



Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias Agrarias
Escuela de Agronomía

Efecto de la fertilización sobre la composición botánica y producción de tres tipos de praderas en la Provincia Húmeda de verano Fresco o Valdiviana al cuarto año de establecimiento.

Memoria presentada como parte de los requisitos para optar al título de Ingeniero Agrónomo.

Jorge Iván Alfredo Gómez Márquez

Valdivia-Chile

2009

PROFESOR PATROCINANTE

Ignacio López C
Ing. Agr., Ph. D.
Instituto de Producción Animal

PROFESORES INFORMANTES

Oscar Balocchi
Ing. Agr., M. Sc., Ph. D.
Instituto de Producción Animal

René Anrique
Ing. Agr., M. Sc., Ph. D.
Instituto de Producción Animal

DEDICATORIA

*A Dios Todopoderoso
que siempre me
acompaña y guía mis
pasos por senderos
llenos de virtud, y me
carga en sus brazos en
caminos difíciles.*

*A mis padres Sergio y
Bernardita, pues gracias a
ellos pude dar el paso de
llegar a la Universidad a
estudiar la carrera de mis
sueños.*

*A mi tía Lile pues gracias
a ella nunca me faltó
nada en mi vida como
estudiante
especialmente el calor
de hogar.*

*A mi Señora María José
por apoyarme
especialmente en la última
parte del proceso de
titulación, la tesis y el
examen. También por ser
la mejor compañera de
vida que Dios ha puesto
en mi camino.*

*A mis hijos Emilio y Martín
por darme las fuerzas para
lograr dar pasos
importantes en la vida
como este.*

INDICE DE MATERIAS

Capítulo		Página
	RESUMEN	1
	SUMARY	2
1	INTRODUCCIÓN	3
2	REVISIÓN BIBLIOGRAFICA	5
2.1	Descripción del Dominio Húmedo de Chile	5
2.1.1.	Descripción climática	5
2.1.2	Descripción topográfica	5
2.2	Clasificación de praderas	6
2.2.1	Pradera sembrada o pastura	6
2.2.2	Pradera mejorada	6
2.2.3	Pradera natural	7
2.3	Estrategias de colonización de las plantas	7
2.3.1	Modelo C-T-O	8
2.4	Competencia	8
2.4.1.	Ascensión y expansión foliar	9
2.4.2	Plasticidad fenotípica	9
2.4.3	Tasa de crecimiento	10
2.5	Tolerancia a estrés ambiental	10
2.6	Oportunismo	11
2.7	Sucesión ecológica	11
2.8	Composición botánica	12
2.9	Objetivos de la fertilización en praderas	12

3	MATERIAL Y METODOS	14
3.1	Ubicación del ensayo.	14
3.2	Caracterización del clima.	14
3.3	Establecimiento del estudio.	14
3.4	Fertilización.	15
3.4.1	Análisis químico de suelos.	15
3.4.2	Tratamientos de fertilización	17
3.4.3.	Dosis de fertilización.	17
3.5	Distribución y tamaño de parcelas	17
3.6.	Criterios de corte y pastoreo	17
3.7	Variables medidas en la pradera.	17
3.7.1	Rendimiento y materia seca anual por corte	18
3.7.2	Composición botánica	18
3.7.3	Tasa de crecimiento	19
3.8	Diseño experimental y estadístico	19
4	PRESENTACION Y DISCUSION DE RESULTADOS	21
4.1	Evolución de la fertilidad del suelo.	21
4.2	Producción de la pradera durante el período de evaluación	22
4.2.1	Producción de <i>Lolium perenne</i> L.	23
4.2.2	Producción de <i>Bromus valdivianus</i> Phill.	24
4.2.3	Producción de <i>Holcus lanatus</i> L.	25
4.2.4	Producción de <i>Agrostis capillaris</i> L.	25
4.2.5	Producción de Leguminosas.	27
4.3	Porcentaje de contribución en el rendimiento de cada especie	27
4.4	Agrupación de especies según producción anual de materia seca.	30
4.5	Tasa de crecimiento.	34

4.5.1	Tasa de crecimiento total para cada pradera.	34
4.5.2	Tasa de crecimiento Grupo 1 (<i>Lolium perenne</i>).	36
4.5.3	Tasa de crecimiento Grupo 2 (<i>Bromus valdivianus</i>).	38
4.5.4	Tasa de crecimiento Grupo 3 (<i>Holcus lanatus</i>).	38
4.5.5	Tasa de crecimiento Grupo 4 (<i>Leontodon nudicaulis-Hypochoeris radicata</i> y <i>Agrostis capillaris</i>).	39
4.5.6	Tasa de crecimiento Grupo 5 (<i>Trifolium repens</i> , <i>Lotus uliginosus</i> , <i>Poa annua</i> , <i>Arrhenatherum elatius</i>).	41
5	CONCLUSIONES.	43
6	BIBLIOGRAFIA.	44
	ANEXOS	48

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Datos meteorológicos ciudad de Valdivia durante el período entre Octubre 2005 y Noviembre 2006.	16
2	Análisis químico de suelo al establecimiento del ensayo Septiembre 2002.	18
3	Distribución de parcelas evaluadas en tres bloques, dos tratamientos de fertilización y tres tipos de pradera	19
4	Análisis de suelo Septiembre 2005 Marzo 2006	23
5	Rendimiento promedio para cada tipo de pradera y nivel de fertilización en período evaluado.	24
6	Producción de especies donde (Pradera*Fertilización) hubo interacción significativa en cada tipo de pradera para cada tratamiento de fertilización durante el período.	25
7	Producción promedio de especies por período para cada tipo de pradera y nivel de fertilización (en especies donde no hubo interacción significativa)	28
8	Porcentaje de contribución al rendimiento de especies según tipo de pradera y nivel de fertilización.	30
9	Porcentaje de contribución al rendimiento de especies para cada tipo de pradera y tratamiento de fertilización.	31

INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Mecanismo que describe variados equilibrios entre competencia (C), tolerancia a estrés ambiental (T) y oportunismo (O).	10
2	Dendrograma de agrupación de especies según Rendimiento	32
3	Producción absoluta (kg MS ha ⁻¹) de cada grupo (Rendimiento promedio \pm sem) de cada grupo de especies en los tratamientos.	33
4	Producción relativa (%) de cada grupo (Contribución al rendimiento (%) promedio \pm sem) de cada grupo de especies en los tratamientos.	35
5	Tasa de crecimiento en tres tipos de pradera con 2 niveles de fertilidad.	36
6	Tasa de crecimiento Grupo 1 (<i>Lolium perenne</i>).	39
7	Tasa de crecimiento grupo 2 (<i>Bromus valdivianus</i>)	38
8	Evolución tasa de crecimiento Grupo 3.(<i>Holcus lanatus</i>)	40
9	Evolución tasa de crecimiento Grupo 4.	41
10	Evolución tasa de crecimiento Grupo 5	42

INDICE DE ANEXOS

Anexo

- 1 Evolución tasa de crecimiento individual de *Lotus uliginosus*
- 2 Evolución tasa de crecimiento de *Leontodon nudicaulis* e *Hipoacheris radicata* (perteneciente al grupo 4)
- 3 Evolución tasa de crecimiento individual de *Agrostis capillaris* (perteneciente al grupo 4)
- 4 Rendimiento individual de cada especie en 18 parcelas del ensayo.
- 5 Rendimiento por parcela en cada corte y Rendimiento total del período.

RESUMEN

El ensayo se desarrolló en el predio experimental Santa Rosa con el objetivo de estudiar al cuarto año de establecimiento los atributos productivos; productividad, tasa de crecimiento y porcentaje de contribución de cada especie en el rendimiento de tres tipos de praderas permanentes sometidas a dos tratamientos de fertilización (CF) con fertilización y (SF) sin fertilización. El período de evaluación fue desde octubre de 2005 a noviembre de 2006. Las praderas fueron establecidas en Septiembre de 2002 descritas de la siguiente manera: Pradera naturalizada sembrada (PNS), compuesta por *Agrostis capillaris*, *Arrhenatherum elatius ssp. bulbosum*, *Bromus valdivianus*, *Holcus lanatus* y *Lotus uliginosus*, Pradera mixta sembrada (PMS), compuesta por *Lolium perenne cv Yatsin*, *Trifolium repens cv. Huia* y *Bromus valdivianus.*, y Pastura sembrada (PS) compuesta por *Lolium perenne cv Yatsin*, *Trifolium repens cv. Huia*. Durante el período de evaluación las dosis de fertilización fueron de 240 kg N /ha, 100 kg P₂O₅ y 224 kg K₂O. 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). Se realizó análisis de varianza. Las especies fueron agrupadas a través del Análisis de Conglomerados o Cluster. El rendimiento en la variable tipo de pradera fue estadísticamente igual en los tres tipos de pradera (P>0,05). Para la pradera (PNS) 11.457 kg MS ha⁻¹, 10.792 kg MS ha⁻¹ y 10.188 kg MS ha⁻¹. Si hubo diferencias significativas (P<0,05) para la variable fertilización en que las praderas con fertilización obtuvieron 14.243 kg MS ha⁻¹ y las praderas sin fertilización 7.382 kg MS ha⁻¹. La fertilización contribuyó a la presencia de especies competidoras de altas tasas crecimiento, por su parte el no fertilizar contribuyó a la aparición de especies tolerantes a estrés ambiental que poseen bajas tasas de crecimiento.

SUMMARY

The test was developed in the experimental field Santa Rosa with the purpose of studying in the fourth year of establishment the productive attributes; productivity, rate of growth and percentage of contribution of each species in the yield of three types of permanent prairies put under two different treatments of fertilization (CF) with fertilization and (SF) Without fertilization. The period of evaluation is between October of 2005 and November of 2006. The prairies were established in September of 2002 described in the following way: Naturalized prairie seeded (PNS), composed by *Agrostis capillaris*, *Arrhenatherum elatius ssp. bulbosum*, *Bromus valdivianus*, *Holcus lanatus* and *Lotus uliginosus*. Mixed Prairie seeded (PMS), composed by *Lolium perenne cv. Yatsin*, *Trifolium repens cv. Huia* and *Bromus valdivianus*. Seeded Pasture (PS) composed by *Lolium perenne cv. Yatsin*, and *Trifolium repens cv. Huia*. The maintenance dose during the period of evaluation that corresponds to 30 kg of N/ha, 100 kg of P₂O₅ and 28 kg K₂O. An experimental design of random complete blocks (3 blocks) was used, with factorial adjustment of the treatments (3 types of prairie x 2 fertilization levels). The Analysis of variance. The significant interactions were analyzed through the PDIFF test. The species were grouped through Conglomerates Analysis or Cluster. The yield in the prairie type variable was statistically equal in the three types of prairie ($P \geq 0,05$). For the prairie (PNS) 11.457 kg DM ha⁻¹, 10.792 kg DM ha⁻¹ and 10.188 kg DM ha⁻¹. But there were significant differences ($P \leq 0,05$) for the fertilization variable, the prairies with fertilization obtained 14.243 kg MS ha⁻¹, and the prairies without fertilization obtained 7.382 kg DM ha⁻¹. The fertilization contributed to the presence of competing species that have a high rate of growth, on the other hand not to fertilize contributed to the appearance of tolerant species to environmental stress that have a low rate of growth.

1 INTRODUCCIÓN

De las praderas de la zona sur un 49% corresponde a praderas naturalizadas, un 42% a praderas mejoradas y un 9 % a praderas sembradas. En estas praderas se desarrollan normalmente especies como *Agrostis capillaris* L., *Holcus lanatus* L. y *Lotus uliginosus* L., en la depresión intermedia y precordillera andina, por especies como *Hipoacheris radicata* L. y *Agrostis capillaris* en la cordillera de la costa y *Juncus procerus* L. en suelos ñadis. Las praderas de la zona sur han ido recibiendo un mayor aporte tecnológico, lo que ha permitido obtener un aumento en la cantidad de forraje, mejorando la participación de especies productivas. Esta forma de plantear el desarrollo agrícola del país a través del uso de insumos, ha presentado un proceso general de cambio, el que ha conducido consistentemente hacia estados de mayor artificialización del ecosistema, (GASTO, 1990).

Este mejoramiento de las praderas se ha realizado a través de diferentes maneras, por ejemplo estableciendo especies de mayor productividad y fertilizando el suelo para que dichas especies se desarrollen de acuerdo a su potencial. Esta situación hace que el manejo antropogénico tenga un efecto directo en las estrategias de colonización de las plantas al provocar situaciones de estrés ambiental, competencia por recursos y perturbación del ambiente en el caso del establecimiento con rompimiento del suelo. La competencia por recursos se define como el intento de las plantas vecinas por aprovechar las mismas cantidades de luz, agua, espacio y nutrientes del suelo (GRIME, 1981).

En relación a la fertilidad existen plantas competidoras dominan en suelos de alta disponibilidad de nutrientes y poseen una alta tasa de crecimiento absorbiendo rápidamente los nutrientes del suelo. También existen especies tolerantes a estrés ambiental, las que al tener una baja tasa de crecimiento absorben los nutrientes en forma más lenta, necesitando niveles bajos de fertilidad. Así la composición botánica de una pradera se va haciendo dependiente del nivel de fertilidad.

En vista de lo anterior la hipótesis es la siguiente: La fertilización genera cambios en la composición botánica que provoca un predominio de especies competidoras de alta producción de materia seca, en cambio, el no fertilizar provoca un aumento de especies tolerantes al estrés ambiental, las que presentan una baja producción de materia seca.

El objetivo de esta tesis fue evaluar el efecto de la fertilización sobre la composición botánica y atributos productivos de praderas permanentes de distinto origen.

2 REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1 Descripción del Dominio Húmedo de Chile

Este comprende una superficie aproximada de 18.665.900 ha, ubicadas principalmente en la zona sur a partir de los 36° Lat. S por la costa, abarcando también más al sur, la zona intermedia del país, el Archipiélago Austral y franjas del sistema andino central. Dicho sector incluye, entre otras, a las Provincias Húmeda de Verano Fresco o Valdiviana y Húmeda de Verano Fresco y Mésico o Los Lagos (GASTO *et al.*, 1987). El sistema de clasificación utilizado para el establecimiento de las clases de pastizales de Chile, corresponde a la clasificación propuesta por GASTO *et al.* (1987), en el cual se describe el Dominio Húmedo.

La Provincia Húmeda de verano fresco o valdiviana. Esta dentro del dominio húmedo y corresponde a la zona de evaluación.

2.1.1 Descripción climática. Corresponde a una zona de altas precipitaciones anuales, pero es porque las lluvias están bien distribuidas la mayor parte del año. (AGUILA, 1992).

Los veranos son bastante inestables pero con un porcentaje de lluvias variable de año en año, pero en promedio se registran 231 mm. Las temperaturas se pueden catalogar como frescas con medias anuales de 11.9 °C, aunque en invierno se registran heladas intensas especialmente en los puntos alejados del mar. (AGUILA, 1992).

En verano los fuertes vientos ayudan a disminuir la temperatura ambiente pero también contribuye a una evaporación pronunciada de la humedad del suelo (AGUILA, 1992).

