gramíneas

El cuadro 4.12 demuestra que falaris fue la gramínea con mayor crecimiento a los 83 dps ya que mostró los valores de peso seco de parte aérea, macollo y raíz más elevados. Esto concuerda con lo sugerido por Carámbula (1977), que ésta gramínea presenta un crecimiento inicial más rápido que festuca.

La que mostró un estado de desarrollo mayor (número de hojas completamente expandidas) fue *dactylis*, pero registró un peso menor de cada una de dichas unidades (macollos). Cuadro 4.7.

Cuadro 4.12: Peso seco de parte aérea y de raíz en gramíneas a los 83 dps.

Especie	Peso seco parte aérea		Peso seco por macollo		Peso seco raíces	
	mg / planta	Relativo (%)	mg / macollo	Relativo (%)	mg / planta	Relativo (%)
Falaris	209.0	100	61,47	100	71.0	100
Festuca	186.5	89	46,51	76	53.0	75
Dactylis	133.5	64	37,34	61	55.0	77
Bromus	109.0	52	43,52	71	42.0	59

Lo anterior evidencia que cada una de estas especies tiene un patrón de crecimiento diferente, dónde *falaris* prioriza el crecimiento de las unidades morfológicas ya formadas, mientras que *dactylis* el aumento en número de éstas. *Festuca* mostró un comportamiento promedio entre dichas especies.

Bromus no mostró diferencia en la relación PA/R con el resto de las gramíneas, sin embargo fue la que presentó el menor tamaño y estado de desarrollo (cuadros 4.7, 4.11 y 4.12). En otras palabras, a pesar de ser una planta de lento crecimiento, presenta una equilibrada partición de materia seca.

Leguminosas

Cuadro 4.13: Peso seco de parte aérea y de raíz en leguminosas a los 83 dps.

Especie	Peso seco parte aérea		Peso seco por tallo		Peso seco raíces	
	mg / planta	Relativo (%)	mg / tallo	Relativo (%)	mg / planta	Relativo (%)
Alfalfa	139.3	100	60.16	75	38.0	100
TB	98.0	71	79.79	100	19.0	50
Lotus	97.0	70	19.97	25	22.0	58

Para el caso de trébol blanco, se observó que a pesar de presentar un peso de parte aérea similar al lotus, el peso por tallo fue cuatro veces mayor. Al relacionarlo con la implantación, se observa que el comportamiento se revierte, ya que el lotus obtuvo mejor performance que el trébol blanco en el establecimiento (cuadro 4.4).

Al igual que la estrategia de la alfalfa, el trébol blanco a diferencia del lotus desarrolló más el peso individual de cada tallo en lugar de la cantidad. Por lo tanto teniendo en cuenta el vigor en número, el lotus es más vigoroso mientras que si se toma como criterio el peso, el comportamiento se revierte. Esto tendrá repercusiones claves en el rendimiento al primer corte (cuadro 4.15).

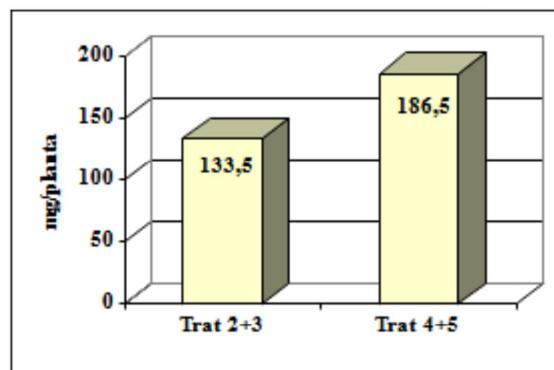
En la mezcla con *Bromus auleticus*, la alfalfa se sembró en la misma hilera con trébol blanco y fue donde mostró el mayor vigor inicial. Esto pudo haber influido en el comportamiento de esta especie, modificando su partición de nutrientes destinando más hacia la parte aérea.

La adición de otras especies forrajeras siempre significa competencia agregada a la intra-específica, sin embargo trébol blanco tuvo la misma relación PA/R e igual peso seco cuando se asoció a alfalfa en la misma hilera, que cuando se sembró al voleo con lotus (Cuadros 4.10 y 4.11).

Al relacionar los resultados de trébol blanco con los de lotus, se observa que ambas especies presentan un similar peso de parte aérea, no manteniendo esta equidad en el peso de las raíces. Aunque la diferencia en peso de raíz no es de gran magnitud, se comienza a notar un mayor peso de las raíces del lotus lo que sostiene la mayor relación PA/R del trébol blanco. Esta diferencia parece lógica, ya que por su morfología, lotus va a desarrollar un sistema pivotante permanente, mientras que el de trébol blanco es transitorio (planta madre).

Al comparar las mezclas de festuca y dactylis con trébol blanco y lotus contra las mismas gramíneas pero en asociación con alfalfa, se observó que existieron diferencias significativas al presentar mayor peso de parte aérea cuando se sembraron con esta última. Esto se pudo haber dado ya que estaban bajo la competencia de una leguminosa más agresiva lo que las obligó a ganar altura para interceptar más luz, aumentando así su proporción de parte aérea (cuadro 4.14 y figura 4.6a).

Figura 4.6a: Peso seco promedio de parte aérea de festuca y dactylis con diferente leguminosa acompañante.



Según lo expuesto en el cuadro 4.14, el peso de la parte aérea de las gramíneas asociadas con alfalfa fue mayor al de las sembradas con trébol blanco y lotus. Recordar que la densidad de siembra de gramíneas en el tratamiento cuatro y cinco fue 45% menor a los tratamientos dos y tres respectivamente, aunque la densidad dentro de la hilera fue la misma.

Cuadro 4.14: Contraste de parte aérea y raíz para festuca y dactylis.

Contraste	Estimador (g/pl)	Pr > t
Peso seco parte aérea gramínea	-0.053	0.035 *
Peso seco parte raíz gramínea	-0.014	0.197 ns

Dado lo anterior, se concluye que la distribución espacial de las leguminosas modifica el peso seco de parte aérea de la gramínea acompañante.

RENDIMIENTO

Rendimiento al primer corte

El primer corte de la pastura se realizó a los 105 dps, luego que se consideró que se habían establecido las plantas, y que la cobertura del suelo (90%) y altura de las especies sembradas (17.6 cm), lo justificaba (ver anexo 6). La altura de corte fue de 6 cm, por lo tanto, todo el material cosechado se consideró como efectivamente disponible para el consumo animal.

El cuadro 4.15 resume la información de la producción total de materia seca al primer corte para cada tratamiento y para cada fracción. La mezcla compuesta por dactylis, trébol blanco y lotus fue la más productiva al primer corte, siendo las mezclas cuatro y seis las que rindieron menos.

Cuadro 4.15: Rendimiento total y por fracción al primer corte en kg.ha⁻¹ MS.

Trat	Total	Pastura	Gramínea	Trébol	Lotus	Alfalfa	Malezas	E.Esp
1	1434,8 ab	1311,4 ab	447,6 ab	208,5	655,2	-	11,4 b	111,9
2	1432,6 ab	1166,9 ab	267,6 bc	259,8	639,4	-	130,8 a	134,8
3	1685,8 a	1539,9 a	774,3 a	239,7	525,8	-	50,1 ab	36,3
4	1190,2 b	956,1 b	294,4 bc	-	-	661,6	81,2 ab	152,9
5	1275,4 ab	1033,2 ab	485,4 ab	-	-	547,8	41,4 ab	200,7
6	1019,2 b	857,5 b	16,5 c	237,3	-	603,7	80,1 ab	81,6
Prom	1340	1144	381	236 ns	607 ns	604 ns	66	120 ns

Valores dentro de cada columna con distinta letra difieren estadísticamente (P<0.10)

En el caso del rendimiento de la fracción pastura (especies sembradas), debido al escaso aporte de las malezas y especies espontáneas, se cumple el mismo patrón que para rendimiento total, siendo la mezcla de dactylis, trébol blanco y lotus la que mantuvo la mayor producción.

