



Selectividad de *Bromus valdivianus* Phil., *Lolium perenne* L. y *Agrostis capillaris* L. por vacas lecheras en pastoreo

Selectivity of *Bromus valdivianus* Phil., *Lolium perenne* L. and *Agrostis capillaris* L. by grazing dairy cows

López, I. F^{a*}, Balocchi, O. A^b, Álvarez, X^c, Flores, P.^d, Latrille, L.^b

^a Institute of Agriculture and Environment, Massey University. Private Bag 11 222, Palmerston North, Nueva Zelandia

^b Instituto de Producción Animal, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Austral de Chile. Casilla 567, Valdivia, Chile

^c Escuela de Agronomía Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Austral de Chile. Casilla 567, Valdivia, Chile

^d Escuela de Graduados, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Austral de Chile. Casilla 567, Valdivia, Chile

Dedicado a la memoria del Prof. Luis Latrille L.

ARTICLE INFO

Article history:

Received 23.06.2016

Accepted 08.11.2016

Keywords:

Selective Defoliation
Components of the Yield
Residual Pasture Height
Sheath Length
Herbage Allowance

Original Research Article,
Special Issue: Pastures for
Sustainable Productions Systems

*Corresponding author:

Ignacio López

E-mail address:

I.F.Lopez@massey.ac.nz

ABSTRACT

Grazing animals can select components of the pasture and hence stimulate changes in the proportion and quantity of the species. The objective of this work was to determine whether dairy cows select *Lolium perenne* L. (Lp) over *Bromus valdivianus* Phil. (Bv) and *Agrostis capillaris* L. (Ac) when they grazed a diverse pasture. The pastures that were evaluated were: Improved pasture (MCF), Mixed pasture (PSF) and Naturalised pasture (NCF). Corridors were established perpendicularly to the pasture plots and transects were placed within them. On each transect, 5 individual vegetative tillers of Lp, Bv and Ac were marked every 12 cm. Dairy cows grazed the pastures. The experimental design was a randomised complete block design with factorial arrangement of the treatments: 3 pasture types x 3 species, with 9 blocks. ANOVA and canonical variate analyses (CVA) were applied. Extended tiller height, tiller leaf number and the total sheath length were positively related to defoliation during grazing. Dairy cows modified the grazing selection according to the season due to tiller structural changes and the available herbage mass. Only the CVA showed selective grazing; during spring and autumn in which *A. capillaris* was negatively discriminated.

RESUMEN

Durante el pastoreo los animales seleccionan componentes de la pradera y pueden alterar la proporción y cantidad de especies pratenses. Se planteó que vacas lecheras al pastorear praderas diversas seleccionan *Lolium perenne* L. (Lp) por sobre *Bromus valdivianus* Phil. (Bv) y *Agrostis capillaris* L. (Ac). Se evaluaron: a) Pradera mejorada (MCF), Pradera mixta (PSF) y Pradera naturalizada (NCF), que poseían Lp, Bv y Ac. Se establecieron pasillos perpendiculares a las parcelas y transectos en cada parcela marcando 5 macollos vegetativos individuales de *L. perenne*, *B. valdivianus* y *A. capillaris* en forma alternada cada 12 cm; las praderas fueron pastoreadas por vacas de lechería. El diseño experimental fue de bloques completos al azar con arreglo factorial de 3 tipos de pradera y 3 especies con 9 bloques. Se realizaron ANDEVA y análisis de variables canónicas (CVA). La altura extendida del macollo, el número de hojas y el largo total de las láminas se relacionaron positivamente con la defoliación en pastoreo. Las vacas lecheras modificaron la selectividad según las estaciones del año debido a cambios en la estructura de los macollos y a la disponibilidad de pradera. Solo CVA indicó pastoreo selectivo en primavera y otoño, donde *A. capillaris* fue discriminada negativamente.

Palabras clave: Pastoreo Selectivo, Componentes del Rendimiento, Altura Residual, Largo de Láminas, Pradera Disponible.

INTRODUCCIÓN

Las condiciones agroclimáticas de la zona sur de Chile han permitido el desarrollo de especies pratenses na-

tivas e introducidas, constituyendo así las praderas naturalizadas de la región, principal recurso alimenticio para los animales en pastoreo (Balocchi, 1999). El pastoreo se define como la defoliación de plantas arraigadas en el

suelo por animales herbívoros (Hodgson, 1979), el que permite mantener y desarrollar las estructuras básicas de una comunidad pratense, como por ejemplo la generación constante de macollos para el caso de las gramíneas (Milligan *et al.*, 1987; Hickman y Hartnett, 2002). En el pastoreo, lo que se produce es una extracción de parte del follaje de las plantas, acción que es regulada por la especie animal en pastoreo y la intensidad, frecuencia y carga animal que se aplique (Beskow, 2001).

Dentro del proceso del pastoreo, los animales pueden experimentar un fenómeno llamado selectividad, comportamiento que en cierto modo determina el bienestar de los herbívoros, ya que busca satisfacer sus requerimientos nutricionales al consumir plantas o partes de ellas en forma discrecional (Launchbaugh *et al.*, 1999). De esta forma, a través del pastoreo selectivo, los animales en pastoreo pueden modificar la composición botánica y la producción de materia seca de una pradera (López *et al.*, 2003).

Los factores que determinan la selección no son bien comprendidos, en particular bajo condiciones de pastoreo intensivo (Hodgson, 1990). Es usual que la selección sea confundida con la preferencia, en que ambos conceptos describen una respuesta animal, pero no consideran los mecanismos que determinan esa respuesta (Hodgson, 1979).

El pastoreo selectivo es la discriminación que realiza un herbívoro entre los componentes de la pradera, debido al grado de heterogeneidad en la distribución de sus componentes y la accesibilidad de éstos para el animal en pastoreo (Hodgson, 1979). En la selección de la dieta de los animales, intervienen tanto factores propios del animal como de las plantas, con las subsecuentes modificaciones del medio ambiente físico. Entre los factores propios del animal que inciden sobre la selectividad se citan: la especie, la condición fisiológica, el comportamiento social bajo pastoreo, y la experiencia previa de los animales, entre otros (Velásquez, 2005). Por otro lado, el pastoreo selectivo ejercido por rumiantes es considerado como un factor relevante en la mantención de una alta diversidad de especies en las praderas, debido al consumo selectivo que ejercen sobre las especies dominantes de la comunidad (Milchunas *et al.* 1988). Es así como las partes de plantas que se encuentren más cerca de la superficie de la canopia de una pradera tienen mayores probabilidades de ser selectivamente consumidas (Hodgson, 1990; López *et al.*, 2003).

A partir de los antecedentes presentados, se plantea como hipótesis que vacas lecheras, al pastorear praderas polifíticas, seleccionan *Lolium perenne* L. por sobre *Bromus valdivianus* Phil. y *Agrostis capillaris* L. El objetivo de ésta investigación fue determinar la selección que vacas lecheras realizan al pastorear praderas compuestas por *L. perenne*, *B. valdivianus* y *A. capillaris* y determinar que atributos de estas especies intervienen en la decisión de pastorear.

MATERIAL Y MÉTODOS

Ubicación y duración del estudio

El ensayo se realizó en la Estación Experimental Santa Rosa, de la Universidad Austral de Chile (39°47'13" Latitud sur y a 73°13'57" oeste a 12m.s.n.m). El tipo de suelo que se presenta es Andisol (Trumao), clasificado como Duric Hapludands con una capacidad de uso potencial de II y III (Nissen y Barria 1976). Las pendientes varían entre 1% y 15%. La duración del estudio fue de 1 año, desde diciembre de 2005 a Noviembre de 2006; se realizaron siete pastoreos durante el transcurso del ensayo, siendo evaluados un pastoreo por estación: verano, otoño, invierno y primavera.

El estudio se realizó en tres tipos de praderas sembradas entre el 15 y el 27 de septiembre de 2002. La siembra fue a chorro continuo, con una distancia entre hileras de 17,5 cm, en parcelas de 7,5 m de largo y 3,3 m de ancho. Las praderas establecidas fueron Pradera mejorada (M) sembrada con *L. perenne*, *B. valdivianus* y *T. repens* L., Pradera mixta (P) sembrada con *L. perenne* y *T. repens* L., y Pradera Naturalizada (N) sembrada con *L. perenne*, *B. valdivianus*, *Holcus lanatus* L., *Arrhenatherum elatius* spp. bulbosus (Willd). Spencer, *Lotus pedunculatus* Cav. y *T. repens*. El análisis de la composición botánica realizado en noviembre de 2005 indicó que *L. perenne*, *B. valdivianus* y *A. capillaris* poseían una alta participación (% base materia seca) en las praderas a evaluar (*L. perenne*: 20,0%; *B. valdivianus*: 29,4%; *A. capillaris*: 20,5%).