2.1.2 Descripción topográfica y edáfica. La topografía de la zona es variada, fundamentalmente plana a plana-ondulada (AGUILA, 1992). Los suelos que predominan son los de textura liviana como los trumaos, pero también se encuentran áreas de suelos arcillosos como los ubicados al oeste de la provincia de Osorno. Otro

tipo de suelo relativamente abundante son suelos húmedos, de escasa utilidad en agricultura y ganadería denominados hualves o ñadis según la extensión que ocupan (AGUILA, 1992)

2.2 Clasificación de praderas

En un seminario de clasificación de praderas citado por OLIGER, (1968) un grupo de especialistas adoptó la siguiente clasificación de praderas. Las praderas fueron divididas en dos grupos; de rotación y permanentes. Las de rotación fueron a su vez subdivididas en de rotación corta, a aquellas cuya duración de dos a tres años, y de rotación larga a aquellas cuya duración es de tres a cinco años. Las segundas fueron subdivididas en sembradas y naturales, dentro de las sembradas las de alta producción son aquellas que su producción es mayor a 6 t MS ha^{-1} y las de menor producción se denominan degradadas.

Dentro del grupo de las praderas naturales, las praderas mejoradas son aquellas que producen más de 3 t MS ha^{-1} , y aquellas que producen menos que 3 t MS ha^{-1} se les denominaba de baja producción.

Aunque lo que se planteó es razonable, una clasificación sugerida por PALADINES y MUÑOZ (1982) es la que se entiende según el V Censo Agropecuario de 1975-1976, se acerca más a la realidad actual de las praderas del dominio Húmedo, pues sintetizan la clasificación anterior agrupando tres tipos de praderas: las praderas sembradas, las praderas mejoradas y praderas naturales. Sobre esta clasificación se trabaja en el presente estudio.

2.2.1 Pradera sembrada o pastura. Corresponden a todas las tierras que se utilizan con cultivos forrajeros permanentes no mayores de 10 años. La superficie correspondiente a cereales asociados con forrajeras permanentes, se considera bajo este concepto (PALADINES y MUÑOZ, 1982).

2.2.2 Pradera mejorada. En ella se incluyen las praderas naturales sometidas a algún tipo de labor cultural o de manejo, tales como desmalezamiento, fertilización y

apotreramiento. Se incluyen en este grupo a las praderas artificiales de más de 10 años de sembradas (PALADINES y MUÑOZ, 1982).

2.2.3 Pradera natural. Corresponde a las tierras que se usan para pastoreo, aprovechando la vegetación espontánea, sin que haya ningún tipo de labor cultural o manejo. Se incluyen además las tierras con vegetación arbustiva o montes siempre que se utilicen principalmente para el pastoreo, además se incluyen tierras semipantanosas que se utilicen para alimentación de ganado (PALADINES y MUÑOZ, 1982).

BALOCCHI y LOPEZ (1996), definen una pradera naturalizada como comunidad polifítica dominada fundamentalmente por gramíneas perennes, con una proporción variable de especies de hoja ancha y con una contribución de las leguminosas que representa normalmente menos del 5% del rendimiento total anual de la pradera.

De las praderas de la Provincia Húmeda de Verano Fresco o Valdiviana destinadas a la producción lechera, un 53.5 % corresponde a praderas artificiales, un 36.3 % corresponde a praderas mejoradas y un 12.2 % a praderas naturales (BALOCCHI, 1999).

Experiencias realizadas en Osorno indican que el rendimiento anual de materia seca de una pradera naturalizada con y sin fertilizantes es de 12,6 y 7,01 t/ha, respectivamente (SIEBALD, *et al* 1983)

2.3 Estrategias de colonización de las plantas

Las estrategias son definidas por GRIME (1981), como agrupar características genéticas similares o análogas con recursos ampliamente distribuidos entre varias poblaciones y los hace exhibir semejanzas en su ecología. Una estrategia primaria se reconoce como una que implique las actividades más fundamentales del organismo.

La competencia de malezas y otras plantas forrajeras afectan tanto a brotes aéreos como al crecimiento de las raíces de las plantas que se están estableciendo. Los

efectos de sombreamiento de las plantas competidoras sobre el crecimiento de las hojas de las plántulas son aparentemente notorias.

2.3.1 Modelo C-T-O. Este modelo se origina a partir de una hipótesis para clasificar los factores externos que afectan a la vegetación en dos grandes categorías, la primera se le denomina estrés, que consiste en los fenómenos que limitan la producción fotosintética, como la escasez de luz, agua y nutrientes, o bien temperaturas subóptimas. La segunda se le denomina perturbación y se asocia con la total o parcial destrucción de la biomasa vegetal, esta surge de actividades de herbívoros, agentes patógenos y seres humanos (GRIME, 1981).

Cuando se efectúan las cuatro combinaciones de alto y bajo estrés con alta y baja perturbación se desprende que sólo tres de ellas son viables, esto se debe a que el efecto de estrés severos en hábitat muy perturbados no puede haber una recuperación rápida o reestablecimiento de la vegetación (GRIME *et al*, 1989) . Se asocian las tres restantes estrategias con la evolución de las estrategias primarias de establecimiento que corresponden a tres (Figura 1). Estas son los competidores (C), aquellos que aprovechan las condiciones de bajo estrés y baja perturbación. Los tolerantes a estrés (T), esta relacionado con alto estrés y baja perturbación. Los oportunistas (O); son característicos de bajo estrés y alta perturbación (GRIME *et al*, 1989).

2.4 Competencia.

Ésta se da en hábitat productivos inalterados por plantas robustas, perennes con alta tasa de crecimiento potencial, cuya parte aérea y parte radical está ocupada por biomasa densa y expandida, teniendo una ascensión foliar aérea rápida. Aquí existe una mortalidad de los individuos que son excedidos por sus vecinos y quedan atrapados en la zona sombreada. (GRIME *et al*, 1989)

GOLDBERG, (1990) citado por REYES (2007). Señala que la habilidad competitiva de las plantas puede ser comparada por las especies de dos diferentes maneras: por una parte de acuerdo a sus “efectos competitivos”, que corresponde a la habilidad de la planta para suprimir a otros individuos; y mediante su respuesta competitiva, la que se refiere a la capacidad que tiene la planta de evadir la supresión de otras.

Una alta habilidad competitiva es reconocida como un grupo de características genéticas que permite una alta tasa de adquisición de recursos en sitios cubiertos de vegetación (GRIME, 1981)

2.4.1 Ascensión y expansión foliar. Las plantas necesitan energía para crecer y la obtienen de la luz, para que una pastura crezca a su máxima tasa tendrá que hacer uso completo de toda la energía que caiga sobre ella , todas las praderas tienen un Índice de área foliar crítico en que crecen a su máxima tasa, sobre ese Índice de área foliar hay una disminución de la tasa de crecimiento, esta disminución es causada por la respiración de las hojas inferiores sombreadas del follaje que compensa las ganancias de peso debida a la actividad fotosintética de las hojas inferiores no sombreadas (LANGER, s.f.). Cuando se trata de praderas polifíticas cada especie tiene distinta tasa de ascensión y expansión foliar. BALOCCHI *et al*, (2004) observó un comportamiento diferente en el desarrollo de la tasa de aparición de hojas y elongación de hojas entre *Lolium perenne*, *Holcus lanatus* y *Agrostis capillaris* con la fertilización nitrogenada.

2.4.2 Plasticidad fenotípica. GASTO (1979) planteó que las especies pratenses son capaces de desarrollarse en ecoambientes contrastantes, a través de la capacidad para variar su fenotipo, lo cual incluye modificar su morfología, tamaño o funcionamiento interno, lo que ha sido definido como plasticidad fenotípica. GIANOLI, (2004) señala que el concepto de plasticidad fenotípica se visualiza a partir de la confección de la norma de reacción. Así, la norma de reacción de un genotipo dado es su rango de respuestas fenotípicas a lo largo de un gradiente ambiental, En este sentido llevaría a una adecuación biológica de los genotipos es respuesta a la variación fenotípica en los diferentes ambientes experimentados por una población limitando la selección natural. En efecto, organismos no móviles o séciles como los vegetales, deben obligadamente ajustarse fenotípica o genéticamente a su ambiente (BEGON *et al.*, 1999).El margen de plasticidad potencial de un individuo está fijado al momento de nacer, de acuerdo a su estructura genética (GASTO, 1979).

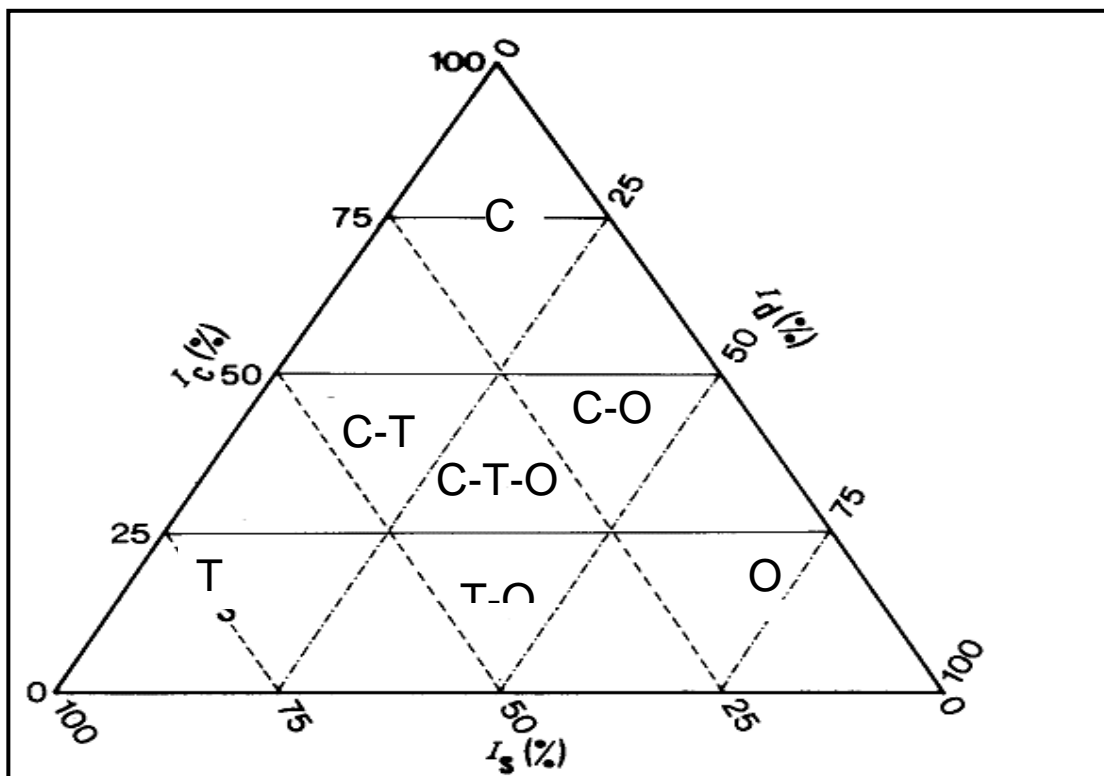


FIGURA 1. Mecanismo que describe variados equilibrios entre competencia (C), tolerancia a estrés ambiental (T) y oportunismo (O).

FUENTE. GRIME, (1981)

2.4.3 Tasa de crecimiento. La tasa de crecimiento es una de las herramientas de competencia de las plantas de mayor importancia y está íntimamente relacionada con la tasa de absorción de nutrientes. Las plantas competidoras tienen altas tasas de absorción de nutrientes minerales y agua para mantener una producción de materia seca (GRIME, 1981).

Bromus valdivianus, es considerada como una especie que tiene un rápido establecimiento, un crecimiento vegetativo temprano impredecible y buena aptitud para crecer en verano (BETIN 1993; citado por IDE 1996).

2.5 Tolerancia a estrés ambiental

Un marcado contraste se hace inmediatamente evidente cuando los procesos de selección operan en hábitat donde el estrés grave limita la producción a un bajo nivel,

aquí solo las bajas tasas de captura de recursos son posibles, y por lo tanto la supervivencia depende de que la planta siga siendo viable a través de largos períodos en que hay poco crecimiento (GRIME *et al*, 1989).

Los estrés más comunes a encontrar en este tipo de suelo son, alta saturación de aluminio, bajo pH, baja disponibilidad de fósforo, exceso de humedad en la época de lluvias y períodos de sequía estival. (HERDENER, 2004).

El crecimiento en plantas tolerantes a estrés ambiental ocurre intermitentemente y para la mayoría de las veces la diferenciación de los tejidos forma una proporción muy pequeña de la biomasa. (GRIME, 1981).

La formación de órganos de reserva influye a la tolerancia a estrés ambiental, Un ejemplo de esto es *Agrostis capillaris*, esta es una gramínea perenne que presenta rizomas y a veces estolones, formando un césped abierto o denso. Es definida como una hemicriptófita con tallo reptante (SILVA y LOZANO, 1984; RAMIREZ *et al.*, 1991).

2.6 Oportunismo

Cuando la perturbación es frecuente se convierte en la influencia dominante sobre la vegetación, la selección natural puede favorecer los genotipos de rápido crecimiento y reproducción, aumentando la probabilidad que la descendencia suficiente produzca la supervivencia y reestablecimiento de la población (GRIME *et al*, 1989).

2.7 Sucesión ecológica

TILMAN (1994) citado por LOPEZ y VALENTINE (2002) plantea varias hipótesis para explicar la razón de los cambios sucesionales en la pradera, entre ellas se establece que estos pueden obedecer a un compromiso entre la habilidad para colonizar y la habilidad para competir por nutrientes o para competir por luz, o a la interacción entre ambos, relación nutriente :luz, donde en un ambiente de baja fertilidad la competencia por nutrientes sería crítica para el desarrollo de las especies, mientras que en ecosistemas con mayor desarrollo aumenta la disponibilidad de nutrientes y la competencia por luz pasa a ser más relevante.

2.8 Composición botánica

La composición botánica es un atributo relevante en la determinación de la condición de una pradera (COLEMAN *et al.*, 1985) citado por ALOMAR *et al* (2002).

La pradera naturalizada presenta una composición botánica variable, dependiendo del lugar geográfico, de la ubicación topográfica y exposición (TEUBER, 1996).

Las principales especies constituyentes de la pradera naturalizada son: *Agrostis capillaris* L., *Holcus lanatus* L., *Trifolium repens* L., *Lolium perenne* L., *Dactylis glomerata* L., *Bromus valdivianus* Phil., *Taraxacum officinale* Weber, *Arrhenatherum elatius* L. spp bulbosus, *Plantago lanceolata* L. y *Lotus uliginosus* L. (TEUBER, 1996).

2.9 Objetivos de la fertilización en praderas

La fertilización de praderas es, tal vez, una de las herramientas agronómicas más utilizadas cuando se desea mejorar la productividad de una explotación ganadera.

Para determinar cual es el nivel de fertilización adecuado para una pradera, se debe tener en consideración el marco sistémico del problema y plantearse un objetivo agronómico que sea posible de alcanzar, de acuerdo a la capacidad económica del agricultor ganadero (PINOCHET, 1990).

El mejoramiento de la pradera naturalizada, se orienta a aumentar la cantidad de forraje disponible, a mejorar la participación de las especies más productivas y a conseguir una distribución anual homogénea de la productividad. Al mejorar las condiciones de manejo, en las praderas mejoradas, aparece un dominio de *Lolium perenne* *Trifolium repens* y asociadas en un grado menor, las especies de medio valor forrajero (PINOCHET, 1990).

