

UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA DE AGRONOMÍA

**Dinámica vegetacional, rendimiento y composición química de praderas
establecidas en base a especies nativas, naturalizadas y cultivadas**

Tesis presentada como parte de los
requisitos para optar al grado de
Licenciado en Agronomía.

Julio Edgardo Vera Yáñez

VALDIVIA - CHILE

2006

PROFESOR PATROCINANTE:

Ignacio López C.
Ing. Agr., Ph. D.

PROFESORES INFORMANTES:

Oscar Balocchi L.
Ing. Agr., M. Sc., Ph. D.

Vicente Anwandter A.
Ing. Agr., M. Sc.

AGRADECIMIENTOS

Al finalizar esta etapa me gustaría agradecer a todas y cada una de las personas que de una u otra forma colaboró con esta causa llamada tesis. Espero no dejar a nadie fuera, si lo hago mil disculpas.

En primer lugar quiero agradecer a Dios, por permitirme hacer lo que más me gusta en la vida.

Quiero dedicar este logro a mi familia. A mi “viejo”, agrónomo de vocación, a mi “santa” madre, gracias por tu amor incondicional hacia mí y tu gran entereza pese a todo, a mis hermanos Leopoldo, Jorge y especialmente a mi querida hermana Mabel “la meme”, puntal fundamental en la consecución de este objetivo.

Agradezco a mi profesor patrocinante Ignacio López, a Don Oscar Balocchi y Vicente Anwandter por su buena disposición en todo momento.

A mis amigos: en primer lugar a mi “amigo personal” Pablo Sandoval y a su familia (mi familia adoptiva), al tío Héctor y a la tía Virginia, mil gracias por su acogida y afecto desinteresado, de verdad muchas gracias. También agradezco a mi amigo Christian Alvarado por su ayuda logística. A mis amigos Mauricio Moreno, Guido Barría, “negro” Javier, Martín Berrocal, Rubén Alarcón por su ayuda en el establecimiento de las praderas.

Gracias al personal del Laboratorio de Forrajas del Instituto de Producción Animal, en especial a la Sra. Marta, por ayudarme a separar las especies. También a la Sra. Araceli, gracias por su paciencia, ayuda y buena onda.

... Lo importante es no dejar de hacerse preguntas (Albert Einstein).

INDICE DE MATERIAS

Capítulo		Página
1	INTRODUCCION	1
2	REVISION BIBLIOGRAFICA	2
2.1	Praderas naturalizadas del Dominio Húmedo de Chile	2
2.1.1	Composición botánica	2
2.1.2	Tasas de crecimiento neto	2
2.1.3	Rendimiento y distribución	3
2.2	Importancia de la diversidad de especies en la productividad y estabilidad de los sistemas pratenses	4
2.2.1	Hipótesis de la “diversidad-estabilidad”	5
2.2.2	Hipótesis de la “redundancia de especies”	6
2.2.3	Metodología de la “condición de pradera”	7
2.3	Sucesión ecológica	8
2.4	Variables ambientales que afectan la composición botánica	9
3	MATERIAL Y METODO	13
3.1	Ubicación y duración del ensayo	13
3.2	Caracterización del suelo	13
3.3	Caracterización del clima	13
3.3.1	Temperatura	14
3.3.2	Precipitaciones	14
3.3.3	Humedad relativa	14
3.4	Material experimental	15
3.5	Preparación del sitio	15
3.6	Distribución y tamaño de las parcelas	15
3.7	Fertilización	17
3.8	Establecimiento	18

Capítulo		Página
3.9	Variables evaluadas	19
3.9.1	Densidad inicial de plantas	19
3.9.2	Rendimiento de materia seca anual y por corte	19
3.9.3	Tasas de crecimiento	20
3.9.4	Rendimiento y persistencia de las especies establecidas	20
3.9.5	Diversidad de especies y estabilidad pratense	21
3.9.6	Composición química	21
3.9.7	Conformación de grupos de especies pratenses	21
3.10	Diseño experimental y análisis estadístico	22
4	PRESENTACION Y DISCUSION DE RESULTADOS	23
4.1	Densidad inicial de plantas	23
4.2	Rendimiento de materia seca anual y por corte	24
4.3	Rendimiento de materia seca de las especies pratenses	25
4.3.1	Rendimiento de las especies pratenses en el primer corte (diciembre 2002)	25
4.3.2	Rendimiento de las especies pratenses en el segundo corte (marzo 2003)	27
4.3.3	Rendimiento de las especies pratenses en el tercer corte (mayo 2003)	29
4.3.4	Rendimiento de las especies pratenses en el cuarto corte (julio 2003)	31
4.3.5	Rendimiento de las especies pratenses en el quinto corte (septiembre 2003)	33
4.3.6	Rendimiento de las especies pratenses entre septiembre de 2002 y septiembre de 2003	35
4.4	Tasas de crecimiento estacional de las praderas evaluadas	38
4.5	Persistencia de las especies establecidas	40
4.6	Composición nutricional de las praderas evaluadas	42
4.6.1	Composición nutricional de las praderas en el primer corte	42

Capítulo		Página
4.6.2	Composición nutricional de las praderas en el segundo corte	44
4.6.3	Composición nutricional de las praderas en el tercer corte	46
4.6.4	Composición nutricional de las praderas en el cuarto corte	47
4.6.5	Composición nutricional de las praderas en el quinto corte	49
4.7	Curvas de composición nutricional de los tratamientos durante el año de evaluación	51
4.7.1	Evolución del contenido de materia seca	51
4.7.2	Evolución del contenido de energía metabolizable	52
4.7.3	Evolución del contenido de proteína bruta	54
4.7.4	Evolución de la fracción fibrosa	55
4.7.5	Evolución del contenido de cenizas totales	57
4.8	Grupos de especies pratenses según rendimiento anual	58
4.8.1	Producción absoluta y relativa de los grupos de especies	60
4.8.2	Producción acumulada de los tratamientos y aporte de los grupos de especies	64
5	CONCLUSIONES	66
6	RESUMEN	68
	SUMMARY	70
7	BIBLIOGRAFIA	72
	ANEXOS	86

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Resultado del análisis químico de suelo, previo al establecimiento de los tratamientos	14
2	Datos meteorológicos de la ciudad de Valdivia, durante el periodo septiembre de 2002 a agosto de 2003 y promedios históricos	16
3	Distribución de los tratamientos	17
4	Dosis anual de fertilizantes y enmienda calcárea aplicados sobre los tratamientos con fertilización (kg/ha)	18
5	Dosis de semillas utilizadas y sus respectivos porcentajes de germinación en laboratorio	19
6	Densidad inicial de especies pratenses establecidas (plantas/m ²)	23
7	Producción de materia seca (kg/ha) anual y por corte, según tipo de pradera y nivel de fertilización	24
8	Rendimiento de las especies pratenses (kg MS/ha), según tipo de pradera y nivel de fertilización en el primer corte (diciembre 2002)	26
9	Rendimiento de las especies pratenses (kg MS/ha), según tipo de pradera y nivel de fertilización en el segundo corte (marzo 2003)	28
10	Rendimiento de las especies pratenses (kg MS/ha), según tipo de pradera y nivel de fertilización en el tercer corte (mayo 2003)	30
11	Rendimiento de las especies pratenses (kg MS/ha), según tipo de pradera y nivel de fertilización en el cuarto corte (julio 2003)	32
12	Rendimiento de las especies pratenses (kg MS/ha), según tipo de pradera y nivel de fertilización en el quinto corte (septiembre 2003)	34
13	Rendimiento de las especies pratenses (kg MS/ha), según tipo de pradera y nivel de fertilización durante el año de evaluación (septiembre 2002-septiembre 2003)	36

Cuadro		Página
14	Composición nutricional, según tipo de pradera y nivel de fertilización, en el primer corte (diciembre 2002)	43
15	Composición nutricional, según tipo de pradera y nivel de fertilización, en el segundo corte (marzo 2003)	45
16	Composición nutricional, según tipo de pradera y nivel de fertilización, en el tercer corte (mayo 2003)	46
17	Composición nutricional, según tipo de pradera y nivel de fertilización, en el cuarto corte (julio 2003)	48
18	Composición nutricional, según tipo de pradera y nivel de fertilización, en el quinto corte (septiembre 2003)	50

INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Tasas de acumulación estacional de materia seca de los tratamientos	39
2	Persistencia de las especies establecidas en cada tratamiento	41
3	Evolución del contenido de materia seca (%) de los tratamientos, durante el año de evaluación	52
4	Evolución del contenido de energía metabolizable (Mcal/kg) de los tratamientos durante el año de evaluación	53
5	Evolución del contenido de proteína bruta (%) de los tratamientos durante el año de evaluación	54
6	Evolución del contenido de fibra detergente neutro (%) de los tratamientos durante el año de evaluación	56
7	Evolución del contenido de fibra detergente ácido (%) de los tratamientos durante el año de evaluación	56
8	Evolución del contenido de cenizas totales (%) de los tratamientos durante el año de evaluación	57
9	Agrupamiento de especies, según producción anual de materia seca	59
10	Producción absoluta de materia seca (promedio \pm sem) de los grupos de especies en los tratamientos	61
11	Producción relativa de materia seca (promedio \pm sem) de los grupos de especies en los tratamientos	63
12	Producción acumulada de materia seca de los tratamientos y aporte de los grupos de especies	64

INDICE DE ANEXOS

Anexo		Página
1	Evolución de la composición botánica en el tratamiento naturalizada con fertilización	87
2	Evolución de la composición botánica en el tratamiento naturalizada sin fertilización	87
3	Evolución de la composición botánica en el tratamiento naturalizada más pastura con fertilización	88
4	Evolución de la composición botánica en el tratamiento naturalizada más pastura sin fertilización	88
5	Evolución de la composición botánica en el tratamiento pastura con fertilización	89
6	Evolución de la composición botánica en el tratamiento pastura sin fertilización	89
7	Composición botánica (%) según tipo de pradera y nivel de fertilización en el primer corte	90
8	Composición botánica (%) según tipo de pradera y nivel de fertilización en el segundo corte	90
9	Composición botánica (%) según tipo de pradera y nivel de fertilización en el tercer corte	91
10	Composición botánica (%) según tipo de pradera y nivel de fertilización en el cuarto corte	91
11	Composición botánica (%) según tipo de pradera y nivel de fertilización en el quinto corte	92
12	Composición botánica (%) anual, según tipo de pradera y nivel de fertilización	92
13	Producción parcial y total de energía metabolizable (Mcal/ha), obtenida durante el año de evaluación	93

Anexo		Página
14	Producción parcial y total de proteína bruta (kg/ha), obtenida durante el año de evaluación	93
15	Rendimiento de materia seca (kg/ha), obtenido por los tratamientos durante el período de evaluación	94
16	Composición nutricional de los tratamientos durante el período de evaluación	95

1 INTRODUCCION

En la zona sur de Chile las praderas permanentes naturalizadas, representan el recurso forrajero más abundante. Estas praderas, debido a las condiciones edáficas y climáticas imperantes en la zona, están compuestas mayoritariamente por especies nativas y naturalizadas, las que se desarrollan sin necesidad de intervenir fuertemente el ecosistema. Además, dichas praderas, como consecuencia del manejo histórico recibido, se caracterizan por entregar bajas producciones de forraje y presentar una baja capacidad sustentadora. No obstante, se ha demostrado que este tipo de praderas, bien manejadas, pueden llegar a ser ecosistemas altamente estables y productivos (PACHECO, 1997; ORDÓÑEZ, 1998).

Estudios realizados con especies pratenses naturalizadas, bajo las condiciones del sur de Chile, han registrado buenos resultados en cuanto a producción y calidad nutricional de forraje (CUEVAS *et al.*, 1983; SIEBALD *et al.*, 1983; CÁRDENAS, 2002).

Existe evidencia que sugiere la existencia de una relación positiva entre la diversidad de especies de una pradera y la productividad de los sistemas pratenses (REICH *et al.*, 2001; TILMAN *et al.*, 2001; AOKI, 2003; BHATTARAI *et al.*, 2004; HOOPER y DUKES, 2004; LAMBERS *et al.*, 2004; SMYTH y JAMES, 2004). Sin embargo, aún persiste la discusión acerca del rol que cumpliría la diversidad de especies pratenses, en la estabilidad y condición de la pradera (WARDLE y GRIME, 2003; LOREAU, 2004).

El presente trabajo plantea como hipótesis que praderas dominadas por especies naturalizadas competidoras, tendrían una mayor estabilidad y persistencia que praderas compuestas por especies mejoradas genéticamente, pudiendo lograr una producción y calidad nutricional comparable entre ellas.

El objetivo de esta investigación es evaluar el comportamiento de praderas compuestas por especies nativas, naturalizadas y/o mejoradas, bajo condiciones de corte y dos niveles de fertilización, midiendo producción de forraje, tasas de crecimiento, composición nutricional, persistencia y dinámica de la composición botánica.

2 REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1 Praderas naturalizadas del Dominio Húmedo de Chile.

La pradera naturalizada corresponde a una comunidad de plantas, integrada por especies nativas e introducidas que perduran bajo las condiciones del lugar, sirviendo de forraje a los animales (GOIC, 1979).

La superficie de praderas en la Décima Región es de 1.351.352 hectáreas, de las cuales el 50,3% corresponde a praderas naturalizadas, mientras que las artificiales y mejoradas representan el 10,8% y 38,9% de la superficie, respectivamente (BALOCCHI, 1999).

2.1.1 Composición botánica. La pradera naturalizada es una comunidad polifítica dominada fundamentalmente por gramíneas perennes (70% del total de especies pratenses), con una proporción variable de especies de hoja ancha y con una contribución de leguminosas que representa característicamente menos del 5% del rendimiento total anual de la pradera (CUEVAS, 1980; DEMANET y CONTRERAS, 1988; BALOCCHI y LOPEZ, 1996).

Las praderas naturalizadas de los suelos Trumaos, en la Provincia Valdiviana, están dominadas por gramíneas como *Agrostis capillaris* L., *Holcus lanatus* L., *Bromus unioloides* H. B. K. y *Lolium perenne* L. y poseen leguminosas como *Trifolium repens* L., *Lotus uliginosus* Schkuhr. Además, presentan especies como: *Arrhenatherum elatius* ssp. *bulbosus* (Willd). Spencer, *Anthoxanthum odoratum* L., *Dactylis glomerata* L., *Plantago lanceolata* L., *Leontodon nudicaulis* (L.) Banks. Ex lowe., *Taraxacum officinale* Weber, *Hypochoeris radicata* L. y *Ranunculus repens* L. (TEUBER, 1996). También se encuentra formando parte importante de las praderas naturalizadas de la Décima Región *Bromus valdivianus* Phil. (BALOCCHI et al., 2001).

2.1.2 Tasas de crecimiento neto. La pradera en general y cada especie en particular, poseen un crecimiento vegetativo cíclico más o menos activo, alternado con períodos de inactividad a través del año. Este comportamiento varía de acuerdo a

factores climáticos como radiación solar, temperatura y a factores edáficos como humedad disponible y fertilidad (BERNIER, 1988; WHITE *et al.*, 2000).

La pradera naturalizada disminuye su crecimiento de otoño a invierno, para aumentar luego en primavera (BITSCH, 1981). La tasa máxima de crecimiento ocurre en noviembre ($62 \text{ kg MS}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{día}^{-1}$) y la tasa mínima se presenta en julio ($10 \text{ kg MS}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{día}^{-1}$) (PINOCHET, 1999). De igual forma, un estudio en praderas naturalizadas de la zona sur de Chile, registró una tasa máxima de crecimiento de $70,2 \text{ kg MS}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{día}^{-1}$ en noviembre, mientras que la mínima fue de $2,5 \text{ kg MS}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{día}^{-1}$ en junio (CÁRDENAS, 2002).

En invierno el exceso de lluvia y las bajas temperaturas hacen que el crecimiento de las plantas sea mínimo. En primavera, los pastos alcanzan su mayor tasa de crecimiento (entre octubre y noviembre), debido al aumento de la radiación solar y la temperatura y a la menor frecuencia e intensidad de las lluvias. En verano, como resultado del aumento excesivo de la temperatura, sumado a que la precipitación es menor que la evaporación, las tasas de crecimiento alcanzadas son inferiores a las de primavera (BERNIER y TEUBER, 1981).

2.1.3 Rendimiento y distribución. En Osorno, mediciones hechas durante un período de 10 años en praderas naturalizadas, con y sin fertilización, alcanzaron rendimientos de 12600 y $7000 \text{ kg MS}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$, respectivamente (SIEBALD *et al.*, 1983).

Según SANTAMARÍA y SOTO (1982), una pradera naturalizada sin fertilizar produce $5000 \text{ kg MS}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$, de lo cual el 50% podría ser entregado por especies como *H. lanatus* y *L. uliginosus*.

Se ha reportado que la distribución estacional de la producción de una pradera naturalizada sin fertilizar, en la depresión intermedia de la X Región, es de un 50% en primavera, 27% en verano, 18% en otoño y 5% en invierno (GOIC y MATZNER, 1977). Resultados similares lograron CUEVAS *et al.* (1983), quienes en una pradera natural fertilizada de la comuna de Los Lagos, que produjo en promedio $8800 \text{ kg MS}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$,

obtuvieron un 48,9% de la producción en primavera, 26,1% en verano, 19,7% en otoño y 5,3% en invierno.

2.2 Importancia de la diversidad de especies en la productividad y estabilidad de los sistemas pratenses.

El término biodiversidad ha sido definido como la “variedad, en el aspecto composicional y estructural, de los organismos vivientes (plantas, animales y microorganismos), en los diferentes niveles de la organización biológica”. Pero además, se refiere a los “procesos biológicos naturales que mantienen en funcionamiento a un ecosistema, tanto en el tiempo ecológico inmediato como en su evolución a largo plazo” (SMYTH y JAMES, 2004).

La idea de relacionar la productividad con la diversidad en ecología, fue originada por Charles Darwin, quien notó que donde existía una gran diversidad de especies de plantas, existía también una gran productividad primaria (Darwin, 1859, citado por AOKI, 2003; BHATTARAI *et al.*, 2004). NAEEM *et al.* (1994), evidenció el positivo efecto que poseía la diversidad de plantas en el aumento de la habilidad para fijar CO₂ y para absorber la radiación fotosintéticamente activa y sugirió que el aumento en la diversidad podría incrementar la productividad de las plantas. Lo anterior fue experimentalmente probado por TILMAN *et al.* (1996) en praderas de Minnesota.

Actualmente existen muchos trabajos que afirman y discuten el importante rol que cumple la biodiversidad, manteniendo estable la productividad de los ecosistemas pratenses (TILMAN y DOWNING, 1994; AOKI, 2003; BHATTARAI *et al.*, 2004; HOOPER y DUKES, 2004; LAMBERS *et al.*, 2004). Es así como la productividad de ecosistemas pratenses, aumenta con el incremento en la riqueza de especies (TILMAN *et al.*, 1996; TILMAN *et al.*, 1997; HECTOR *et al.*, 1999; TILMAN *et al.*, 2001; PFISTERER y SCHMID, 2002; van RUIJVEN y BERENDSE, 2003; DIMITRAKOPOULOS y SCHMID, 2004) y se ve afectada negativamente con la extinción o disminución de la diversidad de especies (MILTON *et al.*, 1994; TILMAN y DOWNING, 1994; HECTOR *et al.*, 1999; REICH *et al.*, 2001; TILMAN *et al.*, 2001; SMYTH y JAMES, 2004), iniciando además, procesos de degradación ecosistémica (MILTON *et al.*, 1994; PIEPER, 1994; NAEEM *et al.*, 1994). Existen resultados que

sugieren que una especie pratense, rodeada por competencia interespecífica, se comportaría individualmente de mejor manera que al estar rodeada por individuos de su misma especie (competencia intraespecífica), lo cual produciría un aumento en la producción total de la comunidad, al existir mayor diversidad (PETCHEY, 2000; MOUQUET *et al.*, 2002; DRAKE, 2003; FOX, 2003).

Para intentar explicar el papel funcional de la diversidad de especies dentro del ecosistema pratense, se han propuesto varias hipótesis, dentro de las cuales destacan la hipótesis de la “diversidad-estabilidad” de MacArthur (MACARTHUR, 1955) y la hipótesis de la “redundancia de especies” (WALKER, 1992), la que concibe la existencia de los “grupos funcionales de especies”.

Conjuntamente con las hipótesis, se han creado técnicas tendientes a evaluar el estado de un ecosistema de pradera, mediante el análisis de la composición de especies y de su dinámica a través del tiempo, tal es el caso de la metodología de la “condición de pradera” (DYKSTERHUIS, 1949; NOBLE, 1973; PIEPER, 1994).

No obstante, el reconocimiento de la importancia que la diversidad de especies tiene en la estabilidad y productividad del ecosistema pratense, todavía se mantiene el debate de cuál sería la real influencia de la diversidad sobre la estabilidad del ecosistema, como también la forma de separar los efectos de los grupos funcionales de los causados por una riqueza de especies o si la redundancia funcional es o no compatible con la coexistencia de especies (WARDLE y GRIME, 2003; LOREAU, 2004).

2.2.1 Hipótesis de la “diversidad-estabilidad”. Esta hipótesis sostiene que cuando el número de especies aumenta, en un ecosistema determinado, las comunidades pratenses aumentarán su eficiencia energética (producción neta) y su habilidad para recuperarse de alteraciones ambientales (MACARTHUR, 1955). Lo anterior producto de las diferentes características que poseen las especies pratenses para relacionarse con el ambiente, de tal modo que al aumentar la diversidad de una comunidad pratense, se incrementa de igual forma la habilidad colectiva de los miembros de la población para mantener la abundancia después de una alteración ambiental y tener

una alta probabilidad de que en el ecosistema existan especies que puedan sobrevivir y crecer durante dicha alteración (TILMAN y DOWNING, 1994; JOHNSON *et al.*, 1996; HECTOR *et al.*, 1999; TILMAN, 1999; TILMAN *et al.*, 2001).

Luego de ocurridos los cambios en las variables ambientales, la población de plantas puede alcanzar un nuevo balance interno hipotético entre los elementos que la componen, a través del cambio de especies o sucesión ecológica (ARCHER y SMEINS, 1991; GASTO *et al.*, 1993; PIEPER, 1994; TILMAN y DOWNING, 1994).

De acuerdo con este concepto, la eliminación de algunas especies, incrementa la susceptibilidad del sistema praterense, frente a alteraciones causadas por las perturbaciones hechas sobre el mismo (MACARTHUR, 1955). Esto significa que un ecosistema praterense debiera ser más estable y posiblemente más productivo, mientras mayor sea el número de especies contenidas en él, lo cual se reflejaría en una relación directa entre diversidad de especies y productividad, pudiendo esta última decrecer, cuando el número de especies praterenses disminuye (TILMAN y DOWNING, 1994; JOHNSON *et al.*, 1996; HECTOR *et al.*, 1999; TILMAN, 1999; TILMAN *et al.*, 2001).

2.2.2 Hipótesis de la “redundancia de especies”. Esta hipótesis sostiene que son los “grupos funcionales de especies” los encargados de mantener los procesos ecosistémicos y así conservar la estabilidad y productividad del ecosistema praterense (WALKER, 1992; GITAY y NOBLE, 1997; LYON y SAGERS, 2002). Los grupos funcionales de especies estarían conformados por un conjunto no filogenético de especies que tienen una serie de atributos biológicos en común, que utilizan recursos en forma similar (nutrientes, agua, luz, etc.) y que presentan una respuesta similar frente a cambios en las variables medioambientales (tales como variables climáticas o perturbaciones como el pastoreo, etc.) (WALKER, 1992; JOHNSON *et al.*, 1996; SKARPE, 1996; GITAY y NOBLE, 1997; LAVOREL *et al.*, 1997; DIAZ BARRADAS *et al.*, 1999; DIAZ *et al.*, 1999; STALLINS, 2002).

Además, se sostiene que algunas especies pueden ser prescindibles en la mantención de un ecosistema si alguna de las especies existentes puede tomar el lugar funcional de la especie extinta, en la comunidad ecosistémica. Esto significa que

mientras un grupo funcional determinado esté presente en el ecosistema, éste se mantendrá estable, aún cuando desaparezcan especies contenidas en él (WALKER, 1992). La estabilidad ecosistémica se pierde en la medida que los grupos funcionales van desapareciendo (WALKER, 1992; JOHNSON *et al.*, 1996; GITAY y NOBLE, 1997). De esta forma, la mantención de la estabilidad ecosistémica, en la hipótesis de la redundancia, no está centrada en la presencia de la especie, como en la hipótesis de la “diversidad-estabilidad”, sino que en la presencia de los “grupos funcionales de especies”.

2.2.3 Metodología de la “condición de pradera”. Esta metodología agrupa a las especies de plantas en tres clases: “crecientes”, “decrecientes” e “invasoras”, en relación al 100% de la vegetación existente en un ecosistema (DYKSTERHUIS, 1949; NOBLE, 1973). Las dos primeras categorías corresponden a especies relativamente estables o a comunidades de plantas en clímax, mientras que las “invasoras” no son parte de este clímax, ya que poseen un comportamiento irregular, presentándose principalmente en áreas que han sufrido algún tipo de alteración ambiental (sitios disturbados). Dependiendo del porcentaje en que se encuentren estos grupos de especies en la composición botánica de la pradera, ésta puede ser clasificada en una de las cuatro categorías de condición: excelente, buena, aceptable o pobre (DYKSTERHUIS, 1949). Es así como la condición de pradera representa el estado del ecosistema en un momento particular, expresado como la proporción del máximo absoluto (clímax) (DYKSTERHUIS, 1949; GASTÓ *et al.*, 1993). Dicha condición, puede ser medida como su productividad (cantidad de materia seca) en un momento específico, en relación a la productividad potencial máxima del sitio (NOBLE, 1973; GASTÓ *et al.*, 1993).

En sus inicios la metodología evaluaba el impacto de la carga animal sobre las praderas, a través de la presencia relativa de estos grupos de especies (DYKSTERHUIS, 1949; NOBLE, 1973). Actualmente, esta metodología es usada también para valorar el estado de un sitio específico, considerando la relación suelo pradera (GASTO *et al.*, 1993; PIEPER, 1994).

Se ha planteado que los principios de la metodología de la “condición de pradera” serían complementarios a la hipótesis de la “redundancia de especies”, puesto que los grupos de especies que determinan la condición de la pradera (crecientes, decrecientes e invasoras), corresponderían justamente a “grupos funcionales de especies” (LÓPEZ y VALENTINE, 2003).

2.3 Sucesión ecológica.

Es un proceso por medio del cual la presencia y abundancia de poblaciones residentes en un sitio varían en el tiempo, al ser reemplazadas por otras a través de la colonización o extinción. Este proceso es continuo, posee dirección (mejorante, estable o deteriorante) y es independiente de las estaciones del año (BEGON *et al.*, 1996; WALI, 1999; GASTÓ *et al.*, 2002). Son muchos los factores involucrados en este proceso de reemplazo, pero principalmente ocurre porque el grupo inicial de organismos que habita un área, la modifica de tal forma que con el tiempo ese hábitat se vuelve más favorable para el establecimiento de otras especies (WALI, 1999).

Se habla de sucesión primaria, cuando se inicia en un sitio nunca antes habitado por plantas, por ejemplo inmediatamente después de una glaciación o una actividad volcánica, también puede ocurrir a gran escala en áreas donde alteraciones drásticas del ecosistema pueden crear un nuevo hábitat, que será repoblado a través de procesos naturales. La dinámica de competencia entre plantas por recursos limitados, particularmente nutrientes, agua y luz, son centrales en el concepto de sucesión primaria (Marrs y Bradshaw, 1993, citados por WALI, 1999).

La sucesión secundaria comienza con el establecimiento natural de plantas en un terreno trabajado y abandonado, en áreas donde el fuego intenso produce una mortalidad generalizada de la vegetación existente, o después del sobrepastoreo (WALI, 1999).

2.4 Variables ambientales que afectan la composición botánica.

La magnitud de los cambios en la composición botánica de un ecosistema pratense, obedece a las alteraciones ocurridas en más de un factor. Las variables climáticas, edáficas (físicas y químicas) y el grado de la alteración (labranza, siembra de especies introducidas, presión de pastoreo), afectarían la composición botánica de la pradera, a través del cambio en la dinámica de las especies (ARCHER, 1994; MILTON *et al.*, 1994; PIEPER, 1994; WALI, 1999; GARDEN *et al.*, 2000), como resultado de las interacciones que ocurren a través de las relaciones planta-planta, planta-microorganismos y planta-animal (WALI, 1999).