Las praderas se manejaron con fertilización (CF) y sin fertilización (SF). En las praderas fertilizadas se buscaba que los nutrientes del suelo no constituyeran una limitante para su crecimiento. Las praderas sin fertilización constituyeron el punto referencial de las praderas fertilizadas, al mostrar el comportamiento de las especies bajo condiciones de estrés de fertilidad. La fertilización usada se ajustó a los resultados de los análisis de fertilidad de suelo de muestras tomadas de los primeros 20 cm de profundidad de suelo previo al inicio del estudio, y fueron realizados en el Laboratorio de Suelos del Instituto de Ingeniería Agraria y Suelos de la Universidad Austral de Chile. Los tratamientos fertilizados recibieron al año 240 kg ha⁻¹ de nitrógeno y 185,9 kg ha⁻¹ de K (1600 kg ha⁻¹ de salitre potásico) aportado en dosis iguales luego cada pastoreo realizado. En agosto del año 2006, se aplicaron 30,5 kg ha⁻¹ de P (152 kg ha⁻¹ de superfosfato triple) y 720 kg ha⁻¹ de Ca (1837 kg ha⁻¹ de magnecal). Las dosis aplicadas fueron en cobertera y al voleo.

Medición prepastoreo selectivo

El diseño de los pasillos y procedimiento usados para evaluar el pastoreo selectivo se ajustaron a Griffiths *et al.* (2003). Las parcelas estaban ubicadas

en hilera, a las que se les cortaron los 0,55 m perimetrales con una máquina segadora de barra para evitar el efecto borde. Luego a cada parcela se le cortó una franja de 1,2 m de ancho a todo su largo, quedando una superficie de 6,4 m x 1,0 m destinado a la evaluación del pastoreo selectivo. Con un cerco eléctrico se confeccionaron tres pasillos transversales a todas las parcelas de 1,0 m de ancho. Al inicio de cada pasillo existía una franja de pradera de 1m de ancho disponible para ser pastoreada. Esta franja ayudó a que cada animal iniciara su pastoreo y adquiriera su ritmo de pastoreo previo a ingresar a la zona de evaluación de cada pasillo.

Bromus valdivianus, *L. perenne* y *A. capillaris* fueron las especies evaluadas para el pastoreo selectivo y eran comunes a las siguientes praderas: Pradera mejorada con fertilización (MCF), Pradera mixta sin fertilización (PSF) y Pradera naturalizada con fertilización (NCF). En ellas se establecieron tres transectos en el sentido longitudinal a cada parcela y en cada uno se marcaron 5 macollos vegetativos individuales de *L. perenne*, *B. valdivianus* y *A. capillaris* en forma alternada cada 12 cm. Esto permitió completar 15 macollos marcados por transecto y un total de 135 macollos marcados para cada una de las especies evaluadas, por cada estación. Los macollos fueron marcados y medidos inmediatamente antes y después de cada pastoreo. La marca consistió en un clip de color ubicado alrededor del macollo, el que fue fijado al suelo. A cada macollo marcado se le contó el número de láminas y se le midió el largo extendido de ellas, definido éste como la distancia entre la lígula y la punta de la lámina. Del contraste del número de láminas y del largo de ellas antes y después de cada pastoreo se conoció si el macollo había sido pastoreado o no (Hodgson, 1966; Chapman *et al.*, 1984; Bootsma *et al.*, 1990; Betteridge *et al.*, 1994; Carrère *et al.*, 1997, Carrère *et al.*, 2001; López *et al.*, 2003).

Los pastoreos se realizaron con vacas adultas Holando Europeo x Holstein Friesian de la E.E. Santa Rosa, Universidad Austral de Chile, seleccionadas al azar y que estaban en lactancia.

Cada pastoreo consistió en una vaca que pasó caminando y pastoreando tranquila y libremente a lo largo de cada pasillo. Cada vaca pasó por todas las parcelas y podía detenerse en una estación de pastoreo sin ninguna restricción que la sacara de su ritmo de pastoreo. La única condición fue que la vaca no podía retroceder en su pastoreo, sí detenerse.

Las variables evaluadas a nivel del macollo fueron: Número de hojas en prepastoreo (NHpre) y en postpastoreo (NHpost); Largo de la lámina total en prepastoreo (LLpre), en postpastoreo (LLpost) y consumido (LLcons); Probabilidad de pastoreo (PP); Altura disturbada en prepastoreo (ALTpre), en postpastoreo (ALTpost) y consumida (ALTcons). Se calcularon el porcentaje de la altura consumida de los macollos marcados (PCALT) y porcentaje consumido de la altura de los macollos marcados (PCLL).

Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue de bloques completos al azar con arreglo factorial de los tratamientos (3 tipos de pradera y 3 especies pratenses) con 9 bloques. Los datos obtenidos se ordenaron en planillas Excel versión 1997 y fueron analizados mediante el programa estadístico SAS versión 9.1.3 (2002-2003). Se aplicó el análisis de varianza y se utilizó el test de LSD como test de separación de medias. Cuando hubo interacciones significativas ($P \leq 0,05$), se utilizó el test de PDIFF para comparación de promedios.

Se aplicó el Análisis de Variables Canónicas para analizar en conjunto todas las variables evaluadas, previa estandarización de las variables. Las variables estandarizadas tenían promedio cero y desviación estándar uno (Meyers *et al.*, 2013).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El método aplicado para evaluar la selectividad de las vacas durante el pastoreo permite obtener una evaluación exacta de la defoliación ejercida sobre un macollo individual durante el pastoreo, ya que permite detectar si cada macollo particular fue pastoreado y el nivel de defoliación individual que cada uno experimentó (Chapman *et al.*, 1984; Clark *et al.*, 1984; Bootsma *et al.*, 1990; Betteridge *et al.*, 1994; Carrère *et al.*, 1997; López *et al.*, 2003; Vivar, 2003). De esta forma el método entrega información que permite determinar la discriminación entre especies durante el pastoreo (Bootsma *et al.*, 1990; López *et al.*, 2003; Vivar, 2003). La metodología se aplicó para las especies en estado vegetativo, por lo que no se discute el efecto que pudieron haber ejercido macollos en estado reproductivo sobre la presión de defoliación por los macollos vegetativos durante el verano (López *et al.*, 2003).

El método de los pasillos permitió que las vacas pasaran por todas las praderas, de manera que, todas las praderas tuvieron la misma probabilidad de ser pastoreadas, por lo que permite la expresión de selectividad de las vacas dentro de cada tipo de pradera (Griffiths *et al.*, 2003). Por lo tanto, los métodos del pastoreo de pasillos y del marcaje de macollos individuales ejecutados al unísono fueron precisos para detectar el resultado del pastoreo de las vacas lecheras sobre *L. perenne*, *B. valdivianus* y *A. capillaris*.

Composición botánica

Las tres especies (*L. perenne*, *B. valdivianus* y *A. capillaris*) estaban presentes en los tres tipos de praderas. La pradera MCF estaba codominada por *B. valdivianus* (34,8%) y *L. perenne* (32,1%). En PSF, *A. capillaris* presentó el mayor porcentaje (41,7%), *L. perenne* 17,7% y *B. valdivianus* 8,1%. La pradera NCF estaba dominada

por *B. valdivianus* (45,5%) y tenía 9,1% de *L. perenne* y 9,9% de *A. capillaris* (Cuadro 1). Tanto MCF, PSF y NCF estaban compuestas por un alto porcentaje de especies gramíneas, 90,3%, 70,2% y 83,0% respectivamente. No obstante, 85,0% (base materia seca) de las gramíneas en MCF correspondieron a las especies evaluadas, 96,1% en PSF y 77,7% en NCF.

La fertilidad del suelo es una variable que puede generar cambios en la composición botánica y, por ende, en la condición de la pradera (Gastó et al., 1993). La fertilización de la pradera en MCF permitió un aporte significativo de *B. valdivianus* y *L. perenne* por sobre las otras especies, y en NCF de *B. valdivianus*. Similares resultados obtuvo Keim et al. (2015) al fertilizar una pradera naturalizada degradada en una evaluación de tres años. En una pradera naturalizada, el aumento de la disponibilidad de nutrientes en el suelo producto de la fertilización y encañado, disminuye las limitaciones del suelo para el crecimiento de especies de alto potencial de crecimiento, lo que se manifiesta en el ingreso espontáneo de especies competidoras a la pradera (Grime, 1977; Keim et al., 2015; Kemp y López, 2016) y con ello el incremento en el rendimiento y producción anual de la pradera (Keady y O'Kiely, 1998; Keim et al., 2015; Kemp y López, 2016).