Luego de un estudio de 10 años de duración SIEBALD *et al*, (1983) concluyeron que mediante la fertilización de praderas naturales se puede lograr un mejoramiento notable de estas alcanzando niveles de producción similares a los obtenidos en una pradera sembrada, esta alternativa de mejoramiento de praderas implica una fuerte reducción en los costos de producción, de esta forma la pradera sembrada sería solo una alternativa para sectores donde se realiza rotación de cultivos.

En los agrosistemas de la zona centro sur, para establecer y mantener, en el largo plazo, una productividad permanente se requiere además de un buen nivel de N, un adecuado

nivel de suministro de P del suelo, nutriente que es principalmente deficitario, debido a las características del ciclo interno del P en los suelos derivados de cenizas volcánicas y al historial de manejo, al cual históricamente han sido sometidos estos agrosistemas (PINOCHET *et al*, 1990).

La diversidad de especies pratenses se relaciona positivamente con el pH del suelo. 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) POWER y ALESSI (1971), en un ensayo de 6 años en praderas semiáridas observó que el nitrógeno mineral que no fue extraído a través de la planta se fue inmovilizando.

3 MATERIAL Y METODO

3.1 Ubicación del ensayo

El ensayo se encuentra emplazado en el Predio Santa Rosa, de la Universidad Austral, entre los 39°47'13" latitud sur y a 73°13'57" oeste a 12 m.s.n.m. El tipo de suelo está clasificado como un Duric Hapludans, Andisol, (Trumao). La capacidad de uso potencial de este suelo es de II y III (NISSEN, 1974). Los suelos son generalmente profundos, de textura franco a franco limosa, de topografía plana, bien drenados, retentivos al agua y de buena capacidad para el suministro de nutrientes a las plantas. Las pendientes varían entre un 1% y un 15%.

3.2 Caracterización del clima

El sitio del estudio está inserto en la hoya Hidrográfica formada por el río Cruces y el río Valdivia, esta zona posee un clima muy parecido al marítimo, (HUBER, 1970). La temperatura promedio anual es de 11,9 °C alcanzando en el mes de enero el valor medio mensual máximo de 16,9 y en julio una media mensual mínima de 7,6 °C. Esta zona presenta una de las pluviometrías más altas del país registrando un promedio anual de 2372,4 mm de agua caída. La humedad relativa se presenta alta en los meses de invierno alcanzando valores cercanos al 100 %, mientras que en verano estos valores fluctúan entre un 60% y 70% (HUBER, 1970).

Durante el período de evaluación la temperatura promedio alcanzó los 12,5 °C y la temperatura máxima alcanzó los 17,8 °C. La humedad relativa por su parte alcanzó un promedio de 79,9 %. (Cuadro 1).

3.3 Establecimiento del estudio

Las praderas fueron establecidas entre el 15 y el 27 de septiembre del 2002, fueron sembradas a chorro continuo a una distancia entre hileras de 17,5 cm. Se establecieron tres tipos de praderas: Pradera Naturalizada Sembrada (PNS), que correspondió a una pradera sembrada con especies comúnmente encontradas en

praderas naturalizadas; estas fueron: *Arrhenatherium elatius* sp bulbosum (Willd.), *Agrostis capillaris*, *Bromus valdivianus* Phill, *Holcus lanatus*, *Lotus uliginosus* . Pradera sembrada (PS) aquella establecida con las especies *Lolium perenne* y *Trifolium repens*. Pradera mejorada sembrada (PMS), correspondió a aquella establecida con *L. perenne*, *T. repens* y *B. valdivianus*.

3.4 Fertilización

Estas praderas fueron manejadas bajo dos niveles de fertilización con y sin, Las praderas con fertilización (CF) usadas para permitir a las especies expresar sus características productivas sin restricciones de fertilidad, y las no fertilizadas (SF) permitieron evaluar la sucesión ecológica que ocurre bajo condiciones de estrés de fertilidad. Esto se basa en que en los años anteriores y en el tiempo restante del ensayo, en el suelo se fueron generando condiciones de estrés ambiental como un alto porcentaje de saturación de aluminio, una disminución en el contenido de materia orgánica, y la disminución de macronutrientes.

3.4.1 Análisis químico de suelo. El Análisis químico al establecimiento del ensayo es el que se muestra en el Cuadro 3.

CUADRO 1 Datos meteorológicos ciudad de Valdivia durante el período entre Octubre 2005 y Noviembre 2006.

Años	Meses	Temp. media del período (°C)	Temp. Media Histórica (°C)	Temp. máx. del período (°C)	Temp. Media Histórica (°C)	Temp. mín. del período (°C)	Temp. mín. Histórica (°C)	Precip. Del período (mm)	Precip. Histórica (mm)	Hum. relativa del período (%)	Hum. relativa Histórica (%)
2005	Octubre	11,3	11,6	16,7	16,8	6,7	7,0	61,7	149,3	77,5	75,4
	Noviembre	13,8	13,8	19,0	18,9	9,2	8,8	277,5	108,3	76,7	71,8
	Diciembre	16,5	15,8	22,7	21,2	10,6	10,4	46,0	89,0	68,1	68,2
2006	Enero	17,1	17,0	23,6	22,8	10,8	11,3	185,6	61,3	70,3	67,2
	Febrero	18,1	16,8	25,1	22,9	12,0	11,1	28,3	57,4	70,8	68,8
	Marzo	14,0	14,8	19,7	20,8	9,5	10	102,1	84,4	79,2	75,1
	Abril	12,0	12	17,5	17,1	7,9	8,1	292,0	157,9	84,9	82,4
	Mayo	9,2	10,1	13,4	13,8	6,1	7,3	223,4	340,7	91,2	88,4
	Junio	10,2	8,2	12,8	11,3	7,9	5,7	598,8	391,5	94,2	89,8
	Julio	9,1	7,7	14,3	11,1	6,1	5	543,6	376,4	89,6	88,7
	Agosto	8,7	8,4	13,4	12,6	5,1	5,2	295,8	305,7	84,9	85,1
	Septiembre	9,7	9,7	15,1	14,6	5,5	5,6	204,3	188,1	81,9	79,2
	Octubre	11,0	11,6	16,4	16,8	6,6	7,0	195,0	149,3	81,6	75,4
	Noviembre	13,9	13,8	20,0	18,9	8,3	8,8	54,8	108,3	67,5	71,8
	Prom. Período	12,5		17,8		8,0		221,2		79,9	
	Total			-		-		3.109			

FUENTE: Instituto de Geociencias, Universidad Austral de Chile. (2008). Estación Meteorológica Isla Teja, Valdivia.

Comunicación personal.

3.4.2 Tratamientos de fertilización. De los tratamientos de fertilización, con y sin fertilización, se tomó una muestra compuesta de suelo en ambos tratamientos al inicio del período de evaluación y se le realizó un análisis químico. Los datos obtenidos de este análisis muestran la evolución de la fertilidad del suelo con los dos tratamientos desde su establecimiento y se pueden apreciar en el Cuadro 4.

3.4.3 Dosis de fertilización. Las dosis de fertilización de pradera durante el presente período de evaluación fueron equivalentes a 240 kg N ha⁻¹, 100 kg P₂O₅ ha⁻¹ y 224 kg K₂O ha⁻¹. El nitrógeno y el potasio fueron aplicados después de cada corte, en tanto que la dosis de P₂O₅ fue aplicada en otoño. Las aplicaciones de mantenimiento fueron en cobertera y al voleo. Se aplicó también 1800 CaCO₃ para evitar el descenso del pH.

3.5 Distribución y tamaño de parcelas

Las parcelas se distribuyeron en tres bloques de seis parcelas cada uno. Cada parcela tenía un largo de 7,5 m y un ancho de 3,3 m, por tanto la superficie por parcela fue de 25 m², superficie total del ensayo es de 450 m², equivalente a 0,045 ha. La distribución de las parcelas se detalla en el cuadro 2.

3.6 Criterio de corte y pastoreo

Los cortes se realizaron cuando uno de los tratamientos alcanzara los 20 cm de altura sin disturbar, o cuando transcurrieron un máximo de 60 días entre cortes. Los pastoreos se realizaron inmediatamente después de los cortes. Se realizaron 8 cortes durante el período de evaluación. Para evitar el efecto de borde se procedió a cortar y a descartar los 4 bordes de cada una de las parcelas (55 cm). Luego se cortó una franja a lo largo de cada parcela de 1,1 m de ancho y de 6,1 m de largo, la pradera restante en las parcelas se pastoreó (1,1 m de ancho y de 6,1 m de largo). La altura de corte utilizada fue de 4 cm.

3.7 Variables medidas en la pradera

A continuación se presentan las variables evaluadas en las praderas y las metodologías utilizadas para ello.

CUADRO 2 Análisis químico del suelo al establecimiento del ensayo Septiembre 2002.

pH agua	5,6
pH CaCl 0.01 M	4,8
Materia Orgánica (%)	14,2
N-Mineral (mg/kg)	15,4
Fosforo Olsen (mg/kg)	20,7
Potasio Intercambiable (cmol+/kg)	128,0
Sodio Intercambiable (cmol+/kg)	0,05
Calcio Intercambiable (cmol+/kg)	1,43
Magnesio Intercambiable (cmol/kg)	0,15
SUMA DE BASES (cmol/kg)	1,95
Aluminio Intercambiable (cmol+/kg)	0,30
CIC	2,25
Saturación de Aluminio (%)	13,3

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

3.7.1 Rendimiento de materia seca anual y por corte. Utilizando una máquina segadora de barra se cortó una franja de todo el largo de la parcela sin sus bordes, es decir, 1,1 m de ancho por 6,1 m de largo. Todo el material cortado en esa área se pesó con una balanza electrónica, calculándose así los kg de materia verde por hectárea. Se tomó una submuestra de aproximadamente 100 g de materia verde y se llevó a un horno a 60 ° C por 48 hrs. Se pesó obteniendo el porcentaje de materia seca, con este porcentaje se conoció el rendimiento en kg de materia seca por hectárea en cada corte, además al adicionar todas las mediciones hechas en el año se obtuvo el rendimiento en kg de materia seca por hectárea al año.

3.7.2 Composición botánica. Del material cortado de cada parcela se obtuvo una submuestra en la que se separaron manualmente las diferentes especies pratenses y

se obtuvo el porcentaje de cada especie en la submuestra. Estos valores se aplicaron al rendimiento por parcela para cada corte.

CUADRO 3 Distribución de parcelas evaluadas en tres bloques, dos tratamientos de fertilización y tres tipos de pradera.

PARCELA	TMT.	BLOQUE
1	PMS / CF	1
2	PS / SF	
3	PNS / SF	
4	PMS / SF	
5	PS / CF	
6	PNS / CF	
7	PMS / SF	2
8	PNS / CF	
9	PS / SF	
10	PMS / CF	
11	PNS / SF	
12	PS / CF	
13	PNS / SF	3
14	PS / CF	
15	PMS / CF	
16	PNS / CF	
17	PS / SF	
18	PMS / SF	

PNS: Pradera natural sembrada, **PMS:** pradera mixta sembrada, **PS:** Pastura sembrada **CF:** Con fertilización, **SF:** Sin fertilización.

3.7.3 Tasa de crecimiento. Con los datos obtenidos en cada período se realizaron curvas de crecimiento de la pradera en función del tiempo, con esto se calculó la tasa de crecimiento de la pradera, a partir de esta información se realizaron curvas de crecimiento para cada especie en particular.

3.8 Diseño experimental y estadístico.

El diseño estadístico utilizado fue de bloques completos al azar con arreglo factorial de los tratamientos (3 tipos de praderas * dos niveles de fertilización y tres bloques). Este mismo análisis se realizó para los datos de porcentaje de rendimiento. Además se realizó un análisis de conglomerados para definir grupos de especies de similares características productivas en relación al rendimiento del período.

4 PRESENTACION Y DISCUSION DE RESULTADOS

4.1 Evolución de la fertilidad del suelo

Una gran proporción de los suelos de la zona sur presenta valores de pH inferior a 5,5 (PINOCHET, 1990). En el presente ensayo el pH ha logrado una variación en las praderas fertilizadas subiendo de 5,6 a 6,3 en cuatro temporadas, mientras que las praderas no fertilizadas se han mantenido. El aumento del pH a 6,0 a través del encalado genera ventajas para el desarrollo del suelo como por ejemplo, mejora la efectividad de la fijación simbiótica, a través de la inoculación de cepas de *Rhizobium* más efectivas que las autóctonas.

El nitrógeno mineral aumentó en el tratamiento fertilizado, quizás debido a un balance positivo entre el gasto de N mineral a través de la absorción de las plantas y el ingreso a través de la fertilización de cada corte, además de la fijación simbiótica. Al respecto se puede decir que el porcentaje de *T. repens* en ambos tratamientos de fertilización es estadísticamente homogéneo (Cuadro 8). Una de las ventajas de una pradera mixta es que hay un aporte de nitrógeno de bajo costo para el agricultor, proveniente de la fijación simbiótica de la asociación Leguminosa-Rhizobium que dependiendo del contenido de trébol de la pradera puede llegar a tener un costo de fertilización nitrogenada igual a cero (PINOCHET, 1990). También habría que destacar el reingreso de N a través del reciclaje de nutrientes mediante las fecas en los pastoreos a los que fue sometido el ensayo.

El fósforo aprovechable medido en P-Olsen, ha variado significativamente desde el inicio del estudio. En Marzo de 2004, fecha anterior a la presente evaluación, el mismo tratamiento de fertilización fosforada tenía un nivel de 21,4 ppm de P-Olsen en praderas fertilizadas y antes de iniciar la presente evaluación, en Septiembre de 2005, el nivel de P-Olsen era de 18,2 ppm. La fertilización de mantención aplicada se ha basado en la demanda de una pastura de *L. perenne* y *T. repens* (PS), en tanto que la disminución se debería a que la fertilización aplicada no cubre los requerimientos de producción de las praderas fertilizadas, y por eso el P del suelo ha bajado, esta

situación se acentúa aún mas en praderas no fertilizadas. En general un nivel Ca intercambiable superior a $0,75 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (Cuadro 4) de suelo está por sobre las necesidades de la pradera y no se detectarían problemas de deficiencia de Ca. (PINOCHET, 1996). Al respecto tanto los suelos CF y SF están sobre ese nivel.

La suma de bases en este ensayo se comportó de manera disímil en ambos tratamientos, por una parte las praderas fertilizadas aumentaron de $4,49 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de suelo a $5,18 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de suelo entre cada muestreo y las praderas no fertilizadas redujeron de $1,87 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ a $1,5 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (Cuadro 4).

El aluminio intercambiable esta directamente relacionado con la suma de bases, en praderas fertilizadas hubo una disminución de $0,12 \text{ cmol+}/\text{kg}$ a $0,08 \text{ cmol+}/\text{kg}$ y en praderas no fertilizadas hubo un aumento de $0,34 \text{ cmol+}/\text{kg}$ a $0,41 \text{ cmol+}/\text{kg}$ Cuadro 4.

4.2 Producción de la pradera durante el período de evaluación

En relación al rendimiento total de cada tipo de pradera no se presentó diferencia significativa ($P>0,05$) entre tipo de pradera en el rendimiento, sin embargo si existieron diferencias significativas entre cada nivel de fertilización, lo que indica que las tres praderas respondieron a la fertilización aumentando su rendimiento (cuadro 5). No existe interacción entre tipo de pradera y nivel de fertilización. Esto se asimila a los resultados obtenidos por MORALES, (2000) quien no encontró interacción entre el tipo de pradera y el nivel de fertilización. Además observó que en promedio la pradera establecida en base a especies nativas y naturalizadas presentaron un nivel de producción anual de materia seca superior a la pastura de *Lolium perenne* y *Trifolium repens*.

