



Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias Agrarias
Escuela de Agronomía

Efecto de una restricción hídrica de un 80-85% de la capacidad de campo sobre el rendimiento y la competencia entre *Lolium perenne* L. y *Bromus valdivianus* Phil.

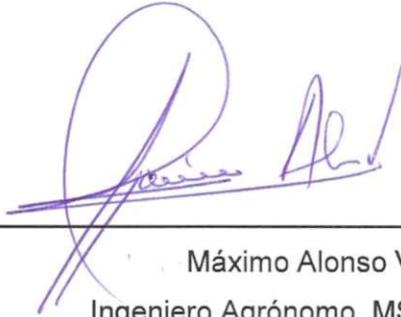
Memoria presentada como parte de los requisitos para optar al título de Ingeniero Agrónomo

Daniel Patricio Werner Opitz

Valdivia – Chile

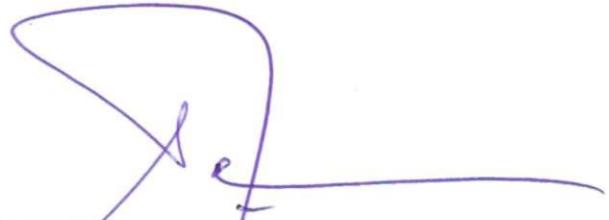
2016

PROFESOR PATROCINANTE:



Máximo Alonso V.
Ingeniero Agrónomo, MSc., PhD.
Instituto de Producción Animal

PROFESOR INFORMANTE:



Oscar Balocchi L.
Ingeniero Agrónomo, MSc., Ph.D.
Instituto de Producción Animal

PROFESOR INFORMANTE:



Juan Pablo Keim S.
Ingeniero Agrónomo, Dr. Cs, Agr.
Instituto de Producción Animal

ÍNDICE DE MATERIAS

| Capítulo | | Página |
|----------|--|--------|
| | RESUMEN | 1 |
| | SUMMARY | 2 |
| 1 | INTRODUCCIÓN | 3 |
| 1.1 | Características de <i>Bromus valdivianus</i> Phil. | 4 |
| 1.2 | Características de <i>Lolium perenne</i> L. | 5 |
| 1.3 | Clasificación de la disponibilidad de agua en el suelo | 5 |
| 1.4 | Potencial hídrico | 6 |
| 1.5 | Efecto de estrés hídrico en las plantas | 7 |
| 1.5.1 | Efecto del estrés hídrico en <i>B. valdivianus</i> y <i>L. perenne</i> | 7 |
| 1.5.2 | Efecto del laboreo del suelo en el estrés hídrico de las plantas | 8 |
| 1.6 | Competencia | 9 |
| 1.6.1 | Competencias entre especies | 9 |
| 1.6.2 | Habilidad competitiva entre especies | 10 |
| 1.6.3 | Índices de Competencia | 10 |
| 1.6.3.1 | Intensidad de Competencia Absoluta (ACI) | 10 |
| 1.6.3.2 | Intensidad de Competencia Relativa (RCI) | 10 |

| | | |
|-------|--|----|
| 2 | MATERIAL Y MÉTODOS | 12 |
| 2.1 | Ubicación del estudio | 12 |
| 2.2 | Duración del estudio | 12 |
| 2.3 | Tratamientos | 12 |
| 2.4 | Llenado y siembra de los tubos | 12 |
| 2.5 | Criterio de iniciación y termino del estudio | 14 |
| 2.6 | Criterio de riego | 14 |
| 2.7 | Criterio de cosecha y mediciones | 17 |
| 2.8 | Índices de competencia | 18 |
| 2.8.1 | Intensidad de competencia absoluta (ACI) | 18 |
| 2.8.2 | Intensidad de competencia Relativa (RCI) | 18 |
| 2.9 | Análisis estadístico | 19 |
| 3 | PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS | 20 |
| 3.1 | Análisis de número de macollos para las tres mini-praderas de las tres cosechas realizadas | 20 |
| 3.2 | Análisis biomasa aérea de las tres mini-praderas de las tres cosechas realizadas | 23 |
| 3.3 | Análisis del peso seco en raíces de las tres mini-praderas de las tres cosechas realizadas | 26 |
| 3.4 | Análisis de los potenciales hídricos para las tres mini-praderas en las tres cosechas realizadas | 28 |

| | | |
|-----|--|----|
| 3.5 | Índices de competencia absoluta y relativa en producción de macollos | 31 |
| 3.6 | Índices de competencia absoluta y relativa de la producción de biomasa | 33 |
| 4 | CONCLUSIONES | 37 |
| 5 | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 38 |

ÍNDICE DE CUADROS

| Cuadro | | Página |
|---------------|--|---------------|
| 1 | Resultados del número de macollos para las tres cosechas realizadas | 22 |
| 2 | Resultados del número de macollos para las tres cosechas realizadas en siembra en mezcla | 23 |
| 3 | Resultados de fitomasa aérea y para las tres cosechas realizadas | 25 |
| 4 | Resultados de fitomasa aérea para las especies en mezcla de las tres cosechas realizadas | 26 |
| 5 | Resultados del peso seco en raíces para las tres cosechas realizadas | 27 |
| 6 | Resultados potencial hídrico en las tres cosechas realizadas | 30 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| Figura | | Página |
|---------------|--|---------------|
| 1 | Disposición de la siembra de las mini-praderas monofítica y mini-praderas polifítica | 14 |
| 2 | A) Curva pF para suelo no disturbado a 0-10 cm de profundidad y poros de agua útil en tabla. B) Curva pF para suelo no disturbado a 20-35 cm de profundidad y poros de agua útil en tabla | 15 |
| 3 | A) Curva pF para suelo disturbado a 0-20 cm de profundidad y poros de agua útil en tabla. B) Curva pF para suelo disturbado a 25-35 cm de profundidad y poros de agua útil en tabla | 16 |
| 4 | Gráficos índice de competencia absoluta ACI (A) e índice de competencia relativa RCI (B) del promedio de número de macollos para <i>B. valdivianus</i> y <i>L. perenne</i> según suelo disturbado y no disturbar a nivel de estrés hídrico 80% - 85% | 33 |
| 5 | Gráficos índice de competencia relativa ACI (A) e índice de competencia relativa RCI (B) de la producción de biomasa para <i>B. valdivianus</i> y <i>L. perenne</i> según suelo disturbado y no disturbar a nivel de estrés hídrico 80% - 85% | 35 |

RESUMEN

La principal fuente de alimento en la producción ganadera en el sur de Chile es la pradera, principalmente por ser de bajo costo y aportar un buen equilibrio en la dieta animal. Estas praderas están compuestas principalmente por gramíneas, entre las cuales destacan *Lolium perenne* L. y *Bromus valdivianus* Phil. El presente estudio se llevó a cabo bajo condiciones de invernadero en la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Austral de Chile. El objetivo fue evaluar el rendimiento y la competencia entre *L. perenne* y *B. valdivianus* en condiciones de agua en el suelo de un 80-85% de la capacidad de campo, tanto en un suelo disturbado como no disturbado. Se establecieron tres tipos de mini-praderas en tubos de PVC, monofítico de *B. valdivianus*, monofítico *L. perenne* y polifítica con 50% de *B. valdivianus* y 50% de *L. perenne*. Las mini-praderas se establecieron en un suelo disturbado y no disturbado de igual densidad aparente, todos al 80-85% de la capacidad de campo. Los tubos fueron sembrados con 16 semillas en forma equidistante, las cuales al estar establecidas como plántulas se ralearon a 8 plantas en forma equidistante. Las plantas crecieron durante el periodo estival de la zona de Valdivia, entre los meses de noviembre a febrero, equivalente a 1196 grados días acumulados (GDA). En tres momentos del crecimiento (598, 897 y 1196 GDA), se realizaron mediciones del número de macollos, biomasa aérea, biomasa radical y potencial hídrico de las plantas. También se analizaron índices de competencia para entender como afectó la competencia de estas dos especies al número de macollos y biomasa aérea. *L. perenne* produjo mayor biomasa aérea en las mediciones a los 897 y 1196 GDA asociada a una mayor producción de macollos en todas las mediciones en comparación con *B. valdivianus*. La producción de raíces no presentó diferencias significativas entre tratamientos. El tratamiento de suelo tuvo un amplio efecto en el número de macollos y biomasa aérea. Suelos disturbados tuvieron un efecto negativo en producción de macollos y biomasa aérea. La mezcla de *L. perenne* con *B. valdivianus* disminuyó la biomasa aérea, exhibiendo un fuerte efecto de la competencia a nivel de macollos, donde en general *B. valdivianus* es desplazado por *L. perenne* en condiciones de suelos disturbados y *L. perenne* es desplazado por *B. valdivianus* en condiciones de suelo no disturbado. Los potenciales hídricos de *L. perenne* fueron en general superiores a los de *B. valdivianus*. Los efectos se hicieron más significativos a medida que avanzó la estación de crecimiento, magnificándose las diferencias hacia los 1196 GDA.

SUMMARY

The main source of food for livestock production in southern Chile is the prairie, mainly because it is inexpensive and provides a good balance in the animal diet. These fields are mainly composed of grass, mostly of them are of *Lolium perenne* L. and *Bromus valdivianus* Phil. This study was carried out under greenhouse conditions at the Faculty of Agricultural Sciences in the Austral University of Chile. The objective was to evaluate the performance and competition of *L. perenne* and *B. valdivianus* in soil water conditions of 80-85% of field capacity, in a disturbed and undisturbed soil. Three mini-pastures were established in PVC pipes (*B. valdivianus*, *L. perenne* and 50% of *B. valdivianus* and 50% of *L. perenne*). The pipes were established in disturbed and undisturbed soil with a same density, all at 80-85% of field capacity. The pipes were planted with 16 equidistant seeds, to establish themselves as seedlings were thinned to 8 plants in equidistantly. Plants were grown during the summer in the area of Valdivia, between the months of November and February, for a total of 1196 accumulated degree-days (GDA). In three stages of growth (598, 897 and 1196 GDA), measurements of the number of tillers, aerial biomass, root biomass and water potential of plants were measured. Competition index were also applied to understand how competition affected both species in relation to the number of tillers and aerial biomass. *L. perenne* produced more aerial biomass in measurements 897 and 1196 GDA associated with a higher production of tillers in all measurements compared to *B. valdivianus*. The production of roots did not show significant differences. The soil type had a large effect on the number of tillers and aerial biomass among treatments. Disturbed soil had a negative effect on production of tillers and aerial biomass, associated with a decrease in the available water. The mixture of *L. perenne* and *B. valdivianus* showed decreases in aerial biomass, exhibiting a strong effect of competition between tillers. During all the trial *B. valdivianus* was displaced by *L. perenne* at disturbed soil and *L. perenne* was displaced by *B. valdivianus* in condition of undisturbed soil. The water potential of *L. perenne* were higher than *B. valdivianus*. The effects became more significant as the growing season progressed, and differences become more visible at the 1196 GDA.

1. INTRODUCCIÓN

Una de las principales fuentes de alimento para los sistemas ganaderos del sur de Chile es la pradera, ya que puede proveer de gran parte del forraje total usado en la alimentación de los rumiantes. La noción de los atributos morfo-fisiológicos de crecimiento de las especies pratenses, es una herramienta importante para establecer estrategias de utilización de la pradera que concilien eficiencia de producción con eficiencia de utilización (DESCALZI, 2011).

En el sur de Chile, las praderas generalmente tienen que enfrentar períodos de sequía estival, los cuales pueden llegar a ser muy extensos y tener repercusiones en la producción de materia seca por hectárea. Ésta problemática hace provechoso evaluar especies nativas que posean buenas características forrajeras y a la vez que tolere periodos con déficit hídrico. Al utilizar especies nativas de una zona determinada, estas presentan una ventaja ecológica en su capacidad de crecimiento y desarrollo frente a especies introducidas. Por ello, es relevante investigar y comparar las capacidades que poseen *Lolium perenne* L. y *Bromus valdivianus* Phil, para crecer, producir y convivir bajo condición de campo de dicha zona, donde los pastizales son cada vez más utilizados para la producción lechera y lo que se busca son praderas persistentes y productivas a lo largo de los años (LÓPEZ *et al.*, 2013).

Las praderas permanentes del sur de Chile están compuestas por gramíneas y leguminosas (TEUBER *at al.*, 2007). Las principales gramíneas nativas son los bromos, entre los cuales destacan *Bromus valdivianus* Phil., *Bromus stamineus* cv. y *Bromus catharticus* Vhal. Entre las especies introducidas y naturalizadas se encuentran *Agrostis capillaris* L., *Anthoxanthum odoratum* L., *Arrhenatherum elatius* L., *Holcus lanatus* L., *Poa annua* L. y *Poa pratensis* L. Encontramos también algunas especies cultivadas como *Dactylis glomerata* L., *Lolium multiflorum* Lam. y *Lolium perenne* L. (SIEBALD, 2001).