Por ejemplo en la mezcla número tres, el dactylis produjo más del doble (102%) que el promedio de las gramíneas. Para el caso del bromus, su rendimiento solamente alcanzó 16,5 kg.ha⁻¹ MS, lo que representa un 4,3 % del valor medio del resto de las gramíneas. Si se excluye del análisis al tratamiento seis, el promedio de la fracción gramínea asciende a 453,8 kg.ha⁻¹ MS. El extremadamente bajo rendimiento de *Bromus auleticus* explicó en parte la gran variación en los resultados.

Para una mezcla de falaris, trébol blanco y trébol rojo, Ceriani *et al.* (1989) determinaron un rendimiento al primer corte de 1522 Kg.ha⁻¹, en un período de crecimiento de 176 días. Los mismos autores, pero trabajando con festuca, trébol blanco y trébol rojo, obtuvieron un rendimiento de 1169 kg.ha⁻¹ al primer corte en el mismo período de crecimiento.

Estos datos de rendimiento confirman el excelente desempeño de las mezclas evaluadas en el ensayo, dado que se obtuvo un promedio de rendimiento al primer corte de 1340 kg.ha⁻¹ pero con 71 días menos de crecimiento.

La diferencia más importante en rendimiento fue la obtenida por la mezcla compuesta por dactylis, trébol blanco y lotus, la cual superó en 62% el promedio del forraje producido por las tres mezclas con alfalfa, y en 24% al rendimiento medio de los otros dos tratamientos con gramíneas perennes con trébol blanco y lotus.

Tanto a nivel de la fracción leguminosa como de la fracción especies espontáneas, no existieron diferencias significativas en sus respectivos aportes al rendimiento total al primer corte. Por su parte, el enmalezamiento (principalmente *Ammi* sp. y crucíferas) fue mayor en la mezcla de festuca, trébol blanco y lotus.

Según el anexo 9, existe una relación negativa entre el número de malezas y especies espontáneas establecidas y el rendimiento de la pastura al primer corte ($R^2=0.92$).

Para comparar el aporte de cada especie sembrada de las mezclas, entre el momento de la determinación del vigor y lo producido al primer corte, se estimó el rendimiento a los 83 dps, integrando el número de plantas establecidas (50 dps) de cada especie y el peso seco de macollas (gramíneas) y tallos (leguminosas).

Gramíneas

Esto es una estimación de la diferencia entre el rendimiento calculado indirectamente a través de parámetros medidos en 2 fechas diferentes (50 y 83 dps), en relación con el efectivamente determinado a los 105 dps.

Cuadro 4.16: Estado de desarrollo y estimación de rendimiento disponible para gramíneas a los 83 dps según tratamiento.

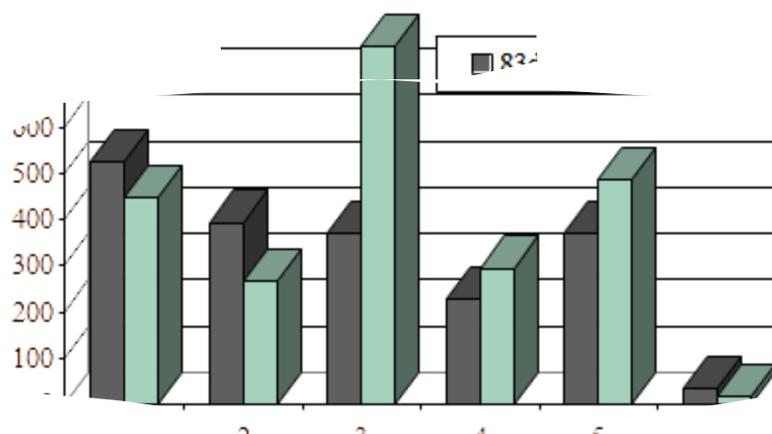
Tratamiento	N° pl / m2 (a los 50 dps)	Peso seco parte aérea (g/planta a los 83 dps)	Rendimiento estimado a los 83 dps (kg.ha⁻¹ MS)
1 – Falaris	251.9	0,209	526.7
2 – Festuca	243.1	0,163	396.3
3 – Dactylis	356.9	0,104	371.5
4 – Festuca	109.4	0,210	229.7
5– Dactylis	227.5	0,163	370.6
6 – Bromus	33,1	0,109	36,08

En la figura 4.7 se observa la evolución del rendimiento estimado a los 83 dps y el obtenido a los 105 días. En el caso del rendimiento a los 83 dps, se tomó en cuenta el peso seco de la planta entera, es decir que el HC representa al perfil total de forraje de la pastura. Sin embargo el primer corte, fue realizado dejando un rastrojo de 6 cm de altura, lo que implicó que una determinada cantidad de forraje no fuera tomada en cuenta en la medición.

Paralelamente, la mayor concentración de MS del forraje acumulado se ubica en los primeros cm desde el nivel de suelo (García, 1995). Por lo tanto, la estimación de lo producido a los 83 dps no puede ser tomado de la producción del primer corte, dadas las diferencias morfológicas entre especies, y por otro lado la variación en la intensidad de la defoliación aplicada.

El aumento en el crecimiento que desarrolló dactylis a partir de los 83 dps fue independiente de la especie acompañante. Teniendo en cuenta que al momento de determinar vigor, la gramínea presentaba el menor peso seco por macollo, pero la mayor cantidad de hojas por macollo (cuadros 4.7 y 4.12), la estrategia de esta especie implicó una tasa de crecimiento elevada a partir de los 83 dps.

Figura 4.7: Comparación del rendimiento del componente gramínea de cada mezcla forrajera estimado a los 83 dps con el determinado al primer corte (105 dps).



Para el caso de dactylis la cantidad de plantas fue menor en la mezcla con alfalfa (cuadro 4.16), que cuando se asoció con trébol blanco y lotus. No obstante, el rendimiento estimado de esta gramínea a los 83 dps fue similar, lo que podría estar explicado por un mayor desarrollo de aquellas plantas asociadas a alfalfa por menor competencia intraespecífica. El comportamiento de festuca demostró una tendencia conforme a la de dactylis, aunque el peso de las plantas no fue suficiente para compensar la diferencia en número de plantas y así igualar el rendimiento.

Leguminosas

Dentro de las leguminosas, las especies que obtuvieron mejor desempeño en el desarrollo inicial de la pastura fueron alfalfa y lotus, debido principalmente a un mayor

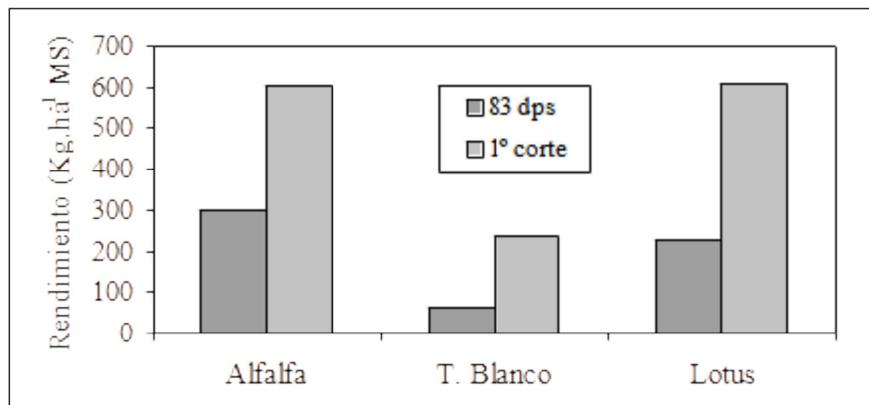
porcentaje de establecimiento y, en el caso de la primera, un mayor peso seco de su biomasa aérea (cuadro 4.17). Lotus y trébol blanco tuvieron similar peso de su biomasa aérea, pero lotus tuvo una mayor población al establecimiento (259%), lo que determinó una estimación de rendimiento superior al de trébol blanco.