Muchos son los trabajos que reconocen la existencia de respuestas espaciales y temporales de las comunidades de plantas, frente a alteraciones ambientales (BEGON *et al.*, 1996; GASTÓ *et al.*, 2002; LOREAU, 2004), las cuales serían en el sistema pratense, la causa del cambio de diversidad y abundancia de especies (KOTILUOTO, 1998; WALI, 1999; SMITH *et al.*, 2000; KORB y RANKER, 2001; CALVO *et al.*, 2002; WANG *et al.*, 2002).

Se ha descrito una estrecha relación entre los cambios que ocurren en el suelo a través del tiempo y los que suceden en la composición botánica de la pradera (WHITE *et al.*, 2000; FOLGARAIT *et al.*, 2002; BAER *et al.*, 2003; FALKENGREN-GRERUP y SCHOTTELNDREIER, 2004).

Características físicas del suelo, pueden determinar la presencia y/o abundancia de las especies (WALI, 1999). Así por ejemplo, en una estepa, con una textura fina dominan especies herbáceas, mientras que a texturas medias a arenosas, lo hacen plantas suculentas o arbustivas (DODD *et al.*, 2002). El nivel de compactación del suelo afecta la composición botánica, al disminuir la infiltración de agua-lluvia y al aumentar la dificultad de penetración de las raíces de algunas especies (RUIZ, 1996). Lo anterior se da producto de la disminución del tamaño de poros, lo cual además provoca que exista gran cantidad de humedad en los primeros centímetros de suelo por un largo período de tiempo y hace que sólo algunas especies de raíces finas y que soporten cierto grado de anegamiento, puedan sobrevivir (KADE y WARREN, 2002).

Las propiedades químicas del suelo se relacionan directa o indirectamente con la diversidad y el número de individuos presentes en la pradera (JANSSENS *et al.*, 1998; WALI, 1999; HIROBE *et al.*, 2001). Es así como JANSSENS *et al.* (1998), reportó que entre 50 y 80 ppm de fósforo y entre 150 y 200 de potasio, se encuentra la mayor diversidad de especies (más de 20 especies/100 m²), bajo y sobre lo cual el número de especies decrece. Además, se sostiene que el nitrógeno sería el nutriente más limitante de la diversidad de plantas (JANSSENS *et al.*, 1998; BAER *et al.*, 2003), pero que la disponibilidad de éste se encontraría indirectamente controlada por el nivel de fósforo existente en el suelo, puesto que a mayor contenido de fósforo, mayor cantidad de especies leguminosas y mayor cantidad de nitrógeno fijado desde la atmósfera (JANSSENS *et al.*, 1998; WHITE *et al.*, 2000). Más aún, los bajos niveles de fósforo, serían una limitante para la mineralización de la materia orgánica del suelo, por lo tanto, existiría una menor disponibilidad de nitrógeno (JANSSENS *et al.*, 1998). También se postula que un alto contenido de carbono promueve un incremento de la biomasa microbial del suelo, acrecentando así la inmovilización del nitrógeno y produciendo de esta forma una disminución en la tasa neta de mineralización potencial del mismo, lo cual deriva en la reducción de los niveles de nitrógeno disponible en el suelo (BAER *et al.*, 2003).

El pH del suelo se relaciona positivamente con la diversidad de especies prateras. Con valores de pH entre 5 y 7, crecerían un mayor número de especies, bajo y sobre este rango la densidad y diversidad de especies disminuye, puesto que sólo crecen aquellas especies fisiológicamente tolerantes a la acidez o a la salinidad (EWALD, 2003; SCHUSTER y DIEKMANN, 2003).

Existe evidencia que el pastoreo es un factor que podría provocar cambios en la composición botánica de un sistema pratero (GREENWOOD y MCKENZIE, 2001; ORR *et al.*, 2001; TADDESE *et al.*, 2002; BOER y STAFFORD, 2003). Estos cambios serían en respuesta al daño sufrido principalmente en la parte aérea de las plantas, debido a la continua defoliación (GREENWOOD y MCKENZIE, 2001; FULKERSON y SLACK, 2003), o al daño directo causado por el pisoteo (GREENWOOD y MCKENZIE, 2001).

El aumento en la intensidad del pastoreo podría generar un drástico cambio de especies en la pradera, disminuyendo las especies sensibles al pastoreo e incrementando aquellas que toleran de mejor manera dicha perturbación (GARDEN *et al.*, 2000). Existe un reemplazo de especies perennes por anuales, tendencia natural que ha sido frecuentemente observada (TADDESE *et al.*, 2002; GARDEN *et al.*, 2003).

Se ha despertado un considerable interés por manejar el pastoreo para alterar la composición botánica de praderas nativas hacia una dirección más beneficiosa (DOWLING *et al.*, 1996; KEMP *et al.*, 1996), esto es, posibilitar el incremento de la proporción de especies nativas perennes, deseables en las praderas y hacer disminuir la proporción de aquellas (anuales) menos deseables, para obtener una pradera más estable, persistente y productiva (GARDEN *et al.*, 2000).

Se ha descrito que en animales a pastoreo existe la selectividad (GARCIA *et al.*, 2003; LÓPEZ *et al.*, 2003), lo cual podría llegar a ejercer cierto grado de presión de selección sobre las especies pratenses (ORR *et al.*, 2001; LÓPEZ y VALENTINE, 2003). Las especies seleccionadas podrían ser sobrepastoreadas, por lo que con el tiempo disminuirían su presencia, mientras que las no seleccionadas tendrían la oportunidad de incrementar su presencia en la pradera (LÓPEZ y VALENTINE, 2003).

El sobrepastoreo además trae algunos efectos negativos sobre el suelo, tales como mayor compactación, disminución en el contenido de materia orgánica, menor infiltración de aguas-lluvia y por consiguiente, podría presentarse el fenómeno de erosión en los suelos descubiertos y con pendiente pronunciada (PIEPER, 1994; RUIZ, 1996). Se han reportado efectos que el pastoreo tendría sobre las propiedades físicas del suelo a través del pisoteo (GREENWOOD y MCKENZIE, 2001), en donde se ha visto que la compactación es mucho mayor en sitios fuertemente pastoreados que en aquellos que lo fueron medianamente o que no fueron pastoreados y que la infiltración de agua es mayor en praderas no pastoreadas (TADDESE *et al.*, 2002). El pastoreo intenso afectaría también la cantidad y distribución de las raíces, lo cual ayudaría a provocar el cambio en la composición de especies de la pradera (DAWSON *et al.*, 2000). Es así como el sobrepastoreo produciría una pérdida de especies pratenses y una disminución en el potencial competitivo de estas (Van Auken y Bush, 1989, citados

por PIEPER, 1994). Si a esto agregamos la existencia de un balance negativo de nutrientes, es decir, que la exportación de éstos, como producto, es mayor que las entradas, con el tiempo podría cambiar la composición botánica y disminuir la productividad de la pradera (GARDEN *et al.*, 2003).

Los animales en pastoreo también podrían mejorar ciertas características del suelo, por ejemplo, a través de las deyecciones y orina contribuirían a mejorar en contenido y calidad la materia orgánica y el nivel de nutrientes en ciertos micrositios de la pradera, lo que trae beneficios adicionales, como una aceleración en el reciclaje de minerales y aumento de la porosidad del suelo (RUIZ, 1996; BARZEGAR *et al.*, 2002). Así, el mejoramiento de la condición del suelo de dichos micrositios, trae consigo el aumento de especies competidoras, como son las gramíneas (MUÑOZ y WEAVER, 1999; PINOCHET *et al.*, 2000; ELGERSMA *et al.*, 2000; BAER *et al.*, 2003).

3 MATERIAL Y METODO

3.1 Ubicación y duración del ensayo.

El presente estudio se realizó en la Estación Experimental Santa Rosa, perteneciente a la Universidad Austral de Chile. Este predio está ubicado en la Décima Región, Provincia y Comuna de Valdivia (paralelo 39° 47' 26" latitud sur y meridiano 73° 14' 12" longitud oeste).

La presente tesis corresponde al primer año de una investigación que se inició con el establecimiento del ensayo el 16 de septiembre de 2002 y tuvo una duración de 1 año.

3.2 Caracterización del suelo.

El suelo del sitio del ensayo pertenece a la serie Valdivia, miembro de la familia media, méscica de los Duric Hapludands (Andisol), desarrollado a partir de cenizas volcánicas, de textura superior franca limosa y con buen drenaje (CHILE, CENTRO DE INFORMACIÓN DE RECURSOS NATURALES (CIREN), 2003). Se encuentra a una altura de 12 m.s.n.m., con pendientes que varían entre 1 y 5%, presentando una profundidad promedio de 1,3 m y cuya capacidad de uso potencial es de II y III (NISSEN, 1974).

A principios de septiembre de 2002 se realizó un análisis de suelo del lugar del ensayo, cuyos resultados se muestran en el Cuadro 1.

3.3 Caracterización del clima.

La zona de Valdivia presenta un clima con características muy semejantes al marítimo, debido a que se encuentra rodeada por una hoya hidrográfica, formada por los ríos Cruces y Valdivia (HUBER, 1970).

A continuación se describen algunas de las características más importantes del clima predominante en Valdivia.

3.3.1 Temperatura. Valdivia posee una temperatura promedio anual de 11,98 °C, alcanzando en el mes de enero el valor medio mensual máximo de 16,9 °C y en julio la media mensual mínima de 7,6 °C (HUBER, 1970).

3.3.2 Precipitaciones. La zona de Valdivia presenta una de las más altas pluviometrías del país. HUBER (1970), registró en su estudio un promedio anual de 2372,4 mm de agua caída, precipitaciones que caen en un período de 184 días, principalmente desde abril a septiembre. En tanto, MONTALDO (1983), señala que en Valdivia y sus alrededores, las lluvias fluctúan entre 1800 y 3100 mm anuales, siendo 2500 mm el promedio anual, concentrándose el 60% de éstas entre los meses de abril y agosto.

CUADRO 1 Resultado del análisis químico de suelo, previo al establecimiento de los tratamientos¹.

pH agua	5,6
pH CaCl ₂	4,8
Materia orgánica	14,2
N mineral (ppm N-NO ₃)	15,4
P-olsen (ppm)	20,7
K-intercambiable (ppm)	128
Na-intercambiable (meq/100 gss)	0,05
Ca-intercambiable (meq/100 gss)	1,43
Mg-intercambiable (meq/100 gss)	0,15
Suma bases interc. (meq/100 gss)	1,95
Al-intercambiable (meq/100 gss)	0,3
Saturación de aluminio (%)	13,3

3.3.3 Humedad relativa. En los meses de invierno se presenta una alta humedad relativa, la cual alcanza valores cercanos al 100%, mientras que en verano muestra valores fluctuantes entre 60 y 70%. El promedio anual de humedad relativa es de 78%, siendo la media mensual mínima de 67% en enero y la media mensual máxima de 89% en el mes de junio.

¹ Instituto de Ingeniería Agraria y Suelos, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Austral de Chile. (2002). Servicio de Análisis de Suelos. Comunicación personal.

Las condiciones de temperatura, humedad relativa y pluviometría registradas en la comuna de Valdivia durante el año en que se realizó el ensayo, se presentan en el Cuadro 2.

3.4 Material experimental.

Para desarrollar este experimento se establecieron parcelas polifíticas conformando los siguientes tipos de pradera: pradera naturalizada sembrada (N), formada por *Agrostis capillaris*, *Arrhenatherum elatius* ssp. *bulbosus*, *Bromus valdivianus*, *Holcus lanatus* y *Lotus uliginosus*; mezcla de especies cultivadas (pasturas) sembradas (P), usando *Lolium perenne* cv. Yatsin con *Trifolium repens* cv. Huia; y mezcla de especie nativa más pastura sembrada (N+P), conformada por *B. valdivianus*, *L. perenne* cv. Yatsin y *T. repens* cv. Huia.

3.5 Preparación del sitio.

La preparación del sitio se inició con la eliminación de la cobertura vegetal existente, utilizando el herbicida sistémico no selectivo glifosato (Roundup), en dosis de 2 lt·ha⁻¹. Posteriormente se procedió a arar y rastrear el suelo para preparar una cama de semillas firme y homogénea. Estas labores se realizaron al final del período invernal de 2002.

3.6 Distribución y tamaño de las parcelas.

Este ensayo constó de 3 bloques, cada uno de los cuales contenía todos los tratamientos. En el Cuadro 3 se detalla la distribución y bloqueo de los tratamientos.

Cada parcela medía 7,6 x 3,3 metros, por lo tanto, la superficie total del ensayo (18 parcelas) fue de 450 m².

CUADRO 2 Datos meteorológicos de la ciudad de Valdivia, durante el período septiembre de 2002 a agosto de 2003 y promedios históricos².

Mes	Temp. media del período (°C)	Temp. media Histórica * (°C)	Temp. máx. del período (°C)	Temp. máx. Histórica * (°C)	Temp. mín. del período (°C)	Temp. mín. Histórica * (°C)	Hum. relativa del período (%)	Hum. relativa Histórica * (%)	Precip. del período (mm)	Precip. Histórica * (mm)
Septiembre	9,6	9,6	14,4	14,6	6,5	5,6	86	79	236,7	189,1
Octubre	11,7	11,6	15,9	16,9	7,2	7,0	81	75	504,7	149,7
Noviembre	13,8	13,8	18,3	18,8	8,7	8,7	78	72	287,1	104,5
Diciembre	15,9	15,8	21,2	21,3	9,8	10,4	72	68	111,6	89,1
Enero	16,8	17,0	22,3	22,7	11,1	11,3	71	67	46,0	62,6
Febrero	16,0	16,7	22,6	22,7	10,5	11,0	71	69	31,0	59,3
Marzo	16,6	14,8	23,8	20,7	10,9	9,9	72	75	65,5	83,1
Abril	11,6	12,1	18,1	17,1	7,1	8,1	82	82	124,7	155,8
Mayo	10,1	10,2	14,5	13,7	7,1	7,3	91	88	154,3	338,1
Junio	10,0	8,1	13,0	11,3	7,4	5,7	92	89	559,9	385,4
Julio	7,6	7,7	11,8	11,1	4,9	5,0	91	89	332,5	375,0
Agosto	8,8	8,4	14,0	12,5	4,8	5,2	84	85	226,4	298,4
Prom. anual **	12,4	12,2	17,5	17,0	8,0	7,9	80,9	78,2	223,4	190,8
Total anual	-	-	-	-	-	-	-	-	2680,4	2290,1

* promedio histórico mensual de 43 años. ** promedio histórico anual de 43 años.

² Instituto de Geociencias, Universidad Austral de Chile. (2004). Estación Meteorológica Isla Teja, Valdivia. Comunicación personal.

3.7 Fertilización.

Las praderas fueron manejadas bajo dos niveles de fertilización: con y sin. Con fertilización (CF) para permitir a las especies expresar sus características de producción y calidad sin restricciones de fertilidad. Sin fertilización (SF) para conocer la expresión genética de cada especie bajo una condición de fertilidad de suelo restrictiva. Cabe señalar que en el caso de los tratamientos fertilizados no se pretende determinar una dosis óptima económica, ni tampoco la dosis óptima para el desarrollo de cada especie.

CUADRO 3 Distribución de los tratamientos.

Bloque	Parcela	Nomenclatura	Tratamientos
1	1	N+P / CF	Nativa+pasturas con fertilización
	2	P / SF	Pasturas sin fertilización
	3	N / SF	Naturalizadas sin fertilización
	4	N+P / SF	Nativa+pasturas sin fertilización
	5	P / CF	Pasturas con fertilización
	6	N / CF	Naturalizada con fertilización
2	7	N+P / SF	Nativa+pasturas sin fertilización
	8	N / CF	Naturalizada con fertilización
	9	P / SF	Pasturas sin fertilización
	10	N+P / CF	Nativa+pasturas con fertilización
	11	N / SF	Naturalizadas sin fertilización
	12	P / CF	Pasturas con fertilización
3	13	N / SF	Naturalizadas sin fertilización
	14	P / CF	Pasturas con fertilización
	15	N+P / CF	Nativa+pasturas con fertilización
	16	N / CF	Naturalizada con fertilización
	17	P / SF	Pasturas sin fertilización
	18	N+P / SF	Nativa+pasturas sin fertilización

Las dosis de fertilizantes y enmienda calcárea empleadas en este estudio se presentan en el Cuadro 4. Dichas dosis utilizadas, tanto al momento de la siembra como en la mantención, fueron calculadas según la metodología propuesta por

PINOCHET (1990) y tomando en consideración el análisis de suelo que se presenta en el Cuadro 1.

CUADRO 4 Dosis anual de fertilizantes y enmienda calcárea aplicados sobre los tratamientos con fertilización (kg-ha⁻¹).

Momento aplicación	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	CaCO ₃
Siembra	47	140	47	0	0
Mantenición	133	70	217	140	1800
Total	180	210	264	140	1800
Producto	Nitro doble	SFT	Muriato K	Magnecal	Magnecal

El nitrógeno para mantención se aplicó luego de cada corte, mientras que el fósforo, potasio, magnesio y CaCO₃ de mantención fueron puestos en dosis única y en otoño.

Todos los fertilizantes utilizados al momento de la siembra, correspondieron a aplicaciones localizadas. Todas las aplicaciones de fertilizantes y CaCO₃ de mantención fueron hechas en cobertera y al voleo.

3.8 Establecimiento.

Esta etapa se hizo en forma manual y comenzó con el trazado e hilerado del sitio, dejando una distancia de 18 cm entre hilera. Posteriormente se aplicó y localizó el fertilizante dosificado para cada parcela e hilera. Finalmente se aplicó e incorporó (manualmente), la mezcla de semillas correspondiente a los distintos tratamientos, según parcela e hilera.

Las dosis de siembra, de las especies pratenses utilizadas en este ensayo, fueron calculadas con el propósito que todas las especies forrajeras tuvieran un número de semillas tal, que les permitiera obtener una densidad inicial de plantas potencialmente similar, para lo cual se consideró el tamaño de las semillas (número de semillas por gramo), su pureza y poder germinativo. Las dosis de semillas y sus respectivos porcentajes de germinación, obtenidos del análisis realizado en el

Laboratorio de Forrajeras, Instituto de Producción Animal, Universidad Austral de Chile, se presentan en el Cuadro 5.

CUADRO 5 Dosis de semillas utilizadas y sus respectivos porcentajes de germinación en laboratorio.

Especies	Germinación (%)	Dosis (kg·ha ⁻¹)
<i>Agrostis capillaris</i>	60	5
<i>Holcus lanatus</i>	15	8
<i>Bromus valdivianus</i>	70	30 y 15 *
<i>Lotus uliginosus</i>	65	2
<i>Arrhenatherum elatius</i> ssp. bulbosus	40	30
<i>Lolium perenne</i>	85	30 y 15 **
<i>Trifolium repens</i>	80	5 **

* Dosis utilizada en los tratamientos N y N+P respectivamente. ** Dosis utilizada en tratamientos P y N+P respectivamente.

3.9 Variables evaluadas.

A continuación se describen las variables medidas y las respectivas metodologías utilizadas para ello.

3.9.1 Densidad inicial de plantas. Con el fin de verificar el correcto establecimiento de las especies sembradas en cada tratamiento, se realizó una medición de la densidad de plantas (plantas/m²) en cada una de las parcelas. Esta medición se llevó a cabo en los primeros estados de desarrollo de las especies (8-10 cm de altura), a través de la metodología del cuadrante, lanzando dicho cuadrado (de 20 x 20 cm) cinco veces en cada parcela.

3.9.2 Rendimiento de materia seca anual y por corte. Con ayuda de una máquina segadora de barra de 1,2 m de ancho, se cortaron los 0,5 m perimetrales de cada parcela, para evitar el efecto de borde. Luego, con la misma máquina segadora, en cada parcela, se cortó una franja de longitud variable (debido a la eliminación de los bordes), cada una de las cuales fue medida y registrada. Con la longitud de la franja y el ancho de la barra, se determinó el área del muestreo. Posteriormente, el material

cortado fue recolectado y pesado en una balanza para conocer la producción de materia verde de la franja y extrapolarla a una hectárea. A partir de estos datos y conociendo el contenido de materia seca (MS) de cada una de las parcelas, se pudo determinar el rendimiento de MS ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) por corte y anual, alcanzado por cada uno de los tratamientos.

Para obtener el contenido de MS de cada tratamiento, se extrajeron submuestras de cada una de las parcelas ya cosechadas, las que fueron ingresadas al Laboratorio de Forrajas del Instituto de Producción Animal, en donde fueron secadas en un horno de aire forzado a $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ por un período de 48 horas o hasta que el peso se mantuvo constante.

Todos los tratamientos fueron sometidos a sucesivos cortes con máquina segadora de barra. Los cortes fueron llevados a cabo cada vez que la pastura de *L. perenne* más *T. repens* con fertilización (P/CF), alcanzó una altura de 20 cm. Los cortes se hicieron dejando un rezago de 5 cm de altura. Luego de realizados todos los muestreos, se procedía a efectuar un corte de limpieza y el posterior retiro de toda la materia cosechada.

3.9.3 Tasas de crecimiento. A partir del rendimiento de materia seca por corte, se calcularon las tasas de crecimiento de cada uno de los tratamientos, para cada época del año. Con estos datos se confeccionaron curvas de crecimiento para cada tratamiento durante las cuatro épocas del año.

3.9.4 Rendimiento y persistencia de las especies establecidas. El rendimiento individual de las especies se determinó a través de la composición botánica en porcentaje, de las praderas. Para ello, en cada parcela, se recolectaron cinco muestras al azar dentro de la franja de material cosechado, de las cuales se obtuvo una muestra compuesta y representativa para cada tratamiento.

Las muestras fueron remitidas al Laboratorio de Forrajas del Instituto de Producción Animal de la Universidad Austral de Chile, lugar en que las especies fueron separadas manualmente. Una vez separadas las muestras por especies, éstas fueron

sometidas al secado en un horno de aire forzado a 60 °C por un período de 48 horas o hasta que el peso se mantuvo constante, para así obtener el peso de la MS por especie y total de cada parcela. Con dicha información, se estimó la composición botánica en porcentaje.

Mediante la composición botánica de cada parcela y considerando el rendimiento total de cada tratamiento, se obtuvo el rendimiento de cada especie expresado en kg MS·ha⁻¹. Finalmente, con los valores de composición botánica de las especies establecidas en cada tratamiento, se calculó la persistencia de éstas.

3.9.5 Diversidad de especies y estabilidad pratense. Para analizar la estabilidad de las praderas y los cambios estructurales ocurridos en ellas durante el período de investigación, se analizó la evolución de los tratamientos en el tiempo. A partir del análisis de la composición botánica, se obtuvo la diversidad de especies.

3.9.6 Composición química. Al momento de cada corte, con ayuda de un cuadrante, se tomaron submuestras al azar dentro de la franja de material cortado de cada parcela. Estas muestras fueron analizadas en el Laboratorio de Nutrición Animal, perteneciente al Instituto de Producción Animal de la Universidad Austral de Chile, para determinar el contenido de materia seca, proteína cruda, energía metabolizable (para rumiantes), fibra detergente neutro, fibra detergente ácido y cenizas totales. Con esta información se elaboraron curvas de evolución del contenido nutricional, de cada tratamiento, a través del tiempo. Además, se relacionó el perfil nutricional de cada uno de los tratamientos con las especies que lo componen.

3.9.7 Conformación de grupos de especies pratenses. Con la finalidad de detectar la presencia de grupos de especies con un comportamiento similar frente al efecto limitante de la interacción de variables ambientales, las especies fueron agrupadas a través del análisis de Cluster o Conglomerados, según el rendimiento anual de materia seca de cada una de ellas. Una vez conformados los grupos, se procedió a determinar la producción absoluta y relativa de cada uno de ellos, en cada tratamiento. Además, se calculó la producción acumulada durante el año por cada tratamiento, indicando en éste lo aportado por cada uno de los grupos.

3.10 Diseño experimental y análisis estadístico.

El diseño experimental utilizado fue de bloques completos al azar, con arreglo factorial de los tratamientos (3 tipos de pradera x 2 niveles de fertilización), repetidos en 3 bloques.

Los resultados obtenidos del ensayo fueron analizados a través del uso de ANOVA. El test de Waller-Duncan se usó como test de separación de medias cuando correspondió (STEEL *et al.*, 1997). Cuando se detectaron interacciones significativas, éstas fueron analizadas a través del test de PDIFF (probabilidad de las diferencias).

Las especies fueron agrupadas según su rendimiento total anual, a través del Análisis de conglomerados, usando el método de agrupamiento del promedio estandarizado (JOBSON, 1992). Los rendimientos de las especies agrupadas fueron graficadas y comparadas usando el error estándar del promedio (Standard error of the mean; STEEL *et al.*, 1997).

4 PRESENTACION Y DISCUSION DE RESULTADOS

En el presente capítulo se presentan, analizan y discuten los resultados obtenidos en las variables evaluadas. Para ello se consideraron las mediciones realizadas en terreno durante el año de evaluación, examinando la dinámica de las especies y el rendimiento aportado por cada una de ellas. Además, se analizará la producción de materia seca (MS) obtenida en cada tratamiento y su respectiva composición nutricional.

4.1 Densidad inicial de plantas.

La población inicial de plantas, obtenidas en las diferentes praderas de este ensayo, se presentan en el Cuadro 6.

La densidad inicial de plantas presenta diferencia estadística entre los tipos de pradera, siendo la pradera P la que muestra la mayor densidad de plantas, con 1096 plantas/m², seguida por N+P y N, con 878 y 583 plantas/m², respectivamente. Además, la densidad de plantas varió según el nivel de fertilización, registrándose en los sitios fertilizados, una densidad significativamente mayor que en las parcelas no fertilizadas.

CUADRO 6 Densidad inicial de especies pratenses establecidas (plantas/m²).

Tipo de pradera				Nivel de Fertilización		
N	N+P	P	Sig.	CF	SF	Sig.
583 c	878 b	1096 a	***	949 a	754 b	***

Letras distintas en la fila indican diferencias estadísticamente significativas: * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$; *** $P \leq 0,001$; n.s. $P > 0,05$. **N**: pradera naturalizada sembrada; **N+P**: pradera nativa más pastura sembrada; **P**: pastura sembrada; **C/F**: con fertilización; **S/F**: sin fertilización; **Sig.**: significancia.

A los 60 días, una pradera debería presentar densidades de entre 400 y 500 plantas/m² en el caso de especies gramíneas perennes y de 110 a 200 plantas/m²

cuando se trata de especies leguminosas perennes (ANASAC, 1999; TEUBER y ROMERO, 2004). De acuerdo a lo anterior, en el presente estudio, el proceso de siembra de las especies utilizadas fue correctamente efectuado, puesto que todas las parcelas sobrepasaron las 500 plantas/m², lo cual garantiza que el experimento se inició con una población apropiada de plantas.

4.2 Rendimiento de materia seca anual y por corte.

En el Cuadro 7 se presentan los rendimientos parciales y totales alcanzados por cada tratamiento durante el período experimental.

Las praderas exhibieron producciones de MS estadísticamente similares, por corte y para el total anual. Dicho comportamiento fue también registrado por PACHECO (1997).

CUADRO 7 Producción de materia seca (kg·ha⁻¹) anual y por corte, según tipo de pradera y nivel de fertilización.

Tipo pradera	Dic-'02	Mar-'03	May-'03	Jul-'03	Sep-'03	Anual
N	5138	1823	876	768	989	9594
N+P	5680	1286	808	664	1085	9523
P	4896	1051	780	736	1036	8499
Significancia	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
N. fertilización						
C/F	5483	1779 a	1218 a	1222 a	1921 a	11623 a
S/F	4993	995 b	425 b	223 b	152 b	6788 b
Significancia	n.s.	*	**	***	***	***

Letras distintas en la columna indican diferencias estadísticamente significativas: * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$; *** $P \leq 0,001$; n.s. $P > 0,05$. **N**: pradera naturalizada sembrada; **N+P**: pradera nativa más pastura sembrada; **P**: pastura sembrada; **C/F**: con fertilización; **S/F**: sin fertilización.

Para la producción de MS de los últimos cuatro cortes y para el rendimiento anual, las praderas fertilizadas tuvieron rendimientos de MS, estadísticamente superiores a las no fertilizadas. El total anual de MS producida por los tratamientos fertilizados, superó en 4835 kg MS·ha⁻¹ a la producción de los tratamientos sin fertilizar, lo que representa un 71% más de MS producida por las praderas fertilizadas. Este

efecto positivo de la fertilización sobre el rendimiento de MS, ha sido confirmado en otros estudios (CÁRDENAS, 2002; GARDEN *et al.*, 2003).

4.3 Rendimiento de materia seca de las especies pratenses.

Con la producción total alcanzada por cada tratamiento en los diferentes cortes y conocida la constitución de especies de la pradera a través de la composición botánica, fue posible estimar el rendimiento individual, en kg de materia seca por hectárea ($\text{kg MS}\cdot\text{ha}^{-1}$), alcanzado por cada especie presente en la pradera.