Cuadro 1. Composición botánica de las praderas (base materia seca) durante el período de evaluación.

Table 1. Pasture botanical composition (dry matter base) during the evaluation period.

| Especies | Praderas | | |
|--|----------|-------|-------|
| | MCF | PSF | NCF |
| <i>Lolium perenne</i> | 32,1 | 17,7 | 9,1 |
| <i>Bromus valdivianus</i> | 34,8 | 8,1 | 45,5 |
| <i>Holcus lanatus</i> | 13,1 | 2,1 | 17,8 |
| <i>Agrostis capillaris</i> | 9,9 | 41,7 | 9,9 |
| <i>Poa annua</i> | 0,4 | 0,6 | 0,7 |
| <i>Trifolium repens</i> | 0,1 | 3,1 | 0,0 |
| <i>Lotus uliginosus</i> | 0,4 | 3,3 | 0,3 |
| <i>Leontodon nudicaulis</i> e <i>Hypochaeris radicata</i> | 8,7 | 20,1 | 15,8 |
| <i>Rumex acetosella</i> | 0,2 | 1,8 | 0,8 |
| <i>Plantago lanceolata</i> | 0,3 | 1,5 | 0,1 |
| Total | 100,0 | 100,0 | 100,0 |

MCF, Pradera mejorada; PSF, Pradera mixta; NCF, Pradera naturalizada.

Largo de lámina de los macollos marcados en pre y postpastoreo

El largo de lámina en prepastoreo varió de acuerdo a la estación del año. En verano *B. valdivianus* y *L. perenne* presentaron las láminas de mayor extensión en forma consistente a todos los tratamientos, mientras que en otoño *B. valdivianus* tuvo las láminas con mayor largo. En invierno *B. valdivianus* en MCF y *L. perenne* en NCF tuvieron las láminas más largas, y primavera fue *B. valdivianus* en MCF. *Agrostis capillaris* presentó el menor largo total de láminas (Cuadro 2). El largo total de láminas en postpastoreo tuvo diferencias por especie durante la primavera y para el promedio del año. Durante la primavera, *B. valdivianus* y *L. perenne* presentaron un largo total de láminas postpastoreo mayor al de *A. capillaris*; el resto del año no se registraron diferencias entre las especies (Cuadro 3).

El largo total de láminas en prepastoreo fue diferente durante el verano y para el promedio anual de acuerdo al tipo de pradera. Las especies evaluadas presentaron hojas más largas en MCF y NCF en relación a PSF, muy probable producto de la fertilización aplicada, ya que, por ejemplo el nitrógeno estimula la tasa de extensión de la lámina en los macollos (Gatti et al., 2013). Durante el otoño esta variable fue similar en todas las praderas (Cuadro 2). Para el invierno, primavera y promedio anual hubo interacción significativa entre los tipos de pradera y las especies. En invierno *B. valdivianus* y *L. perenne* tuvieron el mayor largo total de láminas en MCF y NCF, respectivamente. Los menores valores se dieron en forma fueron consistente, por un lado con *A. capillaris* en las tres praderas, y por otro con las tres especies creciendo en PSF. En primavera *B. valdivianus* en MCF presentó el mayor largo total de láminas, seguido de *L. perenne* en NCF y MCF y *B. valdivianus* en NCF. Los menores valores fueron registrados por *A. capillaris* en PSF. *Bromus valdivianus* creciendo en MCF fue el que tuvo el mayor largo total de láminas en promedio para el año evaluado, en tanto que los menores valores fueron entregados por *A. capillaris* en MCF y PSF (Cuadro 2).

Disponibilidad de pradera y altura de macollos

En el otoño las praderas presentaron diferente cantidad de pradera disponible: NCF = MCF > PSF. Durante las otras estaciones del año las praderas tuvieron cantidades similares de pradera disponible (Cuadro 4).

La fertilización que recibieron NCF y MCF se reflejó en la estructura de los macollos marcados respecto de aquellos en PSF, las praderas fertilizadas presentaron macollos más altos (Cuadro 5) y con un mayor largo de lámina total (Cuadro 2). Este efecto de la fertilización también se reflejó en el promedio anual, pero hubo interacción significativa entre el tipo de pradera y las es-

Cuadro 2. Largo de lámina total en prepastoreo para los macollos marcados de *L. perenne*, *B. valdivianus* y *A. capillaris*.

Table 2. Pre-grazing total lamina length of *L. perenne*, *B. valdivianus* and *A. capillaris* marked tillers.

| | Largo de lámina prepastoreo (mm) | | | | | | | |
|-------------|----------------------------------|----------------------|----------------------|---------|---------------------|--------------------|--------------------|---------|
| | MCF | PSF | NCF | Signif. | Lp | Bv | Ac | Signif. |
| Verano | 264,8 ^a | 222,5 ^c | 257,0 ^b | * | 255,8 ^a | 286,9 ^a | 201,6 ^b | *** |
| Otoño | 263,7 | 241,4 | 254,9 | ns | 242,9 ^b | 363,2 ^a | 153,8 ^c | *** |
| Invierno | 301,1 | 255,9 | 292,2 | --- | 298,3 | 318,7 | 232,3 | --- |
| Primavera | 341,9 | 247,5 | 326,7 | --- | 345,4 | 386,3 | 184,4 | --- |
| Promedio | 292,9 ^a | 241,8 ^b | 282,7 ^a | --- | 285,6 | 338,8 | 193,0 | --- |
| Prepastoreo | MCF | | PSF | | NCF | | Signif. | |
| Invierno | Lp | 297,4 ^{bc} | 269,2 ^{cd} | | 328,3 ^{ab} | | * | |
| | Bv | 376,2 ^a | 274,8 ^{bcd} | | 304,9 ^{bc} | | | |
| | Ac | 229,9 ^d | 223,7 ^d | | 243,3 ^d | | | |
| Primavera | Lp | 354,1 ^{bcd} | 289,1 ^{de} | | 393,0 ^b | | ** | |
| | Bv | 492,6 ^a | 300,9 ^{cd} | | 365,4 ^{bc} | | | |
| | Ac | 179,1 ^{fg} | 152,4 ^g | | 221,7 ^{ef} | | | |
| Promedio | Lp | 291,2 ^c | 256,2 ^d | | 309,4 ^{bc} | | ** | |
| | Bv | 388,7 ^a | 298,1 ^c | | 329,5 ^b | | | |
| | Ac | 198,8 ^{ef} | 171,2 ^f | | 209,1 ^e | | | |

Lp, *Lolium perenne*; Bv, *Bromus valdivianus*; Ac, *Agrostis capillaris* L. MCF, Pradera mejorada; PSF, Pradera mixta; NCF, Pradera naturalizada. Los valores dentro de filas con distintas letra presentan diferencias significativas * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$; *** $P \leq 0,001$; ns $P > 0,05$.

Cuadro 3. Largo de lámina total de los macollos marcados de *L. perenne*, *B. valdivianus* y *A. capillaris* en postpastoreo.

Table 3. Post-grazing total lamina length of *L. perenne*, *B. valdivianus* and *A. capillaris* marked tillers.

| | Largo de lámina postpastoreo (mm) | | | | | | | |
|-----------|-----------------------------------|--------------------|--------------------|---------|--------------------|--------------------|--------------------|---------|
| | MCF | PSF | NCF | Signif. | Lp | Bv | Ac | Signif. |
| Verano | 131,3 | 81,6 | 48,5 | ns | 87,2 | 92,3 | 82,0 | ns |
| Otoño | 130,0 ^a | 43,2 ^b | 96,3 ^{ab} | * | 84,9 | 126,1 | 58,5 | ns |
| Invierno | 94,6 | 134,2 | 139,1 | ns | 129,5 | 135,8 | 102,5 | ns |
| Primavera | 277,1 ^a | 131,9 ^b | 277,4 ^a | *** | 256,4 ^a | 285,0 ^a | 145,0 ^b | *** |
| Promedio | 158,3 ^a | 97,7 ^b | 140,3 ^a | *** | 139,5 ^a | 159,8 ^a | 97,0 ^b | *** |

Lp, *Lolium perenne*; Bv, *Bromus valdivianus*; Ac, *Agrostis capillaris* L. MCF, Pradera mejorada; PSF, Pradera mixta; NCF, Pradera naturalizada. Los valores dentro de filas con distintas letra presentan diferencias significativas * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$; *** $P \leq 0,001$; ns $P > 0,05$.

pecies (Cuadro 5). Dentro de cada pradera *B. valdivianus* presentó los macollos más altos y *A. capillaris* los de menor altura, con *L. perenne* en una posición intermedia entre las otras dos especies. La altura de *L. perenne* fue similar a *B. valdivianus* solo en NCF (Cuadro 5).