Cuadro 4.17: Estado de desarrollo y estimación de rendimiento disponible para leguminosas a los 83 dps.

	Peso Seco biomasa aérea 83dps (g/planta)	Población al establecimiento 50 dps (n°pl/m²)	Rendimiento o estimado (kg.ha⁻¹MS)	% Relativo
Alfalfa	0,139	214,2	298,4	100%
T. Blanco	0,098	64,6	63,3	21%
Lotus	0,097	232,3	225,3	76%

El mayor rendimiento estimado correspondió a alfalfa, debido a que fue la especie con mayor peso seco de la biomasa aérea dado que su población fue similar a lotus.

Figura 4.8: Comparación del rendimiento del componente leguminosa estimado a los 83 dps con el determinado al primer corte (105 dps).

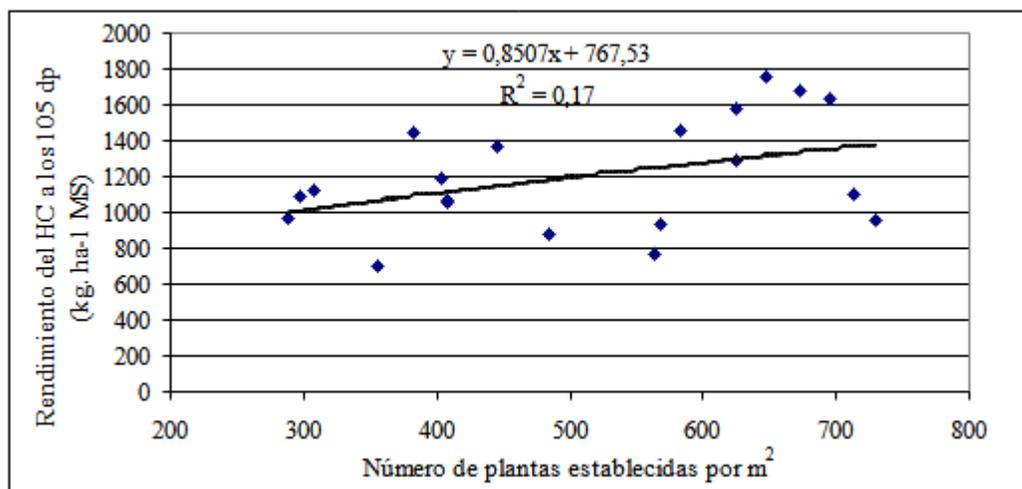


En la figura 4.8 se ilustra la evolución en las leguminosas durante el período comprendido entre el rendimiento estimado a los 83 dps y el primer corte. A diferencia de las gramíneas, todas las especies leguminosas incrementaron su producción de forraje.

Relación gramínea - leguminosa

Relacionando el rendimiento al primer corte con la implantación a los 50 días post siembra, se observa que existe una relación lineal entre ambas variables. Para el rango de valores analizados, la curva que mejor se ajustó fue una ecuación con un $R^2 = 0.17$ (Figura 4.9).

Figura 4.9: Relación entre el número de plantas y el rendimiento de la fracción pastura al primer corte.



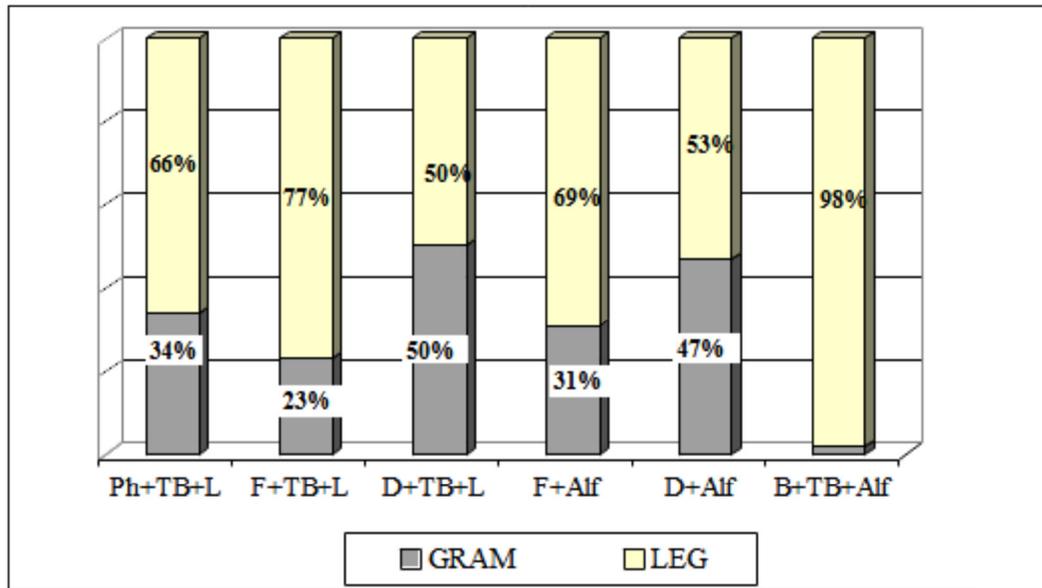
De la figura resulta que la relación entre el número de plantas establecidas y el rendimiento al primer corte es baja ($R^2 = 0.17$). Debido al comportamiento del bromus

en este análisis tampoco se incluyó al tratamiento seis. El rendimiento de forraje determinado al primer corte corresponde al del horizonte de cosecha, lo que también introduce diferencias en función de la morfología de las especies en cuanto a la proporción de la MS total de su biomasa aérea que permanece en el rastrojo (6 cm).

Como muestran los cuadros 4.15 y 4.16, *falaris* y *dactylis* fueron las especies que mostraron tanto mayor establecimiento como mayor rendimiento estimado a los 83 dps y al primer corte. Por otro lado, las gramíneas que registraron los menores porcentajes de establecimiento fueron festuca y bromus, las cuales además presentaron una menor producción de forraje al primer corte, si bien la primera produjo diecisiete veces más forraje que *Bromus auleticus*.

La figura 4.10 ilustra el comportamiento determinado para las fracciones gramínea y leguminosa a los 105 dps, mostrando la última una clara dominancia frente a la primera (69 % de leguminosas vs. 31 % de gramíneas en promedio del ensayo).

Figura 4.10: Relación gramínea / leguminosa en aporte de MS al primer corte.



Esto está relacionado al mejor porcentaje de establecimiento registrado por las leguminosas (37% más que las gramíneas), lo que determinó que su proporción en el rendimiento de la pastura aumentara. Considerando los resultados sobre vigor de las diferentes especies (el peso seco de las gramíneas se ubicó un 38% por encima al de las leguminosas), no se registró un mayor aporte de forraje de las primeras en el primer corte, dada su menor cantidad de plantas establecidas (cuadro 4.10).