B. valdivianus es una especie nativa del Sur de Chile y *L. perenne* es una especie introducida y naturalizada en la misma región del país. Estas dos especies han sido reconocidas como deseables para los pastoreos en los sistemas ganaderos, ya que han mostrado ser capaces de producir altos niveles de materia seca y alta calidad

nutritiva (LÓPEZ *et al.*, 2013), por lo tanto es una excelente fuente de forraje y alimento para los animales.

1.1 Características de *Bromus valdivianus* Phil.

SIEBALD (2001), afirma que del género *Bromus* existe una gran cantidad de especies con características propias. Varias tienen su origen en el Cono Sur de Sudamérica, encontrándose distribuidas en todo el mundo.

B. valdivianus es nativo de la zona Sur, de Valdivia a Chiloé, como también en Argentina. Ha sido clasificado como deseable para los sistemas ganaderos a pastoreo. Esta especie presenta un macollaje intermedio, tiene una altura de 50 a 60 cm, el largo de las vainas es de 10 a 15 cm con 2 a 4 mm de ancho, es perenne y por sus características propias de presentar un mayor número y periodo de producción de hojas es apto para el pastoreo. Alcanza su mayor producción en primavera y verano siendo moderada en invierno. Esta especie persiste en suelos fértiles con buen drenaje, es resistente a sequía, explicándose esto por el largo de su raíz que ha registrado 57 cm a los 60 días post siembra (SIEBALD, 2001). BALOCCHI y LOPEZ (1995) indican que los rendimientos de esta especie en ensayos en la Provincia de Valdivia, han llegado a las 13 T MS ha⁻¹ año⁻¹ sin fertilización y de 13 T MS ha⁻¹ año⁻¹ con fertilización. Presenta una digestibilidad de 60% y concentración de proteínas del 17,3%.

LOPEZ *et al.* (1997), indican que desde el punto de vista de la fertilidad de los suelos, *B. valdivianus* domina en sitios con bajos niveles de aluminio intercambiable (0,15 meq 100 g⁻¹), baja saturación de aluminio (2,72%), pH ácido (5,5), contenidos altos de potasio (243,5 ppm), medios de calcio (5,76 meq 100 g⁻¹), altos en magnesio (1,81 meq 100 g⁻¹) y medios en suma de bases (6,54 meq/100 g.s.), siendo esta especie susceptible a las variaciones de los niveles de aluminio y acidez del suelo. Por otra parte, la presencia de *B. valdivianus* en suelos que poseen mejores niveles de fertilidad y menores tenores de acidez y de aluminio tiende a decrecer, debido al ingreso de especies más agresivas y altamente competitivas por los recursos lumínicos y edáficos, como es el caso de *L. perenne*.

1.2 Características de *Lolium perenne* L.

DIETL y FERNANDEZ (2009), señalan que es originaria de Eurasia describiéndola como una gramínea perenne con un tallo de 40 a 90 cm de alto, retoño basal rojizo, hojas de 10 a 20 cm de largo y de 2 a 4 mm de ancho, lisas brillantes en la cara superior, glabras, plegadas en las hojas más jóvenes y con raíces fasciculadas densas; donde las raíces son superficiales, produciendo un gran número de macollos.

BALOCCHI y LÓPEZ (2001), indican que el rendimiento en materia seca de *L. perenne* en una pradera monofítica alcanzó las 11 T MS ha⁻¹ año⁻¹ con fertilización y 9 T MS ha⁻¹ año⁻¹ sin fertilización. LÓPEZ (1996), señala que para la zona de Osorno una pradera monofítica de *L. perenne* produce entre 10 y 13 T MS ha⁻¹ año⁻¹ y describe que la especie se caracteriza por ser agresiva y desarrollarse rápidamente desde el estado de semilla, pudiendo afectar la convivencia con otras gramíneas forrajeras en la etapa de establecimiento.

L. perenne se desarrolla bien en suelos fértiles y algo compactados bien drenados, tiene un alto contenido de energía como carbohidratos solubles mayoritariamente y proteínas, lo que la hace apta como forraje (DIETL *et al.*, 2009). LÓPEZ (1996) señala que el drenaje del suelo debe ser bueno, ya que no tolera suelos anegados y con pH ideal entre 5,8 y 6,7 para un óptimo crecimiento.

1.3 Clasificación de la disponibilidad del agua en el suelo

GAVANDE (1972) define a la capacidad de campo como la cantidad de agua retenida en el perfil de suelo después que ha drenado el agua gravitacional y cuando la velocidad del movimiento descendente del agua disminuye sustancialmente. En un suelo bien drenado, generalmente a este punto se llega aproximadamente 48 horas después de irrigar. MESTAS (2011) señala que este valor de humedad corresponde a un potencial matricial de -33 kPa. HOGG (1981) indica que después de un período, que puede ir de un día a varias semanas de acuerdo con el tipo de suelo, el impulso de la gravedad (que es constante) se equilibra con la tensión de superficie de la película de agua que hay alrededor de cada partícula individual de suelo. Entonces, virtualmente cesa el drenaje y se dice que el suelo está a su capacidad de campo, esto es que contiene la cantidad máxima posible de agua frente a un drenaje libre.

El punto de marchitez permanente indica la humedad del suelo en la zona radical cuando una planta se marchita y no se recupera cuando se coloca en una atmósfera saturada de humedad durante 12 horas. Este valor de humedad corresponde a un potencial matricial de -1534 kPa (MESTAS, 2011).

1.4 Potencial hídrico

El potencial hídrico cuantifica la tendencia del agua de fluir desde un área hacia otra debido a gravedad, presión mecánica, ósmosis, o efectos mátricos como la tensión superficial. Este concepto es generalmente utilizado en fisiología vegetal ya que permite explicar la circulación del agua en las plantas como también en el suelo (TAIZ y ZEIGER, 2002).

La habilidad de las plantas para tolerar periodos con bajo contenido de agua en el suelo consiste en la habilidad de mantener un alto potencial hídrico. Esta tolerancia la pueden efectuar disminuyendo el agua transpirada, aumentando la resistencia estomática o la cuticular; mediante el control estomático o la velocidad de absorción del agua (MUJICA y JACOBSEN, 1996).

La tolerancia al stress hídrico, soportando un bajo potencial hídrico, es una característica inherente de la planta, la cual, en un bajo potencial hídrico mantiene turgencia y los procesos de crecimiento, desarrollo y producción, a través de una acumulación activa de solutos acompañada de una mayor elasticidad de las membranas (MUJICA y JACOBSEN, 1997).

El potencial de la matriz del apoplasto (espacio extracelular periférico al plasmalema de las células vegetales por el que fluyen agua y otras sustancias) será similar a la del potencial hídrico del agua total de las células del macollo. Siempre que el potencial osmótico del agua del apoplasto sea cercano a cero, el sistema estará en equilibrio. El potencial osmótico del agua apoplastica es generalmente mayor a -0.1 MPa y a menudo mayor que -0.02 MPa en glicófitas (plantas susceptibles a la salinidad), pero puede ser mucho menor en halófitas (vegetación característica de los suelos salinos) (TURNER, 1981).

1.5 Efecto de estrés hídrico en las plantas

En las plantas el agua es vital para su desarrollo. Esto es debido a que el protoplasto está compuesto por 90% de agua, ésta actúa en diferentes funciones internas de la planta, como medio de transporte y solvente de sustancias importantes, permitiéndole a la planta absorber radiación solar sin aumentar su calor específico, participa también en la dinámica de los estomas, da turgencia y es parte de reacciones químicas, incluyendo la fotosíntesis (MURAOKA y TZI, 2001).

El proceso fisiológico más afectado por el estrés hídrico; es la fotosíntesis, debido que se reduce la tasa fotosintética por el cierre de los estomas, lo que impide el intercambio de CO₂ entre la hoja y el medio ambiente (MURAOKA y TZI, 2001).

Los autores MURAOKA y TZI (2001) y HOGG (1981), concuerdan que en general, las células sometidas a estrés hídrico disminuyen su turgencia y reducen su crecimiento como consecuencia de la disminución de la fotosíntesis y reducción de la traslocación de carbohidratos. Si en las hojas se pierde más agua de la que entra por las raíces, las células llegan a estado de flacidez, los tejidos no llegan a sostenerse y la planta entra en fase de marchitamiento.

Por otro lado, hay especies que se desarrollan en estos ambientes deficitarios de agua sin problemas. Estas tienen la habilidad de producir una reacción instantánea al estrés disminuyendo sus actividades normales y dándole prioridad a la fase reproductiva para garantizar su descendencia. Lo que mejor describe la respuesta al déficit hídrico es el cierre total o parcial de los estomas, lo cual evita que la planta se deshidrate. También algunas especies son capaces de modificar su fenotipo como una respuesta a las fluctuaciones de las limitaciones ambientales o a la heterogeneidad del medio ambiente (LOPEZ *et al.*, 2013).

1.5.1 Efecto del estrés hídrico en *B. valdivianus* y *L. perenne*

LÓPEZ *et al.* (2013) afirman que estas dos especies disminuyen su producción de materia seca ante déficit hídricos. Además, ante restricciones de agua en el suelo, ambas especies aumentan el crecimiento de raíces por sobre la fitomasa aérea, manifestándose de mayor forma en *B. valdivianus* que en *L. perenne*.

Dichos autores también afirman que en ambiente de estrés hídrico *B. valdivianus* aumenta el tamaño de macollos, aumenta la longitud de lámina y aumenta la cantidad de raíces. *B. valdivianus* es capaz de acceder al contenido de agua de profundidad en el perfil del suelo y por lo tanto tolerar la sequía del verano. Este mecanismo podría ayudar a explicar por qué *B. valdivianus* ha demostrado ser más productivo que *L. perenne* en un verano seco (DESCALZI, 2011).

L. perenne, por su parte, aumenta su densidad de macollos, pero de menor tamaño, y de raíces laterales (JUPP *et al.*, 1986).

L. perenne favorece el crecimiento del follaje sobre el crecimiento de la raíz, incluso durante una gran restricción hídrica (LÓPEZ *et al.*, 2013). Se ha demostrado que las raíces de *L. perenne* pueden alcanzar hasta 40 cm de profundidad en el perfil del suelo y ese número de raíces aumenta a lo largo del sistema de la raíz cuando un período de restricción de agua está empezando, e incluso cuando las raíces superficiales mueren, las raíces más profundas sobreviven permitiendo a *L. perenne* superar el período de restricción hídrica (WEDDERBURN *et al.* 2011).

1.5.2 Efecto del laboreo del suelo en el estrés hídrico de las plantas

El flujo de agua en los suelos se lleva a cabo principalmente por poros de drenaje rápido y drenaje lento, a pesar de que éstos constituyen sólo una pequeña fracción de la porosidad total del perfil de suelo. La conductividad hidráulica del suelo está directamente relacionada con técnicas de labranza, debido a la alteración en la estructura de macro y meso poros (SCHWEN *et al.*, 2011).

Una propiedad del suelo está relacionada con la conductividad hidráulica, la que se define como la facilidad con la cual los poros del suelo permiten el flujo de agua (GABRIELS, *et al.* 2014). El flujo de agua se produce por una gradiente de potenciales hídricos suelo – planta – atmosfera.

Las prácticas de labranza de conservación se asocian a suelos no labreados, buscando reducir el número de operaciones de labranza y el mantenimiento de los residuos de cosecha sobre la superficie del suelo. La labranza de conservación es un término que cubre una gama de prácticas de labranza que tienen como característica

común, el potencial para reducir la pérdida de suelo y de agua en comparación con la labranza convencional, la cual se asocia a suelos laboreados (MORENO *et al.*, 1997).

En relación a la conductividad hidráulica, ésta es menor en labranza tradicional que en la labranza de conservación, al igual que la eficiencia en el uso del agua y la retención de agua en el suelo (MORENO *et al.*, 1997). Por lo tanto, al afectarse la conductividad hidráulica se afecta la gradiente de potencial hídrico entre el suelo – planta – atmosfera. Además, al secarse el suelo éste aumenta su resistencia al flujo de agua, por lo que la planta necesitara un potencial más negativo para absorber agua (SATORRE *et al.*, 2003).

1.6 Competencia

GRIME (1974) afirma que competencia es el intento de plantas vecinas de utilizar las mismas unidades de recursos de luz, agua, nutrientes como minerales o espacio.

Al haber un recurso deficiente en el ambiente puede haber competencia entre plantas afectando su crecimiento y desarrollo. En este proceso de competencia una especie domina sobre la otra, limitando la tasa de crecimiento de la especie más débil (BARUCH *et al.*, 1988). Así, la especie más competitiva es aquella que tiene la tasa más elevada de crecimiento potencial (GRIME, 1979).

1.6.1 Competencia entre especies

La competencia puede ocurrir entre miembros de una misma población o especie denominada competencia intraespecífica o entre miembros de distinta especie denominada competencia interespecífica JAKSIC (2001). Los autores MCKENZIE *et al.* (1999) y SATORRE *et al.* (2003) concuerdan en que la competencia interespecífica, es el proceso según el cual plantas próximas comparten recursos provistos en cantidades insuficientes para satisfacer sus requerimientos conjuntos, causando reducción en el crecimiento, reproducción o supervivencia debido a la explotación de los recursos por la otra especie.