Cabe señalar, que aquellas especies que no aparecen en la información de los cuadros, significa que desaparecieron temporal o definitivamente del ensayo, ya sea debido a un receso o a la incapacidad de competir con las demás especies.

4.3.1 Rendimiento de las especies pratenses en el primer corte (diciembre 2002). La primera medición de disponibilidad de MS se realizó 94 días después de la siembra. El rendimiento por especie, en el primer corte, se presenta en el Cuadro 8.

Al comparar la producción individual de las especies, se puede ver que sólo *H. lanatus*, *L. perenne* y *Polygonum persicaria* L. presentan diferencia estadística significativa entre los tipos de pradera. En el caso de la primera, ésta aparece sólo en la pradera naturalizada (N) en que fue establecida originalmente. De igual forma, *L. perenne* se manifiesta sólo en los dos tipos de pradera en que fue implantada, es decir, en la nativa+pastura (N+P) y en la pastura (P), siendo su aporte estadísticamente superior en esta última. *Polygonum persicaria* en tanto, se hace presente en los tres tipos de pradera, siendo significativamente mayor su aporte en la pradera N+P.

La infestación de *Spergula arvensis* L., fue estadísticamente la misma en los tres tipos de pradera y en los dos niveles de fertilización (Cuadro 8), alcanzando un 91,8, 91,5 y 90,7% de la composición botánica en las praderas N, P y N+P, respectivamente (Anexo 7). El gran dominio de *S. arvensis* en este muestreo, se debe al alto grado de infestación del sitio del ensayo con semillas de esta maleza y a la época en que se realizó la siembra de las praderas, condiciones propicias para que esta maleza compitiera por los recursos en forma muy agresiva, con las especies

sembradas. Además de ésta especie, aparecieron otras tales como: *Polygonum aviculare* L., *P. persicaria* y *Rumex acetosella* L. En ningún momento se realizó un control químico, mecánico ni manual de ninguna de las especies, para no influir en la dinámica de las especies que fueron sembradas y de todas aquellas que aparecieron con posterioridad, cuya evaluación es uno de los objetivos de esta investigación.

CUADRO 8 Rendimiento de las especies pratenses (kg MS-ha⁻¹), según tipo de pradera y nivel de fertilización en el primer corte (diciembre 2002).

Especies	Tipo de pradera				Nivel fertilización		
	N	N+P	P	Sig.	CF	SF	Sig.
<i>B. valdivianus</i>	108	134	0	n.s.	112	49	n.s.
<i>H. lanatus</i>	53 a	0 b	0 b	**	20	16	n.s.
<i>L. perenne</i>	0 c	141 b	255 a	**	149	115	n.s.
<i>P. pratensis</i>	0	6	4	n.s.	3	4	n.s.
<i>T. repens</i>	0	6	3	n.s.	5	1	n.s.
<i>S. arvensis</i>	4715	5151	4482	n.s.	4936	4629	n.s.
<i>P. aviculare</i>	170	96	130	n.s.	137	127	n.s.
<i>P. persicaria</i>	48 b	145 a	24 b	**	96 a	49 b	*
<i>R. acetosella</i>	0	1	0	n.s.	0	1	n.s.
Especies	Pradera * Fertilización						
	N / CF	N / SF	N+P/CF	N+P/SF	P / CF	P / SF	Sig.
<i>A. elatius</i>	76 a	8 b	0 b	0 b	0 b	0 b	**

Letras distintas en la fila indican diferencias estadísticamente significativas: * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$; *** $P \leq 0,001$; n.s. $P > 0,05$. **N**: pradera naturalizada sembrada; **N+P**: pradera nativa más pastura sembrada; **P**: pastura sembrada; **C/F**: con fertilización; **S/F**: sin fertilización; **N/CF**: pradera naturalizada sembrada, con fertilización; **N/SF**: pradera naturalizada sembrada, sin fertilización; **N+P/CF**: pradera nativa más pastura sembrada, con fertilización; **N+P/SF**: pradera nativa más pastura sembrada, sin fertilización; **P/CF**: pastura sembrada, con fertilización; **P/SF**: pastura sembrada, sin fertilización; **Sig.**: significancia.

Polygonum persicaria es la única especie que presentó un efecto atribuible al nivel de fertilización, mostrando una mayor disponibilidad de MS en los sitios que fueron fertilizados. Las demás especies no exhiben diferencia estadísticamente significativa por efecto del nivel de fertilización.

Se puede observar que *A. elatius* ssp. *bulbosus*, fue la única especie que presentó interacción significativa entre el tipo de pradera y el nivel de fertilización, obteniendo un rendimiento superior en las praderas naturalizadas, siendo éste significativamente mayor en el caso de la pradera fertilizada (N/CF) y no teniendo participación en los otros cuatro tratamientos.

De todas las especies pratenses establecidas en la totalidad del ensayo, sólo *A. capillaris* y *L. uliginosus* no aparecieron en este primer muestreo. En cambio *Poa pratensis* L., especie que no fue establecida en ningún tratamiento, aparece en las praderas N+P y P, sin que exista diferencia estadística entre ambos tipos de pradera.

4.3.2 Rendimiento de las especies pratenses en el segundo corte (marzo 2003).

Este muestreo se realizó a salida de verano, lo que explica las bajas producciones individuales de MS de las especies, debido a las altas temperaturas y a las escasas precipitaciones del período. Dichos rendimientos se detallan en el Cuadro 9.

La disponibilidad de MS, en la mayoría de las especies no presenta diferencia significativa entre los tipos de pradera ni entre los niveles de fertilización. Sólo *L. perenne* difiere estadísticamente entre los tipos de pradera, apareciendo en forma exclusiva y en cantidad estadísticamente semejante, en los dos tipos de pradera en que fue sembrada (N+P y P), cantidades que le permiten dominar en estas praderas, con un 36,8 y 55,6% de la respectiva composición botánica (Anexo 8). Además, esta especie registra diferencias entre los niveles de fertilización, produciendo una cantidad de MS significativamente mayor cuando se fertilizó.

Tanto *A. capillaris* como *L. uliginosus* aparecen por primera vez en el ensayo, siendo el aporte de MS de cada una de ellas, estadísticamente igual en los tres tipos de pradera, a pesar de que ambas sólo fueron establecidas en la pradera naturalizada (N). Ninguna de las dos especies mostró diferencia estadística por efecto del nivel de fertilización.

Poa pratensis manifiesta un comportamiento errático, puesto que desaparece de las praderas N+P y P, en las que se mostró en el primer corte y ahora aparece solamente en la pradera N.

CUADRO 9 Rendimiento de las especies pratenses (kg MS-ha⁻¹), según tipo de pradera y nivel de fertilización en el segundo corte (marzo 2003).

Especies	Tipo de pradera				Nivel fertilización		
	N	N+P	P	Sig.	CF	SF	Sig.
<i>A. capillaris</i>	110	106	91	n.s.	77	126	n.s.
<i>A. elatius</i>	20	0	0	n.s.	14	0	n.s.
<i>H. lanatus</i>	122	2	0	n.s.	64	18	n.s.
<i>L. perenne</i>	0 b	474 a	585 a	*	576 a	130 b	*
<i>P. pratensis</i>	8	0	0	n.s.	5	0	n.s.
<i>L. uliginosus</i>	19	9	2	n.s.	7	13	n.s.
<i>T. repens</i>	0	13	9	n.s.	13	2	n.s.
<i>S. arvensis</i>	231	66	61	n.s.	97	142	n.s.
<i>P. aviculare</i>	237	123	101	n.s.	192	116	n.s.
<i>P. persicaria</i>	34	33	5	n.s.	32	17	n.s.
<i>R. acetosella</i>	0	6	0	n.s.	4	0	n.s.
<i>P. lanceolata</i>	0	24	28	n.s.	21	15	n.s.
<i>H. radicata</i>	27	26	2	n.s.	35	1	n.s.
<i>L. nudicaulis</i>	193	164	167	n.s.	91 b	258 a	**
<i>C. dactylon</i>	0	8	0	n.s.	0	5	n.s.
Especies	Pradera * Fertilización						
	N / CF	N / SF	N+P/CF	N+P/SF	P / CF	P / SF	Sig.
<i>B. valdivianus</i>	1389 a	256 b	264 b	202 b	0 b	0 b	*

Letras distintas en la fila indican diferencias estadísticamente significativas: * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$; *** $P \leq 0,001$; n.s. $P > 0,05$. **N**: pradera naturalizada sembrada; **N+P**: pradera nativa más pastura sembrada; **P**: pastura sembrada; **C/F**: con fertilización; **S/F**: sin fertilización; **N/CF**: pradera naturalizada sembrada, con fertilización; **N/SF**: pradera naturalizada sembrada, sin fertilización; **N+P/CF**: pradera nativa más pastura sembrada, con fertilización; **N+P/SF**: pradera nativa más pastura sembrada, sin fertilización; **P/CF**: pastura sembrada, con fertilización; **P/SF**: pastura sembrada, sin fertilización; **Sig.**: significancia.

Trifolium repens, sigue presentando pequeñas cantidades de MS y sólo en los tipos de pradera en que fue incluido (N+P y P), sin que exista diferencia significativa entre ellos, ni tampoco por efecto del nivel de fertilización.

El rendimiento de *B. valdivianus*, se ve explicado tanto por el tipo de pradera como por el nivel de fertilización. Esta especie se presenta sólo en los tratamientos en que fue establecida, siendo su aporte significativamente mayor en el tratamiento pradera naturalizada con fertilización. Además, en la pradera naturalizada, *B. valdivianus* es la especie dominante, con un 45,1% de la producción de dicha pradera (Anexo 8), proporción muy similar a la descrita por ORDÓÑEZ (1998), para la época.

Además de *S. arvensis*, *P. aviculare*, *P. persicaria* y *R. acetosella*, que se encontraron en el primer corte, en este segundo muestreo aparecen otras cuatro especies de hoja ancha: *Plantago lanceolata*, *Hypochoeris radicata*, *Leontodon nudicaulis* y *Cynodon dactylon* (L.) Pers. De estas ocho especies antes mencionadas, sólo *L. nudicaulis* mostró diferencia estadística significativa entre los niveles de fertilización, creciendo de mejor manera en los sitios de más baja fertilidad, en donde domina con un 25,9% de la composición botánica (Anexo 8). Esta tendencia fue también registrada, para la misma época por PACHECO (1997).

A pesar del aumento en el número de especies de hoja ancha, existe una disminución en la cantidad de MS que ellas aportan en conjunto, en comparación con el muestreo anterior. Esta disminución es extremadamente notoria en *S. arvensis*, la cual produjo, en promedio de los tres tipos de pradera, 4783 kg MS·ha⁻¹ en el primer corte y 119 kg MS·ha⁻¹, en el segundo.

4.3.3 Rendimiento de las especies pratenses en el tercer corte (mayo 2003). En esta medición comienza un descenso en el número total de especies presentes en el estudio. La cantidad de MS disponible por especie se puede apreciar en el Cuadro 10.

En este corte no hubo aporte de *Poa pratensis*, *P. persicaria*, *R. acetosella*, *P. lanceolata*, *H. radicata*, y *C. dactylon*, a la producción de MS. También *S. arvensis*, se ha perdido prácticamente de todos los tratamientos, encontrándose sólo en las parcelas no fertilizadas de la pradera P, presencia que no se diferencia significativamente de los otros tipos de pradera ni del otro nivel de fertilización.

Sólo *P. aviculare* y *L. nudicaulis*, son las dos especies de hoja ancha que continúan con un importante aporte de MS, el cual en ambos casos es significativamente mayor en los sitios de menor fertilidad. *Leontodon nudicaulis*, en estos sectores de menor fertilidad alcanza el 39,5% de la producción (Anexo 9), debido a la poca competencia y a que está más adaptada a las condiciones de estos sitios de crecimiento (TOW, 2001).

CUADRO 10 Rendimiento de las especies pratenses (kg MS·ha⁻¹), según tipo de pradera y nivel de fertilización en el tercer corte (mayo 2003).

Especies	Tipo de pradera				Nivel fertilización		
	N	N+P	P	Sig.	CF	SF	Sig.
<i>A. elatius</i>	9	0	0	n.s.	6	0	n.s.
<i>L. uliginosus</i>	0	1	0	n.s.	0	1	n.s.
<i>T. repens</i>	0	8	2	n.s.	6	0,1	n.s.
<i>S. arvensis</i>	0	0	4	n.s.	0	3	n.s.
<i>P. aviculare</i>	11	14	4	n.s.	1 b	18 a	*
<i>L. nudicaulis</i>	150	100	141	n.s.	93 b	168 a	**
Especies	Pradera * Fertilización						
	N / CF	N / SF	N+P/CF	N+P/SF	P / CF	P / SF	Sig.
<i>A. capillaris</i>	71 a	30 b	7 cd	19 bc	0 d	16 bcd	**
<i>B. valdivianus</i>	875 a	188 b	175 b	103 b	0 b	2 b	*
<i>H. lanatus</i>	216 a	32 b	0 b	0 b	0 b	0 b	*
<i>L. perenne</i>	0 b	1 b	917 a	151 b	1075 a	167 b	*

Letras distintas en la fila indican diferencias estadísticamente significativas: * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$; *** $P \leq 0,001$; n.s. $P > 0,05$. **N**: pradera naturalizada sembrada; **N+P**: pradera nativa más pastura sembrada; **P**: pastura sembrada; **C/F**: con fertilización; **S/F**: sin fertilización; **N/C/F**: pradera naturalizada sembrada, con fertilización; **N/S/F**: pradera naturalizada sembrada, sin fertilización; **N+P/C/F**: pradera nativa más pastura sembrada, con fertilización; **N+P/S/F**: pradera nativa más pastura sembrada, sin fertilización; **P/C/F**: pastura sembrada, con fertilización; **P/S/F**: pastura sembrada, sin fertilización; **Sig.**: significancia.

Tanto la producción de *A. capillaris*, así como la de *B. valdivianus*, *H. lanatus* y *L. perenne*, están explicadas por la interacción entre el tipo de pradera y el nivel de fertilización. De esta manera, *A. capillaris* muestra disponibilidades superiores en las praderas naturalizadas, siendo su rendimiento significativamente mayor en el

tratamiento fertilizado. Además esta especie, sin haber sido sembrada, aparece invadiendo los tratamientos N+P/CF, N+P/SF y P/SF, sin que exista diferencia estadística entre ellos. *Bromus valdivianus* se presenta en los cuatro tratamientos en que fue establecido y además lo hace escasamente en P/SF, exhibiendo un rendimiento de MS significativamente mayor en N/CF y no existiendo diferencia estadística entre los demás tratamientos. Por su parte *H. lanatus*, sólo registra biomasa en los tratamientos en que fue establecido, la cual fue significativamente mayor cuando se fertilizó (N/CF). *Lolium perenne* en tanto, se presenta en los cuatro tratamientos en que fue sembrada y además exhibe una pequeña cantidad de MS en N/SF. Para ésta especie no existe diferencia estadística entre N+P/CF y P/CF, pero ambos son significativamente mayores que los otros dos tratamientos sin fertilizar, los cuales son iguales entre si.

Bromus valdivianus, *L. nudicaulis* y *H. lanatus*, fueron las especies que dominaron la pradera N, con un 60,7, 17,1 y 14,2% de la composición botánica, respectivamente. La pradera N+P estuvo compuesta por un 66,1% de *L. perenne*, 17,2% de *B. valdivianus* y un 12,4% de *L. nudicaulis*. En la pradera P, dominó *L. perenne*, con un 79,6%, seguida por *L. nudicaulis* y *A. capillaris*, con un 18 y 1% respectivamente (Anexo 9). La composición botánica de la pradera N, concuerda en las especies y en el orden de éstas, con lo señalado por ORDÓÑEZ (1998), quien registró, un 69% de *B. valdivianus*, un 23% de hoja ancha y un 2,5% de *H. lanatus*.

4.3.4 Rendimiento de las especies pratenses en el cuarto corte (julio 2003). La cantidad de MS con que contribuyeron individualmente las diferentes especies, se presenta en el Cuadro 11.

En el presente muestreo, comienza a estabilizarse el número y el tipo de especies que componen los distintos tratamientos.

Sigue no existiendo diferencia significativa entre los tipos de pradera, en cuanto a la producción de MS para una misma especie. Diferencia que sí se evidencia entre los niveles de fertilización, ejemplo de ello es que *L. nudicaulis*, única especie de hoja ancha que persiste, muestra un rendimiento significativamente mayor en las parcelas

no fertilizadas del ensayo. Sin embargo, esta especie ya no es la que domina los sitios de menor fertilidad, disminuyendo su participación en la composición botánica de éstos, de un 39,5% en el tercer muestreo a un 18,7% en el actual (Anexo 10).

CUADRO 11 Rendimiento de las especies pratenses (kg MS·ha⁻¹), según tipo de pradera y nivel de fertilización en el cuarto corte (julio 2003).

Especies	Tipo de pradera				Nivel fertilización		
	N	N+P	P	Sig.	CF	SF	Sig.
<i>A. capillaris</i>	33	18	9	n.s.	12	28	n.s.
<i>L. nudicaulis</i>	31	22	29	n.s.	13 b	42 a	*
Especies	Pradera * Fertilización						
	N / CF	N / SF	N+P/CF	N+P/SF	P / CF	P / SF	Sig.
<i>B. valdivianus</i>	868 a	121 bc	263 b	93 c	0 c	0 c	**
<i>H. lanatus</i>	240 a	16 b	2 b	0 b	0 b	0 b	*
<i>L. perenne</i>	162 c	0 d	788 b	102 cd	1270 a	127 cd	***

Letras distintas en la fila indican diferencias estadísticamente significativas: * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$; *** $P \leq 0,001$; n.s. $P > 0,05$. **N**: pradera naturalizada sembrada; **N+P**: pradera nativa más pastura sembrada; **P**: pastura sembrada; **C/F**: con fertilización; **S/F**: sin fertilización; **N/CF**: pradera naturalizada sembrada, con fertilización; **N/SF**: pradera naturalizada sembrada, sin fertilización; **N+P/CF**: pradera nativa más pastura sembrada, con fertilización; **N+P/SF**: pradera nativa más pastura sembrada, sin fertilización; **P/CF**: pastura sembrada, con fertilización; **P/SF**: pastura sembrada, sin fertilización; **Sig.**: significancia.

Para la disponibilidad de MS de *B. valdivianus*, *H. lanatus* y *L. perenne*, hubo interacción entre el tipo de pradera y el nivel de fertilización.

Presente sólo en los tratamientos en que fue sembrado, *B. valdivianus*, mostró una cantidad de MS significativamente mayor en la pradera N/CF, seguido por lo aportado en los tratamientos N+P/CF y N/SF, los cuales son estadísticamente iguales.

El mayor rendimiento de *H. lanatus* en la pradera N/CF, difiere significativamente de lo producido en los tratamientos N/SF y N+P/CF, tratamientos que no presentan diferencia alguna entre si.

Lolium perenne se manifestó en los cuatro tratamientos en que fue establecida, presentándose además en la pradera N/CF. Su aporte en P/CF fue significativamente superior a lo producido en N/CF, P/SF, N+P/SF y N+P/CF, sin embargo, en este último es significativamente mayor que en N/CF, P/SF, N+P/SF, entre los cuales no existe diferencia estadística.

En los últimos tres casos mencionados, se puede ver que la producción de biomasa por especie, es significativamente superior cuando los tratamientos han sido fertilizados.

La especie que más aportó al rendimiento de la pradera N, en este corte, fue *B. valdivianus* (64,4%), seguido por *H. lanatus* (16,7%) y *L. perenne* (10,5%); mientras que en la pradera N+P lo hizo *L. perenne* (67,1%), seguida por *B. valdivianus* (26,8%) y *L. nudicaulis* (3,3%) y en la pradera P fue *L. perenne* la que contribuyó con la mayor proporción del rendimiento de MS (94,8%), sucedida por *L. nudicaulis* (3,9%) y *A. capillaris* (1,2%) (Anexo 10).

4.3.5 Rendimiento de las especies pratenses en el quinto corte (septiembre 2003). El aporte de MS de las diferentes especies se presenta en el Cuadro 12.

Agrostis capillaris se observa sólo en N y N+P, en cambio *L. uliginosus* reaparece, en forma reducida, en los tres tipos de pradera. *Trifolium repens* aparece sólo en N+P y en forma muy escasa.

Al igual que en el muestreo anterior, la producción individual de MS de *B. valdivianus*, *H. lanatus* y *L. perenne* es reflejo de la interacción entre el tipo de pradera y el nivel de fertilización.

Bromus valdivianus produjo una cantidad de MS, estadísticamente superior en el tratamiento N/CF, seguido de N+P/CF, N/SF y N+P/SF, siendo estos dos últimos estadísticamente iguales. Estos resultados son similares a los descritos por PACHECO (1997), quien registró 1104 y 351 kg MS·ha⁻¹, de *B. valdivianus*, en una pradera naturalizada con y sin fertilización, respectivamente.

En el caso de *H. lanatus*, el mayor aporte lo hace en la pradera N/CF, el cual es significativamente superior al que presenta en los demás tratamientos.

CUADRO 12 Rendimiento de las especies pratenses (kg MS·ha⁻¹), según tipo de pradera y nivel de fertilización en el quinto corte (septiembre 2003).

Especies	Tipo de pradera				Nivel fertilización		
	N	N+P	P	Sig.	CF	SF	Sig.
<i>A. capillaris</i>	52	3	0	n.s.	27	10	n.s.
<i>L. uliginosus</i>	0,4	8	0,2	n.s.	0	6	n.s.
<i>T. repens</i>	0	1	0	n.s.	0,2	0,1	n.s.
<i>L. nudicaulis</i>	31	18	38	n.s.	27	31	n.s.
Especies	Pradera * Fertilización						
	N / CF	N / SF	N+P/CF	N+P/SF	P / CF	P / SF	Sig.
<i>B. valdivianus</i>	1206 a	124 c	483 b	66 c	0 c	3 c	**
<i>H. lanatus</i>	343 a	17 b	0 b	0 b	0 b	0,1 b	*
<i>L. perenne</i>	122 c	0 c	1501 b	59 c	1948 a	45 c	***

Letras distintas en la fila indican diferencias estadísticamente significativas: * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$; *** $P \leq 0,001$; n.s. $P > 0,05$. **N**: pradera naturalizada sembrada; **N+P**: pradera nativa más pastura sembrada; **P**: pastura sembrada; **C/F**: con fertilización; **S/F**: sin fertilización; **N/CF**: pradera naturalizada sembrada, con fertilización; **N/SF**: pradera naturalizada sembrada, sin fertilización; **N+P/CF**: pradera nativa más pastura sembrada, con fertilización; **N+P/SF**: pradera nativa más pastura sembrada, sin fertilización; **P/CF**: pastura sembrada, con fertilización; **P/SF**: pastura sembrada, sin fertilización; **Sig.**: significancia.

Por su parte *L. perenne* invadió el tratamiento N/CF, rendimiento que es estadísticamente igual a lo presentado en N+P/SF y P/SF, pero significativamente inferior a lo producido en P/CF y N+P/CF, siendo en P/CF en donde aportó una cantidad de MS significativamente mayor. PACHECO (1997), señala que el aporte de *L. perenne* en una pradera *L. perenne* / *T. repens* con y sin fertilización fue de 2455 y 927 kg MS·ha⁻¹, respectivamente, valores que son más altos que los obtenidos en este estudio, sobre todo al comparar los tratamientos sin fertilizar. Sin embargo, ORDÓÑEZ (1998), en una asociación ballica/trébol con y sin fertilizar, obtuvo 508 y 83 kg de MS de *L. perenne* por ha, cantidades muy inferiores a las del presente ensayo.

La pradera N sigue siendo dominada por *B. valdivianus*, con un 67,3%, seguido por *H. lanatus* y *L. perenne*, con un 18,2 y 6,2% de la composición botánica. En la pradera N+P, *L. perenne* alcanza el 72% de la producción, secundada por *B. valdivianus* con un 25,3% y *L. nudicaulis* con un 1,6%. También en la pradera P, es *L. perenne* la que predomina (96,2%), por sobre *L. nudicaulis* (3,7%) y *B. valdivianus* (0,1%) (Anexo 11).

4.3.6 Rendimiento de las especies pratenses entre septiembre de 2002 y septiembre de 2003. Los rendimientos promedio de MS acumulada, obtenidos por cada especie luego de transcurrido el primer año de evaluación, se presentan en el Cuadro 13.

Las especies *B. valdivianus*, *H. lanatus*, *L. perenne*, *A. capillaris*, *A. elatius* ssp. *bulbosus* y *R. acetosella*, presentaron interacción entre el tipo de pradera y el nivel de fertilización.

Bromus valdivianus muestra su mayor producción anual en la pradera N/CF, la cual difiere significativamente de los demás tratamientos. Su aporte en N+P/CF fue significativamente superior a lo producido en N+P/SF. Sin embargo, ambos son estadísticamente iguales a N/SF. Esta especie estuvo presente durante todo el año, manteniendo un continuo incremento de la composición botánica en los tratamientos en que fue establecido (Anexos 1-4). Su mejor rendimiento lo alcanzó en el segundo corte, en la pradera N/CF y fue de 1389 kg MS·ha⁻¹.

Al igual que *B. valdivianus*, *H. lanatus* también registró su mayor rendimiento de MS en el tratamiento N/CF, el cual difiere significativamente de lo generado en los demás tratamientos. También se presenta, sin diferencia estadística, en los tratamientos N/SF, N+P/CF y N+P/SF, aún cuando *H. lanatus* no fue establecido en estos dos últimos tratamientos. Su presencia en los tratamientos en que fue sembrado, siempre fue en aumento durante los cinco muestreos (Anexos 1 y 2).

La mayor producción de MS alcanzada por *L. perenne* en la pradera P/CF, se diferencia significativamente de la de los demás tratamientos. La producción de esta

especie fue estadísticamente igual en las praderas P/SF, N+P/SF, N/CF y N/SF, pero significativamente menor que lo obtenido en el tratamiento N+P/CF. *Lolium perenne* mantuvo su presencia durante todo el año, incrementando su aporte al rendimiento de los tratamientos en que fue establecida, hasta el tercer o cuarto muestreo, luego de lo cual su proporción de la composición botánica se mantuvo estable o descendió levemente, dependiendo del tratamiento (Anexos 3-6).

CUADRO 13 Rendimiento de las especies pratenses (kg MS·ha⁻¹), según tipo de pradera y nivel de fertilización durante el año de evaluación (septiembre 2002-septiembre 2003).

Especies	Tipo de pradera				Nivel fertilización		
	N	N+P	P	Sig.	CF	SF	Sig.
<i>P. pratensis</i>	8	6	4	n.s.	8	4	n.s.
<i>L. uliginosus</i>	20	18	2	n.s.	7	20	n.s.
<i>T. repens</i>	0	20	12	n.s.	18	3	n.s.
<i>S. arvensis</i>	4947	5217	4546	n.s.	5033	4773	n.s.
<i>P. aviculare</i>	418	234	235	n.s.	330	262	n.s.
<i>P. persicaria</i>	82 b	178 a	29 b	**	128 a	65 b	*
<i>P. lanceolata</i>	0	24	28	n.s.	21	15	n.s.
<i>H. radicata</i>	27	26	2	n.s.	35	1	n.s.
<i>L. nudicaulis</i>	404	304	375	n.s.	224 b	499 a	***
<i>C. dactylon</i>	0	8	0	n.s.	0	5	n.s.
Especies	Pradera * Fertilización						
	N / CF	N / SF	N+P/CF	N+P/SF	P / CF	P / SF	Sig.
<i>A. capillaris</i>	248 a	243 ab	152 bc	127 c	28 d	188 abc	*
<i>A. elatius</i>	135 a	8 b	0 b	0 b	0 b	0 b	*
<i>B. valdivianus</i>	4479 a	766 bc	1381 b	535 c	0 c	5 c	**
<i>H. lanatus</i>	1051 a	163 b	2 b	4 b	0 b	0,1 b	*
<i>L. perenne</i>	284 c	1 c	4109 b	639 c	5564 a	745 c	**
<i>R. acetosella</i>	0 b	0 b	27 a	3 b	4 b	0 b	*

Letras distintas en la fila indican diferencias estadísticamente significativas: * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$; *** $P \leq 0,001$; n.s. $P > 0,05$. **N**: pradera naturalizada sembrada; **N+P**: pradera nativa más pastura sembrada; **P**: pastura sembrada; **C/F**: con fertilización; **S/F**: sin fertilización; **N/CF**: pradera naturalizada sembrada, con fertilización; **N/SF**: pradera naturalizada sembrada, sin fertilización; **N+P/CF**: pradera nativa más pastura sembrada, con fertilización; **N+P/SF**: pradera nativa más pastura sembrada, sin fertilización; **P/CF**: pastura sembrada, con fertilización; **P/SF**: pastura sembrada, sin fertilización; **Sig.**: significancia.