CUADRO 4 Análisis de suelo Septiembre 2005 y Marzo 2006.

Nivel de fertilización	Análisis de suelo A		Análisis de suelo B	
	Septiembre (2005)		Marzo (2006)	
	Con	Sin	Con	Sin
pH agua (1:2,5)	5,5	5,5	6,3	5,7
pH CaCl ₂	5,0	4,9	5,5	5,0
Materia orgánica (%)	14,0	14,3	13,8	14,2
Nitrógeno mineral (mg/kg)	15,4	9,8	21,0	14,0
Fósforo aprovechable (ppm P-Olsen)	18,2	14,6	17,5	13,7
Potasio intercambiable (ppm)	262	117	126	49
Sodio intercambiable (cmol+/kg)	0,36	0,14	0,43	0,1
Calcio intercambiable (cmol+/kg)	2,98	1,18	3,66	1,03
Magnesio intercambiable (cmol+/kg)	0,48	0,25	0,78	0,25
Suma de base (cmol+/kg)	4,49	1,87	5,18	1,5
Aluminio intercambiable (cmol+/kg)	0,12	0,34	0,08	0,41
CICE (cmol+/kg).	4,83	1,98	5,26	1,91
Saturación de aluminio (%).	2,5	17,2	1,4	21,7
Azufre disponible (mg/kg).	19,8	21,9	25,0	32,7

FUENTE: Instituto de Ingeniería Agraria y Suelos, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Austral de Chile. Servicio de Análisis de Suelos.

4.2.1 Producción de *Lolium perenne* L. Al analizar la producción individual de cada tratamiento se notó una interacción significativa entre fertilización y tipo de pradera. Las praderas naturales no presentaron diferencias significativas ($P > 0,05$) entre sus tratamientos fertilizados (PNS/CF) y no fertilizados (PNS/SF) en la producción de *Lolium perenne*. En las praderas mixtas (PMS) los distintos tratamientos de fertilización formaron grupos estadísticos distintos, teniendo mayor producción de *Lolium perenne* el tratamiento PMS/CF. Las pasturas sembradas (PS) presentaron la misma relación en sus tratamientos de fertilización. De los seis tratamientos evaluados las praderas PS/CF y PMS/CF fue la que obtuvo la mayor producción de *Lolium perenne*.

CUADRO 5 Rendimiento promedio para cada tipo de pradera y nivel de fertilización en período evaluado.

Variable	Tipo de pradera				Tipo de pradera		
	PNS	PMS	PS	Sig.	CF	SF	Sig.
(kg MS ha ⁻¹ T ⁻¹)	11.457a	10.792 a	10.188 a	n.s	14.243 a	7.382 b	***

CF: Con fertilización; **SF:** Sin fertilización. T: período de evaluación. **PNS:** Pradera natural sembrada, **PMS:** Pradera mixta sembrada, **PS:** Pastura sembrada. **Sig:** nivel de significancia; **n.s:** no significativo ($P>0,05$); *****:** altamente significativa ($P< 0,01$)

.4.2.2 Producción de *Bromus valdivianus* Phill. La mayor producción de *Bromus valdivianus* se presentó en la pradera PNS/CF (Cuadro 8), la que comparada con la misma pradera sin fertilización (PNS/SF) presenta diferencias altamente significativas formando grupos estadísticos distintos. La pradera PMS/CF presentó una producción intermedia entre PNS/CF y la pradera PS/CF. Dentro de los tratamientos con fertilización, la que tuvo menor producción de *Bromus valdivianus* es la PS/CF. Los tratamientos no fertilizados tuvieron la más baja producción de *Bromus valdivianus*, en este caso los tres tipos de pradera forman parte de un mismo grupo estadístico. *Bromus valdivianus* responde de mejor manera a la fertilización en praderas naturalizadas al observarse una mayor productividad de esta especie. *Bromus valdivianus* mostró una clara tendencia a dominar en suelos con bajos niveles de aluminio y con alto potencial productivo. Es una especie poco tolerante a las variaciones de las variables físicas como profundidad de suelo, hidromorfismo textura y pendiente, lo que se acerca a la aseveración que tiene poca plasticidad fenotípica (ADWANDTER et al, 2004).

CUADRO 6. Producción de especies donde (Pradera*Fertilización) hubo interacción significativa en cada tipo de pradera para cada tratamiento de fertilización durante el período.

(Pradera * Fertilización)							
Kg MS ha ⁻¹	PNS/CF	PNS/SF	PMS/CF	PMS/SF	PS/CF	PS/SF	Sig
<i>L. perenne</i>	1.778 b	369 b	6.158 a	890 b	7.031 a	1014 b	**
<i>B. valdivianus</i>	5.213 a	977 cd	3.217 b	837 cd	1.965 bc	356 d	*
<i>A. capillaris</i>	2.831 a	2.063 a	837 ab	2154 a	1.265 ab	2.377 a	**
∑ Leguminosas	31 bc	1003 ab	98 bc	485 b	1264 a	545 ab	*

PNS/CF: Pradera natural sembrada con fertilización; **PNS/SF:** Pradera natural sembrada sin fertilización; **PMS/CF:** Pradera mixta sembrada con fertilización; **PMS/SF:** Pradera mixta sembrada sin fertilización; **PS/CF:** Pastura sembrada con fertilización; **PS/SF:** Pastura sembrada sin fertilización.

En pasturas *Bromus valdivianus* obtuvo el menor rendimiento (Cuadro 6) en praderas fertilizadas, pues si bien ha podido colonizar no ha logrado competir con especies como *Lolium perenne* y *Trifolium repens*, cuyas estrategias de establecimiento están más cercanas a ser competidoras oportunistas (GRIME *et al* 1989).

4.2.3 Producción de *Holcus lanatus* L. La fertilización tiene un efecto significativo ($P < 0,05$) en la producción anual de *Holcus lanatus* (Cuadro 7), la mayor producción de *Holcus lanatus* se presentó en praderas fertilizadas.

El comportamiento del rendimiento de *Holcus lanatus* varió de manera altamente significativa ($p < 0.01$) en los tres tipos de praderas. Es así como en la pradera establecida con especies nativas y naturalizadas (PNS) se presentó el mayor rendimiento.

4.2.4 Producción de *Agrostis capillaris* L. Existió interacción entre las variables, (fertilización y tipo de pradera), pues se denota un comportamiento inconsistente en relación a la fertilización, por una parte PNS/CF tuvo un rendimiento similar al de la

pradera PNS/SF. Las praderas mixtas (PMS) por su lado presentaron menor rendimientos en los tratamientos fertilizados, esta relación se repitió en la producción de, *Agrostis capillaris* en pasturas sembradas (PS) (Cuadro 6). Cuando la condición de fertilidad de suelo mejora *Agrostis capillaris* tiende a bajar su presencia en la pradera, posiblemente porque tiene que competir con especies más agresivas que se desarrollan normalmente bajo mejores condiciones de fertilidad, por lo tanto su presencia se debería más a un fenómeno de tolerancia que de competencia (LOPEZ., 1997). *Agrostis capillaris* es una especie medianamente competidora y tolerante al estrés ambiental, su competitividad es alta dentro de las especies que componen una pradera natural. En un estudio hecho por PINOCHET *et al*, (2003) cuyo objetivo fue evaluar el comportamiento de tres poáceas forrajeras *Agrostis capillaris*, *Bromus valdivianus* y *Lolium perenne* se observó que *Agrostis capillaris* es más resistente a concentraciones crecientes de aluminio en solución que *Lolium perenne* y *Bromus valdivianus*, las cuales, son más sensibles a la toxicidad de aluminio, y similares entre ambas especies ante niveles crecientes de aluminio en solución. Similar relación se cumplió en este ensayo en que en Junio de 2006 la saturación de aluminio de las praderas sin fertilización alcanzó a 21.7%. Esto concuerda con GRIME *et al*, (1989) que clasificaron a *Agrostis capillaris* con una estrategia secundaria entre competidor y tolerante al estrés ambiental.

En praderas que tienen especies cultivadas como *L. perenne* y *T. repens* de altas tasas de crecimiento hacen que haya baja disponibilidad de recursos para *A. capillaris* que presenta bajas tasas de crecimiento. Por esto mismo no llama la atención que si bien las praderas que presentaron mayor rendimiento son las no fertilizadas, haya una excepción, la pradera naturalizada (PNS) la cual, al estar fertilizada forma un grupo estadísticamente homogéneo con las no fertilizadas debiéndose a que especies de mayor tasa de crecimiento están en bajo porcentaje, no limitando los recursos para *Agrostis capillaris*.

Agrostis capillaris es capaz de tolerar condiciones de alto estrés, como son el alto contenido de aluminio en el suelo, texturas arcillosas, fuertes pendientes, etc. (LOPEZ *et al.*, 1997). Además señalan que *A. capillaris* es dominante en sitios de alto contenido de aluminio intercambiable (1,25 meq/100 g.s.), alta saturación de aluminio

(65,36 %), pH fuertemente ácido (5,2), tenores altos de potasio (152,9 ppm), bajos en calcio (1,459 meq/100g.s.).

4.2.5 Producción de Leguminosas. Las principales especies leguminosas que contienen los tres tipos de pradera evaluados son *Lotus uliginosus* y *Trifolium repens*, al ser agrupadas se observó que existió interacción significativa ($P < 0.05$). La mayor producción la presentó la pradera establecida con especies cultivadas (PS) con fertilización, en este tipo de pradera no existió diferencia estadística entre nivel de fertilidad, sin embargo se produce una inconsistencia con respecto a los dos restantes tipos de pradera (PMS) y (PNS); pues ambos tratamientos de fertilización son estadísticamente iguales en producción de leguminosas, pero estadísticamente distintos a (PS).

4.3 Porcentaje de contribución en el rendimiento de cada especie

El aporte de cada especie en el rendimiento total se presenta en los Cuadros 8 y 9. De esta forma se pudo discriminar entre las especies de mayor aporte al rendimiento y aquellas cuyo aporte no fue significativo a la producción total, además de poder conjugar las variables fertilización y tipo de pradera.

En *Lolium perenne*, el tipo de pradera tuvo un efecto altamente significativo en el aporte porcentual al rendimiento, siendo en la pradera PNS donde hubo menor presencia de esta especie con 7,64 %, y siendo estadísticamente menor que PMS y PS (Cuadro 9).

Existió un efecto altamente significativo ($P < 0,01$) de la fertilización en la contribución de *Lolium perenne* en el rendimiento de la pradera, las praderas fertilizadas tuvieron un 37% de contribución de *Lolium perenne* al rendimiento siendo estadísticamente diferente a las no fertilizadas con un 9,9 %, (Cuadro 9).

Existió interacción significativa ($P < 0,05$) entre ambas variables, en este sentido los tratamientos PS/CF y PMS/CF obtuvieron un mayor aporte porcentual de *L. perenne* en el rendimiento respecto a las praderas no fertilizadas. Este comportamiento es inconsistente en el tratamiento PNS/CF.

CUADRO 7. Producción promedio de especies por período para cada tipo de pradera y nivel de fertilización (en especies donde no hubo interacción significativa)

Especies (kg MS ha ⁻¹)	Tipo de pradera			Sig.	Nivel de fertilización		
	PNS	PMS	PS		CF	SF	Sig.
<i>H. lanatus</i>	2.060,0 a	1.122,8 b	109,0 c	**	1.465,0 a	729,0 b	*
<i>T. repens</i>	142,8	130,2	760,0	*	441,0 a	247,0 a	n.s.
<i>Leontodon nudicaulis,</i> <i>Hipoacheris radicata.</i>	1.964,3 a	2.148,8 a	1.915,3 a	n.s.	2.028,0 a	1.997,0 a	n.s.
<i>Rumex acetocella</i>	44,7 a	53,00 a	84,5 a	n.s.	45,3 a	76,1 a	n.s.
<i>P. lanceolata</i>	28,7 a	25,7 a	46,2 a	n.s.	50,3 a	17,0 b	**
<i>D. repens</i>	0,2 a	0,0 a	0,0 a	n.s.	0,1 a	0,0 a	n.s.
Σ <i>H. ancha</i>	2.037,3 a	2.227,2 a	2.046,2 a	n.s.	2.090,0 a	2117,0 a	n.s.

PNS: Pradera natural sembrada; **PMS:** Pradera mixta sembrada; **PS:** Pastura sembrada; **CF:** Con Fertilización, **SF:** Sin fertilización; **Sig.:** Nivel de significancia; *: $P \leq 0,05$; **: $P \leq 0,01$; **n.s.:** No significativo.

Bromus valdivianus, tuvo un aporte estadísticamente mayor en la pradera naturalizada fertilizada con un 35,7 % del rendimiento, que en las praderas sin fertilización con 11,3 % (Cuadro 9), Esto sugiere que, aún cuando *Bromus valdivianus* es una especie nativa de Chile, que ha crecido espontáneamente en praderas consideradas de bajo potencial de rendimiento, está capacitado para desarrollar altas tasas de crecimiento cuando el suelo le aporta los nutrientes necesarios para ello, en este caso a través de la fertilización mineral

Holcus lanatus tuvo una presencia variable de acuerdo a cada tipo de pradera. Presentó una mayor proporción en PNS/CF con 17,4 % y PNS/SF con 18,9 % (Figura 4).

Inicialmente en el 2002 cuando se sembró el estudio, las praderas PMS y PS no contemplaban la presencia de *H. lanatus*, sin embargo durante el transcurso de los cuatro años de ensayo ha ido colonizando ambos tipos de praderas. Los niveles de colonización de *H. lanatus* en PMS/CF son similares a los alcanzados por *L. perenne* en PNS/CF del orden de 10%. Es decir, procesos de colonización están ocurriendo en todas las praderas, posiblemente de acuerdo a la capacidad de establecimiento y crecimiento de cada especie respecto de sus vecinos inmediatos y respecto a la disponibilidad de nutrientes, agua y espacio.

Se observó que la fertilización no tuvo un efecto significativo en el porcentaje de *H. lanatus* medido en cada tipo de pradera. Esta especie soporta niveles medios y moderados de fertilidad, niveles medios de aluminio y de pH entre 5,0 y 6,0 además es moderado en sus estrategias de establecimiento entre competidor, tolerante a estrés y oportunista. (GRIME et al, 1989).

No existe interacción significativa ($P > 0,05$) entre las variables tipo de pradera y fertilización.

Agrostis capillaris se presenta con mayor participación en praderas sin fertilización. Se encuentra en un mayor porcentaje entre los meses de marzo y enero, contribuyendo durante los meses de otoño e invierno con aproximadamente 20% de la materia seca. Logra su máxima contribución en septiembre con 36,5%, decreciendo luego hasta enero con 21,2% (JORQUERA, 1979 citado por FERNANDEZ, 2006).