La cantidad de semillas viables sembradas de cada especie es el primer factor en determinar la cantidad de forraje que se producirá al primer corte. El porcentaje de establecimiento y la competencia entre la biomasa, son las otras variables que explican el rendimiento inicial de una pastura.

Paralelamente, al afectarse la proporción de especies de la pastura, se está determinando la calidad del forraje ofrecido a los animales, al ser variable el contenido de proteína de cada componente de la mezcla.

Rendimiento acumulado de primer año

El rendimiento acumulado al primer año, resultado de cinco cortes, mostró diferencias con lo registrado al primer corte, ya que las producciones totales de cada mezcla se igualaron, no evidenciando diferencias significativas entre los tratamientos (cuadro 4.18 y anexo 7).

En cuanto a la producción de la fracción pastura del rendimiento total, se mantuvo el mismo resultado, no detectándose diferencias significativas en la producción de forraje para esta fracción.

Las gramíneas en cambio, tuvieron un comportamiento diferente a la producción total y de pastura de las mezclas, obteniéndose diferencias entre las especies. *Dactylis* fue la especie más productiva entre las gramíneas evaluadas, seguida por festuca, falaris y en último lugar, bromus.

Dactylis glomerata, rindió en promedio (tratamientos 3 y 5) 1912 kg.h⁻¹ MS, pero éste rendimiento no fue significativamente diferente del de falaris ni del de festuca cuando se asoció a alfalfa. A pesar de ser iguales, existe una diferencia entre la producción de *dactylis* y el promedio de las otras dos gramíneas del 64 % (1912 vs 1166 kg.h⁻¹ MS respectivamente), lo cual tiene importante repercusión agronómica.

Fue evidente la baja producción de bromus durante el primer año, explicado en parte por su baja implantación y vigor inicial, además de ser una especie que se mostró muy sensible a la competencia de las especies acompañantes en la mezcla.

Cuadro 4.18: Rendimiento total y por fracción durante el primer año (Kg MS/ha).

Trat	Total	Pastura	Gramínea	Trébol	Lotus	Alfalfa	Malezas	E.Esp
1	7703,0	6575,3	1187,8 ab	2961,5 a	2425,9	-	232,9 b	353,4
2	8084,7	6612,9	842,8 bc	2737,0 a	3033,2	-	491,6 ab	323,2
3	7712,7	6300,3	1983,5 a	1872,9 b	2443,9	-	250,1 b	232,6
4	6928,7	5191,5	1143,3 ab	-	-	4048,2	628,1 ab	924,2
5	7675,1	6105,8	1840,8 a	-	-	4264,9	375,1 ab	909,3
6	7977,4	6114,1	33,6 c	1591,3 b	-	4489,2	770,1 a	836,8
Prom	7680 ns	6150 ns	1172	2291	2634 ns	4267 ns	458	597 ns

Valores dentro de cada columna con distinta letra difieren estadísticamente ($P < 0.10$)

En pasturas con mezclas similares (con elevado enmalezamiento), Moliterno (2002) obtuvo rendimientos para el primer año de 2500 kg.ha⁻¹ MS destacando por lo tanto el buen desempeño en la producción de las especies en este ensayo.

Entre las leguminosas, la alfalfa tuvo un rendimiento destacado frente a las demás, causado por la buena implantación de la especie (66.9%, promedio) y su mayor desarrollo inicial (mayor peso de planta y rendimiento estimado a los 83 dps). Además, las condiciones ambientales (precipitaciones y temperatura) durante la primavera y verano fueron muy adecuadas para el desarrollo de las leguminosas, permitiendo a la alfalfa expresar su ventaja genética frente a las demás.

Los tratamientos sembrados con la alfalfa en la hilera, fueron los que registraron el mayor nivel de enmalezamiento, tanto si se consideran las malezas individualmente, como en conjunto con las especies espontáneas. La siembra de especies en la hilera, deja espacios disponibles en el entresurco para el desarrollo de malezas y/o de especies

espontáneas, lo que sucede con menor magnitud en las siembras de leguminosas al voleo, en las cuales la incidencia fue sustancialmente menor.

En el cuadro 4.19 se observa la evolución de la proporción de gramíneas y leguminosas durante el primer año de la pastura. La fracción leguminosa fue la que incrementó su aporte en forraje a lo largo de dicho período, llegando a explicar el 80 % del rendimiento al final del primer año.

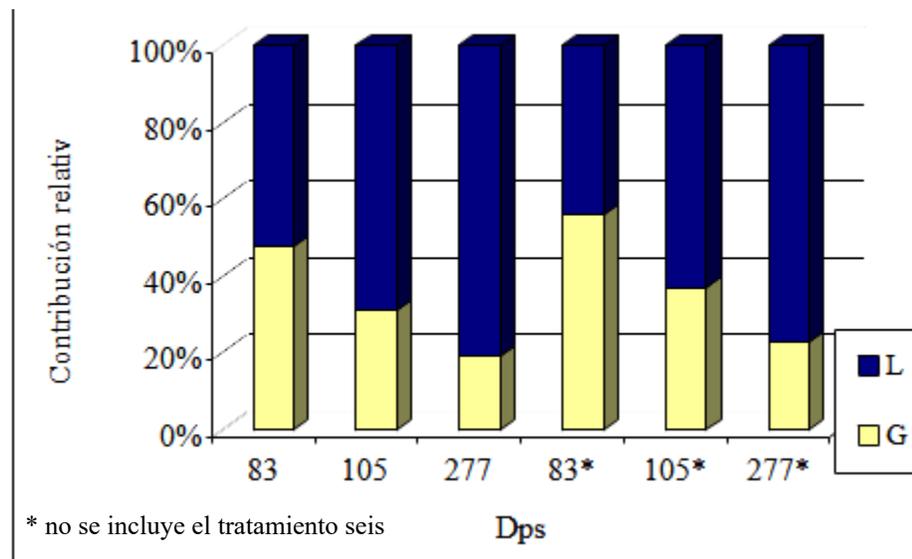
Cuadro 4.19: Porcentaje de contribución de gramíneas y leguminosas al aporte de MS/ha para tres dps durante el primer año de la pastura.

Trat	Dias post siembra					
	83		105		277	
	G	L	G	L	G	L
1	64,8	35,2	34,1	65,9	18,1	81,9
2	54,3	45,7	22,9	77,1	12,7	87,3
3	58,4	41,6	50,3	49,7	31,5	68,5
4	48,3	51,7	30,8	69,2	22,0	78,0
5	54,2	45,8	47,0	53,0	30,1	69,9
6	5,6	94,4	2,0	98,0	0,5	99,5
Promedio	47,6	52,4	31,2	68,8	19,2	80,9
Promedio*	56,0	44,0	37,0	63,0	22,9	77,1

* no se incluye el tratamiento seis

Si se analiza la evolución de la relación gramínea - leguminosa de las mezclas sin incluir al tratamiento seis, se observa como el componente gramínea fue perdiendo proporción en el rendimiento de la pastura. A los 83 dps, más de la mitad del rendimiento era explicado por dicha fracción, finalizando el primer año solamente con el 23% de l forraje cosechado por hectárea (figura 4.11).

Figura 4.11: Proporción de gramínea y leguminosa en aporte de MS/ha para tres dps durante el primer año de la pastura.