La competencia intraespecífica es dependiente de los efectos de densidad poblacional ligados a la natalidad y supervivencia o sobre alguna combinación de ambos procesos (MCKENZIE *et al.*, 1999) y (SATORRE *et al.*, 2003).

1.6.2 Habilidad competitiva entre especies

GRIME (1981) Indica que una buena habilidad competitiva es reconocida como un conjunto de características genéticas que permiten una alta tasa de adquisición de recursos en sitios cubiertos de vegetación.

Características morfológicas y fisiológicas se han sugerido en relación a cómo afecta a la competitividad donde hay correlaciones significativas entre estos factores y un éxito mensurable en la mezcla de ellos. Los rasgos heredables pueden estar involucrados en la determinación de la competitividad de un genotipo con respecto a otro. Algunos de tales rasgos pueden variar dentro de la especie, así como entre las especies (NURJAYA *et al.*, 2001).

Las gramíneas poseen mecanismos de competitividad que se basan en la producción de nuevos macollos (perpetuarse en el tiempo) y producción de nuevas hojas (número de utilidades de pradera) para mantenerse productivas (CONSORCIO LECHERO, 2012).

1.6.3 Índices de Competencia

Indican la intensidad de la competencia que está ocurriendo entre las plantas. Se utilizan para ver los efectos de las malezas en los cultivos y también para estudiar la competencia entre plantas de la misma y de diferentes especies.

1.6.3.1 Intensidad de Competencia Absoluta (ACI). Representa la disminución en el desarrollo de una especie, debido a la competencia que se está produciendo con otra especie. Al aumentar la productividad aumenta la intensidad de la competencia. (GRACE, 1995).

1.6.3.2 Intensidad de Competencia Relativa (RCI). La competencia relativa es la reducción proporcional del rendimiento de una especie debido a la presencia de especies vecinas (GRACE, 1995).

Hipótesis

En una condición de agua en el suelo de 80-85% de la capacidad de campo, *Lolium perenne* L. presenta mayor biomasa aérea y radicular, como también mayor potencial hídrico y capacidad de macollaje que *Bromus valdivianus* Phil. tanto en un suelo disturbado como en uno no disturbado.

Objetivo general

Determinar el rendimiento y la competencia entre *L. perenne* y *B. valdivianus* con una restricción hídrica de 80-85% de la capacidad de campo, en un suelo disturbado y no disturbado.

Objetivos específicos

- Determinar el nivel de macollamiento de *B. valdivianus* y *L. perenne*.
- Determinar la producción de materia seca aérea y radicular de *B. valdivianus* y *L. perenne*.
- Determinar el potencial hídrico de *B. valdivianus* y *L. perenne*.
- Determinar la competencia entre *B. valdivianus* y *L. perenne*.

2. MATERIAL Y MÉTODO

2.1 Ubicación del estudio

El estudio se realizó en uno de los invernaderos de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Austral de Chile, Campus Isla Teja. Se utilizó suelo proveniente de la Estación Experimental Agropecuaria Austral (EEAA).

2.2 Duración del estudio

Este estudio comenzó el 13 de enero 2015 concluyendo 19 de abril 2015 cuando se cumplieron los 1196 grados día acumulado, correspondiente al período de sequía estival en Valdivia.

2.3 Tratamientos

Se establecieron tres tipos de mini praderas en tubos de PVC, monofítico de *B. valdivianus*, monofítico *L. perenne* y polifítica de *B. valdivianus* y *L. perenne*. Se utilizaron 54 tubos de PVC de 0.196 m³ de volumen (25 cm de diámetro y 50 cm de altura), de los cuales 27 contenían suelo no disturbado y 27 contenían suelo disturbado. El suelo utilizado en el experimento es de tipo Duric Hapludand de la serie Valdivia.

El estudio se ajustó a un diseño de bloques completos al azar, con arreglo factorial de los tratamientos. Cada bloque correspondió a los 3 tipos de pradera: 100% *L. perenne*; 100% *B. valdivianus*; y 50% *Lp.* + 50% *Bv.* y las 2 condiciones de suelo: sin disturbar y suelo disturbado, ambos a igual densidad aparente y todos al 80-85% de la capacidad de campo. Se utilizaron 9 bloques.

2.4 Llenado y siembra de los tubos

Los tubos con suelo no disturbado corresponden a aquellos tubos que se enterraron en los primeros 50 cm del perfil de suelo mediante una retroexcavadora, para ser retirados manualmente y transportados desde la EEAA al invernadero. Mientras que en el tratamiento con suelo disturbado, los tubos fueron rellenos con suelo proveniente del mismo sitio anterior, previamente harnereado con una malla de metal de 1 cm². El

llenado de los tubos se realizó en el invernadero. En base de los tubos se colocó una malla raschel afirmada con alambre para evitar pérdida de suelo.

Ambos tratamientos debían presentar la misma densidad aparente. Para lograr esto se determinó la densidad aparente del suelo no disturbado de la siguiente manera: Se extrajeron 4 Cilindros de 230 cm³ a dos profundidades del perfil de suelo: 10 cm y 35 cm. Estos cilindros se llevaron a secado a 105 °C por 24 horas para conocer la cantidad de suelo seco dentro del volumen del cilindro, lo que dio como resultado 0.7 gr cm⁻³ de densidad aparente. Para igualar la densidad aparente del suelo no disturbado con la del suelo disturbado se realizó el siguiente cálculo:

$$g=Da \times V \times H\%$$

Donde:

g: gramos de suelo húmedo a agregar.

Da: densidad aparente g/m³ del suelo no disturbado.

V: volumen del cilindro cm³.

H%: porcentaje de humedad del suelo disturbado.

Para la siembra, en cada tubo de pradera monofítica se sembraron de forma triangular 16 semillas, 2 por cada posición, distribuidas en 8 lugares equidistantes. Para el caso del establecimiento de las mini-praderas polifíticas se utilizó la misma técnica resguardando intercalar semillas de cada especie en cada posición. Para facilitar la siembra se utilizó una plantilla de 25 cm de diámetro de cartón piedra con orificios distribuidos en forma triangular (Figura 1). Cuando las plantas se encontraban establecidas como plántulas se raleó dejando una planta en cada posición.

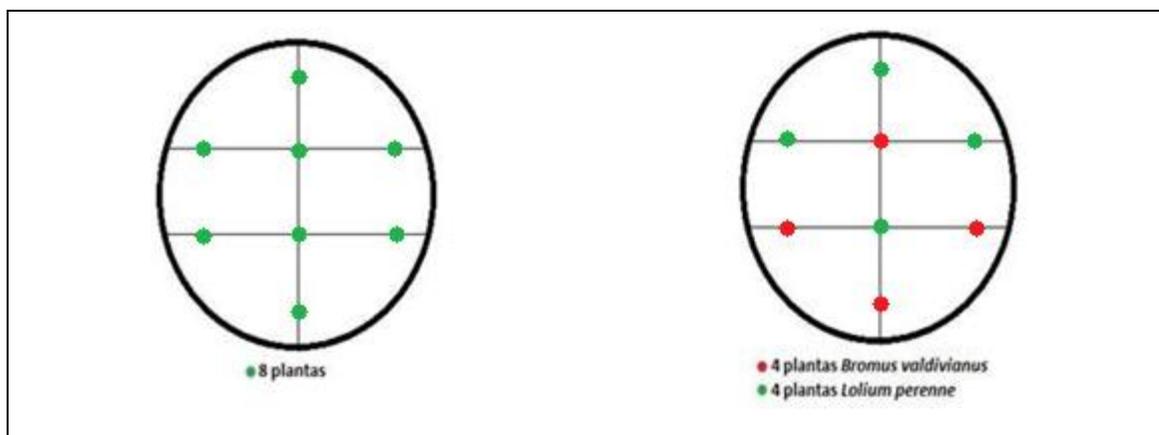


FIGURA 1 Disposición de la siembra de las mini-praderas monofítica (izquierda); y mini-praderas polifíticas (derecha)

2.5 Criterio de iniciación y término del estudio

Se mantuvo el suelo a capacidad de campo hasta el momento que la hoja más vieja de cualquiera de ambas especies entró en senescencia. Ocurrido esto, se realizó un corte de homogenización a 5 cm en todos los tratamientos y se empezó la aplicación del criterio de riego de 80-85% de la capacidad de campo. La duración de la restricción hídrica corresponde al periodo de sequía estival de la zona de Valdivia, entre los meses de noviembre a febrero (1196 GDA) dando el término del estudio.

Los GDA fueron medidos por un Datalogger (pendrive) con conexión a PC por puerto USB con registro de temperatura cada 30 min. Para el cálculo de GDA se considero una temperatura base de 5°C para gramíneas, determinados por la siguiente fórmula:

$$\text{GDA} = (T^{\circ} \text{ máxima del día} + T^{\circ} \text{ mínima del día})/2 - T^{\circ} \text{ base}$$

T°: temperatura en °C

2.6 Criterio de riego

Para el riego se determinó una curva de retención de agua (pF) ajustada para el déficit hídrico 80-85% de la capacidad de campo para el suelo disturbado y no disturbado, la cual nos indicó el porcentaje de poros de agua útil del suelo. La curva pF se obtuvo

registrando el contenido de agua en el suelo. Para esto se sacaron muestras de 2 cilindros de $77,53 \text{ cm}^3$ de volumen a 3 tubos a 10 cm y 35 cm de profundidad de cada suelo, los cuales, fueron saturados con agua por capilaridad, para así evitar que el aire quede atrapado en los poros, luego fueron equilibradas en bandejas de arena (-60 hPa por medio de control de columna de agua colgante), y ollas de presión (-330 y -15000 hPa). Se puede observar en las figuras 2 y 3 la curva de retención de agua para el suelo disturbado y no disturbado a dos profundidades.

La capacidad de campo para estos suelos fue de -60 hPa, lo que correspondió 35,37% y 22,98% de poros de agua útil a 0 – 10 cm y 20 o más cm de profundidad en el suelo no disturbado, respectivamente. Para el suelo disturbado se obtuvo 14,61% y 13,68% de poros de agua útil, de 0 – 10 cm y 20 – 35 cm de profundidad.

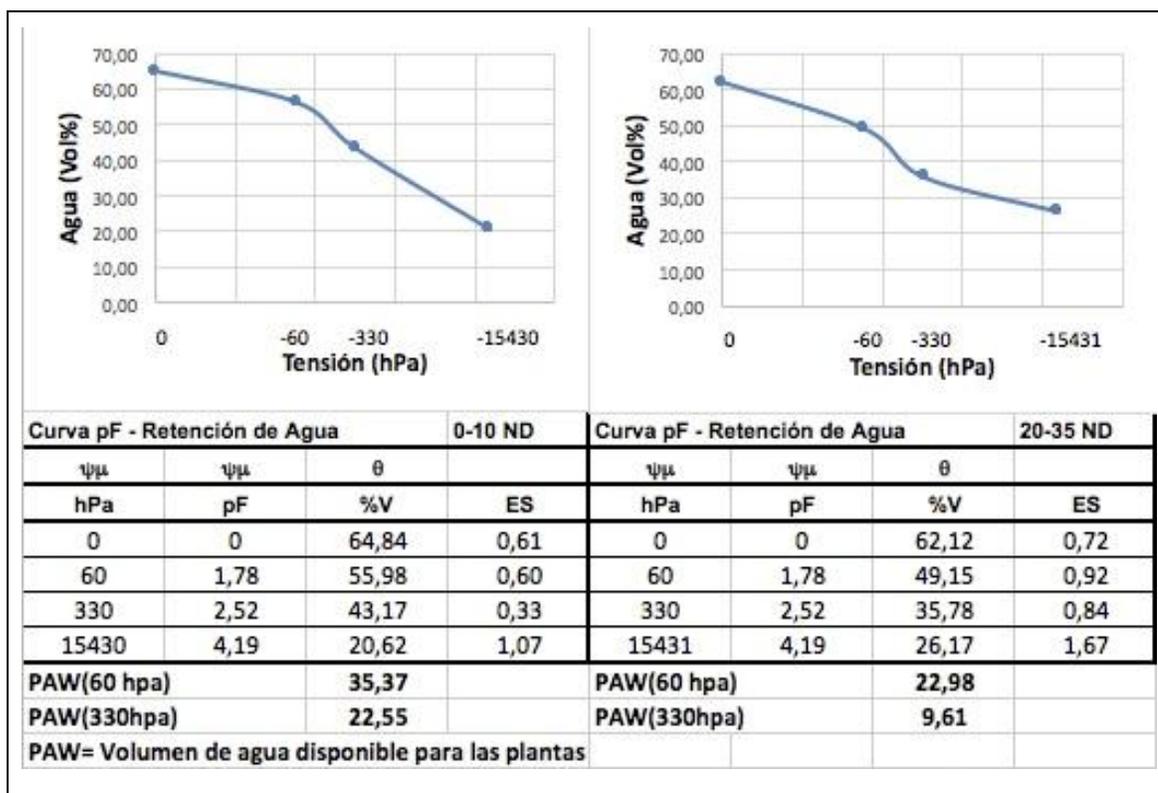


FIGURA 2 A) Curva pF para suelo no disturbado a 0-10 cm de profundidad y poros de agua útil en tabla. B) Curva pF para suelo no disturbado a 20-35 cm de profundidad y poros de agua útil en tabla.

