



**Efecto de la frecuencia de riego y el manejo de
corte sobre la producción de una pradera
sembrada de ballica perenne en la comuna de
Panguipulli.**

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

Héctor Alberto Aedo Arteaga

VALDIVIA-CHILE

2010

PROFESOR PATROCINANTE:

Juan Nissen Mutzenbecher
Ing. Agr. Dr. rer. hort.
Instituto de Ingeniería Agraria y Suelos

PROFESORES INFORMANTES:

José Dörner Fernández
Ing. Agr. Dr. sc. agr.
Instituto de Ingeniería Agraria y Suelos

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

INDICE DE MATERIAS

| Capítulo | | Página |
|-----------------|--|---------------|
| | RESUMEN | 1 |
| | SUMMARY | 3 |
| 1 | INTRODUCCION | 5 |
| 2 | REVISION BIBLIOGRAFICA | 7 |
| 2.1 | Manejo de praderas | 7 |
| 2.2 | Riego en praderas | 8 |
| 2.2.1 | Importancia del agua para las plantas | 8 |
| 2.2.2 | Efecto del déficit hídrico | 8 |
| 2.2.3 | Efecto del riego sobre el aumento de la producción | 9 |
| 2.2.4 | Riego por aspersión | 10 |
| 2.3 | Fertilización en praderas | 12 |
| 2.4 | Manejo del pastoreo | 13 |
| 2.4.1 | Frecuencia e intensidad de pastoreo | 14 |
| 2.4.1.1 | Pastoreos suaves e infrecuentes | 14 |
| 2.4.1.2 | Pastoreos intensos y frecuentes | 14 |
| 2.4.1.3 | Pastoreos suaves y frecuentes | 15 |
| 2.4.1.4 | Pastoreos intensos e infrecuentes | 15 |
| 2.4.2 | Altura de pastoreo en el manejo de praderas | 15 |
| 2.5 | Composición nutricional de las praderas | 16 |
| 3 | MATERIALES Y MÉTODO | 18 |
| 3.1 | Descripción de la zona de ensayo | 18 |
| 3.1.1 | Ubicación del experimento | 18 |
| 3.1.2 | Duración del estudio | 18 |
| 3.1.3 | Clima | 18 |
| 3.1.4 | Suelo | 18 |

| | | |
|-----------|---|----|
| 3.1.5 | Condición inicial de la pradera | 19 |
| 3.1.6 | Uso productivo del predio | 20 |
| 3.2 | Manejo y descripción del ensayo | 20 |
| 3.2.1 | Manejo pre-ensayo | 20 |
| 3.2.2 | Tratamientos | 21 |
| 3.2.2.1 | Riego | 22 |
| 3.2.2.1.1 | Determinación de la tasa de riego | 22 |
| 3.2.2.1.2 | Determinación de tiempo de riego | 23 |
| 3.2.2.2 | Corte | 24 |
| 3.2.3 | Control de malezas | 25 |
| 3.2.4 | Limpieza de la bandeja de evaporación | 25 |
| 3.2.5 | Corte de homogenización | 25 |
| 3.2.6 | Cortes de limpieza | 25 |
| 3.2.7 | Diseño experimental | 25 |
| 4 | PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS | 27 |
| 4.1 | Clima | 27 |
| 4.2 | Producción total de materia seca | 29 |
| 4.3 | Efecto de los tratamientos sobre la composición nutricional de la pradera | 34 |
| 4.3.1 | Cenizas totales (CT) | 35 |
| 4.3.2 | Carbohidratos solubles (CHSO) | 35 |
| 4.3.3 | Fibra detergente neutro (FDN) | 36 |
| 4.3.4 | Fibra detergente ácido (FDA) | 36 |
| 4.3.5 | Energía metabolizable (EM) | 38 |
| 4.3.6 | Proteína bruta (PB) | 38 |
| 4.3.7 | Proteína soluble (PS) | 39 |
| 4.4 | Índice de respuesta al riego | 39 |
| 5 | CONCLUSIONES | 42 |
| 6 | BIBLIOGRAFIA | 44 |
| 7 | ANEXOS | 47 |