Agrostis capillaris alcanzó su mayor rendimiento de MS en las praderas N/CF, N/SF y P/SF, aún cuando no fue establecida en este último tratamiento. Además, esta especie invadió las praderas N+P. Sólo en las praderas P, existe diferencia estadística entre los niveles de fertilización, mostrando *A. capillaris* en P/SF, un aporte significativamente mayor que lo producido en P/CF, lo que coincide con estudios que señalan que *A. capillaris* crece en sitios de baja fertilidad, pH ácido y con alta saturación de aluminio (BALOCCHI y LÓPEZ, 1996). Lo anterior indicaría que *L. perenne* compite de mejor manera contra *A. capillaris*, que las especies naturalizadas, debido a que estas últimas y *A. capillaris*, crecen en sitios con características de fertilidad y condición edáfica, similares (TEUBER, 1996). *Agrostis capillaris* apareció a partir del segundo muestreo, presentando un comportamiento irregular a través del tiempo, pero manteniendo bajo el 10% su participación en la composición botánica de los tratamientos fertilizados y sobrepasando éste en los no fertilizados (Anexos 1-6).

Arrhenatherum elatius ssp. *bulbosus* contribuyó a la producción solamente en los tratamientos en que fue establecida (N/CF y N/SF), siendo su aporte significativamente menor en N/SF. Esta especie fue registrada en pequeñas cantidades en los tres primeros cortes, luego de lo cual desapareció de la pradera, hecho que se contradice con los resultados de PACHECO (1997), quien evidenció la presencia de *A. elatius* ssp. *bulbosus* durante todo el año y en cantidades mucho mayores a las registradas en este estudio.

Polygonum persicaria aportó una cantidad significativamente mayor de MS en la pradera N+P, siendo su producción en N y P estadísticamente igual. Además, esta especie exhibe una mayor disponibilidad de MS en los sitios que fueron fertilizados. Dicha contribución al rendimiento anual fue determinada en los dos primeros cortes, luego de lo cual esta especie desapareció del sistema pratense.

Leontodon nudicaulis presentó un rendimiento de MS, significativamente mayor en los tratamientos sin fertilización, lo cual ocurrió desde el segundo corte (momento en que apareció en las praderas), hasta el cuarto corte. En el quinto muestreo no presentó diferencia estadística entre los niveles de fertilización.

A medida que transcurría el tiempo, en todas las praderas se fue reduciendo el número de especies, debido a la desaparición paulatina del sistema de la mayoría de las especies que aparecieron al inicio del ensayo sin haber sido sembradas. Es el caso de *S. arvensis*, la que produjo gran cantidad de MS en el primer corte, luego de lo cual se perdió del sistema. Las especies que persistieron en las praderas, fueron incrementando gradualmente su participación en la composición botánica de éstas. Así, las especies que más aportaron al rendimiento anual de la pradera N fueron *S. arvensis* (51,6%), *B. valdivianus* (27,3%), *H. lanatus* (6,3%), *P. aviculare* (4,4%) y *L. nudicaulis* (4,2%). La pradera N+P, ve explicado su producción anual, por *S. arvensis* (54,8%), *L. perenne* (24,9%), *B. valdivianus* (10,1%) y *L. nudicaulis* (3,2%). En tanto que, del rendimiento anual de la pradera P, *S. arvensis* produjo el 53,5%, *L. perenne* el 37,1%, *L. nudicaulis* el 4,4% y *P. aviculare* aportó un 2,8% (Anexo 12).

Mientras en los sitios fertilizados, las especies que contribuyeron con la mayor proporción del rendimiento de MS fueron *S. arvensis* (43,3%), *L. perenne* (28,6%), *B. valdivianus* (16,8%) y *H. lanatus* (3%). En las parcelas sin fertilizar, las especies que más produjeron durante el año fueron *S. arvensis* (70,3%), *L. nudicaulis* (7,4%), *L. perenne* (6,8%), *B. valdivianus* (6,4%), *P. aviculare* (3,9%) y *A. capillaris* (2,7%) (Anexo 12).

4.4 Tasas de crecimiento estacional de las praderas evaluadas.

En la Figura 1 se presentan las tasas de crecimiento diario de los diferentes tratamientos, obtenidas a través del año de evaluación.

La tasa más baja de crecimiento de MS, se produjo en invierno, con un valor de 2 kg MS·ha⁻¹·día⁻¹ en el tratamiento P/SF y la más alta en primavera, con un valor de 64 kg MS·ha⁻¹·día⁻¹ en el tratamiento N+P/CF. Estas tasas de crecimiento son similares las obtenidas por BERNIER y TEUBER (1981) y CUEVAS *et al.* (1983). Esto debido a que en invierno, el exceso de lluvias y las bajas temperaturas, hacen que el crecimiento de la pradera sea mínimo, mientras que en primavera, cuando la temperatura aumenta y las precipitaciones son menos intensas y frecuentes, las especies pratenses alcanzan su mayor crecimiento (BERNIER y TEUBER, 1981).

Todos los tratamientos presentan su mayor tasa de acumulación de MS en primavera, las cuales varían entre 49 y 64 kg MS·ha⁻¹·día⁻¹, en los tratamientos P/SF y N+P/CF, respectivamente.

En invierno, las tres menores tasas de acumulación de materia seca, corresponden a los tres tratamientos sin fertilización, lo cual puede ser precisamente, lo que explique la diferencia existente con los tratamientos fertilizados.

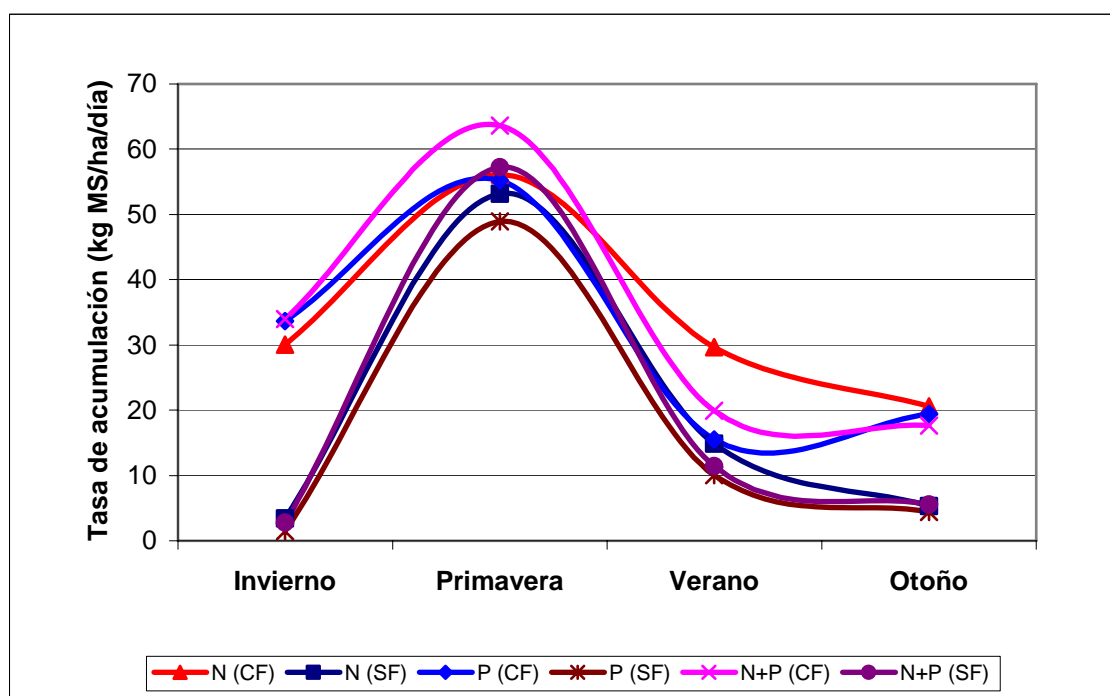


FIGURA 1 Tasas de acumulación estacional de materia seca de los tratamientos.

Si bien, los valores más bajos de acumulación diaria de MS se encuentran en invierno, no todos los tratamientos muestran sus menores tasas en dicha época. Es el caso de N/CF y N+P/CF que la presentan en otoño y de P/CF que la exhibe en verano. El tratamiento P/CF, cuya única diferencia con los otros dos tratamientos fertilizados es el no poseer especies naturalizadas en su composición, al presentar su menor tasa de crecimiento en verano, estaría indicando que *L. perenne* es menos tolerante a la sequía estival que las especies naturalizadas utilizadas en este estudio, puesto que bajo condiciones ambientales homogéneas, el tratamiento P/CF obtuvo una menor tasa

de acumulación de MS que los otros dos tratamientos fertilizados. La diferencia de éste en la tasa de crecimiento, con el tratamiento compuesto sólo por especies naturalizadas (N/CF), es mayor que con N+P/CF, el cual posee una alta proporción de *L. perenne*, es decir, las que harían la diferencia serían las especies naturalizadas, las que tolerarían de mejor forma la sequía estival, debido a que tendrían un mayor grado de adaptación a las condiciones medioambientales de la zona (BALOCCHI *et al.*, 2001; SIEBALD, 2001).

4.5 Persistencia de las especies establecidas.

La persistencia se refiere a la permanencia y proyección de las diferentes especies en el tiempo, en un determinado ecosistema, siendo ésta una expresión de caracteres tales como resistencia al frío, hábito de crecimiento, agresividad, resistencia a plagas y enfermedades, tolerancia a la sequía, salinidad, temperaturas extremas e inundación, tolerancia a períodos de sobre o subpastoreo y compatibilidad en asociación con otras forrajeras (CRAGNAZ, 1990). En este ensayo la variable persistencia fue evaluada utilizando el porcentaje de composición botánica de las especies establecidas en cada tratamiento.

En la Figura 2 se presenta la persistencia obtenida en cada uno de los tratamientos en estudio.

En todos los tratamientos (excepto P/SF), las especies siguen una tendencia similar, esto es, baja persistencia en verano, la cual va en aumento durante el otoño e invierno, llegando a un máximo, en la mayoría de los casos a fines de invierno y principio de primavera. Al comparar los resultados de este estudio con otros similares realizados por PACHECO (1997) y ORDÓÑEZ (1998), en la misma zona, se puede percibir que aún cuando las curvas no son iguales, por diferencias en las condiciones medioambientales entre un año y otro, especialmente las climáticas, los resultados coinciden en que existe una baja en la persistencia de las especies en estudio durante la época estival, comenzando dicha disminución en el período diciembre-enero, lo cual coincide con la sequía estival. Posteriormente se inicia un repunte de la persistencia entre los meses marzo-abril, coincidiendo esto con las primeras lluvias. Dicha alza es sostenida durante el otoño, invierno y primavera.

A pesar de la baja persistencia mostrada por las especies, en la mayoría de los tratamientos al inicio del período experimental, éstas presentan una alta persistencia durante el resto del primer año de evaluación, especialmente en los tratamientos fertilizados, en donde finalizan el año con una persistencia superior al 90%. Estos resultados se deben principalmente a la alta persistencia mostrada por *L. perenne* y *B. valdivianus*, especies que a través del tiempo fueron incrementando su participación en la composición botánica de sus respectivos tratamientos, registrando *L. perenne* en el último muestreo valores de 98,1% en P/CF y 75,3% en N+P/CF, mientras que *B. valdivianus* alcanzó el 68,4% de la producción en N/CF y el 24% en N+P/CF (Anexos 1, 3 y 5).

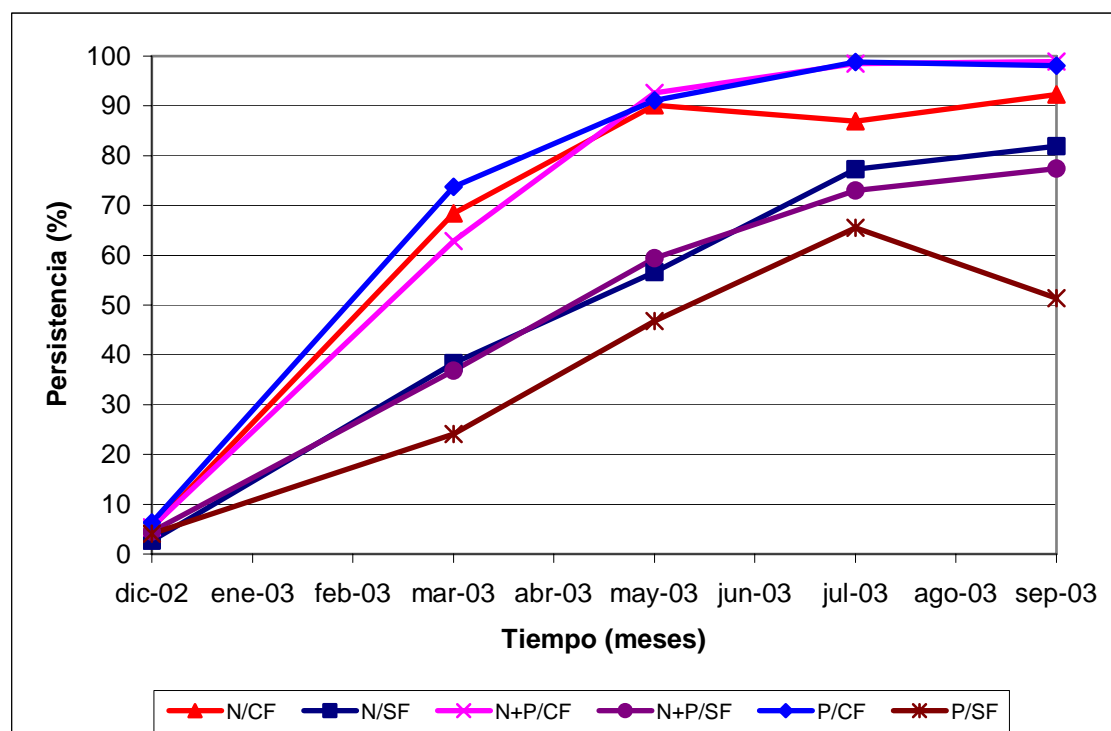


FIGURA 2 Persistencia de las especies establecidas en cada tratamiento.

Las especies pratenses, una vez establecidas parten con una alta persistencia, la cual va disminuyendo a través del tiempo (PACHECO, 1997; ORDÓÑEZ, 1998). Sin embargo, en este ensayo ocurrió lo contrario, debido a la agresiva invasión de *S. arvensis*, la que en el primer corte superó el 87% de la composición botánica en todos los tratamientos (Anexos 1-6).

Las especies establecidas en los tres tipos de pradera, mostraron una mayor persistencia cuando éstas fueron fertilizadas. Dentro de los tratamientos fertilizados, se observa que desde mayo hasta el final del período experimental, son las especies componentes de los tratamientos N+P/CF y P/CF, las que presentan una mayor persistencia, seguido por las de N/CF, tratamiento que redujo su persistencia en el cuarto corte debido a la aparición de *L. perenne* y a la disminución de *A. elatius* y *A. capillaris*, puesto que tanto *B. valdivianus* como *H. lanatus* incrementaron su participación en la composición botánica del tratamiento, tendencia que mantuvieron hasta el final del ensayo (Anexo 1). De los tratamientos sin fertilizar, a lo largo del año experimental las especies del tratamiento N/SF son las que obtienen la mayor persistencia, resultado similar a lo obtenido por PACHECO (1997).

La pradera más afectada al no ser fertilizada fue P, puesto que sus especies mostraron la menor persistencia a través de todo el año, debido al alto grado de invasión que presentó por parte de otras especies, fundamentalmente de hoja ancha.

4.6 Composición nutricional de las praderas evaluadas.

Esta variable fue analizada luego de cada corte, tomando una muestra de cada uno de los tratamientos.

4.6.1 Composición nutricional de las praderas en el primer corte. Los resultados obtenidos en el primer análisis nutricional (diciembre de 2002), se presentan en el Cuadro 14.

En general, se puede observar un alto contenido de las fracciones fibrosas y un moderado contenido proteico, lo cual estaría explicado por el avanzado estado de madurez de las especies pratenses, debido a la época en que se realizó el muestreo (ALOMAR, 1996).

En el caso de la materia seca (MS), energía metabolizable (EM) y cenizas totales, existe un efecto combinado entre el tipo de pradera y el nivel de fertilización, que explican sus comportamientos.

El contenido de MS difiere de manera altamente significativa entre los tratamientos, presentando las praderas P/CF (16,21%) y P/SF (13,73%), el mayor y menor porcentaje de MS, respectivamente. Estos valores son similares a los reportados por SIEBALD *et al.* (1983) y CÁRDENAS (2002), para la época.

CUADRO 14 Composición nutricional, según tipo de pradera y nivel de fertilización, en el primer corte (diciembre 2002).

Tipo de pradera	Fracción Nutricional					
	MS ¹ %	EM ² Mcal/kg	PB ³ %	FDN ⁴ %	FDA ⁵ %	CT ⁶ %
Naturalizada	-	-	14,71	50,13	29,47	-
Nativa+Pastura	-	-	13,54	50,76	29,78	-
Pastura	-	-	13,69	50,49	29,37	-
Significancia	-	-	n.s.	n.s.	n.s.	-
Nivel de fertilización	MS ¹ %	EM ² Mcal/kg	PB ³ %	FDN ⁴ %	FDA ⁵ %	CT ⁶ %
Con	-	-	13,59	51,17	29,64	-
Sin	-	-	14,36	49,75	29,44	-
Significancia	-	-	n.s.	n.s.	n.s.	-
Pradera*Fertilización	MS ¹ %	EM ² Mcal/kg	PB ³ %	FDN ⁴ %	FDA ⁵ %	CT ⁶ %
N/CF	14,73 c	2,36 ab	-	-	-	7,85 ab
N/SF	14,77 c	2,34 bc	-	-	-	7,89 a
N+P/CF	15,56 b	2,37 ab	-	-	-	7,69 ab
N+P/SF	15,62 b	2,39 a	-	-	-	7,64 ab
P/CF	16,21 a	2,30 c	-	-	-	6,95 b
P/SF	13,73 d	2,39 a	-	-	-	8,55 a
Significancia	***	*	-	-	-	*

Letras distintas en la columna indican diferencias estadísticamente significativas: * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$; *** $P \leq 0,001$; n.s. $P > 0,05$. **N/CF**: pradera naturalizada sembrada, con fertilización; **N/SF**: pradera naturalizada sembrada, sin fertilización; **N+P/CF**: pradera nativa más pastura sembrada, con fertilización; **N+P/SF**: pradera nativa más pastura sembrada, sin fertilización; **P/CF**: pastura sembrada, con fertilización; **P/SF**: pastura sembrada, sin fertilización; ¹: materia seca; ²: energía metabolizable; ³: proteína bruta; ⁴: fibra detergente neutro; ⁵: fibra detergente ácido; ⁶: cenizas totales.

El mayor contenido de EM, lo obtuvieron de forma similar, los tratamientos N+P/SF, P/SF, N+P/CF y N/CF. El tratamiento P/SF, mostró un valor energético significativamente superior al exhibido por su homólogo fertilizado, caso que ocurrió exclusivamente en la pradera *L. perenne/T. repens* (P). Los valores energéticos registrados en este ensayo, para los tratamientos basados en especies naturalizadas, son levemente superiores para la época, a las 2,1 y 2,2 Mcal/kg MS, reportados por CUEVAS *et al.* (1983) y ANRIQUE *et al.* (1995). En tanto, los valores obtenidos en las praderas basadas en *L. perenne*, se acercan bastante a los señalados por ANRIQUE *et al.* (1995) (2,23 Mcal/kg MS) y ALOMAR (1996) (2,39 Mcal/kg MS).

La proporción de cenizas totales (CT) denota diferencias significativas entre los tratamientos, encontrándose en P/SF (8,55%) y N/SF (7,89%), los mayores contenidos, los cuales a su vez son estadísticamente iguales a los obtenidos en N/CF, N+P/CF y N+P/SF. Los contenidos de CT de las praderas naturalizadas, son similares a los descritos por FLORES *et al.* (2000). El porcentaje de CT en el tratamiento P/SF, fue significativamente mayor al de P/CF, situación que sólo se produjo en este tipo de pradera.

Los resultados observados en este muestreo, deben su explicación en gran medida al dominio ejercido por *S. arvensis*, especie que se presentó en todos los tratamientos, en un rango de entre 88 y 93% de la composición botánica (Anexos 1-6).

4.6.2 Composición nutricional de las praderas en el segundo corte. La composición nutricional derivada del segundo corte (marzo de 2003), se observa en el Cuadro 15.

El nivel de proteína bruta (PB) y el contenido de cenizas totales, presentan diferencia significativa entre los tipos de pradera. El contenido de PB es significativamente mayor en las praderas N y N+P, con 10,51 y 9,47% respectivamente, seguidas éstas por P, con 8,68%, lo cual es estadísticamente similar a lo alcanzado por N+P. Dichos valores son menores para la época, que los registrados en otros estudios (CUEVAS *et al.*, 1983; ANRIQUE *et al.*, 1995).

Los valores de CT alcanzados por N y N+P, son similares entre si y a su vez, estadísticamente mayores que los logrados por P. Además, ésta fracción presenta diferencias altamente significativas entre los niveles de fertilización, registrando su valor más alto en los sitios que no fueron fertilizados. ANRIQUE *et al.* (1995), en praderas permanentes con y sin fertilizar, registraron en la misma época 10,3 y 12,3% de CT, respectivamente, valores bastante superiores a los del presente estudio.

Tanto el aporte de energía metabolizable como la proporción de fibra detergente ácido (FDA), sólo exhiben diferencia estadística entre los niveles de fertilización. El contenido de EM es significativamente mayor en los sitios fertilizados y el contenido de FDA lo es en aquellas parcelas que no recibieron fertilización alguna. La misma tendencia se observa en ANRIQUE *et al.* (1995), sin embargo, los valores allí señalados son menores a los obtenidos en este ensayo.

CUADRO 15 Composición nutricional, según tipo de pradera y nivel de fertilización, en el segundo corte (marzo 2003).

Tipo de pradera	Fracción Nutricional					
	MS ¹ %	EM ² Mcal/kg	PB ³ %	FDN ⁴ %	FDA ⁵ %	CT ⁶ %
Naturalizada	35,60	2,19	10,51 a	54,85	34,56	6,67 a
Nativa+Pastura	38,17	2,36	9,47 ab	53,69	32,99	6,65 a
Pastura	38,90	2,35	8,68 b	52,97	33,33	6,45 b
Significancia	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.	*
Nivel de fertilización	MS ¹ %	EM ² Mcal/kg	PB ³ %	FDN ⁴ %	FDA ⁵ %	CT ⁶ %
Con	37,66	2,39 a	9,54	53,13	32,28 b	6,42 b
Sin	37,44	2,22 b	9,54	54,54	34,99 a	6,83 a
Significancia	n.s.	*	n.s.	n.s.	*	**

Letras distintas en la columna indican diferencias estadísticamente significativas: * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$; *** $P \leq 0,001$; n.s. $P > 0,05$. ¹: materia seca; ²: energía metabolizable; ³: proteína bruta; ⁴: fibra detergente neutro; ⁵: fibra detergente ácido; ⁶: cenizas totales.

4.6.3 Composición nutricional de las praderas en el tercer corte. El tercer corte de las praderas (mayo de 2003), arrojó los resultados que muestra el Cuadro 16.

Con respecto al muestreo anterior, la tendencia observada es de un descenso en el porcentaje de MS y un aumento en el contenido de CT, PB y EM, lo cual va acompañado por una disminución de las fracciones fibrosas. Dicha tendencia, también puede ser advertida en los trabajos realizados por CUEVAS *et al.* (1983) y SIEBALD *et al.* (1983).

En este muestreo y sólo en algunas fracciones nutricionales, fue el factor fertilización quien marcó la diferencia, puesto que todas las variables nutricionales aquí medidas, fueron estadísticamente iguales en los tres tipos de pradera.

CUADRO 16 Composición nutricional, según tipo de pradera y nivel de fertilización, en el tercer corte (mayo 2003).

Tipo de pradera	Fracción Nutricional					
	MS ¹ %	EM ² Mcal/kg	PB ³ %	FDN ⁴ %	FDA ⁵ %	CT ⁶ %
Naturalizada	18,27	2,63	18,85	47,79	27,39	8,14
Nativa+Pastura	20,42	2,71	19,39	46,24	25,47	8,10
Pastura	19,51	2,75	18,04	45,65	25,92	7,51
Significancia	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Nivel de fertilización	MS ¹ %	EM ² Mcal/kg	PB ³ %	FDN ⁴ %	FDA ⁵ %	CT ⁶ %
Con	16,82 b	2,85 a	21,21 a	45,67	23,93 b	7,93
Sin	22,10 a	2,54 b	16,42 b	47,46	28,65 a	7,89
Significancia	**	**	*	n.s.	**	n.s.

Letras distintas en la columna indican diferencias estadísticamente significativas: * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$; *** $P \leq 0,001$; n.s. $P > 0,05$. ¹: materia seca; ²: energía metabolizable; ³: proteína bruta; ⁴: fibra detergente neutro; ⁵: fibra detergente ácido; ⁶: cenizas totales.

Los contenidos de MS, PB, EM y FDA exhibieron diferencias estadísticas entre los niveles de fertilización. Es así como los aportes de PB y EM son significativamente superiores en las parcelas que fueron fertilizadas, mientras que los valores más altos de MS y FDA se presentaron en aquellos sitios que no recibieron fertilización. En el

caso de la PB, dicha diferencia estaría dada por la fertilización nitrogenada, debido a que al aumentar la dosis de nitrógeno, se incrementa también el contenido de proteína bruta de la pradera (KEADY y O'KIELY, 1998).

4.6.4 Composición nutricional de las praderas en el cuarto corte. Los resultados del análisis nutricional para el muestreo invernal (julio de 2003), se pueden observar en el Cuadro 17.

En las fracciones FDN y CT queda de manifiesto la interacción existente entre el tipo de pradera y el nivel de fertilización. De esta manera, la proporción de FDN presenta diferencia significativa entre los tratamientos, siendo P/CF y N/SF los tratamientos que alcanzaron los valores más altos. De igual forma, el contenido de CT muestra una diferencia altamente significativa entre los tratamientos, consiguiendo el tratamiento N/CF, el mayor contenido de cenizas. Sin embargo, cabe destacar que a continuación de N/CF están los tratamientos N+P/CF y P/CF, sin diferencia estadística entre si.

El porcentaje de MS exhibe diferencias estadísticas entre los tipos de pradera, alcanzando N+P y P, valores estadísticamente iguales entre si y significativamente mayores a N. De igual modo, existe diferencia altamente significativa entre los niveles de fertilización, encontrándose el mayor contenido de MS en los tratamientos sin fertilizar.

El aporte proteico es significativamente diferente tanto entre los tipos de pradera como entre los niveles de fertilización. Según el tipo de pradera, el contenido de PB de N y N+P, son estadísticamente iguales, pero significativamente superiores al de la pradera P. Sin embargo, las producciones de PB de las tres praderas (kg PB/ha), son estadísticamente iguales (Anexo14). Aún cuando el valor obtenido en este estudio (15,59%) es menor al registrado por CUEVAS *et al.* (1983) para la época (17,2%) en una pradera naturalizada, la tendencia es la misma que la descrita por BALOCCHI y LÓPEZ (1996). Según nivel de fertilización, el mayor contenido de PB se presenta, al igual que en el muestreo anterior, en las praderas fertilizadas.

CUADRO 17 Composición nutricional, según tipo de pradera y nivel de fertilización, en el cuarto corte (julio 2003).