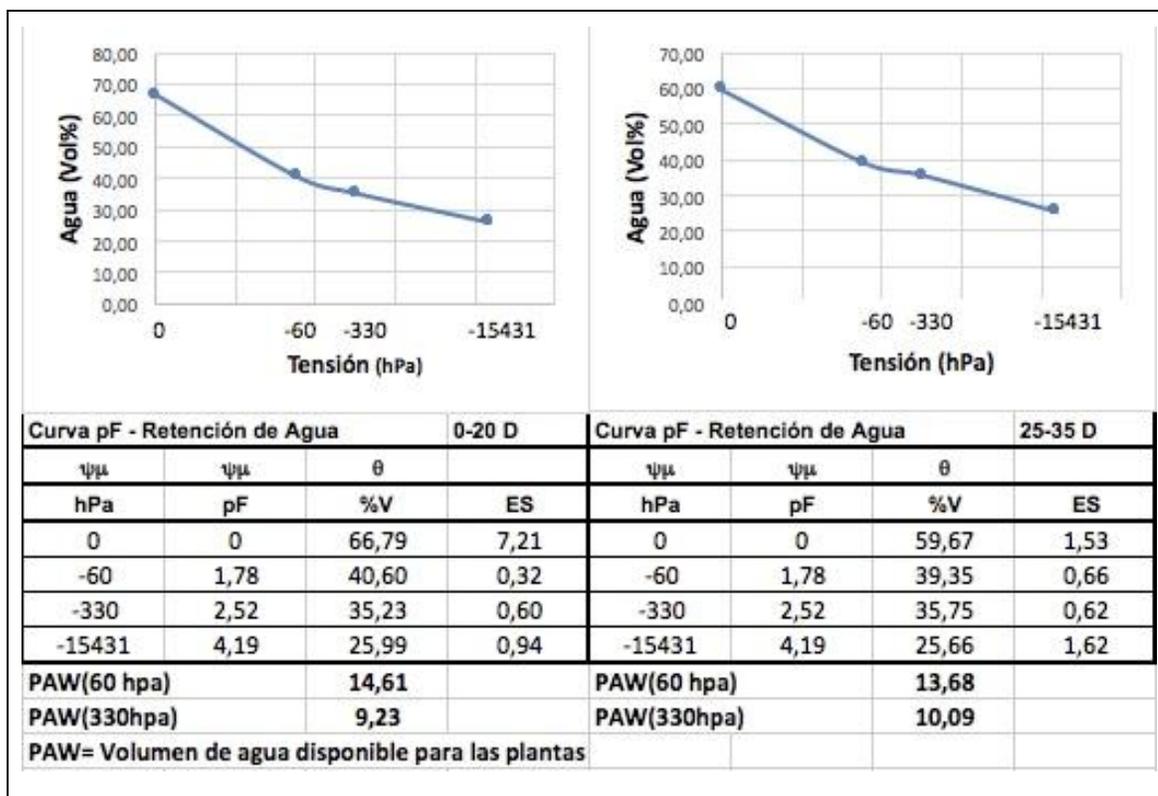


FIGURA 3 A) Curva pF para suelo disturbado a 0-10 cm de profundidad y poros de agua útil en tabla. B) Curva pF para suelo disturbado a 20-35 cm de profundidad y poros de agua útil en tabla.

Para medir diariamente el contenido de agua del suelo y mantener el déficit hídrico de 80-85% de la capacidad de campo, se instalaron a tres tubos por tratamiento, dos por tubo, uno a 10 cm y otro a 35 cm de profundidad, sensores 5TM Soil Moisture and Temperature para el equipo Time-Domain Reflectometry (TDR) ProCheck modelo PC-1 del año 2007 que se utilizó para realizar la lectura del porcentaje de humedad. Para calibrar el sensor se sacaron 2 cilindros de un volumen de 77,53 cm³ en los 2 tipos suelo, a los cuales se les incorporó un sensor, se saturaron por capilaridad y se llevaron a secado a una habitación con 26 - 27°C los que se fueron midiendo continuamente, hasta que el resultado se volvió constante. Con los datos obtenidos se generó una gráfica de regresión lineal y se comparó con una regresión lineal estimada por el sensor.

Se calculó el agua disponible utilizando como indicador el volumen agua útil para las plantas mediante la siguiente fórmula:

Volumen de agua útil (%) = CC – PMP

Donde, CC es capacidad de campo (contenido volumétrico de agua a -60 hpa) y PMP es punto de marchitez permanente (contenido volumétrico de agua a -15430 hpa) (ZUÑIGA *et al.*, 2014).

2.7 Criterio de cosecha y mediciones

Durante el periodo del ensayo se cosecharon tres bloques en tres oportunidades. La primera cosecha fue cuando se cumplió el 50% de los 1196 grados días acumulados (598 GDA). La segunda evaluación fue al 75% del total de los grados días acumulados (897 GDA) y la última evaluación cuando se cumplió el 100% de los grados días acumulados (1196 GDA).

Las mediciones realizadas a los bloques en cada cosecha fueron:

-Número de macollos: se realizó un conteo de macollos total por tubo, en el caso de las mini-praderas polifíticas el conteo se separó por especie.

-Materia seca de la fitomasa aérea. Se cosechó la parte aérea total para cada tubo para las mini-praderas monofíticas y para el establecimiento polifítico se separaron por especies. Posteriormente, se guardaron en bolsa de papel y se llevaron al horno de aire forzado a 60°C por 48 horas para conseguir el total de materia seca de la fitomasa aérea producida.

-Materia seca total producida raíces. Se extrajo cuidadosamente el perfil de suelo de los tubos de forma manual. Se realizaron cuatro cortes al perfil de suelo a las profundidades de 0-10 / 10-20 / 20-35 / 35-50 cm para facilitar el lavado. Los cortes se colocaron en un canasto de madera forrado con malla de acero de 5 mm para ser sumergidos en contenedores plásticos de 100 litros con agua y lavados manualmente, para así separar las raíces del suelo. Posteriormente se hizo otro lavado más minucioso a las raíces, donde se colocaron las raíces en coladores plásticos de 2 mm que fueron sumergidas en un dispersante de suelo compuesto por hexametáfosfato de sodio proporción del 5% en recipientes plásticos de 6 litros. Finalizando el lavado las muestras se trasladaron al horno de aire forzado a 60°C por 48 horas para registrar el peso seco de las raíces.

-Potencial hídrico: Para cada cosecha, se cortaron 3 macollos del centro del tubo para los tratamientos monofíticos y se cortaron 2 macollos de cada especie del centro del tubo para el tratamiento polifítico. La capacidad de campo para estos suelos fue de -60 hPa, lo que correspondió 35,37% y 22,98% de poros de agua útil a 0 – 10 cm y 20 o más cm de profundidad en el suelo no disturbado, consecutivamente. Para el suelo disturbado se obtuvo 14,61% y 13,68% de poros de agua útil, de 0 – 20 cm y 25 – 35 cm de profundidad. Las muestras se sometieron a la Bomba de Presión o Scholander. Esta medición se realizó a pre-alba (5 am) y se repitió al medio día (12:30 pm). Para evitar la transpiración pre-medición, los macollos se envolvieron en papel alusa y papel de aluminio para mantener los estomas cerrados y el peciolo recubierto con papel film para no perder presión en la medición.

2.8 Índices de competencia

Se utilizaron los índices de competencia absoluta y relativa para comprobar el efecto que tendrá una especie cuando está en presencia de la otra.

2.8.1 Intensidad de Competencia Absoluta (ACI). Se calculó con la siguiente fórmula:

$$ACI = P \text{ mono A} - P \text{ mix AB}$$

Donde: P mono A, se refiere al número de macollos de la especie A (especie objetivo) en monocultivo y P mix AB, se refiere al número de macollos de la especie A en la mezcla con la especie B (especie competidora acompañante) (Grace, 1995).

2.8.2 Intensidad de Competencia Relativa (RCI). Se calculó con la siguiente fórmula:

$$RCI = (P \text{ mono A} - P \text{ mix AB}) / P \text{ mono A}$$

RCI indica si una de las especies está desplazando a la otra, siendo este índice uno de los más adecuados para determinar la intensidad de la competencia (Grace, 1995).

Si RCI = 0 no hay competencia

RCI ≠ 0 una de las especies está reduciendo a la otra.

Si P mix AB disminuye, RCI es mayor a cero, por lo que aumenta la intensidad de la competencia sobre "A". P mix AB está siendo reducida.

Si P mix AB aumenta, RCI tiende a cero, disminuye la intensidad de la competencia sobre "A". P mix AB está ganando la competencia.

2.9 Análisis Estadístico

Para determinar las diferencias estadísticas entre los tratamientos se aplicó un análisis de varianza (ANDEVA), previa comprobación de la distribución normal y homogeneidad de varianza. Como test de separación de medidas se aplicó el LSD (diferencia mínima significativa).

3. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados y discusión de las variables evaluadas a lo largo del estudio con una restricción hídrica de 80-85% de la capacidad de campo, para un suelo disturbado y no disturbado.

3.1 Análisis de número de macollos para las tres mini-praderas de las tres cosechas realizadas

Al contar los macollos se pudo observar que para las dos primeras cosechas no hubo diferencias significativas según el tipo del suelo (CUADRO 1), pero la tendencia que mostró fue que, la mayor cantidad de macollos se produjo en suelo no disturbado, al igual que en la última cosecha (1196 GDA) donde sí hubo diferencias significativas ($P<0,01$).

En efecto especie se presenciaron diferencias significativas ($P<0,001$) para las tres cosechas por igual, donde la tendencia fue que *L. perenne* presentó la mayor cantidad de macollos en comparación a la especie en mezcla y *B. valdivianus* en monocultivo, siendo estos dos últimos similares entre ellos. *L. perenne* presenta el mayor número de macollos en las mediciones en respuesta probablemente a las buenas condiciones hídricas del ensayo, demostrando su alta capacidad de producción. Sin embargo los otros dos tratamientos mantiene un promedio relativamente estable hasta los 1196 GDA.

Durante el estudio sólo hubo interacción suelo-especie para la última cosecha, donde la diferencia fue significativa ($P<0,01$) para *L. perenne* en suelo no disturbado.

Los resultados del número de macollos por especie muestran las mismas tendencias que obtuvo García (2012), debido probablemente a la alta tasa de macollaje de la especie *L. perenne* (LANGER, 1994). Los valores de este trabajo son levemente superiores a los 8318 macollos m^{-2} obtenidos por GARCÍA (2012) y a los 7300 macollos m^{-2} reportados por TALLOWIN *et al.* (1995). Los valores de macollaje de *B. valdivianus* son levemente inferiores a los presentados por García (2012). En el tratamiento mezcla (CUADRO 2), se presentaron diferencias significativas ($P<0,05$)

para el tipo de suelo no disturbado en la primera cosecha, donde se obtuvo la mayor cantidad de macollos. En las siguientes cosechas no hubo diferencias significativas en el número de macollos según manejo del suelo.

Con respecto al efecto especie, se obtuvo diferencias significativas ($P < 0,001$) para las tres cosechas, donde la tendencia fue que *L. perenne* presentó la mayor cantidad de macollos por m^{-2} que *B. valdivianus*, lo que explica la alta adaptabilidad de esta especie a las condiciones del sur de Chile.

No hubo efecto significativo de la interacción entre el suelo y la especie, por lo que los factores tipo de suelo y especie son independientes, en los tres tiempos de muestreo (598, 897 y 1196 GDA).

Este amplio efecto del tipo de suelo puede deberse a que los valores de volumen de agua útil para un suelo no disturbado varían según la profundidad, siendo de 35,37% a 10 cm y 22,98% a 30 cm. Los valores para el suelo disturbado son menores y no varían según la profundidad de suelo, probablemente debido a que en el proceso de disturbar el suelo este se mezcla completamente. Los valores son de 14,61% a 10 cm y 13,68% a 30 cm.

ZUÑIGA *et al.* (2014), estudiaron en campo los efectos de suelos disturbados y no disturbados en Andisoles del sur de Chile en dos temporadas (2010 y 2011). Sus resultados muestran que la estabilidad de agregados y capacidad de soporte no se ve afectada por el laboreo del suelo, pero que suelos disturbados (arados) presentan mayores volúmenes de agua útil para plantas, en comparación con suelo no disturbado. Los valores de agua útil medidos por ZUÑIGA *et al.* (2014) en suelos disturbados están entre 30-31% para el año 2011 y 39-40% para el 2010. En suelos no disturbados estos valores son de 24-25% para el año 2011 y 33-34% para 2010, no superando los niveles críticos propuestos en la literatura $< 20\%$ según REYNOLDS *et al.* (2009). Los valores de suelos no disturbados encontrados en este trabajo son similares a los encontrados por ZUÑIGA *et al.* (2014) siendo particularmente más cercanos a los del año 2010. Sin embargo, los valores de volumen de agua útil del suelo disturbado son bastante inferiores. En este trabajo el suelo no disturbado presenta un 14,61 % de agua útil, valor menor incluso al crítico señalado por REYNOLDS *et al.* (2009). Este valor de agua útil indica que el suelo disturbado, a

pesar de ser regado con un volumen de agua suficiente para mantener un 80% a 85% de la capacidad de campo según la curva pf, llegará a PMP en un tiempo menor al del suelo no disturbado.