Si se integran los cuadros 4.16 y 4.17, las gramíneas presentaron un mayor aporte de materia seca que las leguminosas a los 83 dps, tendencia que se revierte hacia los 105 y 277 dps. Por lo tanto se concluye, que las leguminosas presentaron una mayor tasa de crecimiento primavera - estival que las gramíneas, dado entre otras causas, por las excelentes condiciones ambientales que permitieron la expresión del potencial de las especies. Es decir, aunque las condiciones climáticas favorecieron a todas la fracciones, hay que recordar que dentro de las leguminosas se incluyen lotus y alfalfa que son estivales y por lo tanto responderán mejor que las gramíneas invernales componentes de la mezcla.

El cuadro 4.20 compara la evolución del trébol blanco y el lotus en los tratamientos sembrados al voleo. Se observa como el trébol blanco va aumentando su proporción en la fracción leguminosa durante el primer año de la pastura.

Cuadro 4.20: Porcentaje de trébol blanco y lotus en aporte de forraje de la base leguminosa de mezclas forrajeras para tres dps durante el primer año de la pastura.

Trat	Días post siembra					
	83		105		277	
	TB	L	TB	L	TB	L
1	18,6	81,4	24,0	76,0	55,0	45,0
2	26,7	73,3	29,0	71,0	47,0	53,0
3	26,2	73,8	31,0	69,0	43,0	57,0
Promedio	23,8	76,2	28,0	72,0	48,3	51,7

A los 83 dps, el lotus registró un mayor rendimiento de forraje dado su superioridad en plantas establecidas frente al trébol blanco (cuadro 4.17). A partir del primer corte, las pasturas tuvieron una dinámica de evolución explicada más por las especies que las integran y las condiciones climáticas, que el porcentaje de establecimiento individual de cada especie sembrada.

De este modo, al analizar el porcentaje en el rendimiento acumulado del primer año, el trébol blanco mostró una compensación en el crecimiento que le permitió equiparar los rendimientos entre las leguminosas. Esto se explicó por su hábito de crecimiento rastrero y colonizador, y las buenas condiciones ambientales del período (sobre todo las abundantes precipitaciones (figura 4.2), que le permitieron equilibrar el menor porcentaje de implantación registrado, y así poder alcanzar similar acumulación de MS que el lotus.

Fue importante el manejo relativamente frecuente que se realizó a la pastura durante el primer año, con un total de cinco cortes, aunque la altura de defoliación no fue tan intensa como para comprometer el rebrote de ninguna de las especies sembradas. Sin embargo, este patrón de corte, pudo haber favorecido también a las especies estoloníferas como el trébol blanco, ya que fue la única especie de las sembradas en la cual todas las hojas nuevas se encuentran sombreadas por las más viejas.

El cuadro 4.21 compara el aporte relativo de cada leguminosa en tres momentos del primer año de la pastura.

Cuadro 4.21: Proporción relativa en rendimiento de leguminosas en aporte de MS/ha para tres dps durante el primer año de la pastura.

	Días post siembra		
	83	105	277
Alfalfa	100	99,6	100
Lotus	75	100	61,7
T Blanco	21	38,9	53,7

Se observa, que alfalfa fue la especie que mostró mayor rendimiento durante el primer año de la pastura, seguida por lotus y por último trébol blanco. La precocidad de la alfalfa y las buenas condiciones ambientales del año de siembra, determinaron estos resultados.

El trébol blanco en cambio, se mostró con una baja población y bajo peso unitario, lo que determinó que su aporte de materia seca en las etapas iniciales del desarrollo de la pastura fuera de escasa importancia.

Ya en etapas posteriores a los 50dps, el comportamiento de las pasturas se independizó del número de plantas establecidas, pasando a ser muy importante la capacidad de crecimiento y rebrote de las especies involucradas. Durante este período, el trébol blanco pudo expresar su aporte de forraje, prácticamente igualando al lotus (cuadro 4.20).

DINÁMICA POBLACIONAL ENTRE INICIO Y FINAL DEL OTOÑO DEL SEGUNDO AÑO

Para el estudio de la evolución del número de unidades morfológicas de las especies sembradas, se consideró solamente el número de unidades iniciales y las presentes al final del otoño. Durante el otoño del segundo año, se realizaron diferentes cortes según el manejo durante un mismo período, lo que permitió estudiar el comportamiento de las especies según el manejo aplicado. Es decir que la otra variable incorporada al ensayo fue el momento y frecuencia de corte ya que la altura de corte permaneció constante.

El análisis estadístico no detectó diferencias en el comportamiento de las unidades morfológicas al aplicar dos manejos de defoliación diferentes, salvo en la proporción de gramíneas. En el cuadro 4.22, puede observarse que el comportamiento de las especies fue similar, independientemente del manejo de defoliación aplicado (anexo 8).

Todas las especies salvo alfalfa, aumentaron la población de unidades morfológicas desde comienzos de otoño hacia fines de la estación.

La alfalfa presenta una reducción promedio entre los dos manejos del 14 % en el número tallos en el período otoñal. Esta disminución se puede explicar dado que las variedades utilizadas integran el grupo de alfalfas con reposo invernal corto, lo que endentece el rebrote luego de los cortes otoñales.

Cuadro 4.22: Número y evolución de unidades morfológicas por especie según manejo (nº/m²).

Especie	Gramíneas		Alfalfa		Lotus		T. Blanco	
	A	B	A	B	A	B	A	B
Inicial	376.5	257.7	895.5	964.9	394.7	255.8	512.6	581.1
Final	625.0	447.7	848.0	756.6	592.1	577.5	594.8	726.4
Diferencia	248.5	190.1	-47.5	-208.3	197.4	321.6	82.2	145.3
Tasa	2.76	2.11	-0.53	-2.31	2.19	3.57	0.91	1.61
Proporción	0.89 *	0.78 *	0.24	-0.08	0.81	7.01	0.24	1.26

* ns para todas las fracciones en interacción tratamiento por manejo, excepto para proporción de gramíneas.

Con respecto a las restantes leguminosas y al promedio de los manejos, el lotus a pesar de ser una especie perenne estival, aumentó en 260 tallos/m², mientras que trébol blanco incrementó en 114 su número de estolones/m².

Para las gramíneas también se observó un patrón de macollaje otoñal, representando en este caso un incremento promedio de 0.84 en la proporción del número de macollos por planta para todas las gramíneas.

En el manejo más frecuente se registró un 11% más de macollaje, probablemente explicado por una mayor intensidad y cantidad de luz en la base de las plantas (cuadro 4.22). Al realizar cortes más frecuentes, disminuyó el tiempo durante el cual permanecieron sombreadas, mejorando así la relación rojo – rojo lejano de la radiación incidente, lo cual fue especialmente importante al ir disminuyendo tanto la intensidad de la irradiación como la longitud del fotoperíodo. No obstante, estos resultados podrían haber sido cuantitativamente mejores, ya que un ataque muy intenso de isoca a fines del verano redujo la población de gramíneas en forma importante.

Del análisis estadístico que se muestra en el cuadro 4.23, se desprende que existieron diferencias en la proporción del macollaje de festuca y dactylis al modificar el método de siembra. Cuando éstas se asociaron con alfalfa, se registró un 77,3% más de aumento en los macollos que cuando se sembraron con las leguminosas al voleo. Este comportamiento se explica por la distancia existente entre hileras que favorece la entrada de luz que llega a la base de los tallos de las gramíneas durante las primeras etapas del rebrote de la pastura.