Tipo de pradera	Fracción Nutricional					
	MS ¹ %	EM ² Mcal/kg	PB ³ %	FDN ⁴ %	FDA ⁵ %	CT ⁶ %
Naturalizada	11,85 b	2,69 b	15,59 a	-	25,25	-
Nativa+Pastura	14,62 a	2,83 a	14,62 a	-	24,25	-
Pastura	15,59 a	2,83 a	11,85 b	-	24,15	-
Significancia	**	**	*	-	n.s.	-
Nivel de fertilización	MS ¹ %	EM ² Mcal/kg	PB ³ %	FDN ⁴ %	FDA ⁵ %	CT ⁶ %
Con	12,38 b	2,83 a	23,39 a	-	24,93	-
Sin	15,67 a	2,75 b	21,05 b	-	24,17	-
Significancia	***	**	**	-	n.s.	-
Pradera*Fertilización	MS ¹ %	EM ² Mcal/kg	PB ³ %	FDN ⁴ %	FDA ⁵ %	CT ⁶ %
N/CF	-	-	-	48,81 ab	-	13,38 a
N/SF	-	-	-	50,07 a	-	10,04 c
N+P/CF	-	-	-	49,71 ab	-	10,68 b
N+P/SF	-	-	-	48,63 ab	-	9,28 d
P/CF	-	-	-	52,55 a	-	10,51 b
P/SF	-	-	-	45,73 b	-	8,85 e
Significancia	-	-	-	*	-	**

Letras distintas en la columna indican diferencias estadísticamente significativas: * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$; *** $P \leq 0,001$; n.s. $P > 0,05$. **N/CF**: pradera naturalizada sembrada, con fertilización; **N/SF**: pradera naturalizada sembrada, sin fertilización; **N+P/CF**: pradera nativa más pastura sembrada, con fertilización; **N+P/SF**: pradera nativa más pastura sembrada, sin fertilización; **P/CF**: pastura sembrada, con fertilización; **P/SF**: pastura sembrada, sin fertilización; ¹: materia seca; ²: energía metabolizable; ³: proteína bruta; ⁴: fibra detergente neutro; ⁵: fibra detergente ácido; ⁶: cenizas totales.

Los tipos de pradera N+P y P muestran valores de EM estadísticamente iguales entre si y significativamente superiores al tipo de pradera N, lo cual estaría explicado por la mayor presencia de *L. perenne* en las praderas N+P y P (Anexo 10), especie que posee un alto contenido energético (BALOCCHI y LÓPEZ, 1996; OPITZ, 2002). No obstante, en este muestreo las tres praderas produjeron la misma cantidad de EM

(Mcal/ha) (Anexo 13). Del mismo modo, las praderas fertilizadas exhiben un valor de EM significativamente mayor que el de las parcelas no fertilizadas.

4.6.5 Composición nutricional de las praderas en el quinto corte. El análisis nutricional efectuado para el último corte del período experimental (septiembre de 2003), arrojó los resultados que se observan en el Cuadro 18.

La proporción de MS en este muestreo, evidencia una diferencia altamente significativa entre los niveles de fertilización, mostrando las praderas sin fertilizar, los valores más altos.

El porcentaje de CT es mayor en la pradera N, la que tiene una diferencia altamente significativa con respecto a las otras dos, las que entre sí no presentan diferencia estadística. Del mismo modo, la proporción de CT muestra una diferencia altamente significativa entre los niveles de fertilización, siendo superior en las parcelas fertilizadas.

Las praderas P y N+P son estadísticamente iguales en su contenido de PB, sin embargo ambas difieren significativamente de la pradera naturalizada (N), la cual registra el mayor contenido proteico, situación que también ocurrió en el segundo y cuarto muestreo y con lo cual queda de manifiesto que la pradera naturalizada posee una concentración de PB, superior a la alcanzada por la pastura *L. perenne/T. repens*. Lo anterior, ha sido descrito previamente en otros estudios (BALOCCHI y LÓPEZ, 1996; CÁRDENAS, 2002). Una posible explicación, puede estar dada por el hecho de que la pradera N fue dominada por *B. valdivianus* (Anexos 8, 10 y 11), especie que según BALOCCHI y LÓPEZ (1996) y FLORES *et al.* (2000), es la que presenta uno de los más altos niveles de PB, dentro de las especies naturalizadas. Además, se explicaría debido a la escasa presencia de *T. repens* en la pradera P, especie que por ende no aportó su alto contenido de proteína a dicha pradera (ROMERO y TEUBER, 2004). Al mismo tiempo, son las parcelas fertilizadas las que presentan los más altos contenidos de PB, diferenciándose así significativamente de los sitios sin fertilizar.

CUADRO 18 Composición nutricional, según tipo de pradera y nivel de fertilización, en el quinto corte (septiembre 2003).

Tipo de pradera	Fracción Nutricional					
	MS ¹ %	EM ² Mcal/kg	PB ³ %	FDN ⁴ %	FDA ⁵ %	CT ⁶ %
Naturalizada	15,71	2,79	22,48 a	-	-	10,1 a
Nativa+Pastura	16,57	2,93	18,30 b	-	-	9,09 b
Pastura	16,86	2,93	16,91 b	-	-	8,78 b
Significancia	n.s.	n.s.	*	-	-	**
Nivel de fertilización	MS ¹ %	EM ² Mcal/kg	PB ³ %	FDN ⁴ %	FDA ⁵ %	CT ⁶ %
Con	13,93 b	2,88	20,59 a	-	-	9,98 a
Sin	18,98 a	2,88	17,80 b	-	-	8,67 b
Significancia	**	n.s.	*	-	-	***
Pradera*Fertilización	MS ¹ %	EM ² Mcal/kg	PB ³ %	FDN ⁴ %	FDA ⁵ %	CT ⁶ %
N/CF	-	-	-	42,24 b	24,15 b	-
N/SF	-	-	-	41,16 b	25,11 ab	-
N+P/CF	-	-	-	45,21 a	25,91 a	-
N+P/SF	-	-	-	38,69 c	22,45 c	-
P/CF	-	-	-	45,84 a	26,04 a	-
P/SF	-	-	-	35,83 d	21,21 c	-
Significancia	-	-	-	***	**	-

Letras distintas en la columna indican diferencias estadísticamente significativas: * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$; *** $P \leq 0,001$; n.s. $P > 0,05$. **N/CF**: pradera naturalizada sembrada, con fertilización; **N/SF**: pradera naturalizada sembrada, sin fertilización; **N+P/CF**: pradera nativa más pastura sembrada, con fertilización; **N+P/SF**: pradera nativa más pastura sembrada, sin fertilización; **P/CF**: pastura sembrada, con fertilización; **P/SF**: pastura sembrada, sin fertilización; ¹: materia seca; ²: energía metabolizable; ³: proteína bruta; ⁴: fibra detergente neutro; ⁵: fibra detergente ácido; ⁶: cenizas totales.

Tanto la FDN como la FDA, poseen interacción entre el tipo de pradera y el nivel de fertilización, existiendo en ambos casos diferencias altamente significativas entre los tratamientos.

El mayor contenido de FDN lo presentan, sin diferencia estadística, los tratamientos P/CF y N+P/CF y el menor valor lo registró el tratamiento P/SF. En los

tipos de pradera N+P y P, se evidencia una diferencia significativa a favor de los tratamientos fertilizados, los cuales muestran valores más elevados de pared celular.

Los tratamientos P/CF, N+P/CF y N/SF obtuvieron, sin diferencia estadística entre ellos, el mayor contenido de FDA, mientras que el valor más bajo de lignocelulosa lo presentan los tratamientos P/SF y N+P/SF. Se puede observar además, que en las praderas P y N+P, los tratamientos fertilizados presentan valores superiores de FDA que los no fertilizados.

4.7 Curvas de composición nutricional de los tratamientos durante el año de evaluación.

En este capítulo se presenta la dinámica mostrada por la composición nutricional de los diferentes tratamientos a través del tiempo. Las variables nutricionales medidas fueron: contenido de materia seca, energía metabolizable (en rumiantes), proteína bruta, fibra detergente neutro, fibra detergente ácido y cenizas totales.

4.7.1 Evolución del contenido de materia seca. La variación exhibida durante el año por el contenido de materia seca, se presenta en la Figura 3.

La tendencia general seguida por el contenido de materia seca de los tratamientos, muestra que ésta comienza a aumentar a mediados de primavera (12-19%), alcanzando su máximo valor a fines del verano (34-41%), para luego empezar a declinar durante el otoño (15-22%) y seguir dicha tendencia durante el invierno, siendo en este último período en donde se encuentran los valores más bajos de la temporada (10-17%). Dicho comportamiento y el orden de magnitud de los valores, son similares a los reportados por SIEBALD *et al.* (1983) y ANRIQUE *et al.* (1995). También FLORES *et al.* (2000), encontraron mayores valores de MS a medida que avanzaba el año, lo cual atribuyeron a la progresión en la fenología de las especies pratenses, puesto que según Mc Donald (1981), citado por FLORES *et al.* (2000), el contenido de MS de una pradera es bajo en los primeros estados de desarrollo de las plantas (15-25%), aumentando a medida que éstas maduran (35%).

Los tratamientos sin fertilización muestran durante gran parte del año, un mayor contenido de MS, lo cual concuerda con la tendencia descrita por SIEBALD *et al.* (1983).

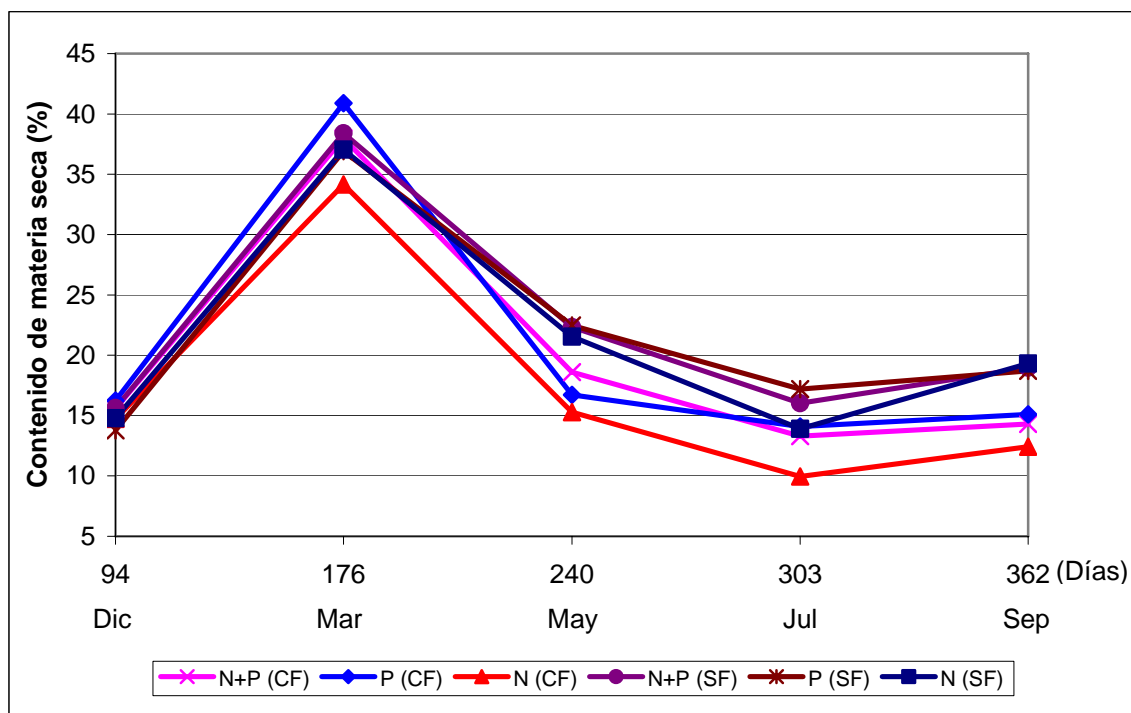


FIGURA 3 Evolución del contenido de materia seca (%) de los tratamientos, durante el año de evaluación.

4.7.2 Evolución del contenido de energía metabolizable. En la Figura 4 se presenta la evolución seguida por el contenido de energía metabolizable a través del año.

El contenido de energía metabolizable fue disminuyendo a medida que la madurez de las especies avanzaba, haciéndose mínimo a finales de la época estival. Luego existe un repunte en otoño, el cual continúa durante el invierno, para llegar a sus valores máximos en primavera. Esta tendencia coincide con los resultados obtenidos en praderas permanentes de la comuna de Los Lagos (CUEVAS *et al.*, 1983).

Los tratamientos N/CF, N/SF, P/SF y N+P/SF, presentan sus valores de EM más bajos del año en el muestreo del mes de marzo, coincidiendo éstos con sus niveles más altos de FDN y FDA (Figuras 4, 6 y 7). FLORES *et al.* (2000), encontraron que un incremento de una unidad porcentual en la FDN y FDA, explicarían una reducción en la EM, de 0,042 y 0,054 Mcal/kg MS, respectivamente. Esta caída se explicaría puesto que el avance en la madurez de las especies pratenses, hace más lento el aprovechamiento del forraje en el proceso digestivo, con lo cual su valor energético se reduce (ANRIQUE, 1993). Lo anterior se fundamenta en la reducción del contenido de carbohidratos solubles y el aumento en los componentes fibrosos, que son de más lenta degradabilidad ruminal (FLORES *et al.*, 2000). Esto último concuerda con lo descrito por BUXTON y RUSSELL (1988), quienes además señalan que en el caso de la FDA, a medida que su componente de lignina es mayor, puede constituir una limitante para la digestibilidad y el consumo, debido a sus efectos negativos sobre la actividad de las bacterias ruminales.

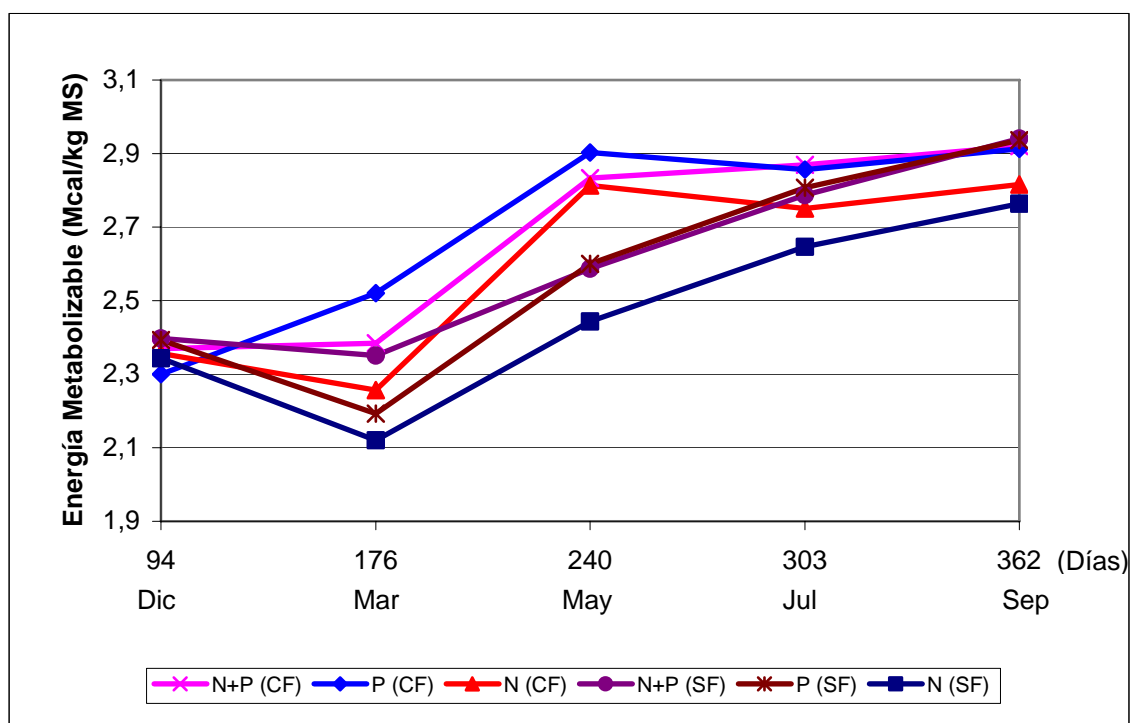


FIGURA 4 Evolución del contenido de energía metabolizable (Mcal/kg) de los tratamientos durante el año de evaluación.

En general los tratamientos fertilizados presentaron un alto contenido de EM durante el período experimental, pero fueron los tratamientos N+P/CF y P/CF los que mostraron un mejor comportamiento durante el año, registrando sus valores máximos en septiembre, con 2,92 y 2,91 Mcal/kg MS, respectivamente.

Resulta curioso el nivel de EM de los tratamientos sin fertilizar, los cuales sobrepasan la barrera de las 2,6 Mcal/kg a partir de julio, inclusive P/SF y N+P/SF superaron las 2,9 Mcal/kg en septiembre, igualando así los valores máximos alcanzados en la misma época, por algunos de los tratamientos fertilizados e incluso rebasando lo aportado por N/CF.

4.7.3 Evolución del contenido de proteína bruta. El comportamiento que mantuvo el contenido proteico de las praderas durante el período de evaluación, se observa en la Figura 5.

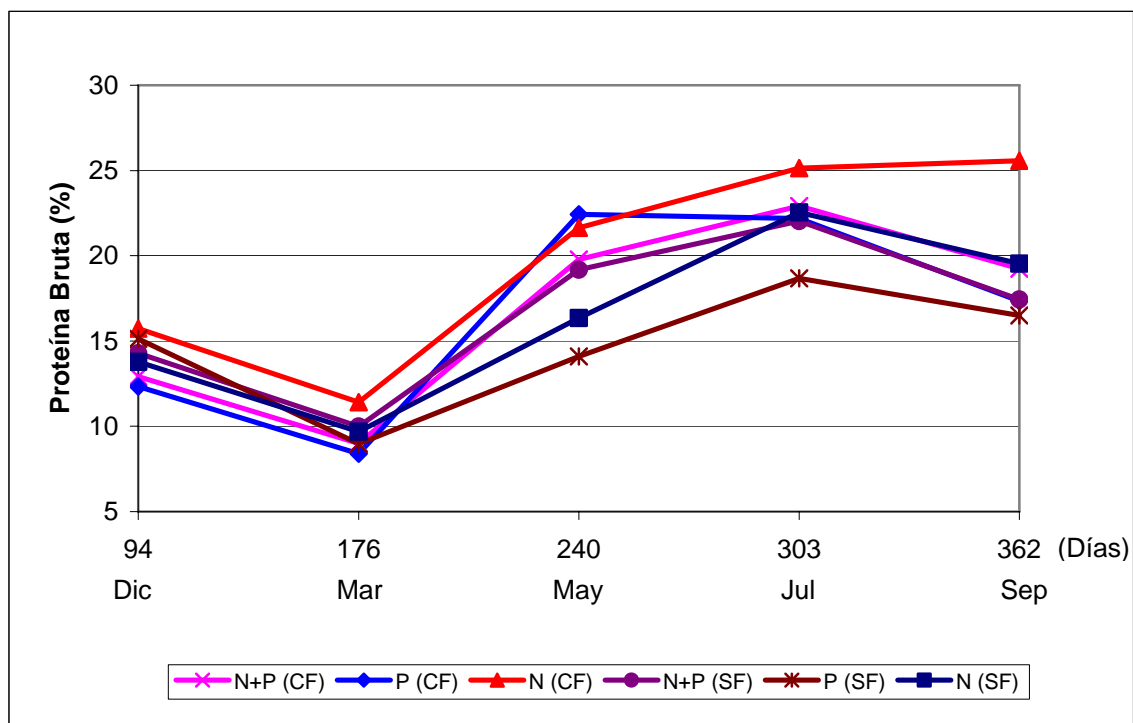


FIGURA 5 Evolución del contenido de proteína bruta (%) de los tratamientos durante el año de evaluación.

La tendencia general seguida por el contenido de proteína bruta, muestra que ésta desciende entre final de primavera y los meses de verano, para luego iniciar el ascenso en otoño, el cual continúa en invierno, para obtener sus valores máximos a fines de éste o principio de primavera. Tendencia similar a la descrita por CUEVAS *et al.* (1983) y SIEBALD *et al.* (1983), en praderas naturalizadas del sur de Chile.

Durante gran parte del año, los tratamientos fertilizados mostraron un mayor contenido de PB. Es así como el tratamiento N/CF presentó el mejor comportamiento del contenido proteico a lo largo del año, alcanzando su valor máximo en septiembre (25,5%) y mínimo en marzo (11,41%). Tanto la época en que estos valores fueron obtenidos como también el valor máximo logrado, coinciden con los datos entregados en otras publicaciones (GOIC y MARTNER, 1977; CUEVAS *et al.*, 1983; ANRIQUE *et al.*, 1995). Sin embargo, los valores mínimos descritos por los mismos autores no coinciden con los del presente estudio, siendo estos últimos levemente mayores. Otro estudio realizado en praderas naturalizadas de la zona sur de Chile reportó valores de PB superiores (entre 16 y 30%) a los de este ensayo (SIEBALD *et al.*, 1983).

4.7.4 Evolución de la fracción fibrosa. En las Figuras 6 y 7 se presenta la variación mostrada a través del año por los contenidos de FDN y FDA, respectivamente.

Es en primavera cuando el contenido de pared celular (FDN) de las praderas comienza a aumentar, hasta llegar al máximo en verano con el avanzado estado de madurez de las plantas (ALOMAR, 1996). En otoño se produce una caída en los niveles de FDN, para luego aumentar levemente en invierno y caer nuevamente a fines de éste, que es donde se obtiene el mínimo valor de FDN. Esta dinámica es semejante a la obtenida por CUEVAS *et al.* (1983). Además, coincide con CUEVAS (1987), quien señala que en una pradera de gramíneas, a partir de la espigadura se produce un aumento progresivo de la pared celular y la consiguiente disminución del contenido celular, determinando una reducción del valor nutritivo del forraje, lo que podría implicar una disminución en el consumo de éste.

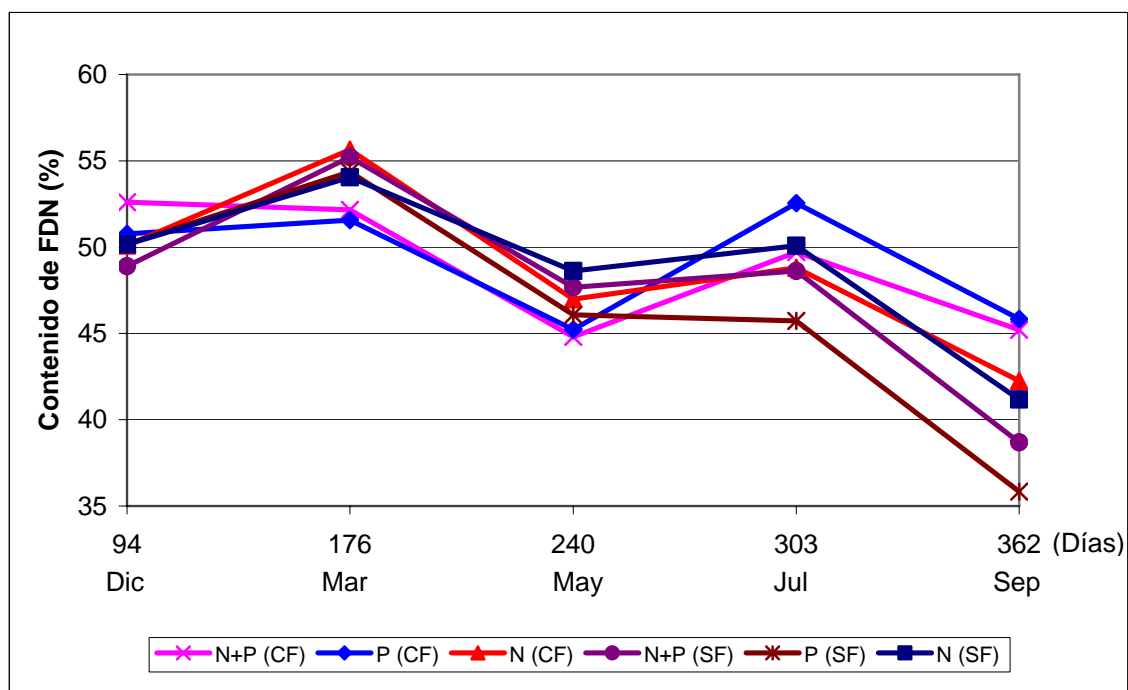


FIGURA 6 Evolución del contenido de fibra detergente neutro (%) de los tratamientos durante el año de evaluación.

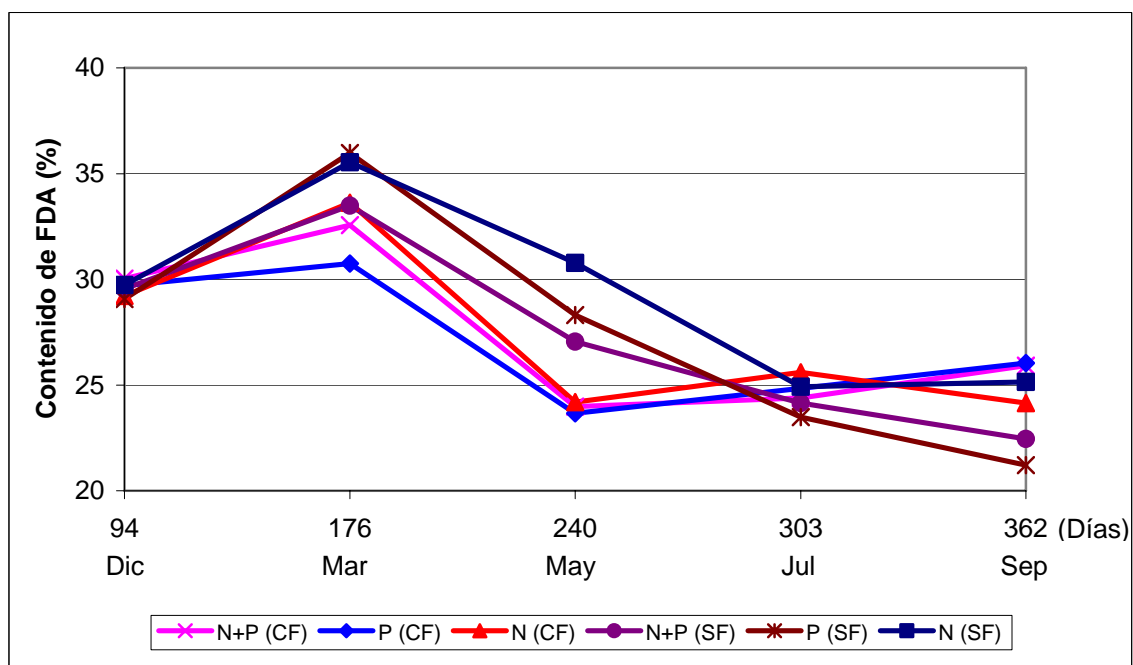


FIGURA 7 Evolución del contenido de fibra detergente ácido (%) de los tratamientos durante el año de evaluación.

El contenido de celulosa y lignina, medida a través de la FDA, inicia su ascenso en primavera, para alcanzar sus valores máximos a fines del verano, luego de lo cual inicia el descenso, el cual se mantiene durante el otoño e invierno, siendo en éste donde alcanza sus más bajos valores del año. El mismo comportamiento es reportado por ANRIQUE *et al.* (1995), en una pradera permanente fertilizada del sur de Chile.

Se puede observar (Figura 7) que durante parte del año, los niveles de FDA son mayores en los tratamientos sin fertilizar, los cuales a su vez en las mismas épocas, presentan un bajo contenido de EM en comparación a los tratamientos fertilizados (Figura 4).

4.7.5 Evolución del contenido de cenizas totales. Los niveles de cenizas totales alcanzados por los tratamientos a través del año de evaluación, se presentan en la Figura 8.

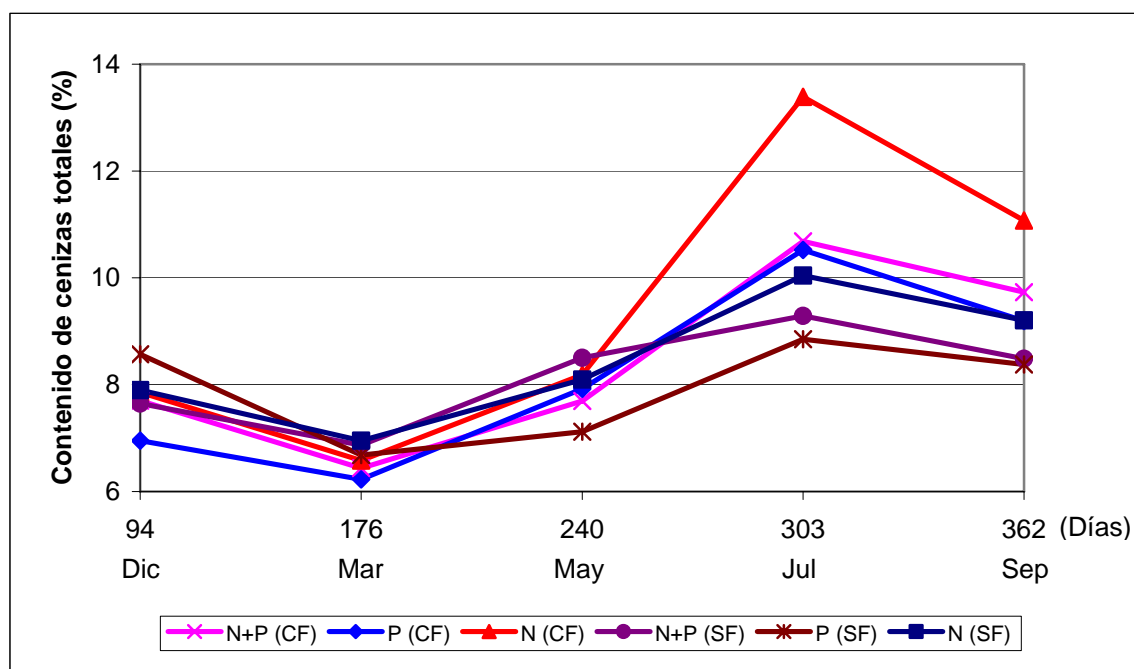


FIGURA 8 Evolución del contenido de cenizas totales (%) de los tratamientos durante el año de evaluación.