CUADRO 8. Porcentaje de contribución al rendimiento de especies según tipo de pradera y nivel de fertilización

Variable (%) Rendimiento	Tipo de pradera			sig	Tratamiento fertilización		sig
	PNS	PMS	PS		CF	SF	
<i>H. lanatus</i>	17,4 a	8,7 b	1,0 c	***	7,64 a	7,11 a	n.s.
<i>A. elatius</i>	0,0 ab	0,00 b	0,4 a	n.s.	0,0 b	0,3 a	*
<i>Poa annua</i>	0,6 a	0,5 a	0,4 a	n.s.	0,1 b	1,2 a	**
<i>T.repens</i>	1,0 b	1,0 b	5,6 a	*	1,4 a	2,9 a	n.s.
<i>Lotus uliginosus</i>	2,5 a	1,2 a	1,2 a	n.s.	0,0 b	5,2 a	***
<i>Leontodon nudicaulis,</i> <i>Hipocheris radicata</i>	17,4 a	19,7 a	17,4 a	n.s.	13,1 b	26,4 a	**
<i>Rumex acetocella</i>	0,4 a	0,5 a	0,4 a	n.s.	0,2 b	1,0 a	*
<i>Plantago lanceolata</i>	0,2 b	0,3 ab	0,5 b	n.s.	0,0 b	0,6 a	***
<i>Dichondra repens</i>	0,0 a	0,0 a	0,0 a	n.s.	0,0 a	0,0 a	n.s.
Σ Hoja Ancha	18,1 a	21,3 a	22,2 a	n.s.	13,8 b	28,2 a	**

CF: Con fertilización; **SF:** Sin fertilización. **PNS:** Pradera natural sembrada, **PMS:** Pradera mixta sembrada, **PS:** Pastura sembrada. **Sig:** nivel de significancia; **n.s.:** no significativo ($P > 0,05$); significativa: ($P < 0,05$): altamente significativa: ** ($P < 0,01$) *** ($P < 0,001$)

4.4 Agrupación de especies según producción de materia seca durante el período.

GRIME *et al* (1989), propone que las especies se diferencian entre si de acuerdo a su capacidad de competir por recursos, tolerar condiciones ambientales adversas y por su capacidad de colonizar luego de alguna alteración al ecosistema como por ejemplo la aradura e incendios. Según esto cuando la respuesta de dos o

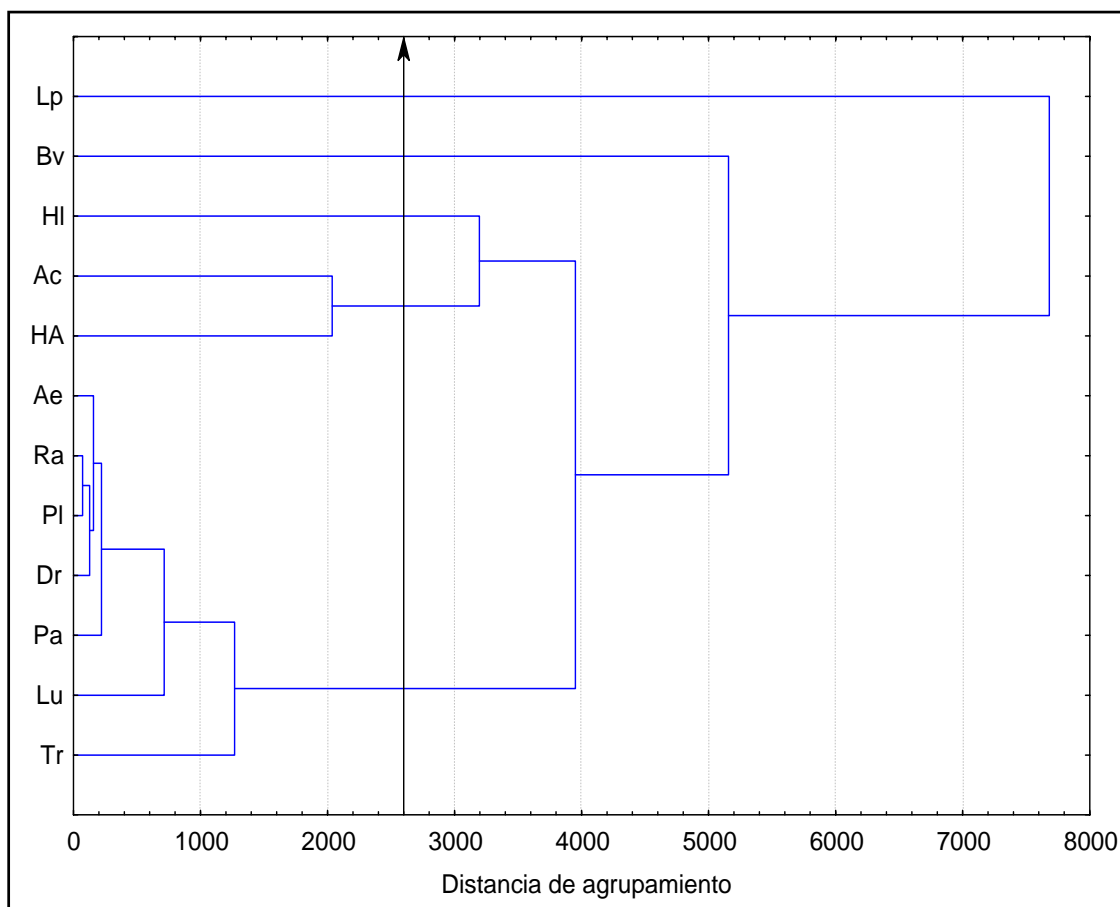
más especies distintas a condiciones ambientales limitantes y la capacidad de producir fitomasa mediante el aprovechamiento de recursos, son similares, éstas pueden agruparse. VERA (2006) plantea que si las especies tienen una respuesta en crecimiento comparable para dicha condición ambiental compartirían un lugar común dentro de la sucesión de especies, esto implica que las especies se agruparían en grupos comunes esperando un comportamiento productivo similar en cada grupo.

CUADRO 9 Porcentaje de contribución al rendimiento de especies para cada tipo de pradera y tratamiento de fertilización.

(Pradera * Fertilización) (P<0,05)						
% Rendimiento	PNS/CF	PNS/SF	PMS/CF	PMS/SF	PS/CF	PS/SF
<i>L. perenne</i>	12,2 b	4,3 c	41,8 a	11,8 b	51,8 a	14,7 b
<i>B. valdivianus</i>	35,7 a	11,3 c	22,1 b	12,2 c	13,5 c	4,8 d
<i>A. capillaris</i>	20,2 c	24,1 bc	5,7 d	32,5 ab	9,1 d	36,3 a
Σ Leguminosas	0,1 b	11,8 a	0,5 b	6,3 a	8,2 a	7,8 a

CF: Con fertilización; **SF:** Sin fertilización. **PNS:** Pradera natural sembrada, **PMS:** Pradera mixta sembrada, **PS:** Pastura sembrada. **Sig:** nivel de significancia; **n.s:** no significativo ($P \geq 0,05$); significativa: ($P \leq 0,05$); altamente significativa: ** ($P \leq 0,01$) *** ($P \leq 0,001$).

Para realizar dicha agrupación se utilizó el análisis de Cluster o Conglomerados, (Figura 2), se determinó la presencia de cinco grupos de especies pratenses: Grupo 1: *Lolium perenne*; Grupo 2 *Bromus valdivianus*; Grupo 3 *Holcus lanatus*; Grupo 4 : *Agrostis capillaris*, *Leontodon nudicaulis* e *Hipoacheris radicata*; Grupo 5 *Trifolium repens*, *Lotus uliginosus*, *Poa annua*, *Arrhenatherum elatius*, *Dichondra repens*, *Rumex acetocella*, *Plantago lanceolata*.

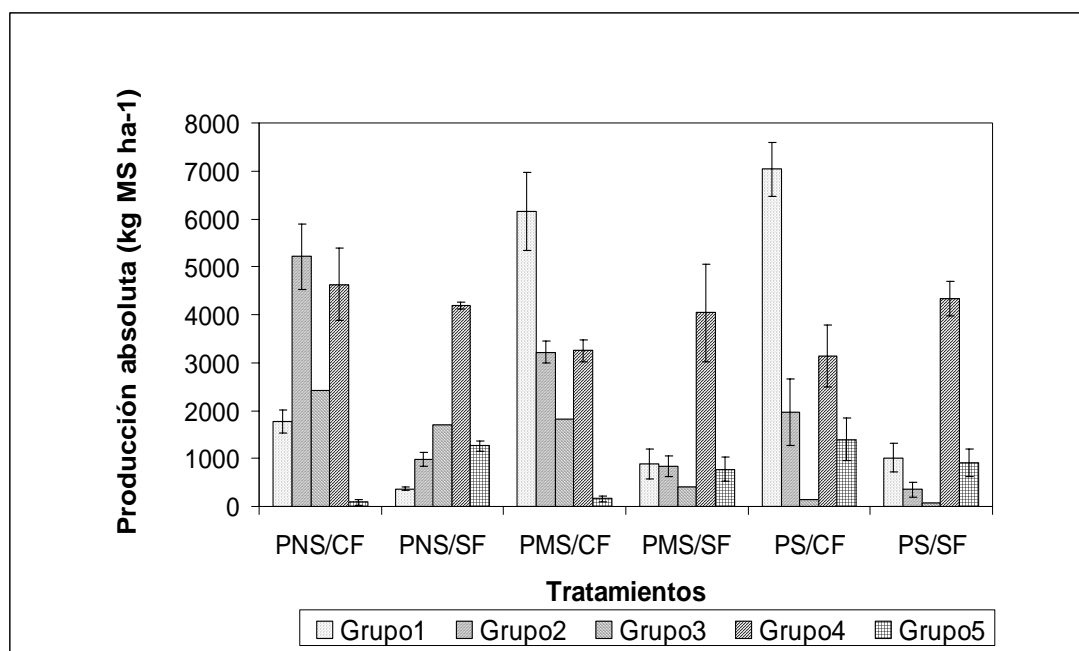


Lp: *Lolium perenne*, **Bv:** *Bromus valdivianus*, **HI:** *Holcus lanatus*, **Ac:** *Agrostis capillaris*, **HA:** *Leontodon nudicaulis*, *Hypochoeris radicata*, **Ae:** *Arrhenatherum elatius* ssp. *bulbosum*. **Ra:** *Rumex acetocella*, **PI:** *Plantago lanceolata*, **Dr:** *Dichondra repens*, **Lu:** *Lotus uliginosus*, **Tr:** *Trifolium repens*.

FIGURA 2 Dendrograma de agrupación de especies según Rendimiento

De las especies estudiadas *Lolium perenne* y *Bromus valdivianus* son las que obtuvieron mayor producción de materia seca, ambas se desarrollaron sin presencia de acompañantes. Aunque *Holcus lanatus* presenta en un grupo sin acompañantes su producción de materia seca se acercó más a la producción del cuarto grupo compuesto por *Agrostis capillaris*, *Hypochoeris radicata* y *Leontodon nudicaulis*. El quinto grupo corresponde a las especies que presentaron menor producción, en el que sobresalen *Trifolium repens* y *Lotus uliginosus*, ambas leguminosas forrajeras, pero de estrategias

de colonización distinta. Por una parte *Lotus uliginosus* tiene tolerancia a suelos ácidos y básicos clasificado como intermedio entre tolerante a estrés y competidor (C-T); *T. repens* es exigente en fertilidad clasificado como competidor oportunista (C-O).



PNS/CF: Pradera natural sembrada con fertilización; **PNS/SF:** Pradera natural sembrada sin fertilización; **PMS/CF:** Pradera mixta sembrada con fertilización; **PMS/SF:** Pradera mixta sembrada sin fertilización; **PS/CF:** Pastura sembrada con fertilización; **PS/SF:** Pastura sembrada sin fertilización.

FIGURA 3 Producción absoluta (kg MS ha⁻¹) de cada grupo (Rendimiento promedio \pm sem) de cada grupo de especies en los tratamientos.

El grupo 4 compuesto por *Agrostis capillaris*, *Leontodon nudicaulis* e *Hipoacheris radicata* en las praderas con el tratamiento SF tuvo un rendimiento significativamente mayor que los otros grupos de especies con un rendimiento de 4.187 (kg MS ha⁻¹), contribuyendo en 50% en el rendimiento total del tratamiento PNS/SF. El grupo 4 presentó una producción en el periodo de 4.039 (kg MS ha⁻¹) equivalente al 58% del rendimiento total del tratamiento PMS/SF, y en el tratamiento PS/SF tuvo un

rendimiento de 4.340 (kg MS ha⁻¹) aportando en un 66 % del rendimiento total del tratamiento. (Figuras 3 y 4)

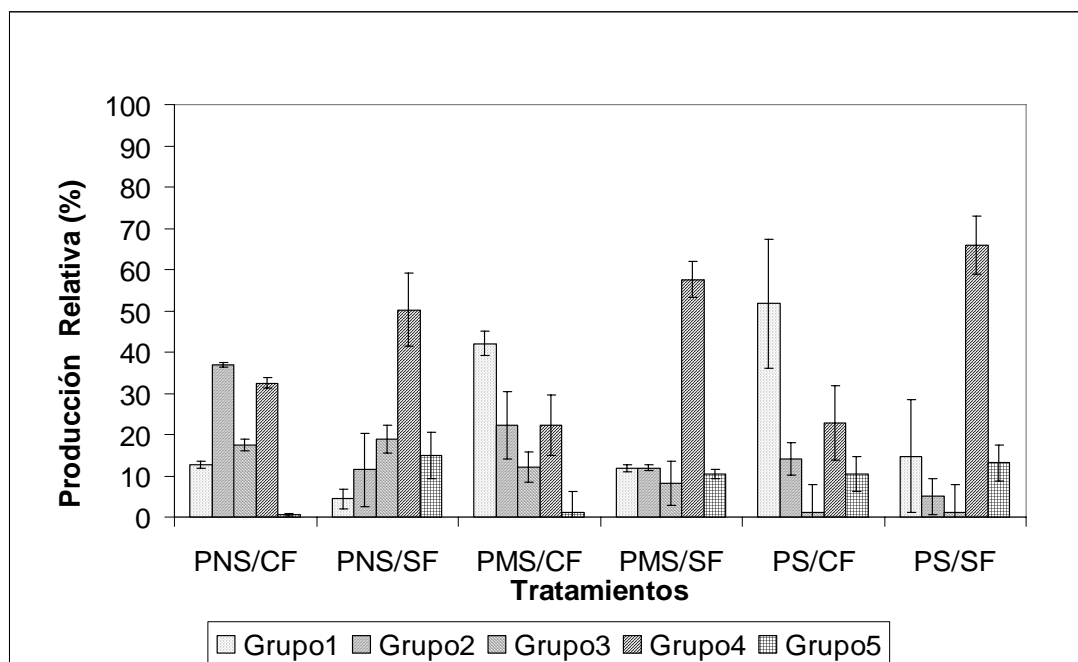
En cambio los grupos con menor presencia en los tratamientos SF fueron el grupo1 (*Lolium perenne*) con un rendimiento de 369 (kg MS ha⁻¹) aportando en un 4% en el rendimiento del tratamiento PNS/SF, y el grupo 3 (*Holcus lanatus*) con 419 (kg MS ha⁻¹) aportando en un 8,74 % en el tratamiento PMS/SF, y tuvo un rendimiento de 75 (kg MS ha⁻¹) contribuyendo en un 1% al rendimiento total del tratamiento PS/SF (Figuras 3 y 4)

Por su parte con el tratamiento CF los grupos predominantes fueron el Grupo 1 (*Lolium perenne*) en PMS/CF con un rendimiento de 6.158 (kg MS ha⁻¹) siendo un 42 % del rendimiento total del tratamiento. Este Grupo 1 también fue predominante en el tratamiento PS/CF, con un rendimiento de 7.031 (kg MS ha⁻¹) aportando en un 52 % al rendimiento total. Así como el Grupo 2 (*Bromus valdivianus*), que en PNS/CF alcanzó un rendimiento de 5.213 (kg MS ha⁻¹) aportando en un 37% del rendimiento total del tratamiento (Figuras 3 y 4).