La altura disturbada de macollos postpastoreo reflejó estas diferencias para el promedio del año, en que la altura residual de los macollos marcados fue menor en PSF que en NCF y MCF.

Probabilidad de pastoreo (PP) de los macollos marcados

La probabilidad de pastoreo permite determinar la selección de especies pratenses por animales en pastoreo (López *et al.*, 2003). Los análisis estadísticos univariado (ANDEVA) y multivariado (CVA) aplicados entregaron resultados disímiles respecto de la probabilidad de pastoreo. El análisis univariado no detectó diferen-

cias para la selección de las especies en pastoreo por vacas lecheras (Cuadro 6), mientras que el CVA sí detectó diferencias (Fig. 1). A partir de los resultados entregados por ANDEVA se podría concluir que los animales al pastorear no seleccionaron entre las tres especies evaluadas, o que el método usado para verificar el pastoreo selectivo no tuvo la sensibilidad necesaria para

detectar este factor y no pudo cumplir con el objetivo propuesto. Por el contrario, el CVA indicó que efectivamente hubo selección de las especies durante el pastoreo, pero que ésta no fue constante durante el año y varió de acuerdo a diversos factores la pradera que también fueron evaluados en el presente estudio (Fig. 1). Una ventaja de los métodos estadísticos multivariados

Cuadro 4. Pradera disponible (base materia seca) al pastoreo para las estaciones evaluadas.

Table 4. Seasonal pasture herbage mass (dry matter base) available for grazing.

| | Materia seca (kg MS/ha) | | | Significancia |
|----------------|-------------------------|--------------------|--------------------|---------------|
| | MCF | PSF | NCF | |
| Verano | 1673,2 | 910,3 | 2119,8 | ns |
| Otoño | 648,9 ^a | 208,2 ^b | 678,2 ^a | ** |
| Invierno | 367,5 | 202,4 | 488,5 | ns |
| Primavera | 471,0 | 682,1 | 776,3 | ns |
| Promedio anual | 790,2 | 500,8 | 1015,7 | ns |

Lp, *Lolium perenne*; Bv, *Bromus valdivianus*; Ac, *Agrostis capillaris*; MCF, Pradera mejorada; PSF, Pradera mixta; NCF, Pradera naturalizada. Los valores dentro de filas con distintas letra presentan diferencias significativas * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$; *** $P \leq 0,001$; ns $P > 0,05$.

Cuadro 5. Altura disturbada de los macollos marcados de *L. perenne*, *B. valdivianus* y *A. capillaris* en prepastoreo y postpastoreo.

Table 5. Pre-grazing and post-grazing disturbed tiller height of *L. perenne*, *B. valdivianus* and *A. capillaris* marked tillers.

| Especies | Largo macollos (mm) | | | | | | | |
|-----------|---------------------|--------------------|--------------------|---------|--------------------|--------------------|--------------------|---------|
| | prepastoreo | | | | postpastoreo | | | |
| | Lp | Bv | Ac | Signif. | Lp | Bv | Ac | Signif. |
| Verano | 136,7 ^b | 151,3 ^a | 123,5 ^c | *** | 47,3 | 55,4 | 50,9 | ns |
| Otoño | 123,2 ^b | 158,3 ^a | 88,3 ^c | *** | 45,1 | 59,3 | 34,6 | ns |
| Invierno | 143,5 ^a | 150,4 ^a | 125,8 ^b | *** | 72,6 | 76,6 | 67,6 | ns |
| Primavera | 178,5 ^a | 192,7 ^a | 135,7 ^b | *** | 134,8 ^a | 142,0 ^a | 107,0 ^b | * |
| Promedio | 145,5 | 163,2 | 118,4 | --- | 75,0 ^{ab} | 83,4 ^a | 65,1 ^b | * |

| Praderas | prepastoreo | | | | postpastoreo | | | |
|-----------|--------------------|--------------------|--------------------|---------|--------------------|-------------------|--------------------|---------|
| | MCF | PSF | NCF | Signif. | MCF | PSF | NCF | Signif. |
| Verano | 140,9 ^a | 127,8 ^b | 142,6 ^a | * | 72,8 | 54,5 | 26,4 | ns |
| Otoño | 126,8 | 117,3 | 125,8 | ns | 66,7 | 23,2 | 49,2 | ns |
| Invierno | 145,2 ^a | 122,4 ^b | 152,2 ^a | *** | 53,1 ^b | 74,3 ^a | 89,4 ^a | ** |
| Primavera | 178,2 ^a | 138,9 ^b | 189,8 ^a | *** | 140,7 ^a | 78,4 ^b | 164,6 ^a | *** |
| Promedio | 147,8 | 126,6 | 152,6 | --- | 83,3 ^a | 57,6 ^b | 82,4 ^a | *** |

| Promedio anual | Prepastoreo | | | | |
|----------------|---------------------|--------------------|--------------------|---------------------|---------|
| | | MCF | PSF | NCF | Signif. |
| | Lp | 291,2 ^c | 256,2 ^d | 309,4 ^{bc} | ** |
| | Bv | 388,7 ^a | 298,1 ^c | 329,5 ^b | |
| Ac | 198,8 ^{ef} | 171,2 ^f | 209,1 ^e | | |

Lp, *Lolium perenne*; Bv, *Bromus valdivianus*; Ac, *Agrostis capillaris* L. MCF, Pradera mejorada; PSF, Pradera mixta; NCF, Pradera naturalizada. Los valores dentro de filas con distintas letra presentan diferencias significativas * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$; *** $P \leq 0,001$; ns $P > 0,05$.

Cuadro 6. Probabilidad de pastoreo de los macollos marcados de *L. perenne*, *B. valdivianus* y *A. capillaris*.

Table 6. Grazing probability of *L. perenne*, *B. valdivianus* y *A. capillaris* marked tillers.

| | <i>L. perenne</i> | <i>B. valdivianus</i> | <i>A. capillaris</i> | Significancia |
|----------------|-------------------|-----------------------|----------------------|---------------|
| Verano | 0,05 | 0,05 | 0,06 | ns |
| Otoño | 0,09 | 0,10 | 0,05 | ns |
| Invierno | 0,34 | 0,33 | 0,33 | ns |
| Primavera | 0,19 | 0,20 | 0,12 | ns |
| Promedio Anual | 0,19 | 0,20 | 0,16 | ns |

| | MCF | PI | PSF | NCF | Significancia |
|----------------|-----|-------------------|-------------------|-------------------|---------------|
| Verano | | 0,11 | 0,04 | 0,03 | ns |
| Otoño | | 0,12 | 0,04 | 0,07 | ns |
| Invierno | | 0,28 ^b | 0,26 ^b | 0,46 ^a | * |
| Primavera | | 0,19 | 0,13 | 0,20 | ns |
| Promedio Anual | | 0,20 ^a | 0,14 ^b | 0,22 ^a | ** |

MCF, Pradera mejorada; PSF, Pradera mixta; NCF, Pradera naturalizada. Los valores dentro de filas con distintas letra presentan diferencias significativas * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$; ns $P > 0,05$.