El contenido de cenizas totales (CT) comienza a aumentar a partir del otoño, alcanzando los mayores valores en invierno. Su disminución se inicia en primavera, para llegar al menor contenido a fines del verano. Esta tendencia fue descrita previamente por FLORES *et al.* (2000), quienes registraron que el contenido de CT fue disminuyendo paulatinamente a una tasa aproximada de 0,04 unidades porcentuales diarias, en la medida que las especies pratenses fueron madurando.

El tratamiento N/CF sigue la misma tendencia adoptada por los demás tratamientos en el período invernal, sin embargo muestra valores superiores a los restantes tratamientos (13,4 % en julio y 11,1% en septiembre). También, SIEBALD *et al.* (1983) y ANRIQUE *et al.* (1995), señalan que una pradera naturalizada fertilizada del sur de Chile, posee un mayor contenido de CT que una pradera ballica/trébol.

4.8 Grupos de especies pratenses según rendimiento anual.

Los niveles de fertilización aplicados deben haber generado dos condiciones de fertilidad contrastantes en el suelo, cuyas diferencias se deben haber acentuado en el tiempo. GRIME *et al.* (1989), proponen que las especies pratenses se diferencian de acuerdo a la capacidad para competir por recursos, la capacidad para tolerar estrés ambiental y la capacidad para colonizar ecosistemas luego de la ocurrencia de alteraciones ambientales, como son la aradura y los incendios. Según esto, las especies cuya respuesta productiva a la interacción entre la capacidad para producir fitomasa y la capacidad para crecer bajo condiciones ambientales limitantes (fertilidad de suelo, disponibilidad de agua, temperatura, etc.) es similar, tendrían una respuesta en crecimiento comparable para dicha condición ambiental, de manera que compartirían un lugar común dentro de la sucesión de las especies en la pradera. Esto implica que dichas especies podrían ser ubicadas en grupos comunes, esperándose un comportamiento productivo homogéneo dentro de cada grupo.

La agrupación de las especies se realizó usando el análisis de Cluster o de Conglomerados (Figura 9). Se determinó la presencia de cuatro grupos de especies pratenses, constituidos de la siguiente manera: Grupo 1: *L. perenne*; Grupo 2: *B. valdivianus*; Grupo 3: *H. lanatus*, *T. repens*, *P. pratensis*, *R. acetosella*, *C. dactylon*, *L.*

uliginosus, *P. lanceolata*, *H. radicata*, *A. elatius* ssp. *bulbosus*, *P. persicaria*, *A. capillaris*, *L. nudicaulis* y *P. aviculare*; y Grupo 4: *S. arvensis*.

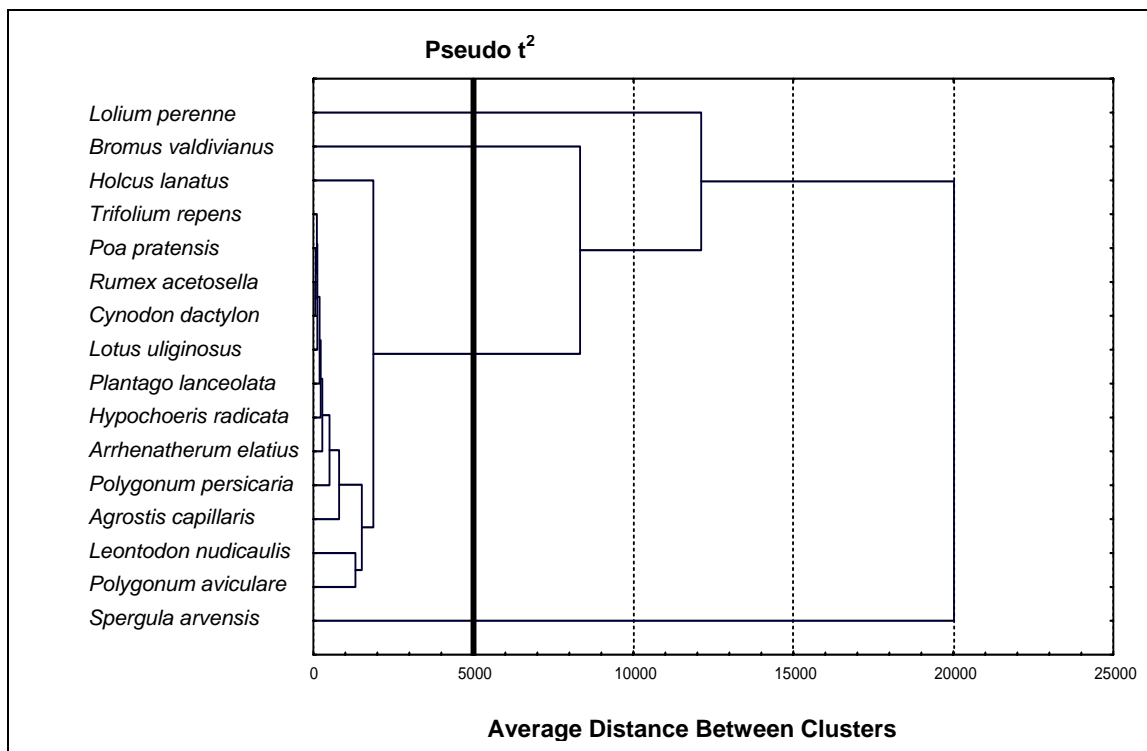


FIGURA 9 Agrupamiento de especies, según producción anual de materia seca.

Lolium perenne y *B. valdivianus* fueron las especies que produjeron una mayor cantidad de materia seca (Cuadro 13; Figura 10). El dendrograma muestra que tanto *B. valdivianus* como *L. perenne* se desarrollaron con una escasa presencia de especies acompañantes (Figura 9), resultados congruentes con los del análisis univariado (Cuadro 13). En ambos casos se considera que los tratamientos (tipos de pradera) fueron determinantes en la composición botánica de cada pradera durante el período evaluado. Se espera que en la medida que transcurra el tiempo, el efecto de los tipos de pradera establecidos tienda a desaparecer, generándose una relación estrecha entre la condición del suelo y las especies pratenses que se desarrollen en cada caso.

Spergula arvensis se comportó como una especie oportunista (GRIME *et al.*, 1989), ya que presentó un desarrollo espontáneo acelerado luego de la siembra y

durante el período de establecimiento de las diferentes especies sembradas. El dendrograma discriminó a *S. arvensis* del resto de las especies (Figura 9). Al avanzar el período experimental, la población de *S. arvensis* decreció hasta desaparecer (Cuadros 8, 9 y 10). Es una característica común a las especies oportunistas el desarrollarse en forma explosiva cuando la competencia por los recursos disponibles es baja y tener una persistencia corta en el tiempo (GRIME, 1977).

4.8.1 Producción absoluta y relativa de los grupos de especies. La información contenida en las Figuras 10 y 11 puede ser analizada bajo dos puntos de vista: según el comportamiento de cada grupo de especies en los diversos tratamientos y según la respuesta de los diferentes grupos de especies al relacionarse todos ellos en un mismo tratamiento.

Según el primer punto de vista, se observa que el grupo 1 (*L. perenne*), se presenta en los cuatro tratamientos en que fue establecido, pero además aparece invadiendo levemente el tratamiento N/CF. De los cuatro tratamientos en que fue establecida esta especie, fue en los fertilizados en donde registró un rendimiento estadísticamente superior. Dentro de los tratamientos CF, fue en P/CF en donde produjo la mayor cantidad de MS, siendo ésta significativamente diferente a la producida en N+P/CF. Cabe señalar además, que ésta especie produjo 5564, 4109, 745 y 639 kg MS·ha⁻¹·año⁻¹ en los tratamientos P/CF, N+P/CF, P/SF y N+P/SF, respectivamente (Figura 10), lo que equivale a 51, 35, 12 y 9% del total de MS producida por cada uno de los respectivos tratamientos (Figura 11).

El grupo 2 (*B. valdivianus*), se encuentra presente únicamente en los tratamientos N/CF, N+P/CF, N/SF y N+P/SF en que fue sembrado, produciendo en ellos 4479, 1381, 766 y 535 kg MS·ha⁻¹·año⁻¹ respectivamente, lo cual corresponde a 37, 12, 11 y 7% del total obtenido por cada uno de los respectivos tratamientos. Al comparar los tratamientos dentro de un mismo tipo de pradera, siempre el rendimiento del tratamiento CF fue estadísticamente superior al SF. Confrontando ambos tratamientos fertilizados, es N/CF el que produjo una cantidad de MS significativamente mayor a N+P/CF. Hay que destacar también que el rendimiento de N/SF fue estadísticamente igual al conseguido por N+P/CF.

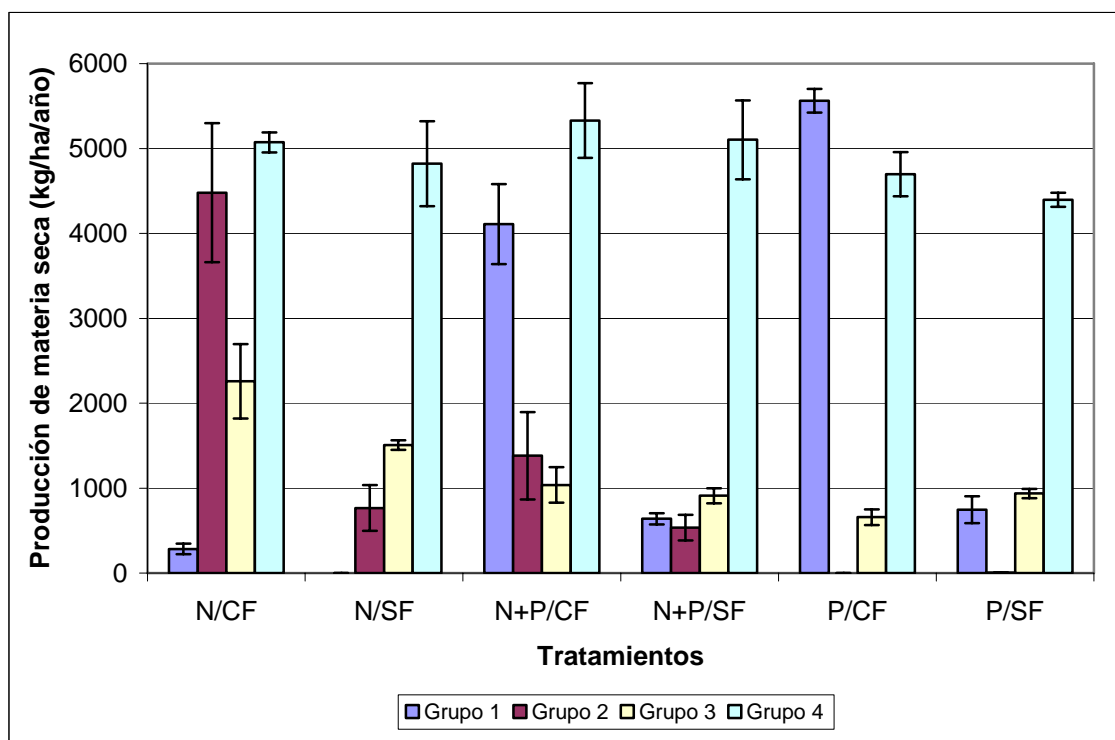


FIGURA 10 Producción absoluta de materia seca (promedio \pm sem) de los grupos de especies en los tratamientos.

El grupo 3 aparece en los seis tratamientos, puesto que este grupo además de especies de hoja ancha, contiene algunas gramíneas y leguminosas, tanto sembradas como surgidas en forma espontánea. Este grupo de especies registró su mayor producción en las praderas naturalizadas, con 2259 y 1506 kg MS·ha⁻¹·año⁻¹ en los tratamientos N/CF y N/SF respectivamente, constituyendo dichas producciones 19 y 21% de la MS generada por cada uno de los tratamientos mencionados. Ambos tratamientos difieren estadísticamente en su rendimiento con el resto, e igualmente son disímiles entre sí (N/CF > N/SF). La diferencia con los demás tratamientos se debe a que en las praderas naturalizadas, inicialmente se establecieron especies que en los demás tipos de pradera no lo fueron, por lo que en estos tratamientos el grupo 3 corresponde sólo a especies de hoja ancha y algunas gramíneas que aparecieron espontáneamente. En los tratamientos N+P/CF, P/SF y N+P/SF el grupo 3 produjo 1038, 937 y 911 kg MS·ha⁻¹·año⁻¹, cantidades estadísticamente iguales y que representan 9, 15 y 13% de lo producido, respectivamente. El rendimiento del grupo 3 en dichos tratamientos fue significativamente diferente y superior a lo producido en

P/CF, en donde produjo 658 kg MS·ha⁻¹·año⁻¹, siendo tan solo 6% del total producido durante el año.

También, el grupo 4 (*S. arvensis*), se manifiesta en todos los tratamientos, alcanzando un rendimiento significativamente mayor en N+P/CF, N+P/SF, N/CF, N/SF y P/CF, los cuales produjeron 5331, 5103, 5072, 4821 y 4698 kg MS·ha⁻¹·año⁻¹ respectivamente, producciones que son estadísticamente iguales entre si y que equivalen al 45, 71, 42, 68 y 43% de la producción total anual de dichos tratamientos. El tratamiento P/SF, con un rendimiento de 4395 kg MS·ha⁻¹·año⁻¹ y representando 72% de la producción del tratamiento, difiere significativamente sólo de los tratamientos N/CF, N+P/CF y N+P/SF.

Analizando desde el segundo punto de vista (tratamientos), se puede señalar que de los 12094 kg MS·ha⁻¹·año⁻¹ producidos por el tratamiento N/CF, el mayor aporte lo realizan, sin diferencia estadística entre ellos, los grupos 2 y 4 con 4479 y 5072 kg MS·ha⁻¹·año⁻¹, respectivamente, lo que representa 37 y 42% del total. La producción individual de cada uno de los grupos antes mencionados, es estadísticamente superior a los 2259 kg MS·ha⁻¹·año⁻¹ contribuidos por las especies del grupo 3, el cual supera significativamente los 284 kg MS·ha⁻¹·año⁻¹ proporcionados por el grupo 1, correspondiendo estos valores a 19 y 2% de la respectiva producción total anual del tratamiento.

Por su parte el tratamiento N/SF está dominado ampliamente por el grupo 4, cuyo rendimiento de 4821 kg MS·ha⁻¹·año⁻¹, es significativamente superior al de los demás grupos, constituyendo 68% de los 7094 kg MS·ha⁻¹·año⁻¹ producidos por dicho tratamiento. Con 1506 kg MS·ha⁻¹·año⁻¹ le sigue en cantidad el grupo 3 y finalmente el grupo 2 con tan solo 766 kg MS·ha⁻¹·año⁻¹, ambos estadísticamente diferentes entre sí y representando 21 y 11% del total, respectivamente.

Con un rendimiento de 5331 kg MS·ha⁻¹·año⁻¹, lo que corresponde a 45% de los 11858 kg MS·ha⁻¹·año⁻¹ producidos por el tratamiento N+P/CF, el grupo 4 sobrepasa estadísticamente la producción de los demás grupos. El grupo 4 supera los 4109 kg MS·ha⁻¹·año⁻¹ producidos por el grupo 1, el cual difiere significativamente de los grupos

2 y 3, cuyos rendimientos son estadísticamente iguales entre si, con 1381 y 1038 kg MS·ha⁻¹·año⁻¹, respectivamente.

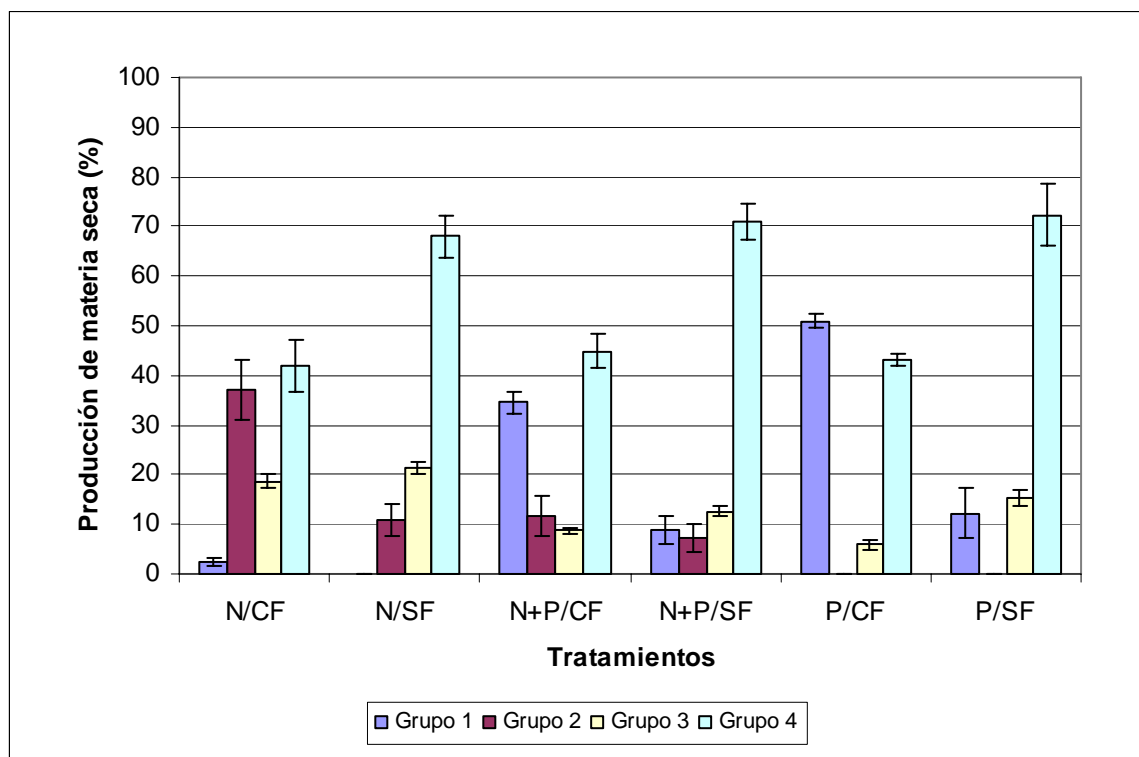


FIGURA 11 Producción relativa de materia seca (promedio \pm sem) de los grupos de especies en los tratamientos.

En el tratamiento N+P/SF el grupo 4 domina con 5103 kg MS·ha⁻¹·año⁻¹, lo que equivale a 71% de los 7188 kg MS·ha⁻¹·año⁻¹ producidos por este tratamiento. Este rendimiento del grupo 4 es estadísticamente mayor al de los demás grupos. Los grupos 1 y 2, con 639 y 535 kg MS·ha⁻¹·año⁻¹ respectivamente, no difieren significativamente entre si, pero sí difieren de los 911 kg MS·ha⁻¹·año⁻¹ obtenidos por el grupo 3, cuya producción es estadísticamente superior a la de los dos grupos antes mencionados.

El tratamiento P/CF produjo 10919 kg MS·ha⁻¹·año⁻¹, de los cuales el 51%, es decir, 5564 kg MS·ha⁻¹·año⁻¹, fueron aportados por el grupo 1, alcanzando así un rendimiento significativamente mayor al de los grupos 3 y 4, los que a su vez fueron estadísticamente diferentes entre sí, con 4698 y 658 kg MS·ha⁻¹·año⁻¹

correspondientemente, lo que constituye 43 y 6% de la producción anual del tratamiento, respectivamente.

De los 6081 kg MS·ha⁻¹·año⁻¹ producidos por el tratamiento P/SF, el grupo 4 aportó con 4395 de ellos, es decir, con 72%, lo que lo hace diferenciarse significativamente de los grupos 1 y 3, cuyas producciones de 745 y 937 kg MS·ha⁻¹·año⁻¹ son estadísticamente iguales entre sí y equivalen a 12 y 15% del total, respectivamente.

4.8.2 Producción acumulada de los tratamientos y aporte de los grupos de especies. En la Figura 12 se presenta el rendimiento obtenido por cada uno de los tratamientos a lo largo del año de evaluación y la producción aportada por cada grupo de especies a dicho rendimiento.

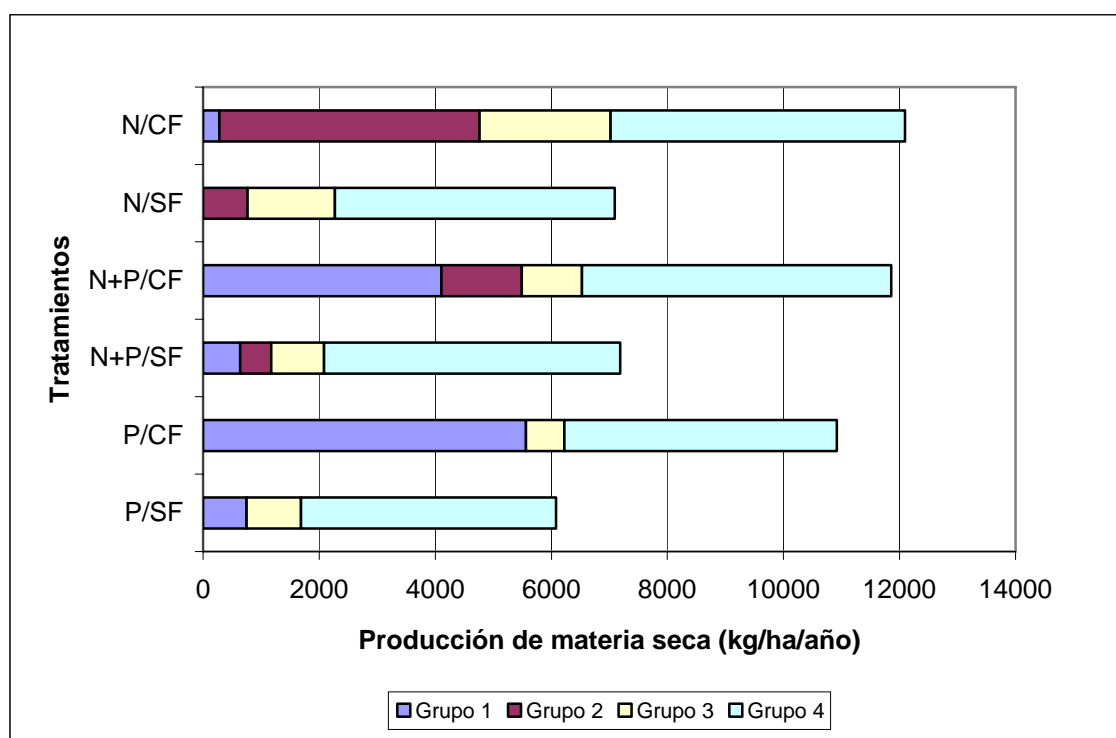


FIGURA 12 Producción acumulada de materia seca de los tratamientos y aporte de los grupos de especies.

En todos los tipos de pradera los tratamientos fertilizados produjeron mayor cantidad de MS que los no fertilizados. Es así como el tratamiento N/CF produjo 12094 kg MS·ha⁻¹·año⁻¹, seguido de N+P/CF y P/CF, con 11858 y 10919 kg MS·ha⁻¹·año⁻¹, respectivamente. En tanto, los tratamientos N/SF, N+P/SF y P/SF, generaron 7094, 7188 y 6081 kg MS·ha⁻¹·año⁻¹, respectivamente. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por SIEBALD *et al.* (1983), quienes registraron en praderas naturalizadas con y sin fertilización, rendimientos de 12600 y 7000 kg MS·ha⁻¹·año⁻¹, respectivamente y en pasturas fertilizadas rendimientos de 10530 kg MS·ha⁻¹·año⁻¹. También PACHECO (1997), obtuvo valores similares para el caso de la pradera naturalizada fertilizada y pastura fertilizada, cuyas producciones alcanzaron los 11855 y 10797 kg MS·ha⁻¹·año⁻¹, respectivamente. Sin embargo, en la pradera naturalizada sin fertilizar y en la pastura sin fertilizar, el mismo autor registró 8576 y 9018 kg MS·ha⁻¹·año⁻¹, lo cual es levemente superior a lo encontrado en el presente estudio. De igual forma, ORDÓÑEZ (1998), reportó una producción de 11868 kg MS·ha⁻¹·año⁻¹ en una pradera naturalizada con fertilización en la zona de Valdivia.

5 CONCLUSIONES

En base a los resultados presentados, analizados y discutidos en este trabajo, se pueden formular las siguientes conclusiones:

- ◆ Una pradera basada en especies naturalizadas, puede obtener un rendimiento de materia seca similar al de una pradera compuesta por *L. perenne*, *T. repens* y *B. valdivianus* o al de una basada en especies cultivadas como *L. perenne* y *T. repens*, siendo mayor la producción, en los tres tipos de pradera, cuando éstas son fertilizadas.
- ◆ A medida que transcurre el tiempo, en todas las praderas ocurre una disminución en el número de especies, junto con un aumento gradual en el aporte en la composición botánica de las especies que persisten.
- ◆ Las tres praderas estudiadas poseen un similar contenido de materia seca, energía metabolizable, fibra detergente neutro y fibra detergente ácido. Se diferencian sólo en sus concentraciones de proteína bruta y cenizas totales, en donde la pradera naturalizada muestra, durante gran parte del año, un mayor contenido. Sin embargo, los tres tipos de pradera producen la misma cantidad de proteína bruta ($\text{kg PB}\cdot\text{ha}^{-1}$), durante el año. Cuando estas praderas se fertilizan, incrementan su concentración de PB, EM y CT, disminuyendo el contenido de MS y FDA.
- ◆ Las variables nutricionales medidas cambiaron a través del año de forma similar para los tres tipos de pradera. En verano registran los porcentajes más altos de MS y fracción fibrosa y los más bajos contenidos de EM, PB y CT. En invierno presentan los más bajos niveles de fibra y MS y las más altas concentraciones de CT. Entre invierno e inicios de primavera, registran los contenidos de EM y PB más altos de la temporada.

- ◆ Las especies sembradas tuvieron una alta persistencia durante el primer año de evaluación, la cual fue mayor en los tratamientos fertilizados. La alta persistencia de las especies sembradas se basó principalmente en *L. perenne* y *B. valdivianus*, especies que a través del tiempo incrementaron su participación en la composición botánica de los tratamientos respectivos.

6 RESUMEN

En el predio experimental “Santa Rosa” de la Universidad Austral de Chile, se desarrolló un ensayo con el objetivo de estudiar, durante un año, la dinámica vegetacional, composición nutricional y rendimiento de materia seca de tres tipos de pradera con dos niveles de fertilización (Con y Sin). Las praderas fueron: Naturalizada (N), compuesta por *Agrostis capillaris*, *Arrhenatherum elatius* ssp. *bulbosus*, *Bromus valdivianus*, *Holcus lanatus* y *Lotus uliginosus*; Nativa+Pastura (N+P), formada por *Bromus valdivianus*, *Lolium perenne* cv. Yatsin y *Trifolium repens* cv. Huia; y Pastura (P), constituida por *Lolium perenne* cv. Yatsin y *Trifolium repens* cv. Huia.

Las praderas fueron sembradas en septiembre de 2002, distribuidas en parcelas de 25 m² (7,6 x 3,3 m). Durante el año los tratamientos fertilizados recibieron 180 kg N·ha⁻¹, 210 kg P₂O₅·ha⁻¹, 264 kg K₂O·ha⁻¹, 140 kg MgO·ha⁻¹ y 1800 kg CaCO₃·ha⁻¹.

Se empleó un diseño experimental de bloques completos al azar (3 bloques), con arreglo factorial de los tratamientos (3 tipos de pradera x 2 niveles de fertilización). El Análisis de varianza y el test Waller-Duncan fueron utilizados para analizar los datos. Las interacciones significativas fueron analizadas a través del test de PDIFF. Las especies fueron agrupadas a través del Análisis de Cluster.