4.5 Tasa de crecimiento

Durante el período de evaluación se observaron diferencias entre las tasas de crecimiento entre praderas fertilizadas y no fertilizadas, estas diferencias se acentuaron o atenuaron según la estación del año.

4.5.1 Tasa de crecimiento total de cada pradera. Las mayores diferencias en la tasa de crecimiento de las praderas fertilizadas en relación a las no fertilizadas se presentaron en octubre (Figura 5), en que la pradera establecida en base a especies nativas y sembradas fertilizada PMS/CF presentó la mayor tasa de crecimiento, alcanzando 94 kg MS ha⁻¹día⁻¹ no existiendo diferencia significativa ($P \geq 0.05$) con PNS/CF y PS/CF, ambas con fertilización. En invierno, el exceso de lluvias y las bajas temperaturas, provocaron que el crecimiento de la pradera fuera mínimo, mientras que en primavera, cuando la temperatura aumenta y las precipitaciones son menos intensas y frecuentes, las especies pratenses alcanzaron su mayor crecimiento (BERNIER y TEUBER, 1981).



PNS/CF: Pradera natural sembrada con fertilización; **PNS/SF:** Pradera natural sembrada sin fertilización; **PMS/CF:** Pradera mixta sembrada con fertilización; **PMS/SF:** Pradera mixta sembrada sin fertilización; **PS/CF:** Pastura sembrada con fertilización; **PS/SF:** Pastura sembrada sin fertilización.

FIGURA 4 Producción relativa (%) de cada grupo (Contribución al rendimiento (%) promedio \pm sem) de cada grupo de especies en los tratamientos.

A medida que va comenzando el verano, la tasa de crecimiento de las praderas va declinando, no notándose una diferencia entre las praderas fertilizadas y no fertilizadas, una explicación es que con el aumento de temperaturas los macollos en estado vegetativo pasan a estado reproductivo, esta relación la observó LOPEZ, (1999), *A. capillaris* en estado vegetativo cambia drásticamente a estado reproductivo con el aumento de las temperaturas y las horas día, similar, acontecimiento ocurrió con *H. lanatus* aunque continúa teniendo macollos en estado vegetativo. Las mínimas tasas de crecimiento coinciden con el descenso de la temperatura.

En Agosto la temperatura media fue de 8,7 ° C alcanzando una temperatura mínima promedio de 5,2 ° C, Las praderas fertilizadas alcanzan tasas de crecimiento de 4 kg MS ha⁻¹día⁻¹ en tanto que las no fertilizadas presentaron tasas de crecimiento de 2 kg

MS ha⁻¹día⁻¹. A partir de mediados de agosto de 2006 las praderas aumentaron rápidamente la tasa de crecimiento. El mayor aumento lo presentan las praderas CF. Así en octubre de 2006 la tasa de crecimiento en praderas establecidas con especies nativas y cultivadas con fertilización PMS/CF alcanzó los 89 kg MS*ha⁻¹*día⁻¹, en tanto que la tasa de crecimiento de PMS/SF a la misma fecha fue 31 kg MS ha⁻¹ día⁻¹. En esta fecha no hubo diferencias entre las tasas de crecimiento entre las praderas fertilizadas. Las praderas no fertilizadas lograron tasas de crecimiento de casi la mitad de las tasas logradas por las praderas fertilizadas.

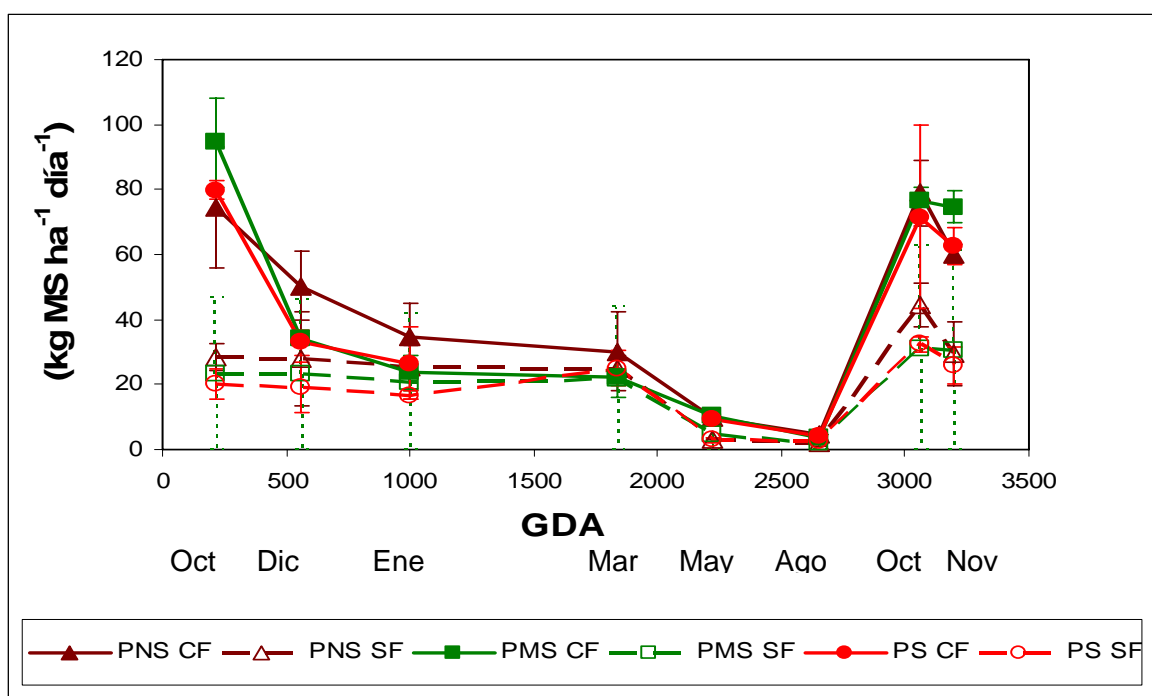


FIGURA 5 Tasa de crecimiento en tres tipos de pradera con 2 niveles de fertilidad.

4.5.2 Tasa de crecimiento de Grupo 1 (*Lolium perenne*). Se presenta una mayor diferencia en las tasas de crecimiento entre PMS/CF y PS/CF respecto *Lolium perenne* en las praderas no fertilizadas. En octubre del 2005 *L. perenne* alcanzó en estas dos praderas una tasa de crecimiento de 55 y 56 kg MS ha⁻¹ día⁻¹ respectivamente (Figura 6). *Lolium perenne* es una especie muy sensible al estrés hídrico, por lo que las bajas precipitaciones ocurridas en diciembre (46 mm) que sumado a las altas temperaturas

medias (17.5 °C, con una máxima promedio de 23° C) provocaron un aumento de la evaporación del contenido de humedad del suelo y con ello la baja disponibilidad de agua, haciendo que decline considerablemente la tasa de crecimiento: enero de 2006, los 12 kg MS ha⁻¹día⁻¹ para PMS/CF y 11 kg MS ha⁻¹ día⁻¹ para PS/CF. Entre marzo de 2006 y agosto de 2006 no existió diferencia significativa entre las tasas de crecimiento de *L. perenne* en los tres tipos de pradera y cada nivel de fertilización. A partir de esos meses, las tasas de crecimiento de *L. perenne* comienzan a distanciarse, aquellas con tratamiento de fertilización SF, se mantienen bajas; 5 kg MS ha⁻¹ día⁻¹, en cambio aquellas CF tuvieron un aumento en su tasa de crecimiento, de estas praderas PMS y PS obtuvieron un mayor aumento llegando en octubre 2006 a 36 kg MS ha⁻¹ día⁻¹ y 42 kg MS ha⁻¹ día⁻¹, respectivamente. Luego estas praderas siguen la tendencia del año anterior disminuyendo su tasa de crecimiento a medida que se acercan los períodos más secos.

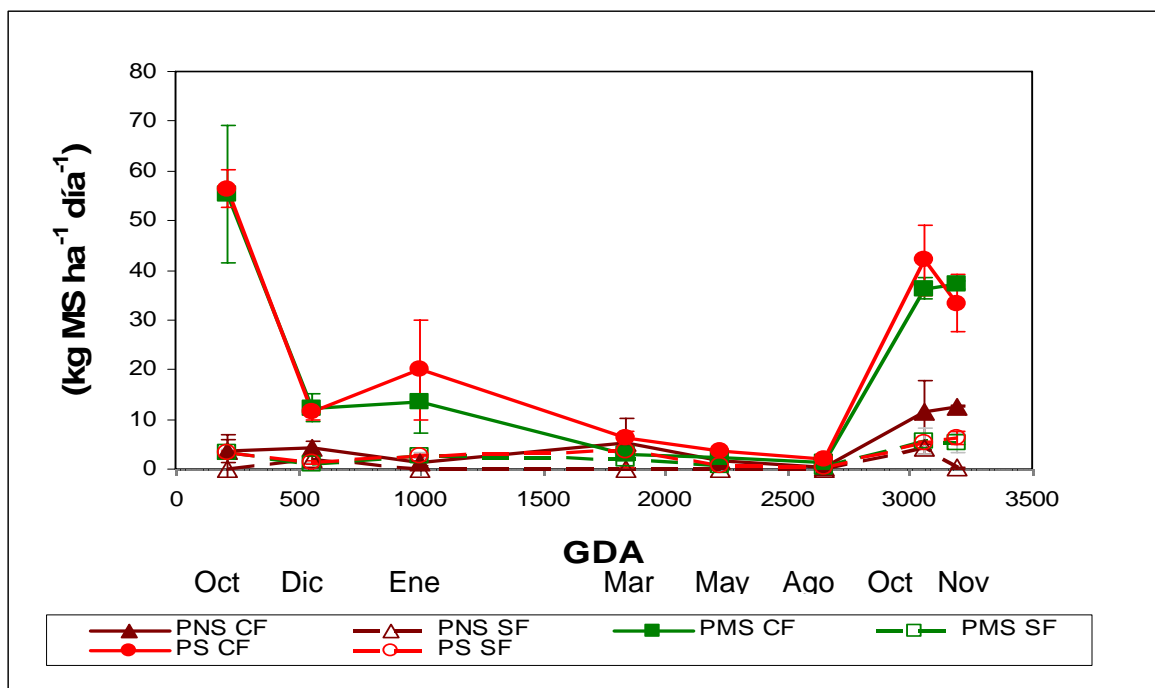


FIGURA 6. Tasa de crecimiento Grupo 1 (*Lolium perenne*) en tres tipos de praderas y dos niveles de fertilidad.

4.5.3. Tasa de crecimiento Grupo 2 (*Bromus valdivianus*). Esta especie encuentra su mayor tasa de crecimiento en la PNS/CF alcanzando en promedio 29 kg MS ha⁻¹ día⁻¹ en primavera, disminuyendo en los períodos secos, lo que no suele ser pronunciado, debido a que esta especie tiene un enraizamiento moderadamente profundo con buena tolerancia a las sequías (STEWART, 1996 citado por QUIJADA, 2004).

B. valdivianus decrece su tasa de crecimiento al no haber acumulación de follaje, según IDE (1996) y HERRERA (1997).

Las mayores fluctuaciones en las tasas de crecimiento para *B. valdivianus* se dieron en PNS/CF.

Del contraste entre las tasas de crecimiento de *B. valdivianus* en PNS/CF y PNS/SF, praderas donde se establecieron originalmente, se desprende que *B. valdivianus* es capaz de desarrollar altas tasas de crecimiento cuando existen altos niveles de nutrientes en el suelo, caso similar a *L. perenne*, sin embargo *B. valdivianus* es capaz de continuar el crecimiento durante el verano, cuando *L. perenne* está en latencia, pero siempre las tasas de crecimiento condicionadas a una buena nutrición del suelo (Figura 7).

4.5.4 Tasa de crecimiento de grupo 3 (*Holcus lanatus*). Esta especie tiene baja tasa de crecimiento en todas las praderas. Esto sugiere que hasta la fecha no se han dado las condiciones ambientales de competencia para que pueda incrementar su población en la pradera. Al igual que *Agrostis capillaris*, esta especie no sobrepasa los 20 kg MS ha⁻¹día⁻¹.

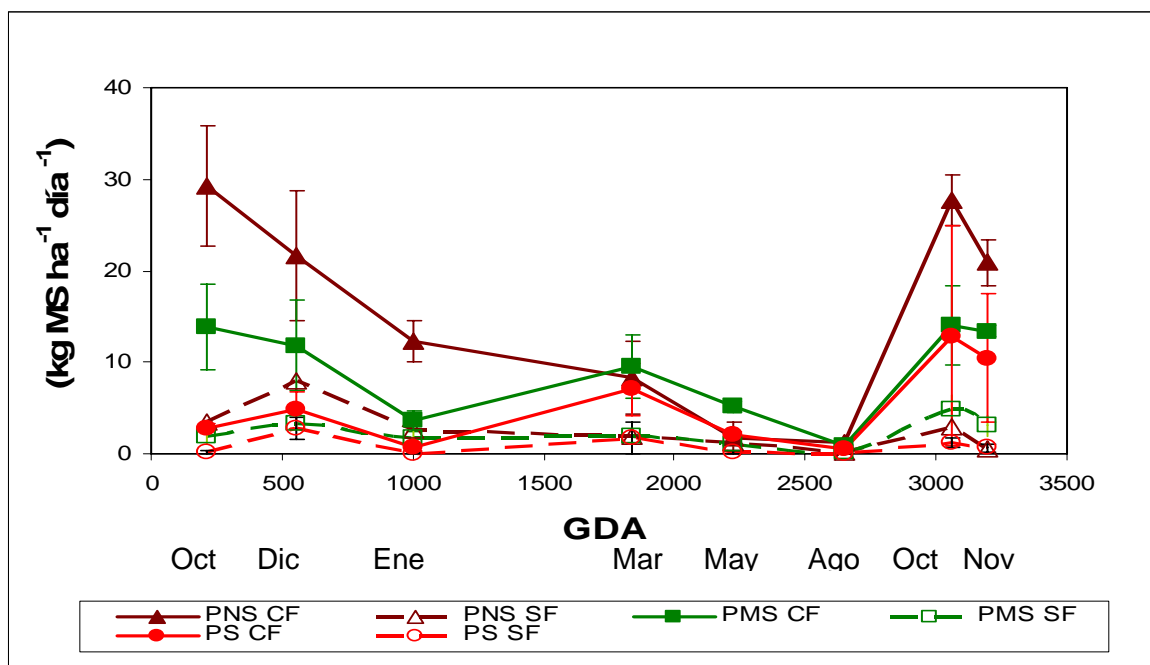


FIGURA 7 Tasa de crecimiento grupo 2 (*Bromus valdivianus*)

Las bajas tasas de crecimiento que ha presentado esta especie, al no sobrepasar los 12 y 11 kg MS ha⁻¹día⁻¹ en las praderas PMS/CF y PS/CF respectivamente en primavera (Figura 8), hacen deducir que la tasa de absorción de nutrientes es baja y no puede competir con especies de alta tasa de crecimiento, en PMS *B. valdivianus* ejerció una competencia considerable en dicho sentido, algo similar ocurrió con *L. perenne* en la pradera PS.