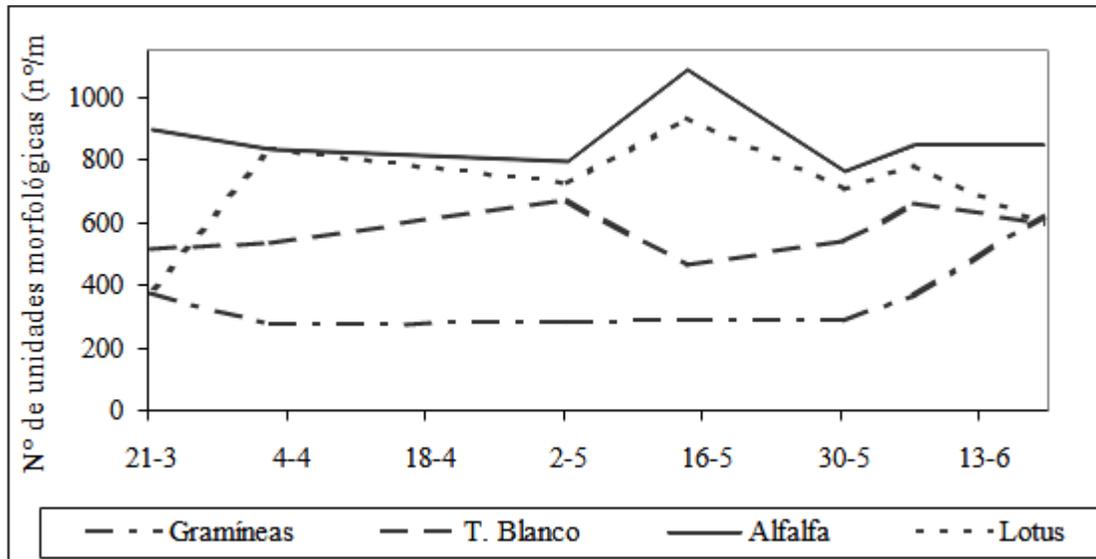
Cuadro 4.23: Contraste de proporción de macollos de gramíneas

Contraste	Estimador (nº/m ²)	Pr > t
Proporción macollos gramíneas	- 0.7726	0.062 *

Durante los 90 días de evaluación se determinaron la cantidad de tallos, estolones o macollos previa y posteriormente de realizar los cortes. Esto permitió visualizar el comportamiento otoñal de la pastura, si bien la escasa diferencia en el número de defoliaciones entre los tratamientos A y B no permitió analizarlos estadísticamente.

Como se observa en la figura 4.12, a pesar de que todas las especies, salvo alfalfa, incrementaron el número de unidades morfológicas, existió una gran variación en el comportamiento durante la fase otoñal.

Figura 4.12: Evolución promedio de unidades morfológicas por especie bajo el manejo A.



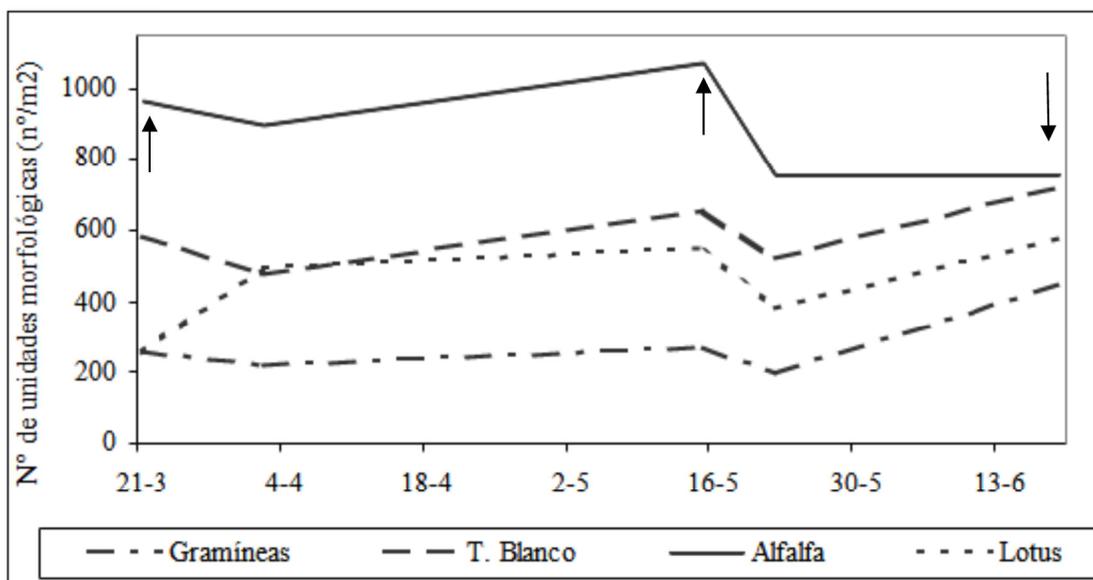
* Las flechas indican los momentos de corte

No fue posible observar un patrón definido en el comportamiento de las especies luego de las defoliaciones. En el primer corte (2 de mayo de 2003), cada especie tuvo un comportamiento diferente, mientras que luego del segundo, todas las especies aumentaron la cantidad de unidades morfológicas.

Aunque estadísticamente no haya diferencias en la cantidad de unidades morfológicas entre los dos manejos de defoliación, el comportamiento de las especies bajo el manejo B fue más uniforme que el obtenido por el manejo A.

En el manejo B, luego del corte (15 de mayo) todas las especies disminuyeron la cantidad de unidades morfológicas, a causa del daño que éste produce sobre ellas. Posteriormente, comienza la recuperación en el crecimiento de la pastura ya que no existe tanta competencia entre las plantas por factores como la luz (Figura 4.13).

Figura 4.13: Evolución promedio de unidades morfológicas por especie bajo el manejo B.



* Las flechas indican los momentos de corte

Se observa que la tasa de aparición de unidades morfológicas es mayor luego del 15 de mayo, excepto para alfalfa. Esto se debe a que durante los meses de marzo, abril y principios de mayo, se registraron precipitaciones excesivas (figura 4.2) que anegaron el suelo, creando condiciones desfavorables para el desarrollo de nuevas estructuras.

Independientemente del manejo, el comportamiento de las gramíneas fue similar y se observó que a partir del mes de mayo comenzó a darse un aumento en el número de tallos, corroborando los resultados citados por Hume *et al.* (1987), que afirman que la densidad de macollos de festuca, falaris y dactylis aumentó desde mayo a julio (figuras 4.12 y 4.13).

5. CONCLUSIONES

La implantación es un proceso ineficiente ya que el promedio de las mezclas evaluadas se ubicó en 46%. La mezcla integrada por dactylis y alfalfa fue la de mejor comportamiento (63%), mientras que la compuesta por bromus, alfalfa y trébol blanco fue la que registró el menor porcentaje de implantación (25%).

La relación entre el número de semillas viables sembradas y el número de plantas establecidas mostró una asociación consistente.

De los resultados registrados se desprende que no hay una sola característica que mejor explique las diferencias en el vigor de las plantas. Teniendo en cuenta el peso de la parte aérea para clasificar las especies, se obtuvo que falaris fue la más vigorosa, seguida de festuca, alfalfa, dactylis, bromus, trébol blanco y lotus.

El análisis de la producción inicial de las mezclas, mostró que el tratamiento tres produjo 70% más que el promedio de los tratamientos cuatro y seis; no difiriendo el resto entre sí.

El rendimiento acumulado al primer año fue similar en todos los tratamientos (6150 kg.ha⁻¹ MS) pero existieron diferencias estadísticas en el comportamiento productivo de las gramíneas. Esta producción se consideró como satisfactoria en la medida que fue lo cosechado por encima de los 6 cm, y es consecuencia de la fertilización, manejo aplicado y las buenas condiciones ambientales. Durante el primer año, las leguminosas pasaron de ocupar el 44% en la proporción de rendimiento inicial, al 80% final.