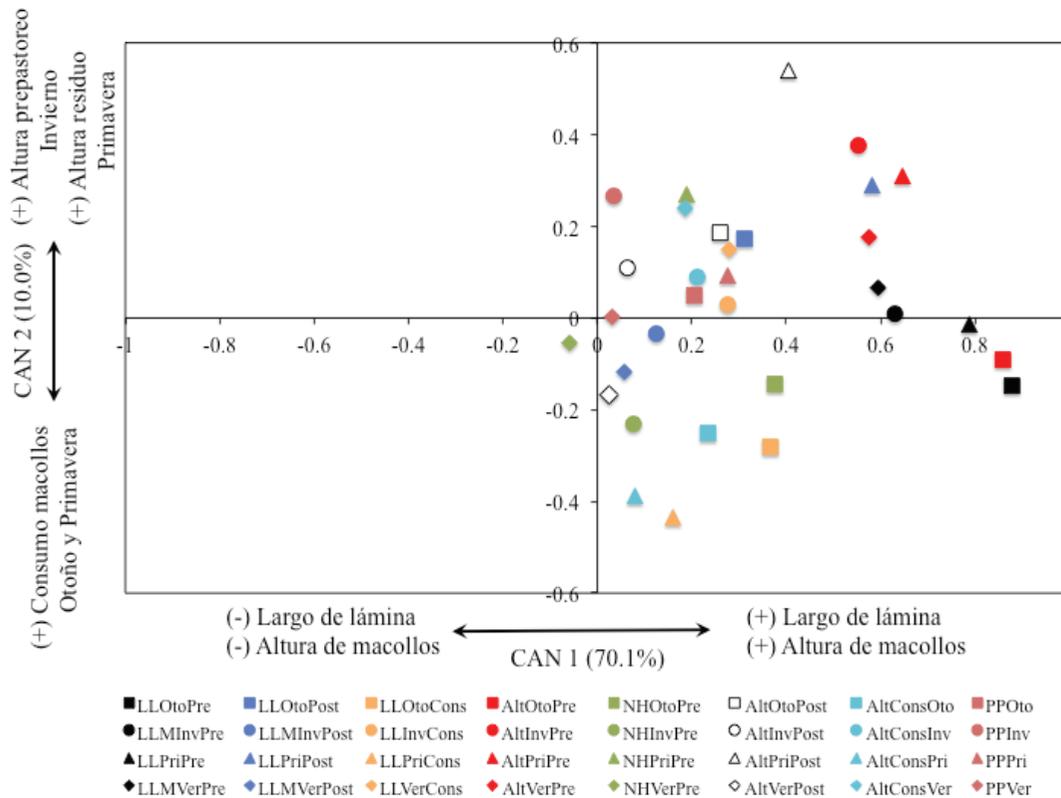


Figura 1. Composición de las variables canónicas respecto a los atributos evaluados de la pradera y del pastoreo. LL Largo total de láminas/macollo; Alt, Altura disturbada/macollo; NH, Número/macollo; PP, Probabilidad de pastoreo/macollo; Oto, Otoño; Inv, Invierno; Ver, Verano; Pre, Prepastoreo; Post, Postpastoreo; Cons, Consumido.

Figure 1. Canonical variates composition based on the evaluated pasture and grazing attributes. LL, Largo de lamina; Alt, Total leaf length/tiller; NH, Leaf number/tiller; PP, Grazing probability/tiller; Oto, Autumn; Inv, Winter; Ver, Summer; Pre, Pre-grazing; Post, Post-grazing; Cons, Consumed.

por sobre los univariados es su capacidad de analizar un conjunto de variables correlacionadas y a partir de ellas generar variables compuestas que explican en forma integrada las diferencias entre los tratamientos. Las variables compuestas generadas por el análisis se denominan variables canónicas (Meyers *et al.*, 2013). El CVA evalúa entonces la relación e interacción que existe entre las variables evaluadas (Jobson, 1996). La interpretación de los resultados es más compleja que el análisis aislado de variables, porque analiza relaciones de variables e individuos que pueden llegar a ser multidimensionales (Jobson, 1996; Meyers *et al.*, 2013). En ocasiones ANDEVA y CVA pueden ser complementarios, pero también pueden haber casos, como el del presente estudio, en que pueden entregar resultados que requieren de una interpretación compleja.

El análisis estadístico univariado indicó que las tres especies fueron consumidas con diferentes intensidades, habiendo una discriminación positiva hacia *L. perenne* y *B. valdivianus* por sobre *A. capillaris* (Cuadro 7), expresado por el mayor consumo promedio anual de la altura disturbada de macollos y del largo total de láminas. Sin embargo, indica que no hubo selección de una especie por sobre las otras (Cuadro 6). A nivel de pradera hubo una mayor probabilidad de pastoreo de los macollos marcados en NCF durante el invierno y para el promedio anual en que NCF tuvo un resultado similar a MCF (Cuadro 6).

El análisis multivariado (CVA) entregó un Wilks' Lambda significativo ($P \leq 0,0001$), donde la primera variable canónica (CAN 1) explicó 70,1% de las diferen-

cias entre los tratamientos mientras que la segunda variable canónica (CAN 2) explicó 10,0% de ellas, por lo que las dos primeras variables canónicas explicaron 80,1% diferencias entre los tratamientos. CAN 1 indicó que la probabilidad de pastoreo para primavera y otoño fue significativa (Fig. 1). Atributos de la pradera que tienen una estrecha relación con la selección en pastoreo (Clark *et al.*, 1984) fueron indicados como significativos por CAN 1: largo de las láminas por macollo y altura de los macollos. Ambas variables presentaron una asociación estrecha y positiva entre ellas. Durante el otoño asociadas en el sentido positivo al largo de las láminas por macollo y a la altura disturbada de los macollos, estaban el número de hojas por macollo (Fig. 1; Cuadro 8), la altura consumida de los macollos y el largo total de láminas consumidas (Fig. 1; Cuadro 7), en tanto que durante el verano y el invierno la relación fue estrecha con el largo total de láminas consumidas. De esta forma macollos más altos, poseían una mayor longitud de láminas, y esto se relacionó estrechamente y en forma positiva, en primer termino a los macollos de *B. valdivianus*, y en un segundo termino a los macollos de *L. perenne*. Estas características que se relacionaron negativamente a los macollos de *A. capillaris* (Fig. 2).

El CVA mostró, a través de CAN 2, que hubo diferencias entre los tipos de pradera (Fig. 2). NCF en invierno presentó una mayor altura de macollos en prepastoreo y una mayor altura de residuo en primavera en comparación a PSF y MCF (Fig. 2; Cuadro 5). En este aspecto hubo un contraste entre NCF y PSF gráficamente mos-

Cuadro 7. Largo de lámina total consumido de los macollos marcados de *L. perenne*, *B. valdivianus* y *A. capillaris*.

Table 7. Total lamina length consumed of *L. perenne*, *B. valdivianus* and *A. capillaris* marked tillers.

| | Altura disturbada macollos consumidos (mm) | | | | | | | |
|----------------|--|--------------------|---------------------|---------|--------------------|--------------------|-------------------|---------|
| | MCF | PSF | NCF | Signif. | Lp | Bv | Ac | Signif. |
| Verano | 68,1 | 73,3 | 116,2 | ns | 89,3 | 95,8 | 72,5 | ns |
| Otoño | 60,0 | 94,1 | 76,5 | ns | 78,0 ^{ab} | 98,9 ^a | 53,6 ^b | *** |
| Invierno | 92,1 ^a | 48,0 ^b | 62,8 ^b | ** | 70,9 | 73,7 | 58,2 | ns |
| Primavera | 37,5 | 60,4 | 25,1 | ns | 43,7 | 50,7 | 28,7 | ns |
| Promedio | 64,4 | 69,0 | 70,2 | ns | 70,5 ^a | 79,8 ^a | 53,3 ^b | ** |
| | Largo lámina consumida (mm) | | | | | | | |
| | MCF | PSF | NCF | Signif. | Lp | Bv | Ac | Signif. |
| Verano | 133,4 | 140,9 | 208,4 | ns | 168,5 | 194,6 | 119,5 | ns |
| Otoño | 133,6 | 198,2 | 158,5 | ns | 157,9 ^b | 237,1 ^a | 95,3 ^b | *** |
| Invierno | 206,5 ^a | 121,7 ^b | 153,0 ^{ab} | * | 168,8 | 182,8 | 129,7 | ns |
| Primavera | 64,8 | 115,5 | 49,2 | ns | 88,9 | 101,3 | 39,4 | ns |
| Promedio Anual | 134,6 | 144,1 | 142,3 | ns | 146,1 ^b | 179,0 ^a | 96,0 ^c | *** |

Lp, *Lolium perenne*; Bv, *Bromus valdivianus*; Ac, *Agrostis capillaris* L. MCF, Pradera mejorada; PSF, Pradera mixta; NCF, Pradera naturalizada. Los valores dentro de filas con distintas letra presentan diferencias significativas * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$; *** $P \leq 0,001$; ns $P > 0,05$.

Cuadro 8. Número de hojas de los macollos marcados de *L. perenne*, *B. valdivianus* y *A. capillaris*.