CUADRO 1 Resultados del número de macollos para las tres cosechas realizadas.

| COSECHAS | N° MACOLLOS (macollos m ⁻²) | | | | | |
|----------------------------------|---|------------|----------|------------|-----------|------------|
| | GDA 598 | | GDA 897 | | GDA 1196 | |
| | MEDIA | STD. ERROR | MEDIA | STD. ERROR | MEDIA | STD. ERROR |
| EFFECTO TIPO DE SUELO | | | | | | |
| Disturbado | 3479,7 | 471,9 | 3892,3 | 476,8 | 3463,7 b | 393,8 |
| No Disturbado | 4233,6 | 471,9 | 4296,0 | 476,8 | 5572,5 a | 393,8 |
| Significancia | n.s | | n.s | | ** | |
| EFFECTO ESPECIE | | | | | | |
| <i>B. valdivianus</i> | 2228,2 b | 633,2 | 2115,8 b | 639,7 | 2159,7 b | 528,3 |
| <i>L. perenne</i> | 6901,3 a | 633,2 | 7680,3 a | 639,7 | 8863,8 a | 528,3 |
| B.v + L.p | 2440,5 b | 447,7 | 2486,3 b | 452,3 | 2530,8 b | 373,6 |
| Significancia | *** | | *** | | *** | |
| INTERACCIÓN SUELO/ESPECIE | | | | | | |
| Bv.- D | 1775,7 | 895,5 | 1952,7 | 904,7 | 2033,7 c | 747,2 |
| Lp.- D | 6680,3 | 895,5 | 7197,3 | 904,7 | 6129,3 b | 747,2 |
| B.v + L.p - D | 1983,7 | 633,2 | 2527,0 | 639,7 | 2228,0 c | 528,3 |
| Bv.- ND | 2680,7 | 895,5 | 2279,0 | 904,7 | 2285,7 c | 747,2 |
| Lp.- ND | 7122,3 | 895,5 | 2445,7 | 904,7 | 11598,3 a | 747,2 |
| B.v + L.p – ND | 2897,8 | 633,2 | 2445,7 | 639,7 | 2833,5 c | 528,3 |
| Significancia | n.s | | n.s | | ** | |

* $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$; n.s: no hay diferencias significativas ($P > 0,05$). Promedios con las mismas letras en cada columna no presentan diferencias significativas ($P > 0,05$). Bv.- D: *Bromus valdivianus* en suelo Disturbado; Lp.- D: *Lolium perenne* en suelo Disturbado; Bv+Lp-D: *Bromus valdivianus* + *Lolium perenne* en suelo Disturbado; Bv.- ND: *Bromus valdivianus* en suelo No Disturbado; Lp.- ND: *Lolium perenne* en suelo No Disturbado; Bv+Lp- D: *Bromus valdivianus* + *Lolium perenne* en suelo No Disturbado.

CUADRO 2 Resultados del número de macollos para las tres cosechas realizadas en siembra en mezcla.

| N° MACOLLOS EN MEZCLA (B.v + L.p) n°macollos m ⁻² | | | | | | |
|--|----------|------------|----------|------------|----------|------------|
| COSECHAS | GDA 598 | | GDA 897 | | GDA 1196 | |
| | MEDIA | STD. ERROR | MEDIA | STD. ERROR | MEDIA | STD. ERROR |
| EFFECTO TIPO DE SUELO | | | | | | |
| Disturbado | 1983,2 b | 259,0 | 2527,0 | 385,2 | 2228,0 | 332,6 |
| No Disturbado | 2897,8 a | 259,0 | 2445,7 | 385,2 | 2833,5 | 332,6 |
| Significancia | * | | n.s | | n.s | |
| EFFECTO ESPECIE | | | | | | |
| <i>B. valdivianus</i> | 921,7 b | 259,0 | 1037,3 b | 385,2 | 1272,3 b | 332,6 |
| <i>L. perenne</i> | 3959,3 a | 259,0 | 3935,3 a | 385,2 | 3789,2 a | 332,6 |
| Significancia | *** | | *** | | *** | |
| INTERACCIÓN SUELO/ESPECIE | | | | | | |
| Bv.- D | 775,7 | 366,3 | 748,0 | 544,7 | 660,0 | 470,3 |
| Lp.- D | 3190,7 | 366,3 | 4306,0 | 544,7 | 3796,0 | 470,3 |
| Bv.- ND | 1067,7 | 366,3 | 1326,7 | 544,7 | 1884,7 | 470,3 |
| Lp.- ND | 4728,0 | 366,3 | 3564,7 | 544,7 | 3782,3 | 470,3 |
| Significancia | n.s | | n.s | | n.s | |

* $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$; n.s: no hay diferencias significativas ($P > 0,05$). Promedios con las mismas letras en cada columna no presentan diferencias significativas ($P > 0,05$). Bv.- D: *Bromus valdivianus* en suelo Disturbado; Lp.- D: *Lolium perenne* en suelo Disturbado; Bv+Lp-D: *Bromus valdivianus* + *Lolium perenne* en suelo Disturbado; Bv.- ND: *Bromus valdivianus* en suelo No Disturbado; Lp.- ND: *Lolium perenne* en suelo No Disturbado; Bv+Lp- D: *Bromus valdivianus* + *Lolium perenne* en suelo No Disturbado.

3.2 Análisis de biomasa aérea de las tres mini-praderas de las tres cosechas realizadas

Al realizar el corte aéreo de las especies (CUADRO 3), se obtuvieron diferencias significativas ($P < 0,01$). El suelo no disturbado en la primera cosecha presentó la mayor biomasa aérea, de la misma forma que en la segunda y en la última cosecha se presentó la misma tendencia pero con diferencias significativas de $P < 0,001$.

El analizar el efecto individual de las especies, se observaron diferencias significativas ($P < 0,001$) para las tres cosechas, observándose un aumento progresivo en biomasa, de *L. perenne* seguido de *B. valdivianus* y luego la mezcla, hasta los 1196 GDA.

Durante el estudio sólo hubo interacción suelo-especie para la última cosecha donde las diferencia significativa fue de ($P < 0,01$). La biomasa aérea de *L. perenne* en suelo

no disturbado aumenta significativamente comparado con el suelo disturbado, sin embargo en mezcla la biomasa de *L. perenne* no presenta cambios con el tipo de suelo (CUADRO 4).

Para la mezcla (CUADRO 4), se presentaron diferencias significativas ($P < 0,05$) según el tipo de suelo para la última cosecha. En el suelo no disturbado se obtuvo la mayor biomasa aérea. En las cosechas anteriores no hubo diferencias significativas según el tipo de suelo pero presentaron la misma tendencia.

Con respecto al efecto especie, se obtuvo diferencias significativas ($P < 0,05$) para la primera cosecha (598 GDA), donde *L. perenne* presentó la mayor biomasa aérea al compararla con *B. valdivianus*.

Se presentó una interacción suelo-especie significativa sólo en la última cosecha al cumplirse los 1196 GDA, con diferencias significativas de $P < 0,05$. *B. valdivianus* presenta una biomasa significativamente menor que *L. perenne* (CUADRO 3), sin embargo en mezcla (CUADRO 4) esta muestra una interacción significativa con el suelo no disturbado, lo que lo lleva a tener un promedio de biomasa aérea superior a *L. perenne* en el mismo tipo de suelo. La biomasa aérea de estas dos especies cambia abruptamente al mezclarla y *B. valdivianus* pareciera ser mucho más sensible a las condiciones hídricas del suelo, discrepando de lo mencionado por LÓPEZ *et al.* (1997) quienes recalcan que en buenas condiciones de fertilidad la presencia de esta especie tiende a decrecer. Más estudios sobre competencia son necesarios para establecer resultados concluyentes.

Al comparar las especies en mezcla con las praderas monofíticas, el promedio general de éstas es significativamente menor al de *B. valdivianos* y *L. perenne* sembrados solos, mostrando un efecto negativo la mezcla de estas especies en suelos con buenas condiciones hídricas. Según GARCÍA (2012), esto pudiese deberse al aumento de sombreadamiento que produce cambios morfológicos en hojas y tallos, aumentando el tamaño de la lámina de la hoja especialmente en *L. perenne*.

Estudios previos indican que la producción de materia seca de *B. valdivianus* es de 1310 g m^{-2} (BALOCCHI, 2003) y la de *L. perenne* es 1600 g/m^2 el primer año en condiciones óptimas (DEMANET, 2013). En el presente estudio, las especies monofíticas en suelo no disturbado presentaron valores de $1301,3 \text{ g m}^{-2}$ y $821,8 \text{ g m}^{-2}$

para *L. perenne* y *B. valdivianus* respectivamente. GARCÍA (2012) muestra que con un 80% a 85% de capacidad de campo, la producción de biomasa es significativamente superior a porcentajes inferiores por lo que en este trabajo el nivel hídrico no debería ser una seria limitante del rendimiento, sin embargo, los valores de biomasa obtenidos son menores a los óptimos vistos en la literatura, especialmente para *B. valdivianus*, probablemente debido a los manejos del suelo, el uso de maceteros y a la baja plasticidad mostrada por esta especie (LÓPEZ *et al.*, 1997). Además, *B. valdivianus* presenta un potencial de producción menor, producto de que posee vainas y láminas pubescentes que disminuyen su tasas fotosintéticas, superando incluso a veces el 50% de reducción (MUÑOZ, 1980).

CUADRO 3 Resultados de fitomasa aérea y para las tres cosechas realizadas.

| COSECHAS | BIOMASA AEREA (g m ⁻²) | | | | | |
|----------------------------------|-------------------------------------|---------------|---------|---------------|-----------|---------------|
| | GDA 598 | | GDA 897 | | GDA 1196 | |
| | MEDIA | STD. ERROR | MEDIA | STD. ERROR | MEDIA | STD. ERROR |
| EFFECTO TIPO DE SUELO | | | | | | |
| Disturbado | 266,9 b | 30,7 | 360,4 b | 35,0 | 382,3 b | 46,6 |
| No Disturbado | 434,6 a | 30,7 | 589,1 a | 35,0 | 839,7 a | 46,6 |
| Significancia | ** | | *** | | *** | |
| EFFECTO ESPECIE | | | | | | |
| <i>B. valdivianus</i> | 396,6 a | 41,2 | 471,8 b | 47,0 | 622,1 b | 62,5 |
| <i>L. perenne</i> | 441,5 a | 41,2 | 657,5 a | 33,2 | 898,3 a | 62,5 |
| B.v + L.p | 214,1 b | 29,1 | 295,1 c | 46,9 | 312,6 c | 44,2 |
| Significancia | *** | | *** | | *** | |
| INTERACCIÓN SUELO/ESPECIE | | | | | | |
| Bv.- D | 242,2 | 58,2 | 330,6 | 66,329 | 422,5 c d | 88,4 |
| Lp.- D | 378,2 | 58,2 | 517,0 | 66,329 | 495,2 c | 88,4 |
| B.v + L.p - D | 180,3 | 41,2 | 233,7 | 46,902 | 229,2 d | 62,5 |
| Bv.- ND | 551,0 | 58,2 | 612,9 | 66,329 | 821,8 b | 88,4 |
| Lp.- ND | 504,8 | 58,2 | 797,9 | 66,329 | 1301,4 a | 88,4 |
| B.v + L.p – ND | 248,0 | 41,2 | 356,5 | 46,902 | 395,9 c d | 62,5 |
| Significancia | n.s | | n.s | | ** | |

* $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$; n.s: no hay diferencias significativas ($P > 0,05$). Promedios con las mismas letras en cada columna no presentan diferencias significativas ($P > 0,05$). Bv.- D: *Bromus valdivianus* en suelo Disturbado; Lp.- D: *Lolium perenne* en suelo Disturbado; Bv+Lp-D: *Bromus valdivianus* + *Lolium perenne* en suelo Disturbado; Bv.- ND: *Bromus valdivianus* en suelo No Disturbado; Lp.- ND: *Lolium perenne* en suelo No Disturbado; Bv+Lp- D: *Bromus valdivianus* + *Lolium perenne* en suelo No Disturbado.