Se encontró una estrategia de crecimiento diferente para cada especie debido a la capacidad de competir frente a otras. Destacándose alfalfa como la de mejor desarrollo inicial (implantación y vigor) y producción de forraje. Por otro lado bromus mostró un comportamiento totalmente opuesto.

En cuanto a la evolución de las unidades morfológicas durante el otoño del segundo año, todas las especies aumentaron su número de unidades morfológicas, salvo la alfalfa que las redujo. Esto resultó lógico dado que para las especies de ciclo invernal, el otoño es la época de activo macollaje.

6. RESUMEN

La implantación, el vigor inicial y el rendimiento de seis mezclas forrajeras de gramíneas (*Phalaris acquática*, *Festuca arundinacea*, *Dactylis glomerata* y *Bromus auleticus*) y leguminosas (*Trifolium repens*, *Lotus corniculatus* y *Medicago sativa*) perennes fue estudiada a lo largo del año de su siembra. Durante el otoño del segundo año, se incluyó como segunda variable la frecuencia de defoliación a través de dos manejos. La producción acumulada de primer año no difirió entre las mezclas produciendo 6150 kg.ha⁻¹ MS. A los 50 dps se determinó un establecimiento para las mezclas de 46% en promedio. Esto implicó un rango en el número de plantas establecidas por m² entre 270 y 682 (mezcla con bromus, alfalfa y trébol blanco y mezcla con dactylis, trébol blanco y lotus respectivamente). El vigor de las especies fue analizado por varias características entre ellas el peso de la biomasa aérea, en función del cual *Phalaris* y *Festuca* fueron las más vigorosas. Durante el otoño del segundo año se registró un aumento en la proporción de unidades morfológicas de las gramíneas registrando un valor de 0.84. A pesar de no registrarse diferencias en la producción total acumulada de las mezclas, a nivel de las gramíneas *Bromus* mostró una producción de forraje menor al resto.

7. SUMMARY

The establishment, the initial vigour and the herbage yield of six seeding mixtures (*Phalaris aquática*, *Festuca arundinacea*, *Dactylis glomerata*, *Bromus auleticus*, *Trifolium repens*, *Lotus corniculatus* and *Medicago sativa*), was studied during their first year. In autumn of the second year another management variable was included, which consisted in the application of two defoliation frequencies. The total yield of the first year was similar in all pastures and yielded an average 6150 kg.ha⁻¹ DM. 50 days after sowing, the establishment average was 46%. This involved a wide range of values between 270 to 682 plants/m² (*Bromus auleticus*, *Medicago sativa* and *Trifolium repens* and *Dactylis glomerata*, *Trifolium repens* and *Lotus corniculatus* respectively). Vigour was measured by different characteristics, where *Phalaris aquática* and *Festuca arundinacea* had the heighest sward canopy weight. During the fall quarter it was registred a ratio increase in the morphological units in all species, except *Medicago sativa*, where grasses increased 0.84. Despite the absence of a significative effect, legumes yielded more herbage than grasses.

8. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

1. ALLEGRI, M. y FORMOSO, F. 1978. Región Noreste. En: Pasturas IV, MAP CIAAB, Miscelánea 18, Montevideo, Uruguay. pp. 83-110.
2. ASKIN, D.C. 1990. Pastures establishment. In: Pastures. Their ecology and management. Oxford University Press. p. 132-156.
3. BORDOLI, J.M. 1998. Fertilización de pasturas de leguminosas y mezclas de gramíneas y leguminosas. En: Jornada de Fertilización en cultivos y pasturas. INTA Concepción del Uruguay, Entre Ríos.
4. BROUGHAM, R. W. 1956. Effect of intensity of defoliation on regrowth of pasture. Australian Journal of Agricultural Research. 7: 377-387.
5. _____ 1959. The effects of seasons and weather on the growth rate of a ryegrass and clover pasture. New Zealand Journal of Agricultural Research. 2: 283-296.
6. CANGIANO, C. Y ABDELHADI, L. 2002. Manual del Cultivo de Alfalfa. INTA Balcarce. Argentina. 266 pp.
7. CARÁMBULA, M. 1977. Producción y manejo de pasturas sembradas. Libr. Edit. Hemisferio Sur, Montevideo, Uruguay. 464 p.
8. CARÁMBULA, M. 1997. Pasturas Naturales Mejoradas. Libr. Edit. Hemisferio Sur, Montevideo, Uruguay. 524 p.
9. CERIANI, R., MARROIG, O., OHOLEGUY, L. 1989. Productividad y manejo inicial de distintas mezclas forrajeras. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 189 p.
10. CLARKSON, D. T. y WARNER, A. J., 1969. Relationships between root temperature on the transport of ammonium nitrate ions by Italian and perennial ryegrasses (*Lolium multiflorum* and *L. perenne*). Plant Physiology. 64: 557-561.
11. CORSI, W. 1978. Clima. En: Pasturas IV, CIAAB, Miscelánea 18, Montevideo, Uruguay. pp. 255-266.

12. COVAS, G. 1981. *Bromus auleticus*. En: Apuntes para la flora de la Pampa. INTA, Estación exp. De Anguil. pp. 253-256.
13. D.N.M, 2003. <http://www.dnalmeteorologia.gub.uy>
14. DAVIDSON, J. L. y MILTHORPE, F. L., 1966 Leaf Growth in *Dactylis glomerata* following defoliation. *Annals of Botany* 30: 173-184.
15. DÍAZ, J.E. 1995. Estudios sobre la producción de forraje estacional y anual de leguminosas forrajeras. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. Uruguay. 102 p.
16. DIEA, 2003. <http://www.mgap.gub.uy/diea/anuario2003>
17. EVANS, P. S., 1978. Plant root distribution and water use patterns of some pasture and crop species. *New Zealand journal of Agricultural Research* 21: 261-265.
18. FORMOSO, F. 1995. Época de diferenciación floral y alargamiento de entrenudos en *Festuca arundinacea* cv. Estanzuela Tacuabé, *Phalaris aquatica* cv. Estanzuela Urunday y *Dactylis glomerata* cv. INIA LE Oberón. INIA, Montevideo, Uruguay. Serie técnica 59. 15 p.
19. _____ 1996. Bases morfológicas y fisiológicas del manejo de pasturas. En: Producción y manejo de pasturas, INIA, Montevideo, Uruguay. Serie técnica 80. pp. 1-20.
20. _____ 2000. Manejo de la alfalfa para producción de forraje. En: Tecnología en alfalfa. INIA, Montevideo, Uruguay. Bol. Div N° 69. pp. 53-74.
21. _____ y ALLEGRI, M. 1984. Estudio comparativo de gramíneas perennes invernales en suelos arenosos, pesados e hidromórficos. En: Gramíneas perennes en el Noreste. MAP. CIAAB. Montevideo, Uruguay. Miscelánea 56. pp. 1-11.
22. FREIRE, A. y METHOL, M. 1982. Evaluación primaria de *Bromus auleticus*. Tesis Ing. Agr., Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 124 p.
23. GARCÍA, J. 1979. Manejo estival de *Festuca arundinacea*. 2^{da} Reunión técnica Facultad de Agronomía, Noviembre 1979. 13 p.
24. _____ 1995. *Dactylis Glomerata* L. INIA LE Oberón. Boletín de Divulgación N° 49. INIA La Estanzuela, Uruguay. 50 p.