4.4.5 Tasa de crecimiento grupo 4 (*Leontodon nudicaulis-Hipoacheris radicata* y *Agrostis capillaris*). La mayor tasa de crecimiento se observó en primavera, por parte del tratamiento PNS/CF, presentando una leve baja en diciembre de 2005. BALOCCHI y LOPEZ, (1996) muestran que en diciembre las especies de este grupo comienzan la floración siendo *Agrostis capillaris* la especie mas tardía para florecer dentro de las naturalizadas. *Agrostis capillaris* mantiene su tasa de crecimiento entre enero y marzo, teniendo una caída en mayo, este descenso en la tasa de crecimiento de *Agrostis capillaris* tiene termino aproximadamente en agosto de 2006.

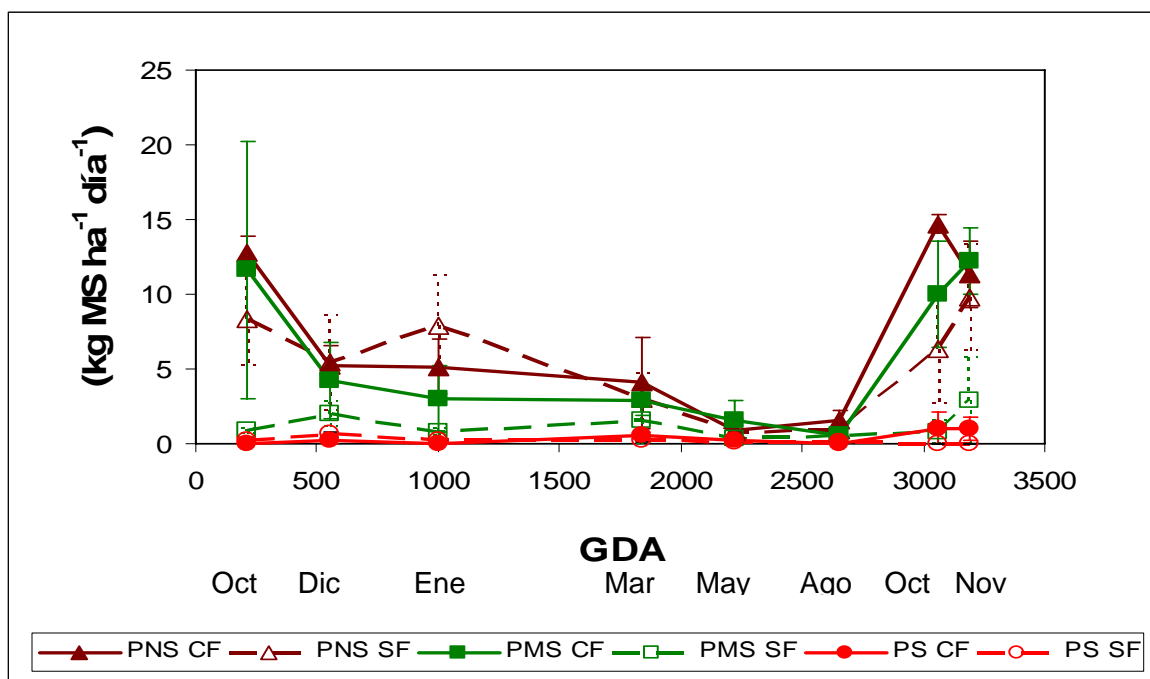


FIGURA 8. Tasa de crecimiento Grupo 3 (*Holcus lanatus*)

Durante mayo a agosto todos los tratamientos presentaron bajas tasas de crecimiento (figura 9)..

MANSILLA (1981) citado por MORALES (2003) indican que el desarrollo de fases fenológicas se debe tanto a factores climáticos como de competencia interespecífica, esta última afecta su desarrollo en altura disminuyendo además su número de tallos. Esta especie requiere de un fotoperíodo de 15,2 horas para iniciar la floración

LANGER (1981), señala además, que a menos que la humedad del suelo y la fertilidad sean adecuadas, *A. capillaris* crece poco y se seca después de la floración.

En el caso de los tratamientos PMS/CF y PS/CF, la tasa de crecimiento se mantuvo constante durante el año, la presencia de otras especies más competidoras, hacen que la variable tipo de pradera ejerce una mayor influencia en la tasa de crecimiento que la variable fertilización.

En los tratamientos PNS/CF, PNS/SF, PMS/SF, PS/SF a partir de agosto de 2006 la tasa de crecimiento ascendió alcanzando en primavera las mayores tasas de crecimiento el año. En general, la tasa de crecimiento de este grupo en este ensayo no sobrepasa los 30 kg MS ha⁻¹ día⁻¹ y con ello corrobora la hipótesis planteada por GRIME, (1987) que especies tolerantes a estrés ambiental generan bajas tasas de crecimiento.

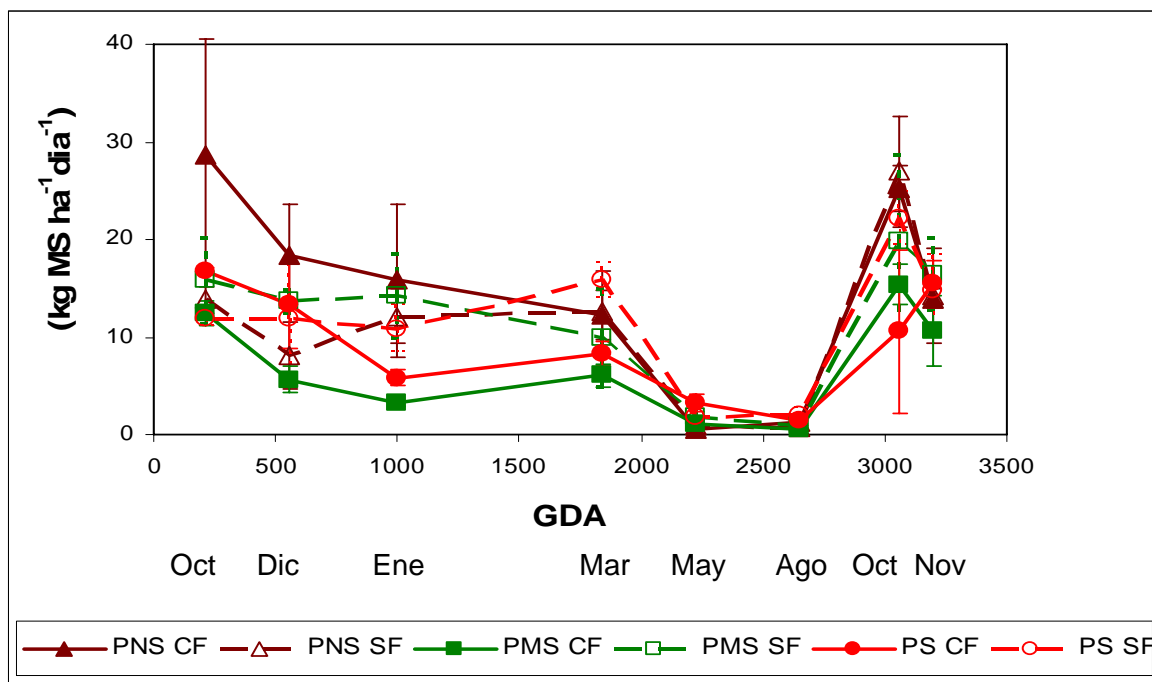


FIGURA 9 Tasa de crecimiento Grupo 4 (*Leontodon nudicaulis*-*Hipoacheris radicata* y *Agrostis capillaris*)

4.4.6 Tasa de crecimiento de Grupo 5 (*Trifolium repens*, *Lotus uliginosus*, *Poa annua*, *Arrhenatherum elatius*, *Dichondra repens*, *Rumex acetocella*, *Plantago lanceolata*). Los tratamientos PNS/SF, PS/SF y PMS/SF, presentaron las mayores tasas de crecimiento de este grupo entre Enero y Marzo de 2006 alcanzando los 7, 6 y 3 kg MS ha⁻¹ día⁻¹. Para el caso de *L. uliginosus*, esta especie que según SILVA y LOZANO, (1984), es pionera en tener alto potencial en condiciones de humedad, en condiciones sombreadas y en suelos pobres.

Según (CORFO-INIA, 1980) citado por SILVA y LOZANO, (1984), *Lotus uliginosus* tendría altos rendimientos en verano declinando en otoño en las praderas no fertilizadas.

L. uliginosus domina sitios depresionales, delgados, de textura liviana, con hidromorfismo permanente medio a permanente profundo y altos niveles de saturación de aluminio y de aluminio intercambiable (BALOCCHI y LOPEZ, 2001) (LOPEZ *et al.*, 1997).

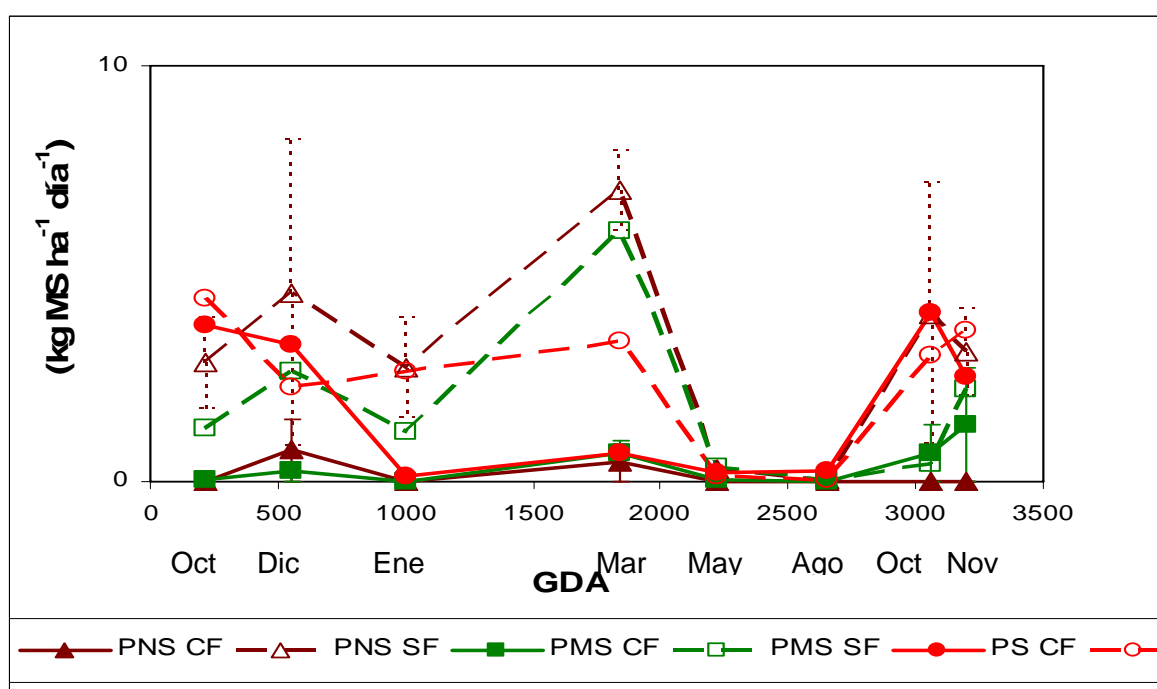


FIGURA 9. Tasa de crecimiento Grupo 5 (*Trifolium repens*, *Lotus uliginosus*, *Poa annua*, *Arrhenatherum elatius*, *Dichondra repens*, *Rumex acetocella*, *Plantago lanceolata*).

5 CONCLUSIONES

Una pradera naturalizada logró rendimientos similares o superiores a los de una pastura establecidas con especies introducidas y a praderas mixtas al ser fertilizadas.

Especies competidoras como *Lolium perenne* y *Bromus valdivianus* presentaron mayor producción y porcentaje de participación en el rendimiento en praderas fertilizadas.

Especies tolerantes a estrés de fertilidad como *Agrostis capillaris* presentaron mayor contribución al rendimiento en praderas no fertilizadas.

Agrostis capillaris, siendo una especie nativa del Dominio Húmedo fue capaz de colonizar en pasturas establecidas al existir estrés de fertilidad.

Lolium perenne y *Bromus valdivianus* siendo competidora en condiciones de fertilidad, han ido colonizando en praderas donde no habían sido establecida inicialmente gracias a la fertilización.

Las tasas de crecimiento de cada especie pratense respondieron a las condiciones climáticas de cada estación del año y a la competencia, esta última condicionada al nivel de fertilidad del suelo.

6. BIBLIOGRAFIA

- AGUILA, H. 1992. Pastos y empastadas. Editorial Universitaria. Santiago, Chile. 7ªed. 314 p.
- ANWANDTER, A.; BALOCCHI, O.; LOPEZ, I.; PINOCHET, D. Plasticidad fenotípica de accesiones de *Holcus lanatus*. L. colectadas con niveles contrastantes de fósforo disponible en el suelo. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Austral de Chile. Revista Agro-sur 32 (2), 13-25.
- BEGON, M; HARPER, J; TOWNSEND, C.1999. Ecología, individuos, poblaciones y comunidades. 3ª Ed. Barcelona Omega, 1999, 1149 p.
- BALOCCHI, O. LOPEZ, 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.
- BALOCCHI, O; PINOCHET, D; NANNIG, P. 2004. Variación de la respuesta de tres gramíneas forrajeras con la fertilización nitrogenada. Reunión Anual Sociedad Chilena de Producción Animal, XXIX, Villarrica. Temuco, SOCHIPA AG, 212 p.
- EWALD, J. 2003. The calcareous riddle: Why are there so many calciphilous species in the Central European flora? Folia Geobotanica. 38: 357-366.
- FREISEN A, OTTEN H. A comparison of the responses of two *Plantago* species to nitrate availability in culture experiments with exponential nutrient addition. Oecología. (On line) Springer Berlin / Heidelberg. 74(3) 389-395 p
<http://www.springerlink.com/content/nq42m349k3674u46/fulltext.pdf>