CUADRO 4 Resultados de fitomasa aérea para las especies en mezcla de las tres cosechas realizadas.

| BIOMASA AEREA EN MEZCLA (B.v + L.p) g MS m ⁻² | | | | | | |
|--|---------|------------|---------|------------|----------|------------|
| COSECHAS | GDA 598 | | GDA 897 | | GDA 1196 | |
| | MEDIA | STD. ERROR | MEDIA | STD. ERROR | MEDIA | STD. ERROR |
| EFFECTO TIPO DE SUELO | | | | | | |
| Disturbado | 180,3 | 29,6 | 233,7 | 40,8 | 229,3 b | 41,2 |
| No Disturbado | 248,0 | 29,6 | 356,5 | 40,8 | 396,0 a | 41,2 |
| Significancia | n.s | | n.s | | * | |
| EFFECTO ESPECIE | | | | | | |
| <i>B. valdivianus</i> | 149,7 b | 29,7 | 254,1 | 40,8 | 295,6 | 41,2 |
| <i>L. perenne</i> | 278,6 a | 29,7 | 336,1 | 40,8 | 329,6 | 41,2 |
| Significancia | * | | n.s | | n.s | |
| INTERACCIÓN SUELO/ESPECIE | | | | | | |
| Bv.- D | 105,4 | 41,9 | 142,2 | 57,7 | 127,9 | 58,1 |
| Lp.- D | 255,1 | 41,9 | 325,2 | 57,7 | 330,6 | 58,1 |
| Bv.- ND | 193,9 | 41,9 | 366,0 | 57,7 | 463,3 | 58,1 |
| Lp.- ND | 302,0 | 41,9 | 345,0 | 57,7 | 328,6 | 58,1 |
| Significancia | n.s | | n.s | | * | |

* $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$; n.s: no hay diferencias significativas ($P > 0,05$). Promedios con las mismas letras en cada columna no presentan diferencias significativas ($P > 0,05$). Bv.- D: *Bromus valdivianus* en suelo Disturbado; Lp.- D: *Lolium perenne* en suelo Disturbado; Bv+Lp-D: *Bromus valdivianus* + *Lolium perenne* en suelo Disturbado; Bv.- ND: *Bromus valdivianus* en suelo No Disturbado; Lp.- ND: *Lolium perenne* en suelo No Disturbado; Bv+Lp- D: *Bromus valdivianus* + *Lolium perenne* en suelo No Disturbado.

3.3 Análisis del peso seco en raíces de las tres mini-praderas de las tres cosechas realizadas

GARCÍA (2012) y MARQUÉS (2012) no encontraron diferencias significativas en el peso de raíces. En este estudio se encontraron resultados similares al analizar los efectos individuales por especie, sin embargo a los 1196 GDA (CUADRO 5) existe una interacción significativa entre los dos factores. *L. perenne* monofítico presenta un peso de raíces superior en condiciones de suelo no disturbado comparado con *B. Valdivianus*.

En condiciones de suelo disturbado el promedio de *B. valdivianus* monofítico presenta un peso de raíces mayor a *L. perenne*.

La biomasa de raíces en la mezcla de las dos especies en la interacción a los 1196 GDA es menor en condiciones de suelo no disturbado comparados con los tratamientos monofíticos de suelos no disturbados, distinto a los resultados en esta misma interacción en suelos disturbados donde la mezcla presentan un peso de raíces superior a los monofíticos. Estas tendencias distintas a las vistas en biomasa aérea, donde la mezcla presenta un efecto negativo tanta para suelos no disturbados como disturbados.

CUADRO 5 Resultados del peso seco en raíces para las tres cosechas realizadas.

| COSECHAS | PESO SECO RAÍCES (g m ⁻³) | | | | | |
|----------------------------------|--|------------|---------|------------|----------|------------|
| | GDA 598 | | GDA 897 | | GDA 1196 | |
| | MEDIA | STD. ERROR | MEDIA | STD. ERROR | MEDIA | STD. ERROR |
| TIPO DE SUELO | | | | | | |
| Disturbado | 764,6 | 86,9 | 1015,9 | 77,3 | 1006,8 | 60,6 |
| No Disturbado | 543,8 | 86,9 | 1013,2 | 77,3 | 1197,7 | 60,6 |
| Significancia | n.s | | n.s | | n.s | |
| EFFECTO ESPECIE | | | | | | |
| <i>B. valdivianus</i> | 665,6 | 106,4 | 989,2 | 94,6 | 1099,3 | 74,2 |
| <i>L. perenne</i> | 546,1 | 106,4 | 925,2 | 94,6 | 1101,1 | 74,2 |
| B.v + L.p | 750,9 | 106,4 | 1129,3 | 94,6 | 1106,1 | 74,2 |
| Significancia | n.s | | n.s | | n.s | |
| INTERACCIÓN SUELO/ESPECIE | | | | | | |
| Bv.- D | 825,0 | 150,4 | 880,2 | 133,8 | 1024,5 | 104,9 |
| Lp.- D | 497,6 | 150,4 | 952,4 | 133,8 | 797,3 | 104,9 |
| B.v + L.p - D | 971,6 | 150,4 | 1215,0 | 133,8 | 1198,7 | 104,9 |
| Bv.- ND | 506,1 | 150,4 | 1098,0 | 133,8 | 1174,2 | 104,9 |
| Lp.- ND | 594,6 | 150,4 | 898,0 | 133,8 | 1405,4 | 104,9 |
| B.v + L.p - ND | 530,6 | 150,4 | 1043,5 | 133,8 | 1013,6 | 104,9 |
| Significancia | n.s | | n.s | | ** | |

* $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$; n.s: no hay diferencias significativas ($P > 0,05$). Promedios con las mismas letras en cada columna no presentan diferencias significativas ($P > 0,05$). Bv.- D: *Bromus valdivianus* en suelo Disturbado; Lp.- D: *Lolium perenne* en suelo Disturbado; Bv+Lp-D: *Bromus valdivianus* + *Lolium perenne* en suelo Disturbado; Bv.- ND: *Bromus valdivianus* en suelo No Disturbado; Lp.- ND: *Lolium perenne* en suelo No Disturbado; Bv+Lp- D: *Bromus valdivianus* + *Lolium perenne* en suelo No Disturbado.

3.4 Análisis de los potenciales hídricos para las tres mini praderas en las tres cosechas realizadas

En el CUADRO 6 se observa que en la primera cosecha (598 GDA) se produjo diferencias significativas ($P < 0,01$) en la interacción suelo-especie en la medición de las 5:00 am, donde las especies ya sea en monocultivo o en mezcla en condiciones de suelo no disturbado presentaron el mayor potencial hídrico. En la medición de las 12:30 pm la interacción suelo especie presentó diferencias significativas ($P < 0,001$), donde el mayor potencial hídrico se produjo en las dos especies en mezcla establecidas en suelo no disturbado, lo que significa que están bajo mayor tensión (estrés), ya que, están extrayendo el agua desde el suelo con mayor fuerza.

Al realizarse la segunda cosecha (897 GDA) en la medición de potencial hídrico, tanto a las 5:00 am y 12:30 pm ocurrieron diferencias significativas ($P < 0,001$) en el efecto tipo de suelo, donde el mayor potencial se produjo en suelo no disturbado, lo que significa que el suelo no disturbado retuvo con mayor fuerza el agua o presentó una mayor restricción hídrica. En efecto tipo especie presentó diferencias significativas ($P < 0,01$), donde el mayor potencial hídrico lo presentó *L. perenne* en monocultivo.

En la última medición (1196 GDA) solo se produjo diferencias significativas ($P < 0,001$) en efecto tipo suelo donde el mayor potencial hídrico lo obtuvo el suelo disturbado para las mediciones de las 5:00 am y 12:30 pm, no arrojando interacción suelo especie.

En cada momento de medición se realizaron dos repeticiones en la mañana y al medio día. Las dos mediciones mostraron iguales tendencias en el análisis de medias, siendo mayores los potenciales hídricos al medio día.

El estrés hídrico disminuye la acumulación de biomasa, ya que en condiciones de estrés la conductividad estomática es menor para disminuir pérdida de agua, afectando también el intercambio gaseoso y en consecuencia la asimilación de CO_2 . El efecto de la especie en el potencial hídrico muestra que en las mediciones a 598 y 897 GDA, *L. perenne* presenta una mayor potencial hídrico que *B. valdivianus*, indicando un déficit de agua superior. Probablemente esto se debe a la mayor biomasa aérea que presentó *L. perenne*, asociada a un macollamiento superior. El hecho de que a pesar de presentar un mayor potencial hídrico *L. perenne* produzca mayor biomasa, indica que las plantas toleraron el estrés hídrico, ya que el déficit hídrico no fue suficiente para

inducir un cierre estomático que disminuya la fotosíntesis. GARCÍA (2012) muestra que el área foliar y elongación de láminas es superior en *B. valdivianus* en condiciones de 80% de capacidad de campo, no siendo estos los factores que aumenta la transpiración, si no la mayor producción de macollos con más número de hoja en total pero menor área foliar por hoja. Otros factores que pueden explicar el aumento de la transpiración de *L. perenne* mostrados como una mayor necesidad de agua a un mismo nivel de riego pudiesen ser una mayor apertura de los estomas o mayor densidad de estos. Hacia el final del experimento a los 1196 GDA no se muestran diferencias significativas entre los tratamientos.

La mezcla de las dos especies muestra diferencias significativas sólo en la primera medición (598 GDA), presentando al igual que en condiciones monofíticas *L. perennes* un mayor potencial hídrico.

López *et al.*, (2013) señala que es posible inferir que *B. valdivianus* pueda acceder a agua más profunda en el perfil de suelo y tolerar la sequía del verano. Explicando por qué es más productivo *B. valdivianus* en verano que *L. perenne* visto en la literatura (DESCALZI, 2011).

CUADRO 6 Resultados potencial hídrico en las tres cosechas realizadas GDA 598, GDA 897 y GDA 1196.

| COSECHAS | POTENCIAL HÍDRICO (bares) | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|---------------------------|---------------|-----------|---------------|-----------|---------------|-----------|---------------|----------|---------------|----------|---------------|
| | GDA 598 | | | | GDA 897 | | | | GDA 1196 | | | |
| | 5:00 am | | 12:30 pm | | 5:00 am | | 12:30 pm | | 5:00 am | | 12:30 pm | |
| | Media | STD. ERROR | Media | STD. ERROR | Media | STD. ERROR | Media | STD. ERROR | Media | STD. ERROR | Media | STD. ERROR |
| EFFECTO TIPO DE SUELO | | | | | | | | | | | | |
| Disturbado | -8,1 b | 0,4 | -14,0 b | 0,4 | -9,5 b | 0,4 | -15,1 b | 0,5 | -12,9 a | 0,4 | -18,6 a | 0,5 |
| No Disturbado | -13,5 a | 0,4 | -18,0 a | 0,4 | -12,0 a | 0,4 | -18,6 a | 0,5 | -10,8 b | 0,4 | -15,0 b | 0,5 |
| Significancia | *** | | *** | | *** | | *** | | *** | | *** | |
| EFFECTO TIPO ESPECIE | | | | | | | | | | | | |
| <i>B. valdivianus</i> | -9,9 b | 0,5 | -14,8 b | 0,5 | -9,5 b | 0,5 | -15,5 b | 0,6 | -11,5 | 0,5 | -16,5 | 0,6 |
| <i>L. perenne</i> | -11,6 a | 0,6 | -16,6 a | 0,5 | -11,2 a | 0,6 | -18,3 a | 0,7 | -13,1 | 0,6 | -17,0 | 0,7 |
| <i>B.v mix</i> | -9,8 b | 0,5 | -15,9 a b | 0,6 | -10,7 a b | 0,6 | -16,5 a b | 0,7 | -10,9 | 0,6 | -16,5 | 0,7 |
| <i>L.p mix</i> | -11,9 a | 0,6 | -16,8 a | 0,6 | -11,5 a | 0,6 | -17,1 a b | 0,7 | -11,9 | 0,6 | -17,1 | 0,8 |
| Significancia | ** | | * | | * | | * | | n.s | | n.s | |
| INTERACCIÓN SUELO/ESPECIE | | | | | | | | | | | | |
| B.v- D | -6,4 c | 0,6 | -11,9 c | 0,7 | -8,1 | 0,7 | -12,7 | 0,8 | -12,7 | 0,7 | -18,1 | 0,9 |
| L.p- D | -10,3 b | 0,8 | -16,0 b | 0,8 | -10,1 | 0,8 | -16,2 | 1,0 | -14,4 | 0,7 | -18,5 | 0,9 |
| B.v mix - D | -6,0 c | 0,8 | -12,4 c | 0,8 | -9,6 | 0,8 | -15,3 | 1,0 | -10,9 | 0,9 | -17,1 | 1,0 |
| L.p mix – D | -9,7 b | 0,8 | -16,0 b | 0,8 | -10,2 | 0,8 | -16,1 | 1,0 | -13,7 | 0,9 | -20,6 | 1,0 |
| B.v – ND | -13,5 a | 0,7 | -17,8 a b | 0,7 | -10,9 | 0,7 | -18,2 | 1,0 | -10,3 | 0,7 | -14,8 | 0,9 |
| L.p- ND | -12,9 a | 0,6 | -17,2 b | 0,7 | -12,3 | 0,7 | -20,4 | 0,9 | -11,8 | 0,9 | -15,4 | 1,1 |
| B.v mix - ND | -13,6 a | 0,8 | -19,3 a | 0,8 | -11,9 | 0,8 | -17,8 | 1,0 | -10,9 | 0,9 | -16,0 | 1,0 |
| L.p mix - ND | -14,0 a | 0,8 | -17,7 a b | 0,8 | -12,8 | 0,8 | -18,1 | 1,0 | -10,1 | 0,9 | -13,6 | 1,1 |
| Significancia | ** | | *** | | n.s | | n.s | | n.s | | n.s | |

* P< 0,05; ** P< 0,01; *** P< 0,001; n.s: no hay diferencias significativas (P>0,05). Promedios con las mismas letras en cada columna no presentan diferencias significativas (P>0,05). B.v - D: *Bromus valdivianus* en suelo Disturbado; L.p - D: *Lolium perenne* en suelo Disturbado; B.v mix – D: *Bromus valdivianus* mezcla en suelo disturbado;+ L.p mix – D: *Lolium perenne* mezcla en suelo Disturbado; B.v - ND: *Bromus valdivianus* en suelo No Disturbado; L.p- ND: *Lolium perenne* en suelo No Disturbado; B.v – ND: *Bromus valdivianus* mezcla en suelo no disturbado; L.p – ND: *Lolium perenne* mezcla en suelo No Disturbado.