La producción anual de materia seca no presentó diferencia estadística entre las praderas (P>0,05): N = 9594 kg MS·ha⁻¹, N+P = 9523 kg MS·ha⁻¹ y P = 8499 kg MS·ha⁻¹. Los sitios fertilizados produjeron una cantidad de MS significativamente mayor que las parcelas no fertilizadas.

Las especies que más aportaron al rendimiento anual en la pradera N fueron *S. arvensis* (51,6%) y *B. valdivianus* (27,3%); en la pradera N+P fueron *S. arvensis* (54,8%), *L. perenne* (24,9%) y *B. valdivianus* (10,1%); y en la pradera P fueron *S. arvensis* (53,5%) y *L. perenne* (37,1%).

El contenido de materia seca (MS), energía metabolizable (EM), fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA), fueron estadísticamente similares ($P>0,05$) para los tres tipos de pradera. Las praderas fueron estadísticamente diferentes en el contenido de proteína bruta (PB) y cenizas totales (CT), en cuyos casos la pradera naturalizada mostró un mayor contenido. Los tratamientos fertilizados, en comparación a los no fertilizados, presentaron una mayor concentración de PB, EM y CT, un nivel similar de FDN y un menor contenido de MS y FDA.

Las especies pratenses establecidas, presentaron una alta persistencia cuando fueron fertilizadas, siendo *L. perenne* y *B. valdivianus* las especies que a través del tiempo fueron dominando sus respectivos tratamientos.

SUMMARY

A pasture experiment was conducted at Santa Rosa Research Station, Universidad Austral de Chile, which objective was to evaluate herbage mass, plant species presence through time and nutritional features of three types of sown pastures, under two fertilisation treatments: with fertiliser application (WF) and without fertiliser application (NF). The type of pastures evaluated were: Naturalized (N), which had *Agrostis capillaris*, *Arrhenatherum elatius* ssp. *bulbosus*, *Bromus valdivianus*, *Holcus lanatus* and *Lotus uliginosus*; Improved Pasture (P), constituted for *Lolium perenne* cv. Yatsin and *Trifolium repens* cv. Huia; and a mixed pasture formed for Native and Improved Pasture (N+P), formed for *Bromus valdivianus*, *Lolium perenne* cv. Yatsin and *Trifolium repens* cv. Huia.

The pastures were sown during September, 2002, distributed in 25 m² plots (7.6 x 3.3 m). During the year the fertilised treatments received 180 kg N·ha⁻¹, 210 kg P₂O₅·ha⁻¹, 264 kg K₂O·ha⁻¹, 140 kg MgO·ha⁻¹ and 1800 kg CaCO₃·ha⁻¹.

A complete randomized blocks design was applied (3 blocks), with factorial arrangement of the treatments (3 types of grassland x 2 levels of fertilization). Analysis of variance and Waller-Duncan test were applied to the data. The statistical interactions were analyzed using PDIFF test. Plant species were grouped through Cluster Analysis.

The annual herbage mass did not show statistical differences ($P > 0.05$) between the pastures: N = 9594 kg DM·ha⁻¹, N+P = 9523 kg DM·ha⁻¹ and P = 8499 kg DM·ha⁻¹. There were statistically differences between the fertilisation treatments for herbage mass.

Spergula arvensis (51.6%) and *B. valdivianus* (27.3%) were the plant species that dominated N; N+P was dominated by *S. arvensis* (54.8%), *L. perenne* (24.9%) and *B. valdivianus* (10.1%); and *S. arvensis* (53.5%) and *L. perenne* (37.1%) dominated P.

Dry matter content (DM), metabolizable energy (ME), neutral detergent fibre (NDF) and acid detergent fibre (ADF) were statistically similar ($P>0.05$) for the pastures. The pastures were statistically different for crude protein (CP) and total ashes (TA), being greater for N. Fertilised treatments had statistically greater CP, ME and TA, but less MS and FDA than the non fertilised treatment.

The sown plant species performed better when were fertilised, being *L. perenne* and *B. valdivianus* the plant species that, through the time, dominated the different treatments.

7 BIBLIOGRAFIA

- ALOMAR, D. 1996. Efecto del estado fenológico sobre la composición químico-nutricional de tres gramíneas forrajeras. *Agro sur (Chile)* 24 (1): 14-22.
- ANASAC. 1999. Catálogo de forrajeras. Serie ballicas. Santiago, Chile. 50 p.
- ANRIQUE, R. 1993. Bases para la alimentación de la vaca lechera de alta producción en pastoreo. **In:** Latrille, L. (ed). *Producción Animal*. Valdivia. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias, Instituto de Producción Animal. Serie-17. pp: 211-234.
- ANRIQUE, R., VALDERRAMA, X. y FUCHSLOCHER, R. 1995. Composición de alimentos para el ganado en la zona sur. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias, Instituto de Producción Animal. Valdivia. 56 p.
- AOKI, I. 2003. Diversity-productivity-stability relationship in freshwater ecosystems: Whole-systemic view of all trophic levels. *Ecological Research*. 18: 397-404.
- ARCHER, S. 1994. Woody plant encroachment into South western grasslands and savannas: Rates, patterns and proximate causes. **In:** Vavra, M., Laycock, W. A. y Pieper, R. D. (eds). *Ecological Implications of Livestock Herbivory in the West*. Denver. Society for Range Management. pp: 13-68.
- _____. y SMEINS, F. E. 1991. Ecosystem-level processes. **In:** Heitschmidt, R. K. y Stuth, J. W. (eds). *Grazing Management: An Ecological Perspective*. Portland, Oregon. Timber. pp: 109-139.
- BAER, S. G., BLAIR, J. M., COLLINS, S. L. y KNAPP, A. K. 2003. Soil resources regulate productivity and diversity in newly established tallgrass prairie. *Ecology*. 84: 724-735.

- BALOCCHI, O. 1999. Recursos forrajeros utilizados en producción de leche. **In:** Anrique, R., Latrille, L., Balocchi, O., Alomar, D., Moreira, V., Smith, R., Pinochet, D. y Vargas, G. (eds). Competitividad de la producción lechera nacional. Valdivia. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. pp: 29-74.
- _____, CABALLERO, J. M. y SMITH, R. 2001. Caracterización y variabilidad agronómica de 125 ecotipos de *Bromus valdivianus* Phil. recolectados en la provincia de Valdivia. *Agro Sur* (Chile). 29: 64-77.
- _____. y LÓPEZ, I. 1996. Especies pratenses nativas y naturalizadas del sur de Chile. **In:** Latrille, L. (ed). Producción Animal. Valdivia. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias, Instituto de Producción Animal. Serie B – 20. Uniprint. pp: 65-81.
- BARZEGAR, A. R., YOUSEFI, A. y DARYASHENAS, A. 2002. The effect of addition of different amounts and types of organic materials on soil physical properties and yield of wheat. *Plant and soil*. 247: 295-301.
- BEGON, M., HARPER, J. L. y TOWNSEND, C. R. 1996. *Ecology: Individuals, Populations and Communities*. 3 th. ed. Oxford. Backwell Science. 1068 p.
- BERNIER, R. 1988. Fertilización en praderas. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Estación Experimental Remehue. Osorno, Chile. Boletín Técnico N° 46. 11 p.
- _____. y TEUBER, N. 1981. Curvas de crecimiento anual de gramíneas forrajeras en la zona de Osorno. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Estación Experimental Remehue. Osorno, Chile. 11 p.
- BHATTARAI, K. R., VETAAS, O. R. y GRYTNES, J. A. 2004. Relationship between plant species richness and biomass in an arid sub-alpine grassland of the Central Hymalayas, Nepal. *Folia Geobotanica*. 39: 57-71.

- BITSCH, M. 1981. Evaluación de parámetros productivos de una pradera natural en producción de carne. Otoño-Invierno-Primavera. Tesis Lic. Agr. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. 116 p.
- BOER, M. y STAFFORD, M. 2003. A plant functional approach to the prediction of changes in Australian rangeland vegetation under grazing and fire. *Journal Vegetation Science*. 14: 333-344.
- BUXTON, D. y RUSSELL, J. 1988. Lignin constituents and cell-wall digestibility of grass and legumes stems. *Crop Sel.* 28: 553-558.
- CALVO, L., REYES, T. y DE LUIS, E. 2002. The dynamics of mediterranean shrubs species over 12 years following perturbations. *Plant Ecology*. 160: 25-42.
- CÁRDENAS, G. 2002. Rendimiento y calidad nutritiva de una pradera establecida con especies nativas y naturalizadas bajo dos niveles de fertilización, en su tercer año de producción. Tesis Lic. Agr. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. 104 p.
- CHILE, CENTRO DE INFORMACIÓN DE RECURSOS NATURALES (CIREN). 2003. Descripción de suelos materiales y símbolos, Estudio agrológico X Región. Tomo 2. Santiago. 412 p.
- CRAGNAZ, A. 1990. Identificación de los principales factores limitantes de la producción de forrajes en los sistemas de producción en la Región Pampeana. In: Puignau J. (ed). *Diálogo XXVIII* Introducción, conservación y evaluación de germoplasma forrajero en el cono sur. IICA. Montevideo, Uruguay. pp. 51-93.
- CUEVAS, E. 1980. Manejo y utilización de praderas. Valdivia. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias, Instituto de Producción Animal. Serie b-2. 141 p.

- CUEVAS, E. 1987. Las praderas como recurso para conservación de forraje en la zona sur. **In:** Latrille, L. y Balocchi, O. Conservación de Forrajes. Valdivia. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias, Instituto de Producción Animal. Serie B-12. pp: 1-18.
- _____, ANRIQUE, R. y BALOCCHI, O. 1983. Producción, utilización y calidad de una pradera permanente del sur de Chile. *Agro Sur (Chile)*. 11: 98-104.
- DAWSON, L. A., GRAYSTON, S. J. y PATERSON, E. 2000. Effects of grazing on the roots and rhizosphere of grasses. **In:** Lemaire, G., Hodgson, J., de Moraes, A., Nabinger, C. y Carvalho, P. C. (eds). *Grassland ecophysiology and grazing ecology*. New York. Cabi. pp: 61-84.
- DEMANET, R. y CONTRERAS, R. 1988. Especies de la pradera naturalizada. *Investigación y Progreso Agropecuario. Carillanca (Chile)*. 7: 2-6.
- DÍAZ BARRADAS, M. C., ZUNZUNEGUI, M., TIRADO, R., AIN-LHOUT, F. y GRACÍA NOVO, F. 1999. Plant functional types and ecosystem function in Mediterranean shrubland. *Journal of Vegetation Science*. 10: 709-716.
- DÍAZ, S., CABIDO, M., ZAK, M., MARTÍNEZ CARRETERO, E. y ARANÍBAR, J. 1999. Plant functional traits, ecosystem structure and land-use history along a climatic gradient in central-western Argentina. *Journal of Vegetation Science*. 10: 651-660.
- DIMITRAKOPOULOS, P. G. y SCHMID, B. 2004. Biodiversity effects increase linearly with biotope space. *Ecology Letters*. 7: 574-583.
- DODD, M. B., LAUENROTH, W. K., BURKE, I. C. y CHAPMAN, P. L. 2002. Associations between vegetation patterns and soil texture in the shortgrass steppe. *Plant Ecology*. 158: 127-137.

- DOWLING, P. M., KEMP, D. R., MICHALK, D. L., KLEIN, T. A. y MILLAR, G. D. 1996. Perennial grass response to seasonal rest in naturalised pastures of central New South Wales. *Australian Rangeland Journal*. 18: 309-326.
- DRAKE, J. M. 2003. Why does grassland productivity increase with species richness? Disentangling species richness and composition with test for overyielding and superyielding in biodiversity experiments. *Proc. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.* 270: 1713-1719.
- DYKSTERHUIS, E. J. 1949. Condition and management of range land based on quantitative ecology. *Journal of Range Management*. 2: 104-115.
- ELGERSMA, A., SCHLEPERS, H. y NASSIRI, M. 2000. Interactions between perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) and white clover (*Trifolium repens* L.) under contrasting nitrogen availability: productivity, seasonal patterns of species composition, N₂ fixation, N transfer and N recovery. *Plant and soil*. 221: 281-299.
- EWALD, J. 2003. The calcareous riddle: Why are there so many calciphilous species in the Central European flora? *Folia Geobotanica*. 38: 357-366.
- FALKENGREN-GRERUP, U. y SCHÖTTELNDREIER, M. 2004. Vascular plants as indicators of nitrogen enrichment in soil. *Plant Ecology*. 172: 51-62.
- FLORES, M., ALOMAR, D. y BALOCCHI, O. 2000. Efecto del período de rezago sobre la calidad de cinco gramíneas forrajeras y su predicción por nirs. *Agro Sur (Chile)*. 28 (1): 41-55.
- FOLGARAIT, P. J., PERELMAN, S., GOROSITO, N., PIZZIO, R. y FERNÁNDEZ, J. 2002. Effect of *Camponotus punctulatus* ants on plant community composition and soil properties across land-use histories. *Plant Ecology*. 163: 1-13.
- FOX, J. W. 2003. The long-term relationship between plant diversity and total plant biomass depends on the mechanism maintaining diversity. *Oikos* 102: 630-640.

- FULKERSON, W. J. y SLACK, K. 2003. Effect of defoliation height and redefoliation interval on regrowth and survival of perennial ryegrass (*Lolium perenne*) in subtropical dairy pastures. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 43: 121-125.
- GARCIA, F., CARRÈRE, P., SOUSSANA, J. F. y BAUMONT, R. 2003. How do severity and frequency of grazing affect sward characteristics and the choices of sheep during the grazing seasonal? *Grass and Forage Science*. 58: 138-150.
- GARDEN, D. L., ELLIS, N. J. S., RAB, M. A., LANGFORD, C. M., JOHNSTON, W. H., SHIELDS, C., MURPHY, T., HOLMBERG, M., DASSANAYKE, K. B. y HARDEN, S. 2003. Fertilizer and grazing effects on production and botanical composition of native grasslands in south-east Australia. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 43: 843-859.
- _____, LODGE, G. M., FRIEND, D. A., DOWLING, P. M. y ORCHARD, B. A. 2000. Effects of grazing management on botanical composition of native grass-based pastures in temperate south-east Australia. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 40: 225-245.
- GASTÓ, J., COSIO, F. y ARÁNGUIZ, I. 2002. Método holístico-empírico de cálculo de la capacidad sustentadora y de la productividad ganadera potencial de los sitios. Provincia Esteparia Muy Fría Tendencia Secoestival o Patagonia Occidental. In: Gastó, J., Rodríguez, P. y Aránguiz, I. (eds). *Ordenación territorial: Desarrollo de predios y comunas rurales*. Santiago, Chile. LOM. pp: 703-716.
- _____, _____. y PANARIO, D. 1993. *Clasificación de Ecorregiones y Determinación de Sitio y Condición*. Santiago, Chile. Red de Pastizales Andinos. 254 p.

- GITAY, H. y NOBLE, I. R. 1997. What are functional types and how should we seek them? In: Smith, T. M., Shugart, H. H. y Woodward, F. I. (eds). Plant Functional Types: Their Relevance to Ecosystem Properties and Global Change. Cambridge University. pp: 3-19.
- GOIC, L. 1979. Potencialidad de las praderas naturales de la región sur en zonas de baja producción forrajera. *Simiente (Chile)*. 39: 12-16.
- _____. y MATZNER, M. 1977. Distribución de la producción de materia seca y características de tres regiones de la zona de las lluvias. *Avances en Producción Animal (Chile)*. 1: 23-31.
- GREENWOOD, K. L. y MCKENZIE, B. M. 2001. Grazing effects on soil physical properties and the consequences for pastures: a review. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 41: 1231-1250.
- GRIME, J. P. 1977. Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory. *The American Naturalist*. 111: 1169-1194.
- _____. HODGSON, J. G. y HUNT, R. 1989. *Comparative Plant Ecology: a Functional Approach to Common British Species*. London. Unwin Hyman. 742 p.
- HECTOR, A., SCHMID, B., BEIERKUHNLEIN, C., CALDEIRA, M. C., DIEMER, M. y DIMITRAKOPOULOS, P. G. 1999. Plant diversity and productivity experiments in European grasslands. *Science*. 286: 1123-1127.
- HIROBE, M., OHTE, N., KARASAWA, N., ZHANG, G., WANG, L. y YOSHIKAWA, K. 2001. Plant species effect on the spatial patterns of soil properties in the Mu-us desert ecosystem, Inner Mongolia, China. *Plant and soil*. 234: 195-205.
- HOOPER, D. U. y DUKES, J. S. 2004.overyielding among plant functional groups in a long-term experiment. *Ecology Letters*. 7: 95-105.

- HUBER, A. 1970. Diez años de observaciones climatológicas en la Estación Teja, Valdivia (Chile) 1960-1969. Universidad Austral de Chile. Valdivia. 46 p.
- JANSSENS, F., PEETERS, A., TALLOWIN, J. R. B., BAKKER, R. M., FILLAT, F. y OOMES, M. J. M. 1998. Relationship between soil chemical factors and grassland diversity. *Plant and soil*. 202: 69-78.
- JOBSON, J. D. 1992. *Applied Multivariate Data Analysis. Volume II: Categorical and multivariate methods*. New York. Springer-Verlag. 731 p.
- JOHNSON, K. H., VOGT, K. A., CLARK, H. J., SCHMITZ, O. J. y VOGT, D. J. 1996. Biodiversity and the productivity and stability of ecosystems. *Trend in ecology and evolution*. 11: 372-377.
- KADE, A. y WARREN, S. D. 2002. Soil and plant recovery after historic military disturbances in the Sonora Desert, USA. *Arid Land Research and management*. 16: 231-243.
- KEADY, T. y O'KIELY, P. 1998. An evaluation of potassium and nitrogen fertilization of grassland, and date of harvest, on fermentation, effluent production, dry – matter recovery and predicted feeding value of silage. *Grass and Forage Science*. 53 (4): 326-337.
- KEMP, D. R., DOWLING, P. M. y MICHALK, D. L. 1996. Managing the composition of native and naturalised pastures with grazing. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 39: 569-578.
- KORB, J. E. y RANKER, T. A. 2001. Changes in stand composition and structure between 1981 and 1996 in four Front Range plant communities in Colorado. *Plant Ecology*. 157: 1-11.
- KOTILUOTO, R. 1998. Vegetation changes in restored semi-natural meadows in the Turku Archipelago of SW Finland. *Plant Ecology*. 136: 53-67.

- LAMBERS, J. H., HARPOLE, W. S., TILMAN, D., KNOPS, J. y REICH, P. B. 2004. Mechanisms responsible for the positive diversity-productivity relationship in Minnesota grasslands. *Ecology Letters*. 7: 661-668.
- LAVOREL, S., McINTYRE, S., LANDSBERG, J. y FORBES, T. D. A. 1997. Plant functional classifications: from general groups to specific groups based on response to disturbance. *Trends in Ecology and Evolution*. 12: 474-478.
- LÓPEZ, I. F., HODGSON, J., HEDDERLEY, D. I., VALENTINE, I. y LAMBERT, M. G. 2003. Selective defoliation by sheep according to slope and plant species in the hill country of New Zealand. *Grass and forage Science*. 58: 339-349.
- _____. y VALENTINE, I. 2003. Rol de la diversidad pratense y de los grupos funcionales de especies sobre la condición de la pradera y su estabilidad. *Agro Sur (Chile)*. 31: 60-76.
- LOREAU, M. 2004. Does functional redundancy exist? *Oikos*. 104: 606-611.
- LYON, J. y SAGERS, C. L. 2002. Correspondence analysis of functional groups in a riparian landscape. *Plant Ecology*. 164: 171-183.
- MAcARTHUR, R. 1955. Fluctuations of animal populations and a measure of community stability. *Ecology*. 36: 533-536.
- MILTON, S. J., DEAN, W. R. J., DU PLESSIS, M. A. y SIEGFRIED, W. R. 1994. A conceptual model of arid rangeland degradation. The escalating cost of declining productivity. *BioScience*. 44: 70-76.
- MONTALDO, P. 1983. Características climáticas de la ciudad de Valdivia y alrededores. *Agro Sur (Chile)*. 11 (2): 138-139.

- MOUQUET, N., MOORE, J. L. y LOREAU, M. 2002. Plant species richness and community productivity: why the mechanism that promotes coexistence matters. *Ecology Letters*. 5: 56-65.
- MUÑOZ, A. E. y WEAVER, R. W. 1999. Competition between subterranean clover and ryegrass for uptake of ^{15}N -labeled fertilizer. *Plant and soil*. 211: 173-178.
- NAEEM, S., THOMPSON, L. J., LAWLER, S. P., LAWTON, J. H. y WOODFIN, R. M. 1994. Declining biodiversity can alter the performance of ecosystems. *Nature*. 368: 734-737.
- NISSEN, J. P. 1974. Estudio agrológico del predio experimental "Santa Rosa". Valdivia. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias, Instituto de Suelos y Abonos. 64 p.
- NOBLE, J. C. 1973. The quantitative climax concept and its application in determining range condition. *Range Condition Workshops*. University of New South Wales, Australia. pp: 4-9.
- OPITZ, O. 2002. Tercera temporada de evaluación de nueve cultivares de *Lolium perenne* L. bajo pastoreo con vacas lecheras. Tesis Lic. Agr. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. 91 p.
- ORDÓÑEZ, C. A. 1998. Dinámica vegetacional de una pradera establecida con especies nativas y naturalizadas en su segundo año de producción. Tesis Lic. Agr. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. 120 p.
- ORR, D. M., BURROWS, W. H., HENDRICKSEN, R. E., CLEM, R. L., RUTHERFORD, M. T., CONWAY, M. J., MYLES, D. J., BACK, P. V. y PATON, C. J. 2001. Pasture yield and composition changes in a Central Queensland black speargrass (*Heteropogon contortus*) pasture in relation to grazing management options. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 41: 477-485.

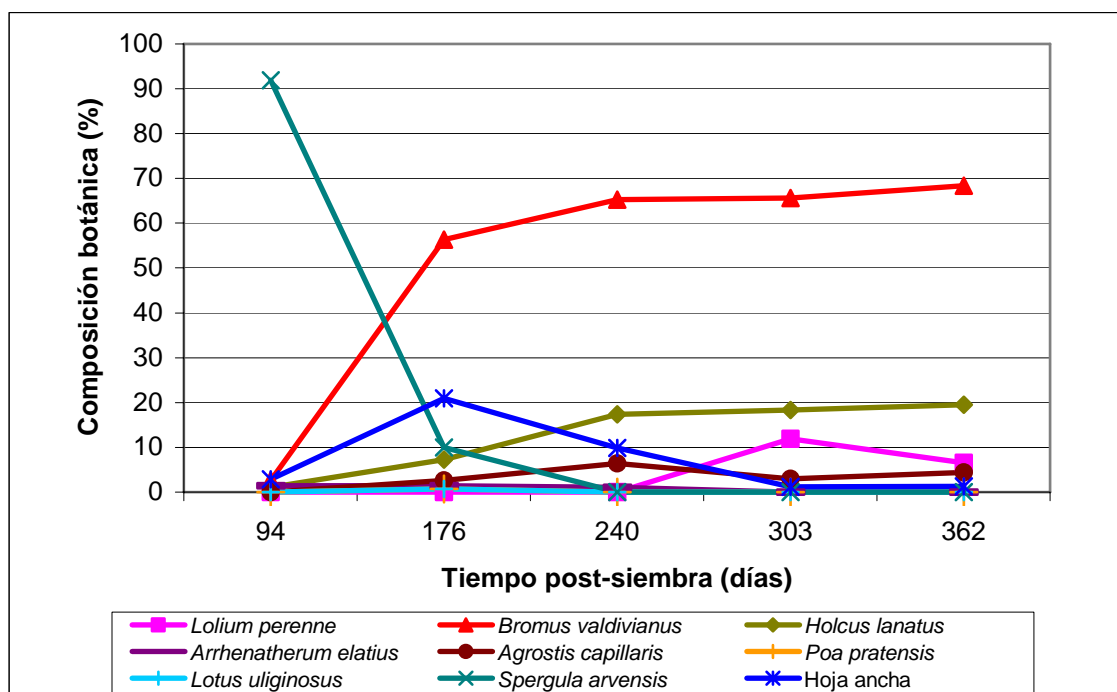
- PACHECO, A. P. 1997. Dinámica vegetacional y rendimiento de una pradera establecida en base a especies nativas y naturalizadas en el Dominio Húmedo de Chile. Tesis Lic. Agr. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. 87 p.
- PETCHEY, O. L. 2000. Species diversity, species extinction, and ecosystem function. *Am. Nat.* 155: 696-702.
- PFISTERER, A. B. y SCHMID, B. 2002. Diversity-dependent production can decrease the stability of ecosystems functioning. *Nature.* 416: 84-86.
- PIEPER, R. D. 1994. Ecological implications of livestock grazing. **In:** Vavra, M., Laycock, W. A. y Pieper, R. D. (eds). *Ecological implications of livestock herbivory in the West.* Denver. Society for Range Management. pp: 177-211.
- PINOCHET, D. 1990. Fertilización de praderas permanentes en la zona Centro-Sur. **In:** Latrille, L. (ed.). *Avances en Producción Animal.* Valdivia. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias, Instituto de Producción Animal. pp: 181-209.
- _____. 1999. Potencial productivo de las praderas permanentes de las regiones IX y X. **In:** Anrique, R., Latrille, L., Balocchi, O., Alomar, D., Moreira, V., Smith, R., Pinochet, D. y Vargas, G. (eds). *Competitividad de la producción lechera nacional.* Valdivia. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. pp: 75-114.
- _____, BALOCCHI, O. y DE LA MAZA, P. 2000. Competencia entre ballica perenne y trébol blanco en condiciones de bajo suministro de nitrógeno del suelo. *Agro Sur (Chile).* 28: 25-31.
- REICH, P. B., KNOPS, J., TILMAN, D., CRAINE, J., ELLSWORTH, D. y TJOELKER, M. 2001. Plant diversity enhanced ecosystem responses to elevated CO₂ and nitrogen deposition. *Nature.* 410: 809-812.

- ROMERO, O. y TEUBER, N. 2004. Conservación de forrajes. **In:** Rojas, C., Doussoulin M. y Olivares, A. (eds). Manual de producción de bovinos de carne para la VIII, IX y X regiones. Temuco, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Centro Regional de Investigación Carillanca. pp: 53-70.
- RUIZ, I. 1996. Praderas para Chile. 2ª ed. Santiago, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Ministerio de Agricultura. 733 p.
- SANTAMARÍA, R. y SOTO, I. 1982. Comparación de alternativas de mejoramiento para una pradera natural de baja productividad utilizada en producción de leche. Tesis Lic. Agr. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. 79 p.
- SCHUSTER, B. y DIEKMANN, M. 2003. Changes in species density along the soil pH gradient - evidence from german plant communities. *Folia Geobotánica*. 38: 367-379.
- SIEBALD, E. 2001. Mejoramiento de praderas naturalizadas. **In:** Seminario de praderas: hacia un nuevo estilo productivo. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Estación Experimental Remehue. Osorno, Chile. pp: 7-14.
- _____, MATZNER, M. y BECKER, F. 1983. Mejoramiento de praderas naturales del llano central de la X Región. *Agricultura Técnica (Chile)*. 43: 313-321.
- SKARPE, C. 1996. Plant functional types and climate in a southern African savanna. *Journal of Vegetation Science*. 7: 397-404.
- SMITH, R. S., SHIEL, R. S., MILLWARD, D. y CORKHILL, P. 2000. The interactive effects of management on the productivity and plant community structure of an upland meadow: an 8-year field trial. *Journal of Applied Ecology*. 37: 1029-1043.
- SMYTH, A. K. y JAMES, C. D. 2004. Characteristics of Australia's rangelands and key design issues for monitoring biodiversity. *Austral Ecology*. 29: 3-15.