Table 8. Leaf number of *L. perenne*, *B. valdivianus* and *A. capillaris* marked tillers.

| Meses | Número de hojas | | | | | | | |
|-----------|------------------|------------------|------------------|---------|--------------|-----|-----|---------|
| | prepastoreo | | | | postpastoreo | | | |
| | Lp | Bv | Ac | Signif. | Lp | Bv | Ac | Signif. |
| Verano | 2,9 | 2,9 | 2,9 | ns | 0,9 | 1,0 | 1,1 | ns |
| Otoño | 2,9 ^b | 3,4 ^a | 3,0 ^b | *** | 1,0 | 1,2 | 1,0 | ns |
| Invierno | 3,1 | 3,2 | 3,1 | ns | 1,9 | 1,9 | 1,9 | ns |
| Primavera | 3,2 | 3,4 | 3,3 | ns | 2,6 | 2,7 | 2,7 | ns |
| Promedio | 3,0 ^b | 3,3 ^a | 3,1 ^b | *** | 1,6 | 1,7 | 1,7 | ns |

| Meses | Número de hojas | | | | | | | |
|-----------|------------------|------------------|------------------|---------|------------------|------------------|-------------------|---------|
| | prepastoreo | | | | postpastoreo | | | |
| | MCF | PSF | NCF | Signif. | MCF | PSF | NCF | Signif. |
| Verano | 2,9 | 2,9 | 2,9 | ns | 1,4 | 1,1 | 0,5 | ns |
| Otoño | 3,0 | 3,1 | 3,0 | ns | 1,5 ^a | 0,5 ^b | 1,2 ^{ab} | * |
| Invierno | 3,1 | 3,2 | 3,1 | ns | 1,4 ^b | 2,1 ^a | 2,2 ^b | ** |
| Primavera | 3,3 ^a | 3,1 ^b | 3,4 ^a | * | 2,9 ^a | 1,9 ^b | 3,2 ^a | *** |
| Promedio | 3,1 | 3,1 | 3,1 | ns | 1,8 | 1,5 | 1,8 | ns |

Lp, *Lolium perenne*; Bv, *Bromus valdivianus*; Ac, *Agrostis capillaris* L. MCF, Pradera mejorada; PSF, Pradera mixta; NCF, Pradera naturalizada. Los valores dentro de filas con distintas letra presentan diferencias significativas * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$; *** $P \leq 0,001$; ns $P > 0,05$.

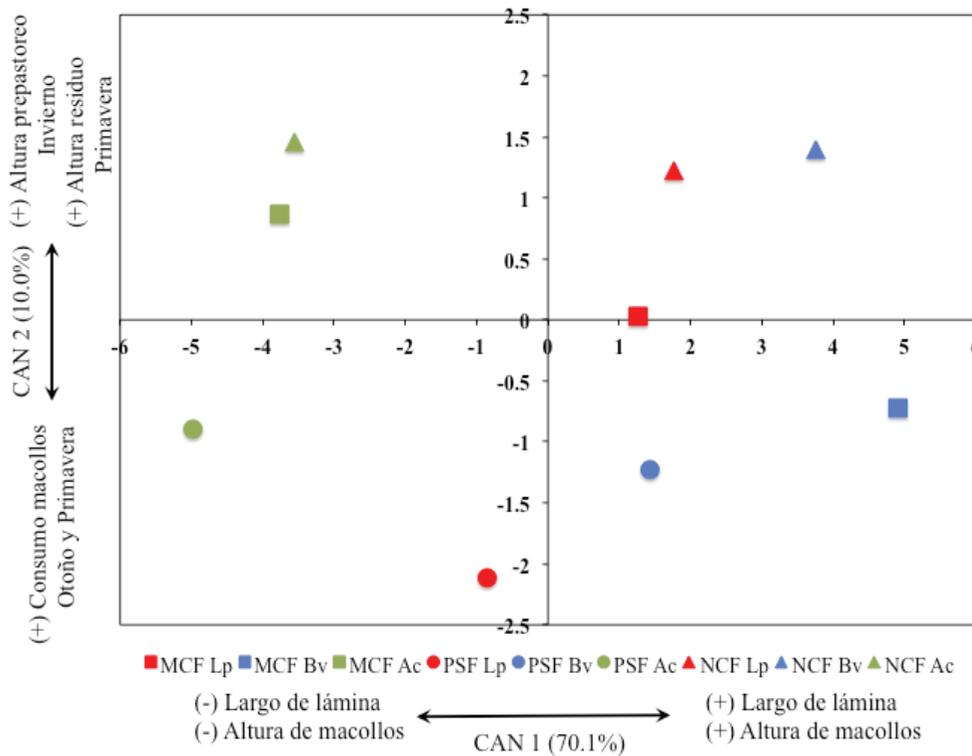


Figura 2. Distribución de las praderas y especies evaluadas respecto de la primera y segunda variables canónicas. MCF, Pradera mejorada; PSF, Pradera mixta; NCF, Pradera naturalizada; Lp, *Lolium perenne*; Bv, *Bromus valdivianus*; Ac, *Agrostis capillaris*.

Figure 2. Distribution of the evaluated pastures and species according to the first and second canonical variates. MCF, Improved pasture; PSF, Mixed pasture; NCF, Naturalised pasture; Lp, *Lolium perenne*; Bv, *Bromus valdivianus*; Ac, *Agrostis capillaris*.

trado en la Fig. 2. El otro aspecto de este contraste se basó en que PSF tendió a que el largo total de láminas fue más consumido en otoño y primavera. MCF fue intermedio a las otras praderas respecto de los atributos resaltados por CAN 2 (Fig. 2).

Los resultados del estudio indican que la estructura de los macollos fue un filtro relevante para decisión de las vacas lecheras durante el pastoreo. La interacción entre altura de macollo y largo total de láminas, con la injerencia del número de hojas especialmente en otoño, expondrían un volumen de hojas en altura sobre el cual el animal define si pastorea. Para un animal a pastoreo, el maximizar la obtención de pradera en cada bocado efectuado, incide en su eficiencia para obtener nutrientes durante el pastoreo (Hodgson, 1990; Soder *et al.*, 2009). Cuando la pradera no es limitante a la ingesta de forraje, el peso del bocado está limitado por el tamaño del bocado, es decir, por la capacidad máxima de la boca del animal para tomar forraje de una vez. Por lo tanto, el animal a pastoreo activamente selecciona los lugares específicos de la pradera a consumir para maximizar el peso del bocado (Hodgson y Brookes, 1999). Es dentro de estos parámetros que se interpretaría el resultado entregado por el CVA respecto a que las vacas lecheras estarían seleccionando y consumiendo *B. valdivianus* \geq *L. perenne* $>$ *A. capillaris*.

Otro aspecto que mostró el presente estudio es que el pastoreo de las vacas lecheras sería flexible durante el año de acuerdo a la estación. El análisis estadístico entre estaciones indicó que las probabilidades de pastoreo para los macollos marcados aumentaban desde el verano y otoño hacia el invierno (Probabilidades de pastoreo ($P \leq 0,0001$): Verano= 0,06c; Otoño= 0,08c; Invierno= 0,32a; Primavera= 0,16b) para posteriormente disminuir hacia la primavera. Este aumento de la probabilidad de pastoreo en el invierno, soportado también por la Fig. 1, se relaciona a la menor disponibilidad de pradera que existe en esa época (Cuadro 4) producto de las bajas tasas de crecimiento (Miller y Wodd-Gush, 1991).

Las menores restricciones de disponibilidad de pradera ocurren en primavera. En esta estación el animal tiene la opción de discriminar entre los componentes disponibles de la pradera sin comprometer su consumo, donde la densidad de bocado es un filtro importante (Stuth, 1991). De esta forma, *B. valdivianus* al poseer macollos más altos (Cuadro 5), con un mayor número de hojas (Cuadro 8) y láminas más largas (Cuadro 3), especialmente comparado a *A. capillaris*, tuvo un mayor aporte que *L. perenne* y *A. capillaris* en el promedio anual al consumo de láminas por macollo (Cuadro 7). Un componente de la pradera que esté ubicado más cerca de la superficie y que destaque sobre los otros constituyentes de la pradera, tiene mayores posibilidades de ser seleccionado por el animal y más aún si provee de un bocado más denso (Hodgson, 1990).