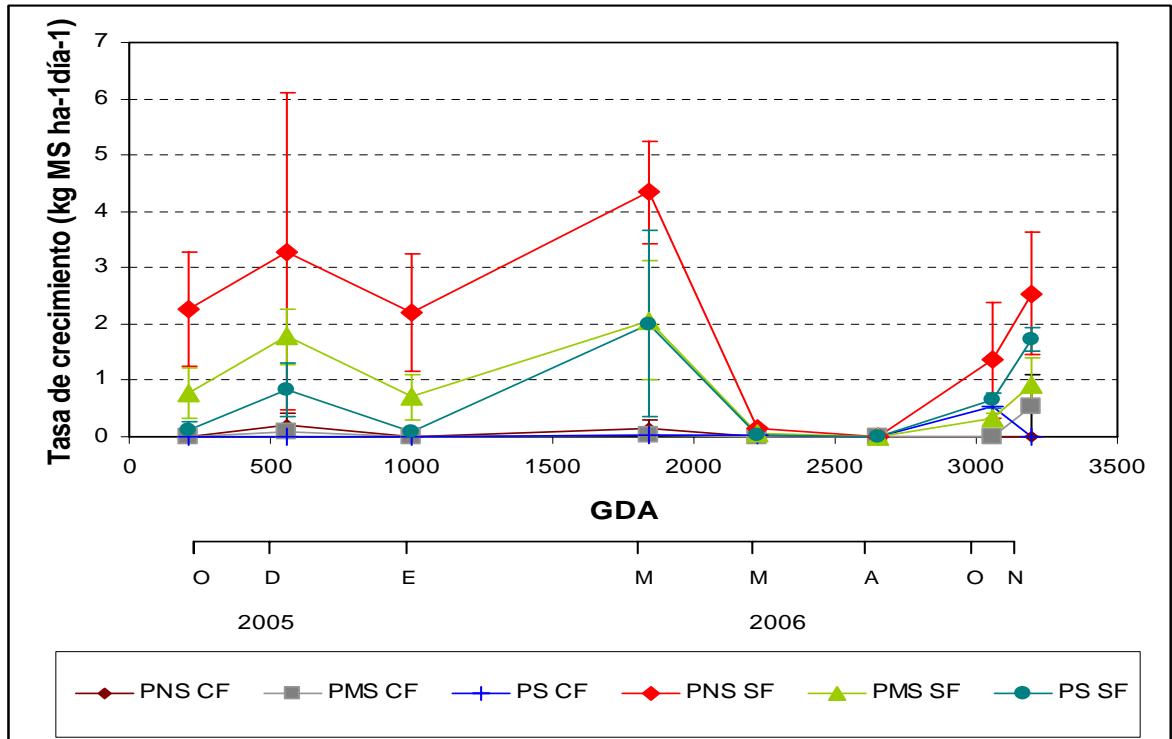
- FERNANDEZ, P. 2006. Variabilidad fenotípica de accesiones de *Agrostis capillaris* L. (chépica) colectadas en la Décima Región. Tesis (Ing. Agr.) Universidad Austral de Chile. Valdivia, 75 p.
- GASTO, J. 1979. Ecología, el hombre y la transformación de la naturaleza. Santiago, Chile. Universitaria. 573 p.
- GASTO, J.; GALLARDO, S. y CONTRERAS, D. 1987. Caracterización de los Pastizales de Chile. Pontificia Universidad Católica de Chile. Sistemas en Agricultura IISA-8716. Santiago, Chile. 292 p.
- GIANOLI, E. 2004. Plasticidad fenotípica adaptativa en plantas. Pp. 13-26. En: H.M. Cabrera, editor. Fisiología Ecológica en Plantas. Editorial de la Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso.
- GRIME. 1981 Plant strategies and vegetation processes. Department of botany, University of Sheffield. New York: John Wiley, 1981, 222 p.
- GRIME, J. P., HODGSON, J. y HUNT, R. 1989. Comparative plant ecology: A functional approach to common British species. London, Great Britain. 742 p
- GOIC, L. 1979. Potencialidad de las praderas naturales de la región sur en zonas de baja producción forrajera. *Simiente (Chile)* 39 (1-3): 12-16.
- NISSEN, J. y SANTELICES, R. 2000. Efecto del riego y la fertilización en una pradera naturalizada de Magallanes. *Universidad Austral de Chile. Valdivia Agro Sur* 8(2)
- LANGER, s.f. Las pasturas y sus plantas. A. H. & A. REED LTD. Wellington, New Zeland. Editorial Agropecuaria Hemisferio Sur SRL. Uruguay 514 p.
- LOPEZ, I., BALOCCHI, O., LAILHACAR, M., OYARZUN, S. 1997. Caracterización de sitios de crecimiento de seis especies pratenses nativas y naturalizadas del Dominio Húmedo de Chile. *Agro Sur (Chile)* 25(1) : 62-80.

- MONTALDO, Zonas agrícolas de Chile. Valdivia.. Fac. De Ciencia Agrarias .Universidad Austral de Chile 18 p.
- MORALES. D, 2000. Rendimiento y calidad nutritiva de una pradera establecida con especies nativas y naturalizadas en su segundo año de producción. Universidad Austral de Chile. Fac. de Ciencias Agrarias. Tesis (Ing Agr). Valdivia. .115 p.
- ORDOÑEZ, C, 1998. Dinámica vegetacional de una pradera establecida con especies nativas y naturalizadas en su segundo año de producción. Tesis (Ing Agr). Universidad Austral de Chile. Fac. de Ciencias Agrarias .Valdivia.1998.131 p.
- PALADINES, O. y MUÑOZ, G. 1982. Investigación sobre praderas de Chile. Santiago. Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía, Departamento de Zootecnia. 166p.
- 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.
- PINOCHET, D. 1996. Estrategias de fertilización fosforada en praderas In Latrille, L. (ed). Producción animal. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. Instituto de Producción Animal. 219 p.
- PINOCHET et al, 2003. Fitotoxicidad de bajas concentraciones de aluminio en solución, en tres poaceas forrajeras. Revista de ciencia del suelo y nutrición vegetal, 3 (1) 2003 (8-16).
- POWER,J F. ALESSI, 1971. Nitrogen Fertilization of Semiarid Grasslands: Plant Growth and Soil Mineral N Levels. American Society of Agronomy. (On Line) <http://agron.sci-journals.org/cgi/content/abstract/63/2/277>.

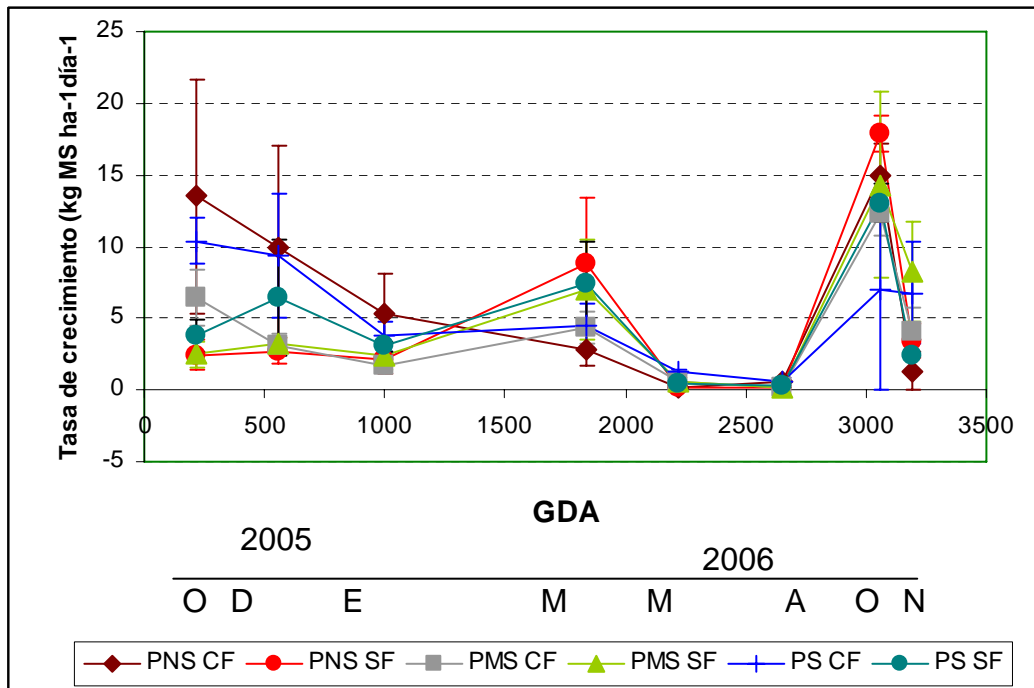
REYES, R. 2007 Evolución de la competencia entre *Morus alba* y *Lolium multiflorum* Lam. Tesis (Ing. Agr.). Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias. Valdivia 2007. 109 p.

VERA, J. 2006. Dinámica vegetacional, rendimiento y composición química de praderas establecidas en base a especies nativas naturalizadas y cultivadas. Tesis (Ing. Agr.). Universidad Austral de Chile. Facultad de ciencias Agrarias. Valdivia 2006 95 p.

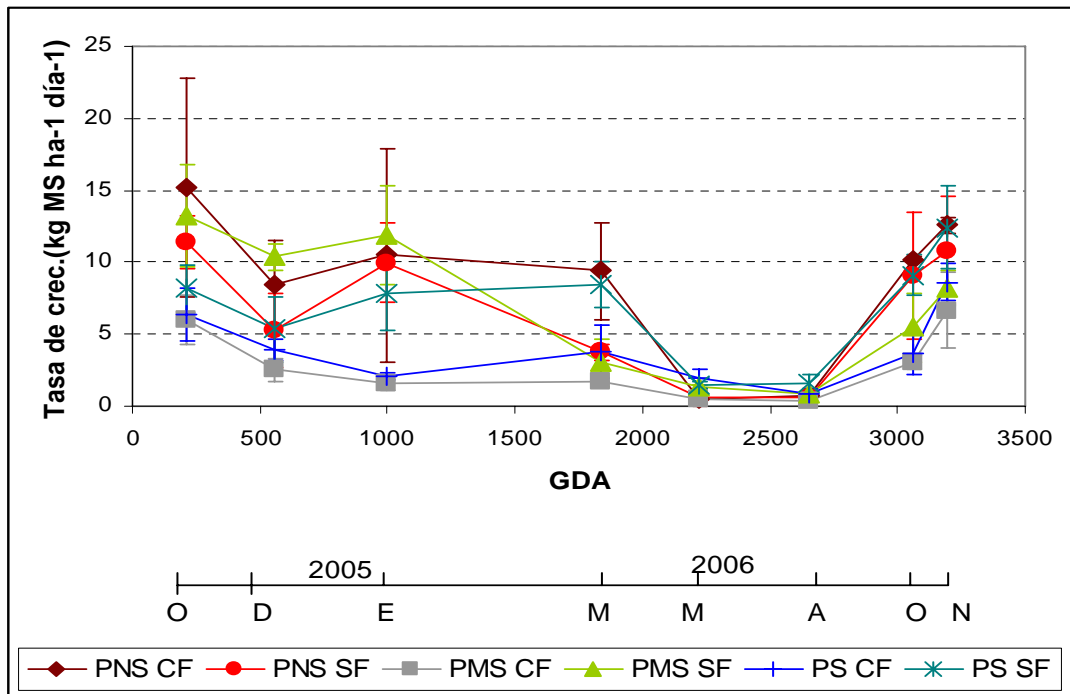
ANEXOS



ANEXO 1 Tasa de crecimiento individual de *Lotus uliginosus*.



ANEXO 2 Evolución tasa de crecimiento de *Leontodon nudicaulis* e *Hippoacheris radicata* (pertenciente al grupo 4)



ANEXO 3 Evolución tasa de crecimiento individual de *Agrostis capillaris* (pertenciente al grupo 4)

ANEXO 4 Rendimiento individual de cada especie en 18 parcelas del ensayo.

Nº Parcela	TMT	Bloque	L,p	B.v.	H.l	A.c	A.e	P.a	T.r	L.u	L.n, Hr	R a	P.l	Σ Legs	Σ h. ancha
1	PMS / CF	1	7.006	3.321	538	1.147	0	40	14	42	1.529	85	27	968	1.640
2	PS / SF		760	207	65	2.158	0	12	168	91	1.570	50	32	415	1.651
3	PNS / SF		443	705	616	2.215	0	152	468	471	1.871	49	71	896	1.991
4	PMS / SF		1.069	962	91	2.200	4	419	118	335	2.703	13	46	563	2.762
5	PS / CF		6.269	3.344	225	1.623	0	65	568	111	2.771	213	52	1.939	3.036
6	PNS / CF		1.745	6.008	2.469	3.425	0	73	32	61	2.643	12	28	2.006	2.683
7	PMS / SF	2	1.320	1.122	500	2.756	0	88	366	461	2.437	159	32	803	2.627
8	PNS / CF		1.381	3.840	2.125	2.748	0	0	0	0	1.141	4	0	990	1.144
9	PS / SF		1.605	664	65	2.766	301	34	520	204	2.214	84	82	1.174	2.381
10	PMS / CF		4.535	3.539	2.082	763	0	0	222	0	1.640	2	0	1.920	1.642
11	PNS / SF		293	1.051	1.778	1.382	0	84	195	695	2.770	79	32	682	2.880
12	PS / CF		8.124	1.527	43	888	0	0	479	0	1.335	6	9	1.996	1.350
13	PNS / SF	3	372	1.174	2.685	2.591	21	185	162	1.019	1.734	50	41	746	1.824
14	PS / CF		6.700	1.025	160	1.285	0	13	625	0	1.495	12	34	1.822	1.541
15	PMS / CF		6.932	2.791	2.861	601	0	22	17	0	1.652	0	0	1.582	1.652
16	PNS / CF		2.210	5.792	2.687	2.321	0	0	0	0	3.108	74	0	683	3.181
17	PS / SF		677	197	96	2.206	221	88	190	463	2.107	142	68	483	2.318
18	PMS / SF		280	427	665	1.505	0	0	44	131	515	59	49	373	623

TMT: Tratamientos, **Lp:** *Lolium perenne*, **Bv:** *Bromus valdivianus*, **Hi:** *Holcus lanatus*, **Ac:** *Agrostis capillaris*, **HA:** *Leontodon nudicaulis*, *Hipoacheris radicata*, **Ae:** *Arrhenatherum elatius ssp. bulbosum*. **Ra:** *Rumex acetocella*, **PI:** *Plantago lanceolata* **Lu:** *Lotuus uliginosus*, **Tr:** *Trifolium repens*.

ANEXO 5 Rendimiento por parcela en cada corte y Rendimiento total del período

N°pradera	TMT	oct-05	dic-05	ene-06	mar-06	may-06	ago-06	oct-06	nov-06	Período
		Kg MS ha ⁻¹								
1	PMS / CF	2.767	1.660	1.171	703	485	258	5.431	997	13.802
2	PS / SF	435	368	522	954	98	150	2.290	1.014	5.112
3	PNS / SF	616	705	443	1.233	156	22	3.694	870	7.060
4	PMS / SF	600	896	516	1.813	195	53	3.287	190	7.959
5	PS / CF	2.269	1.489	166	1.032	547	511	8.204	730	15.240
6	PNS / CF	2.322	3.045	1.745	3.537	574	356	4.321	487	16.896
7	PMS / SF	1.057	1.261	1.207	2.649	184	135	2.278	1.328	9.241
8	PNS / CF	1.236	1.408	530	1.973	468	380	4.672	1.211	11.681
9	PS / SF	880	1.528	680	2.193	209	216	2.239	1.047	8.541
10	PMS / CF	2.153	1.501	486	1.998	567	426	4.440	600	12.783
11	PNS / SF	1.013	518	1.217	2.205	149	355	2.172	468	8.358
12	PS / CF	2.559	1.166	1.301	1.757	435	699	3.663	391	12.417
13	PNS / SF	941	2.561	1.174	1.592	222	225	2.833	1.024	10.034
14	PS / CF	2.358	1.789	1.490	1.836	534	91	2.100	838	11.350
15	PMS / CF	3.581	1.472	961	1.825	560	389	5.041	1.151	14.875
16	PNS / CF	3.153	2.350	1.573	652	542	626	6.425	295	16.190
17	PS / SF	497	695	646	1.952	150	380	1.781	597	6.456
18	PMS / SF	440	957	593	0	324	440	529	356	3.674