3.5 Índices de competencia absoluta y relativa en producción de macollos

En la FIGURA 4 se muestran los índices de competencia absoluto (ACI) (A) y relativo (RCI) (B), respectivamente. Cuando el resultado de los índices es mayor, significa que la especie objeto de análisis está siendo disminuida por la presencia de la especie que la acompaña.

Los índices de competencia absoluta y relativa en el estudio de GARCÍA (2012) señalan que a 80-85% de la capacidad de campo, *L. perenne* desplaza a *B. valdivianus* disminuyendo su rendimiento a nivel aéreo y que a nivel de radical no existen diferencias significativas. Los resultados del presente trabajo son similares a los presentados por GARCÍA (2012) en condiciones de suelo disturbado y no disturbado, existiendo un efecto del manejo de suelo en la competencia entre *L. perenne* y *B. valdivianus*.

En condiciones de suelo no disturbado, inicialmente *L. perenne* desplaza a *B. valdivianus*. Sin embargo, en mediciones de 897 GDA esta relación es similar y a los 1196 GDA esta relación se invierte y *L. perenne* se ve negativamente afectada por la presencia de *B. valdivianus*. Similares resultados fueron obtenidos en ICA y ICR por DESCALZI (2011), quien detectó que en condiciones de campo bajo pastoreo *L. perenne* es desplazada por la presencia de *B. valdivianus* y que *B. valdivianus* no sería afectada.

En condiciones de suelo disturbado inicialmente se puede observar un efecto negativo de la competencia en las dos especies, pero esta se mantiene solo para *B. valdivianus* la cual es levemente afectada por *L. perenne*, aumentando este efecto hacia los 1196 GDA. Probablemente esto se debe al mayor macollamiento de *L. perenne*. En este sentido, LÓPEZ *et al.* (2013) sugieren que *B. valdivianus* tiene más reservas que *L. perenne*, por lo que es capaz de mantener por más tiempo la elongación de tallos, razón por la cual los tallos de *B. valdivianus* son más pesados y con más área de hoja por macollo. En cambio, *L. perenne* tiene menos masa por macollo pero produce más macollos. El hecho de que no existan diferencias significativas a nivel de raíces (CUADRO 5) respalda esta hipótesis, ya que manteniendo un follaje menor y mismo nivel de raíces la necesidad de agua por área de raíces es menor, pudiendo en condiciones restrictivas de agua mantener la apertura estomática. Esta característica

pareciera no ser una respuesta a condiciones de sequía, sino una característica inherente a la especie, ya que en este experimento *B. valdivianus* presenta menores potenciales hídricos xilemáticos.

En condiciones monofíticas el número de macollos en *B. valdivianus* en las tres mediciones es bastante estable, manteniéndose cercano a 2228 macollos m⁻². En condiciones de mezcla esta cantidad disminuye, sin embargo aumenta con el tiempo de 922 macollos m⁻² a los 598 GDA hasta 1272 macollos m⁻² en la medición a 1196 GDA. En *L. perenne* se produce lo contrario en condiciones monofíticas aumenta de 6901,3 macollos m⁻² a los 898 GDA hasta 8863,8 macollos m⁻² a los 1196 GDA, mientras que en mezcla se mantiene constante aproximadamente en 3900 macollos m⁻². Este aumento en el número de macollos en *B. valdivianus* en mezcla y mantención del número en el caso de *L. perenne* explica el desplazamiento de esta última especie de acuerdo al RCI.

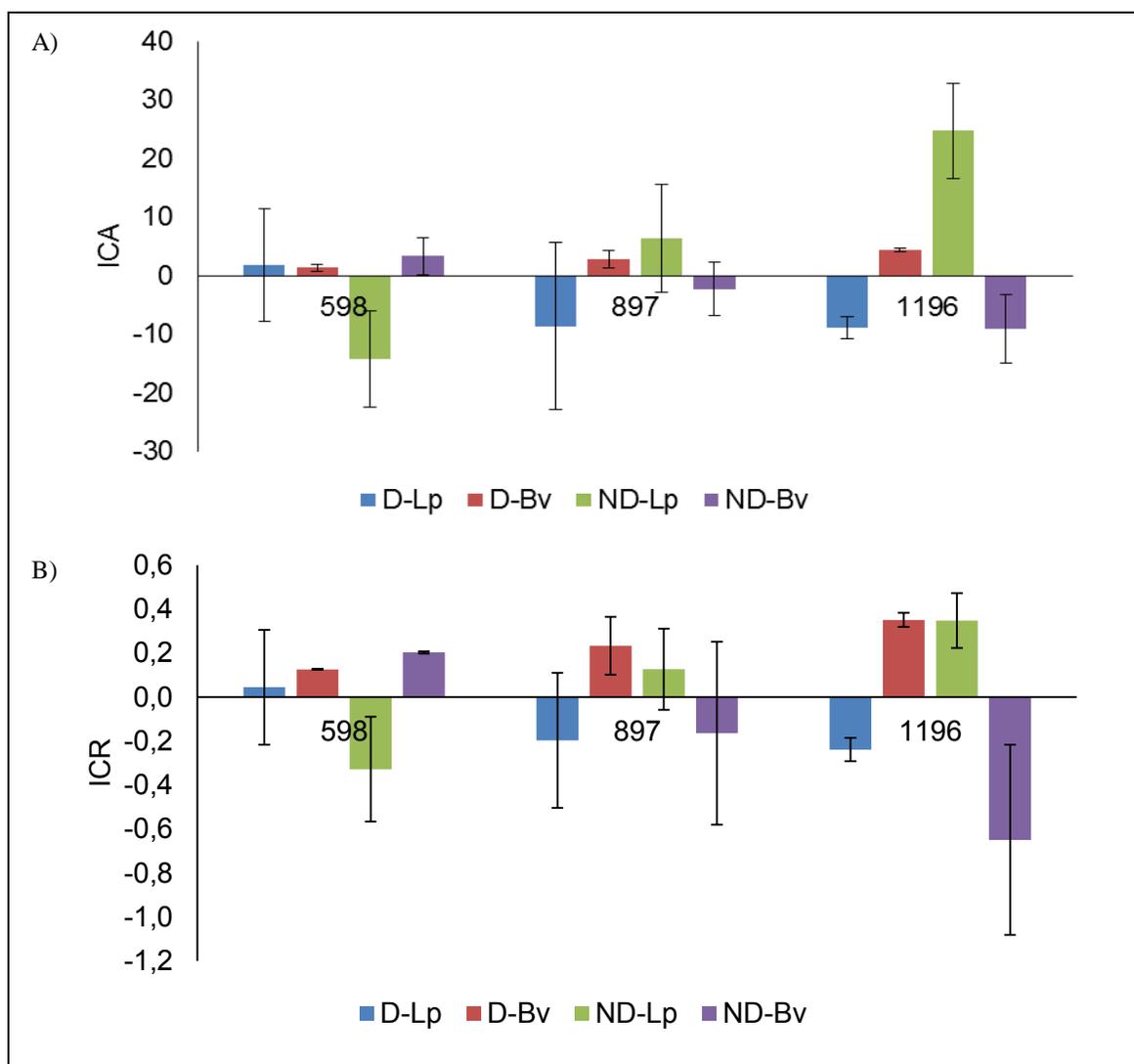


FIGURA 4 Gráficos índice de competencia absoluta ACI (A) e índice de competencia relativa RCI (B) del promedio de número de macollos para *B. valdivianus* y *L. perenne* según suelo disturbado y no disturbado a nivel de estrés hídrico 80% - 85% donde; D-Lp: *Lolium perenne* en suelo disturbado; D-Bv: *Bromus valdivianus* en suelo disturbado; ND-Lp: *Lolium perenne* en suelo no disturbado; ND-Bv: *Bromus valdivianus* en suelo no disturbado.

3.6 Índices de competencias absoluta y relativa de la producción de biomasa

En la FIGURA 5 se muestran los índices de competencia absoluto (ACI) (a) y relativo (RCI) (b) de la biomasa aérea respectivamente.

En condiciones de suelos no disturbado inicialmente *B. valdivianus* es desplazado por *L. perenne*, a los 897 GDA son similares y hacia el final a los 1196 GDA se invierte la relación donde *L. perenne* es desplazada por *B. valdivianus*. Mismos resultados vistos en el número de macollos por planta.

En condiciones de suelos disturbados inicialmente *B. valdivianus* se ve afectado negativamente por *L. perenne*, sin embargo esta interacción se muestra similar a los 897 GDA y finalmente *L. perenne* termina desplazando a *B. valdivianus* a los 1196 GDA. Estos resultados al igual que en condiciones de suelo no disturbados son muy similares a la competencia a nivel de macollos, solo difiriendo en parte en suelos disturbado a los 598 GDA donde en número de macollos son similares y biomasa *L. perenne* es desplazada por *B. valdivianus*, entendiéndose entonces que en buenas condiciones hídricas el número de macollos explica los efectos en competencia en biomasa aérea.

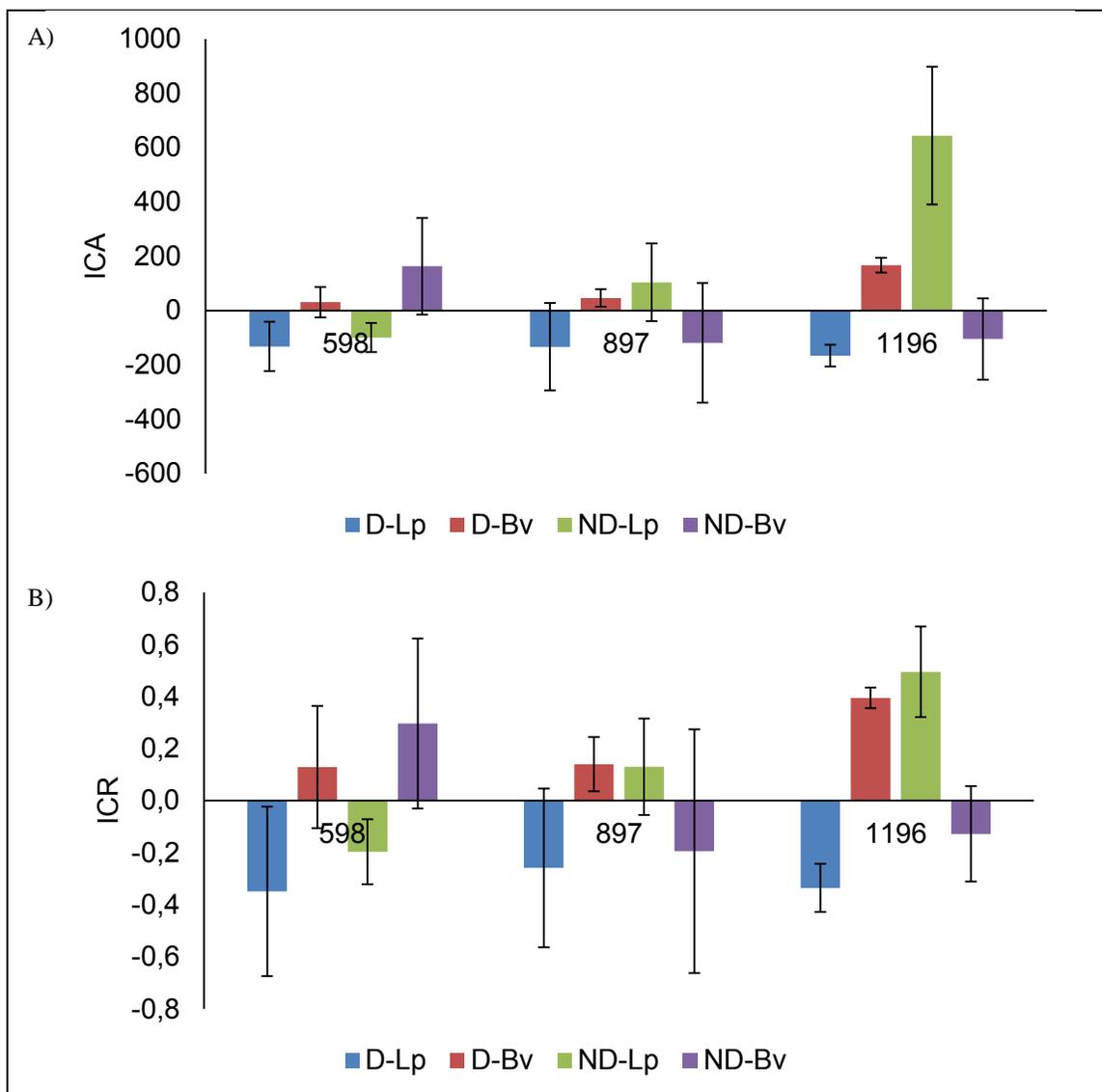


FIGURA 5 Gráficos índice de competencia relativa ACI (A) e índice de competencia relativa RCI (B) de la producción de biomasa para *B. valdivianus* y *L. perenne* según suelo disturbado y no disturbado a nivel de estrés hídrico 80% - 85% donde; D-Lp: *Lolium perenne* en suelo disturbado; D-Bv: *Bromus valdivianus* en suelo disturbado; ND-Lp: *Lolium perenne* en suelo no disturbado; ND-Bv: *Bromus valdivianus* en suelo no disturbado.