Cuando la pradera disponible restringe el consumo, la probabilidad de selección del animal a pastoreo disminuye dentro de ciertos límites, a la vez que la pradera es más exhaustivamente pastoreada, con esto el animal intenta alcanzar el consumo diario que le permita satisfacer el requerimiento nutricional diario (Stuth, 1991; Hodgson y Brookes, 1999; Soder *et al.*, 2009). Por lo tanto, la altura de macollos, número de hojas y largo de láminas, unido a la densidad de macollos y a la distribución vertical de las estratas de la pradera, son elementos que inciden en las decisiones de los animales al pastorear, y afectan la densidad del bocado, la tasa de consumo y el tiempo de pastoreo (Galli y Cangiano, 1998; Soder *et al.*, 2009). En consecuencia, la interacción de estos factores genera ajustes dinámicos por parte del animal durante el pastoreo, que son determinantes para las decisiones de selección. El CVA indicó un incremento en la selección de las vacas lecheras en los pastoreos de primavera y otoño, y una mayor restricción de la selección en los pastoreos de invierno y verano (Fig. 1 y 2). Los animales ajustan el pastoreo de acuerdo al tipo de pradera y su disponibilidad, lo cual obedece a estrategias para la satisfacción de sus requerimientos nutricionales, en conjunto a estrategias de sobrevivencia propias de animales herbívoros (Stuth, 1991; McNaughton, 1994; Rutter, 2010).

Al considerar la proporción consumida de los macollos marcados respecto de la altura de macollo y el largo total de láminas por macollo, sólo durante el invierno fue mayor en MCF respecto a PSF y NCF, el resto del año fue similar al comparar dentro estación las tres praderas y también las tres especies (Cuadro 9).

Intensidad de pastoreo de macollos pastoreados

El promedio anual de la altura disturbada consumida en los macollos marcados mostró que *B. valdivianus* y *L. perenne* fueron pastoreados con una intensidad similar pero mayor a *A. capillaris* (Cuadro 5). El promedio anual del largo total de lámina removido por el pastoreo mostró el siguiente ordenamiento: *B. valdivianus* $>$ *L. perenne* $>$ *A. capillaris* (Cuadro 7), es decir, *B. valdivianus* fue pastoreado más intensamente que *L. perenne* y *A. capillaris*. Estos resultados son congruentes con la altura de macollo (Cuadro 5), número de hojas por macollo (Cuadro 8) y el largo total de lámina ofrecida por macollo (Cuadro 3). A su vez, el promedio anual de los residuos postpastoreo mostraron un ordenamiento similar respecto de la altura disturbada consumida por macollo (Cuadro 7), largo total de lámina removido (Cuadro 7) y número de hojas remanente (Cuadro 8).

Si bien la intensidad de pastoreo está influida por la altura de los macollos, también hay otros factores que la están determinando, como son la disponibilidad de forraje, el contenido de energía metabolizable, la densidad de macollos y el largo y ancho de la lámina

Cuadro 9. Porcentaje consumido respecto de la altura disturbada y del largo total de láminas de los macollos marcados de *L. perenne*, *B. valdivianus* y *A. capillaris*.

Table 9. Pre-grazing and post-grazing disturbed tiller height relative consumption of *L. perenne*, *B. valdivianus* and *A. capillaris* marked tillers.

| Especies | Largo macollos consumido (%) | | | | | | | |
|-----------|------------------------------|-------------------|-------------------|---------|------|------|------|---------|
| | MCF | PSF | NCF | Signif. | Lp | Bv | Ac | Signif. |
| Verano | 50,8 | 57,6 | 80,0 | ns | 62,7 | 62,8 | 62,9 | ns |
| Otoño | 51,2 | 79,3 | 59,5 | ns | 63,9 | 64,3 | 61,7 | ns |
| Invierno | 60,0 ^a | 37,2 ^b | 39,4 ^b | ** | 46,1 | 46,5 | 43,8 | ns |
| Primavera | 20,7 | 41,7 | 11,2 | ns | 25,7 | 25,3 | 22,7 | ns |
| Promedio | 43,5 | 53,6 | 44,3 | ns | 47,2 | 48,8 | 45,3 | ns |

| Praderas | Largo total de láminas consumidas (%) | | | | | | | |
|-----------|---------------------------------------|-------------------|-------------------|---------|------|------|------|---------|
| | MCF | PSF | NCF | Signif. | Lp | Bv | Ac | Signif. |
| Verano | 53,7 | 58,9 | 80,3 | ns | 63,8 | 64,7 | 64,4 | ns |
| Otoño | 54,1 | 80,1 | 61,0 | ns | 66,1 | 66,5 | 63,5 | ns |
| Invierno | 65,3 ^a | 43,4 ^b | 49,6 ^b | * | 52,2 | 53,0 | 53,1 | ns |
| Primavera | 20,2 | 43,6 | 13,2 | ns | 26,9 | 25,7 | 24,4 | ns |
| Promedio | 46,0 | 57,5 | 49,4 | ns | 50,0 | 52,8 | 50,1 | ns |

Lp, *Lolium perenne*; Bv, *Bromus valdivianus*; Ac, *Agrostis capillaris* L. MCF, Pradera mejorada; PSF, Pradera mixta; NCF, Pradera naturalizada. Los valores dentro de filas con distintas letra presentan diferencias significativas * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$; *** $P \leq 0,001$; ns $P > 0,05$.

(Betteridge *et al.*, 1994, Vivar, 2003; Andwanter *et al.*, 2008). Es muy probable que la mayor defoliación de los macollos de *Lolium perenne* y *B. valdivianus* comparado a *A. capillaris* (estacional: $P \leq 0,001$; anual: $P \leq 0,01$) haya sido influida por la altura de los macollos (Cuadro 5), y también por largo total láminas por macollo presentadas para ser pastoreadas (Cuadro 2).

Respecto al tipo de pradera, dentro de cada estación éstas fueron defoliadas a niveles similares ($P > 0,05$), a excepción del invierno, donde MCF fue más consumida que NCF y PSF respecto de la altura de los macollos, y más consumida que PSF respecto del largo total de láminas (Cuadro 7).

Las alturas residuales de macollos entre las praderas fueron diferentes para el invierno, primavera y para el promedio anual, y a nivel de especies durante la primavera y para el promedio anual (Cuadro 5). Las vacas lecheras son grandes removedoras de macollos altos en praderas compuestas mayormente de gramíneas, a causa de la profundidad de bocado (Betteridge *et al.*, 1994; Vivar, 2003). Un animal al pastorear un pasillo y no poder volver atrás tenía una oportunidad para enfrentar cada una estación de pastoreo, por lo que el consumo voluntario de pradera se expresaba sólo en dicha ocasión. Es probable que esto haya generado la homogeneidad en la proporción consumida de los macollos marcados dentro de cada época del año evaluada (Cuadro 9), y que de ello se desprendieran las diferencias de

las alturas residuales de los macollos, ya que no existía la posibilidad de volver atrás para repasar los sectores no pastoreados (Cuadro 5). Se ha argumentado que cuando los componentes de una pradera poseen diferentes alturas, la intensidad de pastoreo no puede ser considerada como respuesta a la selección, ya que reflejaría el hecho que los macollos que presentan mayores alturas son los que están más expuestos en la pradera (Betteridge *et al.*, 1994). Por ejemplo, en un estudio realizado con ovinos sobre una pradera de *L. perenne* y *Trifolium repens*, el mayor consumo de *T. repens* por las ovejas se debió a la alta proporción y a la distribución horizontal de éste sobre la superficie de la pradera (Clark y Harris, 1985; Armstrong *et al.*, 1993).

Un estudio realizado por Carrère *et al.* (2001), observó en una pradera mixta de *L. perenne* y *T. repens* pastoreada por ovejas, que la proporción de hojas pastoreadas de *L. perenne* fue mayor en primavera que en verano, además que hubo una proporción considerable de defoliación sobre las primeras hojas jóvenes de *L. perenne* por sobre las hojas viejas de un mismo macollo. Forbes (1982), examinó la dieta seleccionada por vacas cuando pastorearon una pradera dominada por *L. perenne* en estado vegetativo; la dieta seleccionada fue mayor en proporción de hojas verdes y menor en tallos, y material muerto. Es evidente que los animales (ovinos y bovinos) concentran su actividad pastorial en el horizonte superior de la pradera la cual está

compuesta por una gran cantidad de hojas y menos cantidad de tallo y de material muerto, siendo selectiva a plantas individuales y partes de ellas (Forbes, 1982; Hodgson et al., 1990; Tainton et al., 1996).

CONCLUSIONES

El análisis de variables canónicas mostró las relaciones entre la selección de las vacas en pastoreo y variables estructurales de los macollos, donde la altura extendida del macollo, el número de hojas y el largo total de las láminas fueron relevantes en la selección durante el pastoreo.

La discriminación en pastoreo por *L. perenne*, *B. valdivianus* y *A. capillaris* fue un proceso dinámico a lo largo del año. Las vacas lecheras modificaron la selectividad en pastoreo de acuerdo a la modificación estructural de los macollos y de la disponibilidad de pradera según las estaciones del año, de manera que la selectividad se acentuaba en primavera, cuando la intensidad de pastoreo era menor, y era mínima durante el invierno al ser la intensidad de pastoreo mayor.