25. _____, REBUFFO, M., FORMOSO, F., 1991. Las Forrajeras de la Estanzuela. Boletín de Divulgación N° 7. INIA La Estanzuela. 15 p.
26. HARLAN, J.R. 1956. Theory and dynamics of grassland agriculture. The Grassland farm series. NY, United States. 281 p.
27. HAYNES, R. J. 1980. Competitive aspects of the grass-legume association. Academic Press, Inc. p. 227-261.
28. HODGSON, J. 1990. Grazing Management. Science into practice. Essex: Longman Scientific & Technical. 203 p..
29. HUME, D. E. y LUCAS, R. J. 1987. Effects of winter cutting management and growth on tillers members of six grass species. In: New Zealand Journal of Experimental Agriculture. (1-15) : 17-22.
30. INASE-INIA, 2002. Resumen de resultados de la evaluación de cultivares de especies forrajeras para el Registro Nacional de Cultivares. (período 1998-2001).
31. LANGER, R.H. 1990. Pastures and pastures plants. Oxford University Press. Oxford, UK. 134 p.
32. McCHULAGH and NELDER, 1983. Generalized Linear Models, Chapman and Hall, London.
33. MCCREE, K. J., 1966. Non- existence of an optimum leaf area index for the production rate of white clover grown under constant conditions. Plant Physiology, 41: 1615-1622.
34. MITCHELL, K.J. 1956. Growth of pasture species under controlled environment: I. Growth at various levels of constant temperature. N.Z. J. Sci. Technol. 38A: 1037–1046.
35. _____ and GLENDAY, A.C. 1958. The tiller population of pastures. New Zealand Journal of Agricultural Research. Res. 3: 305–313.
36. MOLITERNO, E. 2002. Variables básicas que definen el comportamiento productivo de mezclas forrajeras en su primer año. Agrociencia. VI (1): 40-52.
37. MUSLERA, E. y RATERA, C. 1984. Praderas y Forrajes. Ed. Mundi Prensa. Madrid, España. 702 p.

38. OLMOS, F 1997. Efectos climáticos sobre la productividad de pasturas en la región Noreste. INIA, Montevideo, Uruguay. Bol. Div. N° 64. 22 p.
39. _____ 1993. *Bromus auleticus*. INIA, Montevideo, Uruguay. Serie Técnica N° 35. 30 p.
40. _____ 2001. Tecnología para la mejora de la producción de forraje de Brunosoles del Noreste. En: Tecnologías forrajeras para sistemas ganaderos del Uruguay. INIA, Montevideo, Uruguay. Bol. Div N° 76. pp. 123-148.
41. ONG, C.K. 1978. The physiology of tiller death in grasses. 1. The influence of tiller age, size and position. Journal of the British Grassland Society (33) : 197-203.
42. PARSONS, A. J. y 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.
43. REBUFFO, M. 2001. Implantación. En: Tecnología en alfalfa. INIA, Montevideo, Uruguay. Bol. Div N° 69. pp. 29-36.
44. _____ y GARCÍA, J. 1998. Algunos factores importantes en la implantación de la festuca. En: Jornadas forrajeras. Resultados de trabajos presentados. CIAAB. Montevideo, Uruguay. pp. 21-22.
45. ROSENGURTT, B. 1946. Estudios sobre praderas naturales del Uruguay. 5ta contribución. Montevideo, Rosgal. 249 p.
46. TAFERNABERRY, C. y ZANONIANI, R. 1989. Efectos de diferentes regímenes estacionales de defoliación sobre la productividad y persistencia de una mezcla forrajera. I. Productividad del segundo año. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 189 p.
47. VALENTINE, J. F. 1990. Grazing Management. Academic Press, Inc. San Diego California. 533 p.
48. VOISIN, A. 1959. Productividad de la hierba. Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. 552 p.

49. ZANONIANI, R. y DUCAMP, F. 2002. Leguminosas forrajeras en el Uruguay del género Lotus. Paysandú, Uruguay. Repartido de Cátedra de Forrajeras EEMAC, Facultad de Agronomía. 8 p.

9. ANEXOS

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
2.	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1.	CARACTERÍSTICAS DE LAS ESPECIES UTILIZADAS.....	3
2.1.1.	Gramíneas.....	3
	Festuca arundinacea Schreb.....	4
	Dactylis glomerata L.....	6
	Phalaris aquática L.....	8
	Bromus auleticus Trinuis.....	9
2.1.2.	Leguminosas.....	11
	Medicago sativa L.....	14
	Trifolium repens L.....	16
	Lotus corniculatus L.....	17
2.2.	PRODUCTIVIDAD DE LAS MEZCLAS FORRAJERAS.....	19
2.2.1.	Tipo de mezcla y producción.....	19
2.2.2.	Interacciones de los componentes.....	21
	Complementariedad.....	21
	Competencia y balance gramínea/leguminosa.....	22
2.2.3.	Variación estacional.....	23
	Factores ambientales.....	24
2.3.	MANEJO DE LA DEFOLIACIÓN.....	25
2.3.1.	Etapas de crecimiento de una pastura.....	25
2.3.2.	Estacionalidad de la tasa de crecimiento.....	28
2.3.3.	Intensidad.....	29
2.3.4.	Frecuencia.....	30
2.3.5.	Efectos del pastoreo.....	32
2.3.6.	Reservas y rebrote.....	33
2.4.	DINÁMICA POBLACIONAL.....	36
2.4.1.	Efectos de la defoliación.....	38
3.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	41
3.1.	UBICACIÓN Y ANTECEDENTES.....	41
3.2.	DISEÑO EXPERIMENTAL.....	42

3.3.	TRATAMIENTOS.....	43
3.4.	SIEMBRA, FERTILIZACIÓN Y FITOSANITARIOS.....	44
3.5.	DETERMINACIONES.....	45
3.5.1.	Establecimiento.....	45
3.5.2.	Vigor.....	46
3.5.3.	Rendimiento.....	47
3.5.4.	Dinámica de las Unidades Morfológicas.....	48
3.6.	MODELO ESTADÍSTICO.....	49
3.6.1.	Diseño de Bloques Completos al Azar.....	49
3.6.2.	Contrastes.....	50
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	51
4.1.	CARACTERÍSTICAS DEL PERÍODO DE EVALUACIÓN.....	51
4.1.1.	Temperatura.....	51
4.1.2.	Precipitaciones.....	52
4.1.3.	Temperatura del suelo.....	53
4.2.	IMPLANTACIÓN.....	54
4.2.1.	Gramíneas.....	60
4.2.2.	Leguminosas.....	62
4.2.3.	Malezas.....	64
4.3.	VIGOR.....	64
4.3.1.	Vigor en número de unidades morfológicas.....	65
	Gramíneas.....	65
	Leguminosas.....	66
4.3.2.	Vigor de plantas en peso de unidades morfológicas.....	68
	Gramíneas.....	70
	Leguminosas.....	71
4.4.	RENDIMIENTO.....	74
4.4.1.	Rendimiento al primer corte.....	74
	Gramíneas.....	76
	Leguminosas.....	78
	Relación gramínea - leguminosa.....	80
4.4.2.	Rendimiento acumulado de primer año.....	83
4.5.	DINÁMICA POBLACIONAL ENTRE INICIO Y FINAL DEL OTOÑO DEL SEGUNDO AÑO.....	89
5.	CONCLUSIONES.....	94
6.	RESUMEN.....	96
7.	SUMMARY.....	97
8.	BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA.....	98
9.	ANEXOS.....	103