Como era de esperar, bajo una adecuada condición hídrica *L. perenne* produjo mayor cantidad de macollos en condiciones monofíticas. La mezcla de las dos especies presentan un número de macollos similar al de *B. valdivianus* y menor biomasa en comparación a las dos especies en condiciones monofíticas. Sin embargo, como

mencionan LÓPEZ *et al.* (2013) agrega plasticidad a las praderas, ya que en verano en la región de los ríos *B. valdivianus* domina y en otras temporadas domina *L. perenne*.

Suelos no disturbados con mayor cantidad de agua útil son capaces de producir mayores cantidades de macollos y biomasa aérea en comparación con suelos disturbados en buenas condiciones hídricas, pudiendo *L. perenne* aprovechar este efecto positivo de mejor forma que *B. valdivianus* en etapas tardías.

La competencia a nivel de macollaje y biomasa aérea es fuertemente afectada por el manejo de suelo, mostrando mismas tendencias en sus resultados. En general, en suelo no disturbado *L. perenne* es desplazado por *B. valdivianus* y en suelos disturbados ocurre lo contrario. Siendo esta relación además dependiente del estado en que se encuentre las plantas, magnificándose los efectos en etapas tardías. Esto probablemente consecuencia de las distintas estrategia de cada especie donde *B. valdivianus* reduce su crecimiento para aumentar su resistencia en espera de condiciones de estrés y *L. perenne* aumenta la producción de macollo para desplazar a otras especies en etapas tempranas.

4. CONCLUSIONES

En condiciones de restricción hídrica del 80-85% de la capacidad de campo *L. perenne* produce mayor biomasa aérea asociado a una mayor producción de macollos en comparación con *B. valdivianus* monofíticas, así mismo *L. perenne* presentó mayor potenciales hídricos sin efectos de estrés hídrico por cierre estomático. La producción de raíces no mostró diferencias significativas.

El manejo de suelo tuvo un amplio efecto en el número de macollos y biomasa aérea. Suelos disturbados tuvieron un efecto negativo, asociado a una disminución del agua útil producto del manejo del suelo en este tratamiento.

La mezcla de *L. perenne* con *B. valdivianus* disminuyó la biomasa aérea, exhibiendo un fuerte efecto de la competencia a nivel de macollos, donde en general *B. valdivianus* es desplazado por *L. perenne* en condiciones de suelos disturbados y *L. perenne* es desplazado por *B. valdivianus* en condiciones de suelo no disturbado. Efectos además dependientes del momento de medición magnificándose las diferencias hacia los 1196 GDA.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAYA, R., SALAZAR, M., CONTRERAS, K., MOSCOSO, C., TORRES, A. VÁSQUEZ, M., GAETE, P., WULF, M., BALOCCHI, O., SALDIVIA, E. y CANALES, C. 2012. Manejo Eficiente del pastoreo. Consorcio lechero. (On line) <<http://www.consorcirolechero.cl/chile/documentos/publicaciones/pastoreo.pdf>> (12 jun. 2015)
- BALOCCHI, O. y LÓPEZ, I. 1995. Evaluación del valor agronómico de *Bromus valdivianus* Phil. En: *Memorias de la Sociedad Chilena de Producción Animal*. XX Reunión Anual. 19 y 20 de Octubre 1995. (Guzmán, V.; Dumont, J.C. ed) Universidad de Chile. Coquimbo. pp 9 – 10.
- BALOCCHI, O. y LÓPEZ, I. 2001. Rol de las especies pratenses nativas y naturalizadas en las praderas permanentes del sur de Chile. En: *Memorias de Proceedings del Simposio Internacional en Producción Animal y Medio Ambiente*. XXVI Reunión Anual de la Sociedad Chilena de Producción Animal, pp 285-299.
- BALOCCHI, O.; TEUBER, N. (2003). Recursos Forrajeros en Producción de Leche: II Novedades en gramíneas y leguminosas forrajeras. Centro Regional de Investigación Remehue. Osorno, Chile. 9 p.
- BARUCH, Z. y FISHER, M. 1988. Factores climáticos y de competencia que afectan al desarrollo de la planta en el establecimiento de una pastura. En: Lascano, C., y Spain, J. (eds): *Establecimiento y renovación de pasturas*. Red internacional de evaluación de pastos tropicales. Conceptos, experiencias y enfoque de la investigación. Sexta reunión del comité asesor. Mexico. pp: 103-130.
- DEMANET, R. 2008. Manual de Especies Forrajeras y Manejo de Pastoreo. PDP Watt's, Corfo, Universidad de La Frontera. Temuco, Chile, 82 p.
- DESCALZI, C. 2011. Competencia entre *Lolium perenne* L. y *Bromus valdivianus* Phil. en praderas pastoreadas por vacas de peso contrastante. Tesis Magíster Producción Animal, Universidad Austral de Chile. 60 p.
- DIETL, W. y FERNANDEZ, F. 2009. Manejo sostenible de praderas; Su flora y vegetación. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA N° 187. Cauquenes, Chile. pp.188
- GABRIELS, D., LOBO, D. y PULISO, M. 2014. Métodos para determinar la conductividad hidráulica saturada y no saturada de los suelos. (On line) <<http://es.slideshare.net/renanfernandezgalvez/980-18911sm>> (21 oct. 2015)

- GARCÍA, S. 2012. Efecto del estrés hídrico sobre el crecimiento y habilidad competitiva de *Lolium perenne* L. y *Bromus valdivianus* Phill. Tesis Pregrado Producción Animal. Universidad Austral de Chile. 50 p.
- GAVANDE, S. 1972. Física de suelos; principios y aplicaciones. Limusa. Mexico. pp:162-163.
- GRACE, J. B. 1995. On the measurement of plant competition intensity. Ecology 76: 305–308.
- GRIME, J. P. 1974. Vegetation classification by reference to strategies. Nature 250: 26-31.
- GRIME, J.P. 1979. Plant strategies and vegetation processes. Jhon Wiley and Sons Ltd. Chichester - New York – Brisbane – Toronto. 222p.
- GRIME.1981 Plant strategies and vegetation processes. Departament of botany, University of Sheffield. New York: John Wiley, 95 p.
- HOGG, W. 1981. Sistemas de riego; Manual de técnicas agropecuarias. 2da ed. Traducido por Angel Sanchez. Acriba. Zaragoza, España. 99 p.
- JAKSIC, F. 2001. Ecología de Comunidades. Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. pp: 39 – 56.
- JUPP, A. y NEWMAN, E. 1986. Morphological and anatomical effects of severe drought on the roots of *Lolium perenne*. *New Phytologist* 105: 393-402
- LANGER, R. 1981. Las pasturas y sus plantas. Cap. 2. Ed. Hemisferio sur Montevideo, Uruguay. 514p.
- LÓPEZ, H. 1996. Especies forrajeras mejoradas. In: Ruiz, I. (ed). Praderas para Chile. 2 ed. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Ministerio de Agricultura. Santiago, Chile. pp: 80-83
- LÓPEZ I., BALOCCHI, O., LAILHACAR, P. y OYARZUN, C. 1997. Caracterización de sitios de crecimiento de seis especies pratenses nativas y naturalizadas del Dominio Húmedo de Chile. *Agro Sur* 25(1): 62 - 80.
- LÓPEZ, I., KEMP, D., DÖRNER, J., DESCALZI, C., BALOCCHI, O. y GARCÍA, S. 2013. Competitive Strategies and Growth of Neighbouring *Bromus valdivianus* Phil. And *Lolium perenne* L. Plants Under Water Restriction. *Journal of Agronomy and Crop Science* 199, 449-459

- MARQUÉZ, R. 2012. Evaluación de la resiliencia post estrés hídrico de praderas de *Lolium perenne* L. y *Bromus valdivianus* Phil. en competencia. Tesis Pregrado Producción Animal. Universidad Austral de Chile. 49 p.
- MCKENZIE, B., VALENTINE, I., MATTHEW, C. y HARRINGTON, K. 1999. Plant interactions in pastures and crops. In: HODGSON, J. y WHITE, J. (ed). New Zealand, Pasture and crop science. Oxford University. 54 p.
- MESTAS, R. (2011). Régimen hídrico del suelo y evapotranspiración en áreas agrícolas y forestales. Tesis doctoral. Universidad de Coruña. España. p. 233
- MORENO, F. PELEGRH, F. FERNIINDEZ, J. y MURILLO, J. 1997. Soil physical properties, water depletion and crop development under traditional and conservation tillage in southern Spain. *Soil & Tillage Research*. 41, 25 – 42.
- MUJICA, A. y JACOBSEN, S. 1996. Resistencia de la quinua a la sequia y otros factores abioticos adversos, y su mejoramiento. (On line) <<http://www.condesan.org/publicacion/Libro05/cap8.htm#Top>> (12 nov. 2015)
- MUÑOZ, M 1980. Flora del parque nacional Puyehue. Editorial Universitaria. Santiago, Chile. 537 p.
- MURAOKA, T. y TZI, E. 2001. Mejoramiento del uso del agua en la agricultura: El papel de las técnicas nucleares. Universidad de Sao Paulo. Sao Pablo. Brasil. pp: 5 – 7.
- NURJAYA. IG. y TOW, P. (2001). Genotype and Environmental Adaptation as Regulators of Competitiveness. In: Competition and Succession in Pastures. CAB International. Cap 3. pp: 43-62.
- REYNOLDS, W.D., DRURY, C.F., TAN, C.S., FOX, C.A. y YANG, X.M., 2009. Use of indicators and pore volume-function characteristics to quantify soil physical quality. *Geo-derma* 152, 252–263.
- SATORRE, E., ARNOLD, R., SLAFER, G., DE LA FUENTE, E., MIRALLES, D., OTEGUI, E. y SAVIN, R. 2003. Bases funcionales para el manejo del agua en los sistemas de producción de los cultivos de grano. *Producción de granos*. pp 377
- SCHWEN, A. BODNER, G. SCHOLL, P. BUCHAN, G y LOISKANDL, W. (2011). Temporal dynamics of soil hydraulic properties and the water-conducting. *Soil & Tillage Research*. 156, 89 – 98.
- SIEBALD, E. 2001. Mejoramiento de praderas naturalizadas. En: L. Opazo, A. Torres y E. Siebald (Eds). Seminario praderas: Hacia un nuevo estilo productivo. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, CRI Remehue. Osorno, Chile. Serie Actas Nº 9. pp. 7 - 14. (On line) <<http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/serieactas/NR26893.pdf>> (2 nov. 2015)

- TAIZ, L. y ZEIGER, E. 2002. Water and Plant cells. *Plant Physiology*. Volumen 3 (pp 33-46). SINAUER ASSOCIATES.
- TALLOWIN, J.; BROOKMAN, S.; y SANTOS, G. 1995. Leaf growth and utilization in four grass species under steady state continuous grazing. *J. Agric. Sci. (Cambridge)* 124:403-417.
- TEUBER, N., BALOCCHI, O., ABARZÚA, A., ANWANDTER, V., CANSECO, C., DEMANET, R., LOPETEGUI, J. y PARGA, J. 2007. Manejo del pastoreo. Osorno, Chile. pp. 5-7
- TURNER, N. 1981. Techniques and experimental approaches for the measurement of plant water status. *Plant and soil*. 58, 339 – 366.
- WEDDERBURN, M.E., J.R. Crush, W.J. Pengelly, y J.L. Walcroft. 2011. Root growth patterns of perennial ryegrass under well-watered and drought conditions. *New Zeal.J.Agr.Res.*53:377-388.
- ZÚÑIGA, F., IVELIC-SÁEZ J., LÓPEZ, I., HUYGENS D. y DÖRNER J. 2014. Temporal dynamics of the physical quality of an Andisol under a grazing system subjected to different pasture improvement strategies. *Soil & Tillage Research*. 145: 233-241.