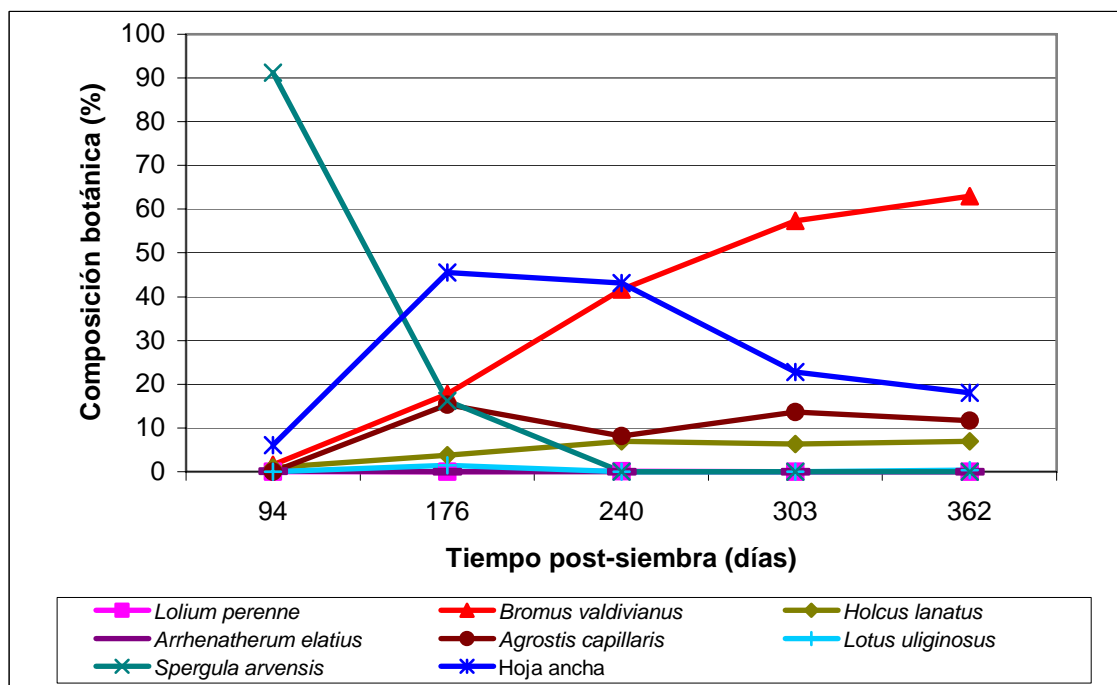
- STALLINS, J. A. 2002. Dune plant species diversity and function in two barrier island biogeomorphic systems. *Plant ecology*. 165: 183-196.
- STEEL, R. G. D., TORRIE, J. H. y DICKEY, D. A. 1997. *Principles and Procedures of Statistics: a biometrical approach*. New York. Mc Graw-Hill. 666 p.
- TADDESE, G., MOHAMED SALEEM, M. A., ABYIE, A. y WAGNEW, A. 2002. Impact of grazing on plant species richness, plant biomass, plant attribute, and soil physical and hydrological properties of Vertisol of East African Highlands. *Environmental Management*. 29: 279-289.
- TEUBER, N. 1996. La pradera en el llano longitudinal de la X Región (Valdivia – Chiloé). **In:** Ruiz, I. (ed). *Praderas para Chile*. 2ª ed. Santiago, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Ministerio de Agricultura. pp: 535 – 544.
- TEUBER, N. y ROMERO, O. 2004. Manejo de praderas. **In:** Rojas, C., Doussoulin M. y Olivares, A. (eds). *Manual de producción de bovinos de carne para la VIII, IX y X regiones*. Temuco, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Centro Regional de Investigación Carillanca. pp: 33-50.
- TILMAN, D. 1999. Diversity and production in european grasslands. *Science*. 286: 1099-1100.
- _____. y DOWNING, J. A. 1994. Biodiversity and stability in grasslands. *Nature* 367: 363-365.
- _____, LEHMAN, C. L. y THOMSON, K. T. 1997. Plant diversity and ecosystem productivity: Theoretical considerations. *Proc. Nat. Acad. Sci*. 94: 1857-1861.
- _____, REICH, P. B., KNOPS, J., WEDIN, D., MIELKE, T. y LEHMAN, C. 2001. Diversity and productivity in a long-term grassland experiment. *Science*. 294: 843-845.

- _____, WEDIN, D. y KNOPS, J. 1996. Productivity and sustainability influenced by biodiversity in grassland ecosystems. *Nature*. 379: 718-720.
- TOW, P. 2001. Competition and succession in pastures. Adelaide, Australia. Cabi. 336 p.
- van RUIJVEN, J. y BERENDSE, F. 2003. Positive effects of plant species diversity on productivity in the absence of legumes. *Ecology Letters*. 6: 170-175.
- WALI, M. K. 1999. Ecological succession and the rehabilitation of disturbed terrestrial ecosystems. *Plant and soil*. 213: 195-220.
- WALKER, B. 1992. Biodiversity and ecological redundancy. *Conservation Biology*. 6: 18-23.
- WANG, G., ZHOU, G., YANG, L. y LI, Z. 2002. Distribution, species diversity and life-form spectra of plant communities along an altitudinal gradient in the northern slopes of Qilianshan Mountains, Gansu, China. *Plant Ecology*. 165: 169-181.
- WARDLE, D. A. y GRIME, J. P. 2003. Biodiversity and stability of grassland ecosystem functioning. *Oikos*. 100: 622-623.
- WHITE, R. E., HELYAR, K. R., RIDLEY, A. M., CHEN, D., HENG, L. K., EVANS, J., FISHER, R., HIRTH, J. R., MELE, P. M., MORRISON, G. R., CRESSWELL, H. P., PAYDAR, Z., DUNIN, F. X., DOVE, H. y SIMPSON, R. J. 2000. Soil factors affecting the sustainability and productivity of perennial and annual pastures in the high rainfall zone of south-eastern Australia. *Australian journal of experimental agriculture*. 40: 267-283.

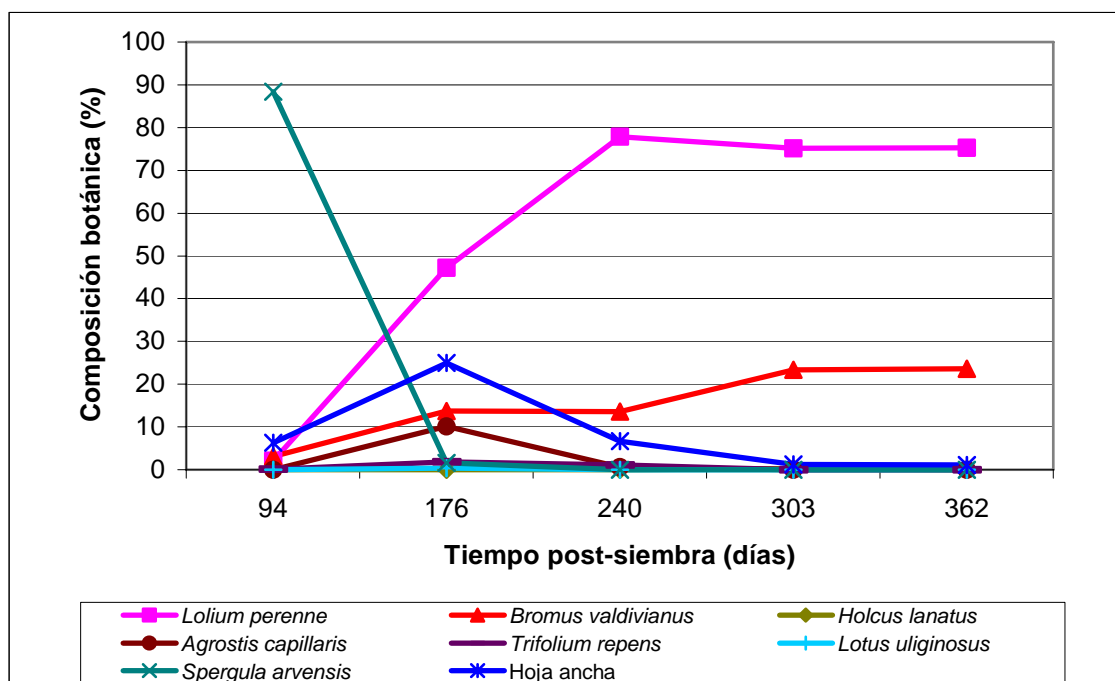
ANEXOS



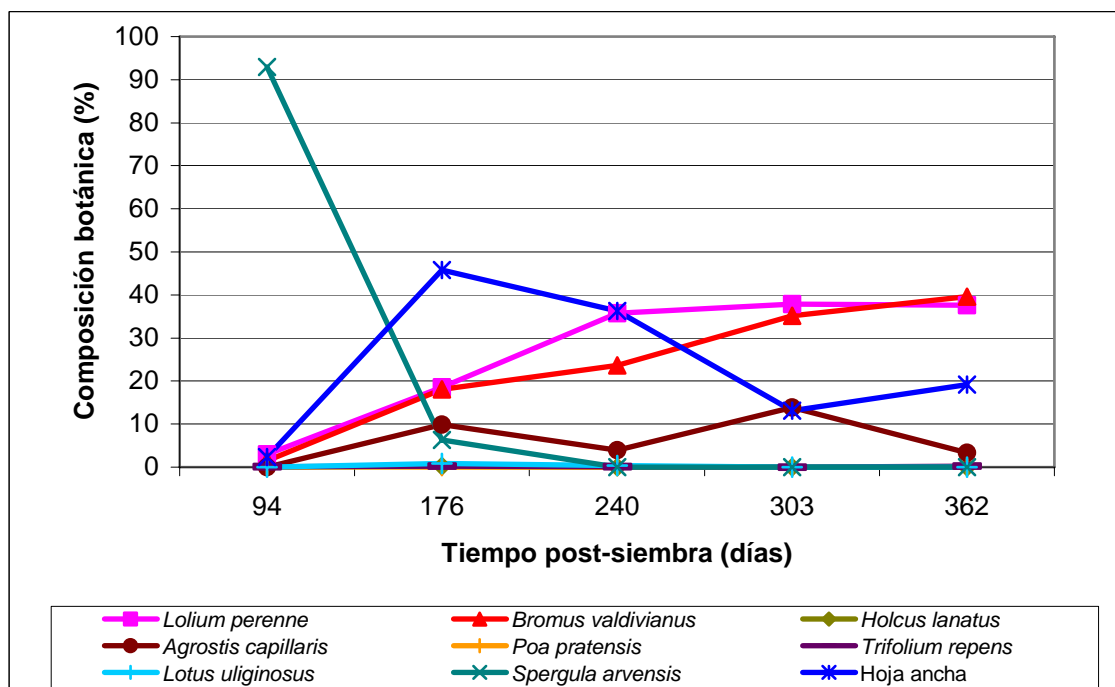
ANEXO 1 Evolución de la composición botánica en el tratamiento naturalizada con fertilización.



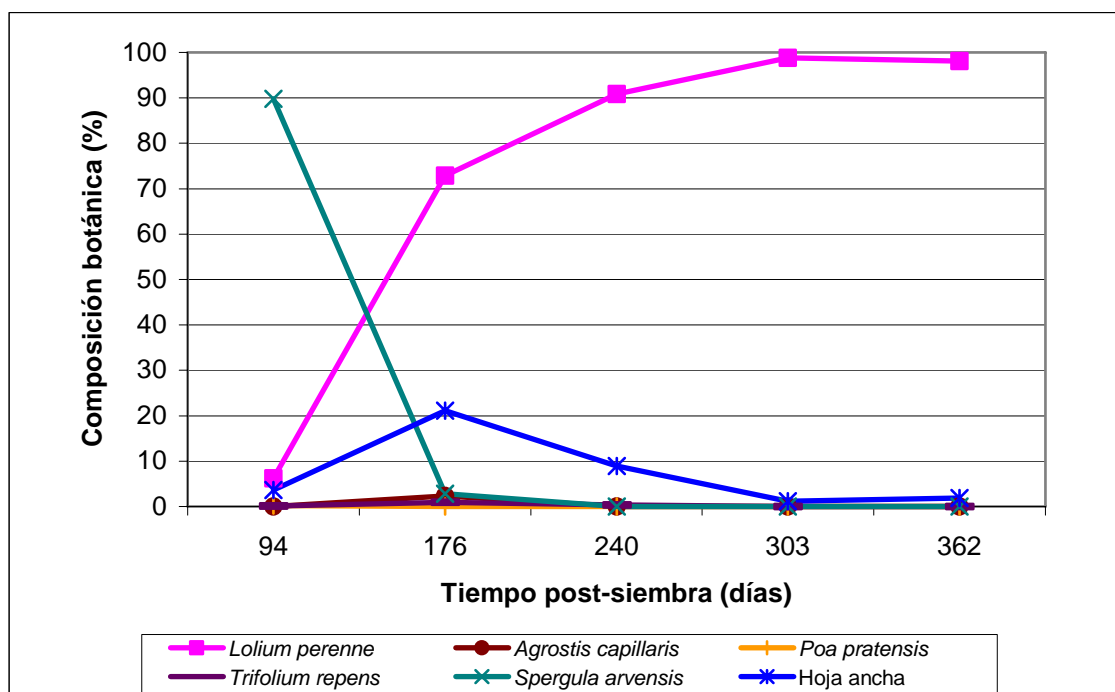
ANEXO 2 Evolución de la composición botánica en el tratamiento naturalizada sin fertilización.



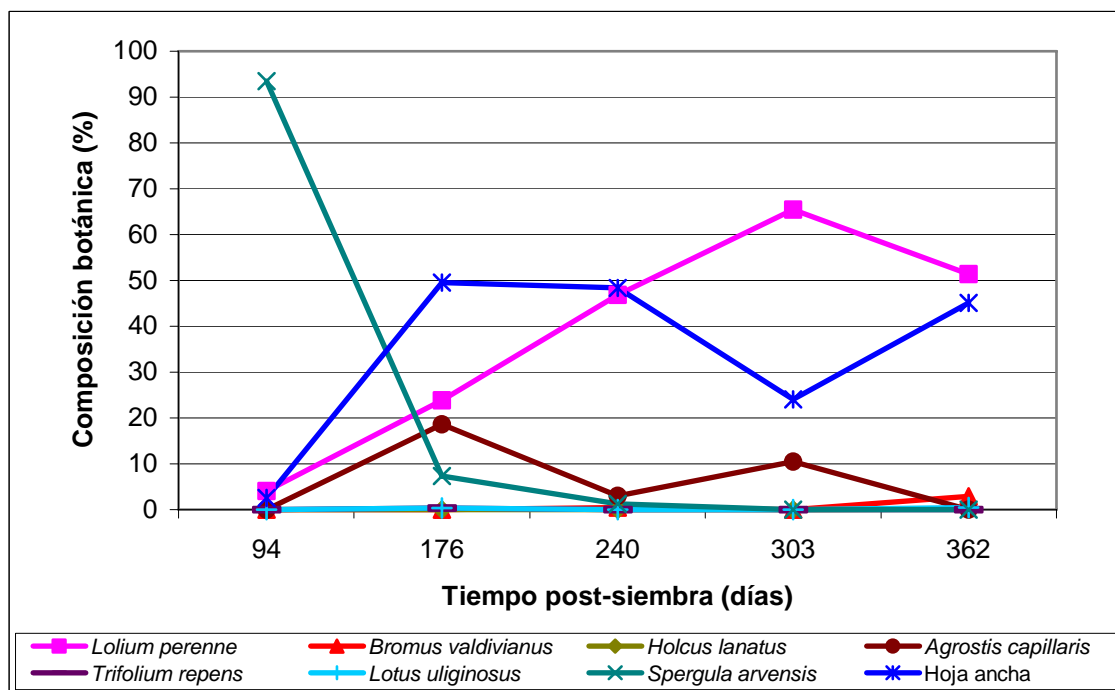
ANEXO 3 Evolución de la composición botánica en el tratamiento nativa más pastura con fertilización.



ANEXO 4 Evolución de la composición botánica en el tratamiento nativa más pastura sin fertilización.



ANEXO 5 Evolución de la composición botánica en el tratamiento pastura con fertilización.



ANEXO 6 Evolución de la composición botánica en el tratamiento pastura sin fertilización.

ANEXO 7 Composición botánica (%) según tipo de pradera y nivel de fertilización en el primer corte.

Especies	Tipo de pradera			Nivel de Fertilización	
	N	N+P	P	C/F	S/F
<i>S. arvensis</i>	91,8	90,7	91,5	90,0	92,7
<i>B. valdivianus</i>	2,1	2,4	0,0	2,0	1,0
<i>H. lanatus</i>	1,0	0,0	0,0	0,4	0,3
<i>P. pratensis</i>	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1
<i>T. repens</i>	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0
<i>A. elatius</i>	0,8	0,0	0,0	0,5	0,1
<i>R. acetosella</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>L. perenne</i>	0,0	2,5	5,2	2,7	2,3
<i>P. persicaria</i>	0,9	2,6	0,5	1,7	1,0
<i>P. aviculare</i>	3,3	1,7	2,6	2,5	2,5

N: pradera naturalizada sembrada; **N+P:** pradera nativa más pastura sembrada; **P:** pastura sembrada; **C/F:** con fertilización; **S/F:** sin fertilización.

ANEXO 8 Composición botánica (%) según tipo de pradera y nivel de fertilización en el segundo corte.

Especies	Tipo de pradera			Nivel de fertilización	
	N	N+P	P	C/F	S/F
<i>L. perenne</i>	0,0	36,8	55,6	32,4	13,0
<i>B. valdivianus</i>	45,1	18,1	0,0	31,0	15,4
<i>H. lanatus</i>	6,7	0,2	0,0	3,6	1,8
<i>T. repens</i>	0,0	1,0	0,9	0,7	0,2
<i>P. lanceolata</i>	0,0	1,9	2,7	1,2	1,5
<i>L. uliginosus</i>	1,1	0,7	0,2	0,4	1,3
<i>A. capillaris</i>	6,0	8,2	8,7	4,4	12,7
<i>H. radicata</i>	1,5	2,0	0,1	1,9	0,1
<i>L. nudicaulis</i>	10,6	12,8	15,9	5,1	25,9
<i>R. acetosella</i>	0,0	0,5	0,0	0,2	0,0
<i>P. persicaria</i>	1,9	2,5	0,5	1,8	1,6
<i>A. elatius</i>	1,1	0,0	0,0	0,8	0,0
<i>P. pratensis</i>	0,4	0,0	0,0	0,3	0,0
<i>S. arvensis</i>	12,7	5,1	5,8	5,5	14,2
<i>C. dactylon</i>	0,0	0,6	0,0	0,0	0,5
<i>P. aviculare</i>	13,0	9,6	9,6	10,8	11,7

ANEXO 9 Composición botánica (%) según tipo de pradera y nivel de fertilización en el tercer corte.

Especies	Tipo de pradera			Nivel de fertilización	
	N	N+P	P	C/F	S/F
<i>L. perenne</i>	0,0	66,1	79,6	54,5	24,9
<i>B. valdivianus</i>	60,7	17,2	0,1	28,7	22,9
<i>A. capillaris</i>	5,7	1,6	1,0	2,1	5,0
<i>T. repens</i>	0,0	1,0	0,3	0,5	0,0
<i>L. nudicaulis</i>	17,1	12,4	18,0	7,6	39,5
<i>P. aviculare</i>	1,2	1,7	0,5	0,1	4,3
<i>H. lanatus</i>	14,2	0,0	0,0	5,9	2,5
<i>L. uliginosus</i>	0,0	0,1	0,0	0,0	0,2
<i>A. elatius</i>	1,0	0,0	0,0	0,5	0,0
<i>S. arvensis</i>	0,0	0,0	0,5	0,0	0,6

N: pradera naturalizada sembrada; **N+P:** pradera nativa más pastura sembrada; **P:** pastura sembrada; **C/F:** con fertilización; **S/F:** sin fertilización.

ANEXO 10 Composición botánica (%) según tipo de pradera y nivel de fertilización en el cuarto corte.

Especies	Tipo de pradera			Nivel de fertilización	
	N	N+P	P	C/F	S/F
<i>L. perenne</i>	10,5	67,1	94,8	60,5	34,2
<i>B. valdivianus</i>	64,4	26,8	0,0	30,8	32,0
<i>H. lanatus</i>	16,7	0,2	0,0	6,6	2,4
<i>L. nudicaulis</i>	4,0	3,3	3,9	1,1	18,7
<i>A. capillaris</i>	4,3	2,7	1,2	1,0	12,7

N: pradera naturalizada sembrada; **N+P:** pradera nativa más pastura sembrada; **P:** pastura sembrada; **C/F:** con fertilización; **S/F:** sin fertilización.

ANEXO 11 Composición botánica (%) según tipo de pradera y nivel de fertilización en el quinto corte.

Especies	Tipo de pradera			Nivel de fertilización	
	N	N+P	P	C/F	S/F
<i>L. perenne</i>	6,2	72,0	96,2	62,0	22,7
<i>B. valdivianus</i>	67,3	25,3	0,1	29,3	42,4
<i>L. nudicaulis</i>	3,1	1,6	3,7	1,4	20,5
<i>H. lanatus</i>	18,2	0,0	0,0	5,9	3,8
<i>L. uliginosus</i>	0,0	0,8	0,0	0,0	3,9
<i>A. capillaris</i>	5,2	0,3	0,0	1,4	6,6
<i>T. repens</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1

N: pradera naturalizada sembrada; **N+P:** pradera nativa más pastura sembrada; **P:** pastura sembrada; **C/F:** con fertilización; **S/F:** sin fertilización.

ANEXO 12 Composición botánica (%) anual, según tipo de pradera y nivel de fertilización.

Especies	Tipo de pradera			Nivel de Fertilización	
	N	N+P	P	C/F	S/F
<i>L. perenne</i>	1,5	24,9	37,1	28,6	6,8
<i>B. valdivianus</i>	27,3	10,1	0,0	16,8	6,4
<i>H. lanatus</i>	6,3	0,0	0,0	3,0	0,8
<i>T. repens</i>	0,0	0,2	0,1	0,2	0,0
<i>L. uliginosus</i>	0,2	0,2	0,0	0,1	0,3
<i>A. capillaris</i>	2,6	1,5	1,3	1,2	2,7
<i>A. elatius</i>	0,7	0,0	0,0	0,4	0,0
<i>P. pratensis</i>	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
<i>S. arvensis</i>	51,6	54,8	53,5	43,3	70,3
<i>L. nudicaulis</i>	4,2	3,2	4,4	1,9	7,4
<i>P. aviculare</i>	4,4	2,5	2,8	2,8	3,9
<i>P. lanceolata</i>	0,0	0,3	0,3	0,2	0,2
<i>H. radicata</i>	0,3	0,3	0,0	0,3	0,0
<i>R. acetosella</i>	0,0	0,2	0,0	0,1	0,0
<i>P. persicaria</i>	0,9	1,9	0,3	1,1	1,0
<i>C. dactylon</i>	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1

N: pradera naturalizada sembrada; **N+P:** pradera nativa más pastura sembrada; **P:** pastura sembrada; **C/F:** con fertilización; **S/F:** sin fertilización.

ANEXO 13 Producción parcial y total de energía metabolizable (Mcal·ha⁻¹), obtenida durante el año de evaluación.

Fecha de corte	Tipo de pradera				Nivel de fertilización		
	N	N+P	P	Sig.	CF	SF	Sig.
Dic-2002	12052 b	13517 a	11482 b	*	12879	11821	n.s.
Mar-2003	4019	3056	2501	n.s.	4200 a	2184 b	*
May-2003	2380	2214	2204	n.s.	3457 a	1075 b	**
Jul-2003	2101	1893	2099	n.s.	3447 a	615 b	***
Sep-2003	2783	3171	3017	n.s.	5543 a	438 b	***
Total anual	23335	23851	21303	n.s.	29526 a	16133 b	***

Letras distintas en la fila indican diferencias estadísticamente significativas: * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$; *** $P \leq 0,001$; n.s. $P > 0,05$. **N**: pradera naturalizada sembrada; **N+P**: pradera nativa más pastura sembrada; **P**: pastura sembrada; **C/F**: con fertilización; **S/F**: sin fertilización; **Sig.**: significancia.

ANEXO 14 Producción parcial y total de proteína bruta (kg·ha⁻¹), obtenida durante el año de evaluación.

Fecha de corte	Tipo de pradera				Nivel de fertilización		
	N	N+P	P	Sig.	CF	SF	Sig.
Dic-2002	759	770	668	n.s.	751	714	n.s.
Mar-2003	197 a	121 b	91 b	*	177 a	95 b	**
May-2003	173	157	158	n.s.	255 a	71 b	***
Jul-2003	190	150	160	n.s.	286 a	48 b	***
Sep-2003	246 a	206 b	180 b	*	394 a	27 b	***
Total anual	1565	1404	1257	n.s.	1863 a	955 b	***

Letras distintas en la fila indican diferencias estadísticamente significativas: * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$; *** $P \leq 0,001$; n.s. $P > 0,05$. **N**: pradera naturalizada sembrada; **N+P**: pradera nativa más pastura sembrada; **P**: pastura sembrada; **C/F**: con fertilización; **S/F**: sin fertilización; **Sig.**: significancia.

ANEXO 15 Rendimiento de materia seca ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), obtenido por los tratamientos durante el período de evaluación.

Bloque	Parcela	Tratamiento	Dic-'02	Mar-'03	May-'03	Jul-'03	Sep-'03	Total
1	1	N+P/CF	5209	1099	1019	822	1845	9994
	2	P/SF	4887	422	375	122	58	5864
	3	N/SF	6012	748	573	183	164	7680
	4	N+P/SF	6426	488	533	245	95	7787
	5	P/CF	4827	1143	1367	1284	1835	10456
	6	N/CF	5089	2068	956	1027	1923	11063
2	7	N+P/SF	4939	1550	341	247	192	7269
	8	N/CF	5444	2908	1184	1456	1639	12631
	9	P/SF	4226	1232	165	152	68	5843
	10	N+P/CF	6353	1680	786	1138	2001	11958
	11	N/SF	4290	1276	296	134	139	6135
	12	P/CF	5378	1598	1019	1253	1914	11162
3	13	N/SF	4689	1624	507	335	311	7466
	14	P/CF	5367	1086	1165	1317	2203	11138
	15	N+P/CF	6380	2117	1723	1230	2172	13622
	16	N/CF	5301	2315	1740	1474	1758	12588
	17	P/SF	4694	825	590	289	138	6536
	18	N+P/SF	4776	785	446	300	201	6508

N/CF: pradera naturalizada sembrada, con fertilización; **N/SF:** pradera naturalizada sembrada, sin fertilización; **N+P/CF:** pradera nativa más pastura sembrada, con fertilización; **N+P/SF:** pradera nativa más pastura sembrada, sin fertilización; **P/CF:** pastura sembrada, con fertilización; **P/SF:** pastura sembrada, sin fertilización.

ANEXO 16 Composición nutricional de los tratamientos durante el período de evaluación.

Fecha de corte	Tratamientos	MS ¹ (%)	EM ² (Mcal/kg)	PB ³ (%)	FDN ⁴ (%)	FDA ⁵ (%)	CT ⁶ (%)
Dic-'02	N/CF	14,74	2,36	15,73	50,10	29,21	7,86
	N/SF	14,78	2,34	13,77	50,16	29,73	7,90
	N+P/CF	15,57	2,37	12,91	52,61	30,03	7,70
	N+P/SF	15,64	2,40	14,28	48,89	29,55	7,65
	P/CF	16,23	2,30	12,34	50,78	29,69	6,95
	P/SF	13,79	2,39	15,12	50,19	29,06	8,57
Mar-'03	N/CF	34,17	2,26	11,41	55,64	33,62	6,58
	N/SF	37,04	2,12	9,68	54,04	35,53	6,95
	N+P/CF	37,97	2,38	9,00	52,16	32,55	6,44
	N+P/SF	38,40	2,35	9,99	55,21	33,48	6,87
	P/CF	40,90	2,52	8,39	51,57	30,74	6,23
	P/SF	36,92	2,19	8,98	54,37	35,98	6,68
May-'03	N/CF	15,29	2,81	21,63	46,98	24,19	8,19
	N/SF	21,54	2,44	16,35	48,62	30,78	8,10
	N+P/CF	18,59	2,83	19,78	44,80	23,98	7,69
	N+P/SF	22,34	2,59	19,18	47,68	27,04	8,50
	P/CF	16,71	2,90	22,42	45,23	23,66	7,92
	P/SF	22,48	2,60	14,09	46,08	28,30	7,12
Jul-'03	N/CF	9,95	2,75	25,14	48,81	25,60	13,39
	N/SF	13,92	2,65	22,54	50,08	24,92	10,04
	N+P/CF	13,30	2,87	22,92	49,71	24,38	10,68
	N+P/SF	16,04	2,79	22,03	48,63	24,14	9,29
	P/CF	14,09	2,86	22,17	52,55	24,84	10,52
	P/SF	17,20	2,81	18,68	45,73	23,47	8,85
Sep-'03	N/CF	12,43	2,82	25,58	42,24	24,15	11,07
	N/SF	19,31	2,76	19,54	41,16	25,15	9,20
	N+P/CF	14,31	2,92	19,23	45,22	25,91	9,73
	N+P/SF	18,97	2,94	17,44	38,69	22,45	8,48
	P/CF	15,11	2,91	17,34	45,84	26,04	9,19
	P/SF	18,70	2,94	16,50	35,84	21,21	8,38

¹: materia seca; ²: energía metabolizable; ³: proteína bruta; ⁴: fibra detergente neutro; ⁵: fibra detergente ácido; ⁶: cenizas totales.