Por lo tanto, las vacas lecheras al pastorear discriminaron y seleccionaron *B. valdivianus* y *L. perenne* por sobre a *A. capillaris*. La dinámica del pastoreo entre las estaciones del año mostró que *B. valdivianus* fue más intensamente pastoreado que *L. perenne*, debido a sus macollos más altos y a su mayor cantidad y longitud de láminas ofrecidas. Consecuencia de ello fue que, cuando hubo selección entre *B. valdivianus* y *L. perenne*, fue *B. valdivianus* seleccionado por sobre *L. perenne*.

REFERENCIAS

Anwandter, V., López, I., Balocchi, O., 2008. Selectividad de vacas lecheras en pastoreo por cultivares de *Lolium perenne* L. Agro sur 36 (1), 15-26.

Armstrong, R.H., Robertson, E., Lamb, C.S., Gordon, I.J., Elston, D.A., 1993. Diet selection by lambs in ryegrass-white clover swards differing in the distribution of clover. In: Proceedings of XVII International Grassland Congress, Hamilton, New Zealand, pp. 715-716.

Balocchi, O., 1999. Praderas y recursos forrajeros en la zona sur de Chile. Pequeña agricultura en la Región de los Lagos, Chile. Ediciones de la Universidad Austral de Chile, Valdivia, pp 59 -73.

Beskow, W. B., 2001. Integration of goats into sheep and cattle grazing systems as a permanent weed control tool. Ph. D. thesis. Massey University, NZ.

Betteridge, K., Fletcher, R., Liu, Y., Costall, D., Devantier, 1994. Rate of removal of grass from mixed pastures by cattle, sheep and goat grazing. Proceedings of the New Zealand Grassland Association 56, pp. 61- 65.

Bootsma, A., Ataja, A., Hodgson, J., 1990. Diet selection by young deer grazing mixed ryegrass/white clover pastures. Proceedings of the New Zealand Grassland Association 51, 187-190.

Carrère, P., Loualt, F., Soussana, F., 1997. Tissue turnover

within grass-clover mixed swards grazed by sheep. Methodology for calculating growth, senescence and intake fluxes. Journal of Applied Ecology 34, 333-348.

Carrère, P., Louault, F., De Faccio, C., Lafarge, M., Soussana, F., 2001. How does the vertical and horizontal structure of a perennial ryegrass and white clover sward influence grazing. Grass and Forage Science 56, 118-130.

Chapman, D.F., Clark, D. A., Land, C.A., Dymock, N., 1984. Leaf and tiller or stolon death of *Lolium perenne*, *Agrostis* spp., and *Trifolium repens* in set-stocked and rotationally grazed hill pastures. New Zealand Journal of Agricultural Research 27, 303-312.

Clark, D. A., Chapman D. F., Land, C.A., Dymock, N., 1984. Defoliation of *Lolium perenne* and *Agrostis* spp. tillers, and *Trifolium repens* stolons in set-stocked and rotationally grazed hill pastures. New Zealand Journal of Agricultural Research 27, 289-301.

Clark, D.A., Harris, P., 1985. Composition of the diet of sheep grazing swards of differing white clover content and spatial distribution. New Zealand Journal of Agricultural Research 28, 233-240.

Forbes, T., 1982. Ingestive behaviour and diet selection in sheep and cattle. Ph. D. thesis. Edinburgh University, UK.

Gastó, J., Cosio, F., Panario, D., 1993. Clasificación de ecorregiones y determinación de sitio y condición. Red de Pastizales Andinos, Santiago, pp. 254.

Galli, J.R., Cangiano, C.A., 1998. Relación entre la estructura de la pastura y las dimensiones del bocado y sus implicancias en el consumo en bovinos. Rev. Argentina de Prod. Animal 18, 247-261.

Gatti, M.L., Ayala Torales, A.T., Cipriotti, P.A., Golluscio, R.A., 2013. Leaf and tiller dynamics in two competing C3 grass species: influence of neighbours and nitrogen on morphogenetic traits. Grass and Forage Science, 68, 151-164.

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.

Griffiths, W.M., Hodgson, J., Arnold, G.C., 2003. The influence of sward canopy structure on foraging decisions by grazing cattle. I. Patch selection. Grass and Forage Science, 58, 112-124.

Hickman, K., Hartnett, D., 2002. Effects of grazing intensity on growth, reproduction, and abundance of three palatable forbs in Kansas tallgrass prairie. Plant Ecology 159, 23-33.

Hodgson, J., 1966. The frequency of defoliation of individual tillers in a set-stocked sward. Journal of The British Grassland Society 21, 258-263.

Hodgson, J., 1979. Nomenclature and definitions in grazing studies. Grass and Forage Science 34, 11-18.

Hodgson, J., 1990. Grazing management: science into practice. Longman Handbooks in Agriculture, UK. pp. 203.

Hodgson, J., Brookes, I., 1999. Nutrition of grazing animal *Lolium* spp., In: White, J., Hodgson, J. (Eds.), New Zealand pasture and crop science. Oxford University Press, pp. 323.

Jobson, J.D., 1996. Applied multivariate data analysis. Volume II: categorical and multivariate methods. Springer-Verlag, New York. 731 p.

Keady, T., O'kiely, P., 1998. An evaluation of potassium and ni-

- trogen 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.
- Keim, J. P., López, I.F., Balocchi, O. A., 2015. Sward herbage accumulation and nutritive value as affected by pasture renovation strategy. *Grass and Forage Science* 70, 283-295.
- Kemp, P.D., López, I.F., 2016. Hill country pastures in the southern North Island of New Zealand: an overview, In: Thom, E.R. (Ed.), Hill Country Symposium. *Grassland Research and Practice. Series N°16*, pp. 289-297.
- Launchbaugh, K., Walker, J., Taylor, C., 1999. Foraging Behavior: Experience or Inheritance?. *Grazing Behavior of Livestock and Wildlife*, pp. 28-35.
- López, I.F., Hodgson, J., Hedderley, D. I., Valentine, I., 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.
- McNaughton, S.J., 1994. Biodiversity and function of grazing systems. In: Schulze, E.-D., Mooney, H.A. (Eds.), *Biodiversity and ecosystem function*, Springer-Verlag. pp. 361-383.
- Meyers, L.S., Gamst, G., Guarino, A.J., 2013. *Applied multivariate research: design and interpretation. Second edition*. SAGE Publications Ltd., London. 1078 p.
- Miller, K., Wood-Gush, D.G., 1991. Some effects of housing on the social behaviour of dairy cows. *Animal Production* 53, 271-278.
- Milligan, K., Brookes, I., Thompson, K., 1987. Feed planning on pasture. In: *New Zealand Society of Animal Production. Livestock Feeding on Pasture, Occasional Publication N° 10*, pp. 75-88.
- Milchunas, D., Sala, O., Lauenroth, W., 1988. A generalized model of the effects of grazing large herbivores on grassland community structure. *American Naturalist* 132, 87-106.
- Nissen, J., Barria, J., 1976. Estudio agroecológico del predio Vista Alegre. Universidad Austral de Chile, Valdivia, pp. 30.
- Rutter, S.M., 2010. Review: Grazing preferences in sheep and cattle: implications for production, the environment and animal welfare. *Canadian Journal of Animal Science* 90, 285-293.
- Soder, K.J., Gregorini, P., Scaglia, G., Rook A.J. 2009. Dietary selection by domestic grazing ruminants in temperate pastures: current state of knowledge, methodologies, and future direction. *Rangeland Ecol Manage* 62, 389-398.
- Stuth J.W., 1991. Foraging behaviour, In: Heitschmidt, R.K., Stuth, J.W. (Eds.), *Grazing Management: an ecological perspective*, Timber Press, Portland, OR. pp. 65-84.
- Tainton, N., Morris, C., Hardy, M., 1996. The ecology and management of grazing systems. Complexity and stability in grazing systems. CAB International, Wallingford, pp. 275-299.
- Velásquez, R., 2005. Selectividad animal de forrajes herbáceos y leñosos en pasturas naturalizadas en función de épocas, manejo y condición de paisaje en Muy Muy, Nicaragua. Tesis Magíster en Ciencias, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CATIE, Turrialba, Costa Rica. 91 p.
- Vivar, E., 2003. Selectividad de *Lolium* spp. y *Bromus Valdivianus* Phil. por vacas lecheras en pastoreo. Tesis Licenciado en Agronomía, Universidad Austral de Chile. 64 p.