INDICE DE CUADROS

| Cuadro | | Página |
|---------------|---|---------------|
| 1 | Incremento del rendimiento por efecto del riego en praderas de la IX Región | 10 |
| 2 | Composición nutricional mensual de praderas en la sur del país | 17 |
| 3 | Resumen de temperaturas y precipitaciones para los meses de octubre de 2007 a abril de 2008. | 19 |
| 4 | Fertilización de la pradera pre-ensayo | 20 |
| 5 | Resultado análisis químico de suelo | 21 |
| 6 | Balance de temperatura durante los meses de ensayo | 27 |
| 7 | Balance de precipitaciones a durante los meses de ensayo | 28 |
| 8 | Alturas de lluvia, riego y agua total aplicada, por tratamiento (mm) | 29 |
| 9 | Producción total de materia seca ha ⁻¹ para los tratamientos del estudio (periodo 20 octubre 2007 - 18 de abril de 2008). | 33 |
| 10 | Resultados del análisis NIRS realizado a muestras de cada tratamiento, correspondientes a los cortes del día 19 de enero de 2008. | 37 |
| 11 | Comparación de la composición nutricional de una pradera típica de la zona sur versus los resultados obtenidos en el tratamiento de corte cada 15 días. | 40 |
| 12 | Comparación de la composición nutricional de una pradera típica de la zona sur versus los resultados obtenidos en el tratamiento de corte cada 45 días. | 40 |
| 13 | Índice de respuesta al riego para los tratamientos en estudio | 41 |

INDICE DE FIGURAS

| Figura | | Página |
|---------------|---|---------------|
| 1 | Esquema de una parcela, con respectiva área de riego y corte | 24 |
| 2 | Producción de materia seca por hectárea para los tratamientos con cortes frecuentes (cada 15 días). (RF: Riego Frecuente; RPF: Riego Poco Frecuente; SR: Sin Riego). | 30 |
| 3 | Producción de materia seca por hectárea para los tratamientos con cortes poco frecuentes (cada 45 días). (RF: Riego Frecuente; RPF: Riego Poco Frecuente; SR: Sin Riego). | 31 |
| 4 | Grafico de interacción para MS (primero factor [corte]) | 32 |
| 5 | Grafico de Interacción para MS (segundo factor [riego]) | 33 |
| 6 | Producción de MS ha ⁻¹ para los tratamientos de corte y riego | 34 |
| 7 | Efecto de los tratamientos de riego sobre el contenido total de CT (%) | 35 |
| 8 | Efecto de los tratamientos de riego sobre el contenido total de CHSO (g kg ⁻¹) | 36 |
| 9 | Efecto del corte sobre el contenido total de FDN (%) | 37 |
| 10 | Efecto del corte sobre el contenido total de EM (Mcal/kg) | 38 |
| 11 | Efecto del corte sobre el contenido total de PB (%) | 39 |

INDICE DE ANEXOS

| Anexo | | Página |
|--------------|---|---------------|
| 1 | Ubicación geográfica del área de estudio | 47 |
| 2 | Climadiagrama Melefquén – Panguipulli para la temporada octubre 2007 – abril 2008 | 47 |
| 3 | Distribución y producción (kg MS ha ⁻¹) de las parcelas en terreno | 48 |
| 4 | Análisis de varianza para MS | 48 |
| 5 | Análisis de varianza para CT | 50 |
| 6 | Análisis de varianza para CHSO | 51 |
| 7 | Análisis de varianza para FDN | 52 |
| 8 | Análisis de varianza para FDA | 53 |
| 9 | Análisis de varianza para EM | 53 |
| 10 | Análisis de varianza para PB | 54 |
| 11 | Análisis de varianza para PS | 55 |

RESUMEN

El estudio se realizó en el predio de propiedad del Ing. Agr. Sr. Jaime Mardones, localizado a 1 km al este de Melefquén, comuna de Panguipulli, provincia de Valdivia. Este estudio tuvo una duración de seis meses, a partir del 20 de octubre de 2007 hasta el 18 de abril de 2008.

Se planteó como hipótesis en este trabajo, que la aplicación de altas tasas de riego, en combinación con distintas frecuencias de corte, producen un aumento en la producción de materia seca por hectárea.

El objetivo general de este trabajo fue evaluar el efecto de distintas frecuencias de riego y de corte en la producción de una pradera artificial de ballica perenne. Para conseguir este objetivo se realizaron mediciones y registros de la producción de materia seca en diferentes tratamientos programados y realizando además mediciones de la calidad del forraje obtenido, donde se evaluó ceniza total (CT), energía metabolizable (EM), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), carbohidratos solubles (CHOS), proteína bruta (PB) y proteína soluble (PS).

El estudio se basó en un diseño de bloques completos al azar con un arreglo factorial de 2x3, comparando las variables riego y corte. Cada tratamiento constó de tres repeticiones. Se utilizaron 3 bloques, correspondiendo cada bloque a una repetición, con seis tratamientos cada uno. Los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza (Andeva) y a pruebas de comparaciones específicas (Tukey), cuando correspondió.

Los niveles de riego se establecieron mediante una bandeja evaporimétrica. De acuerdo a esto, los criterios de riego fueron: Riego Poco Frecuente (RPF), aplicando una tasa de riego de 80 mm, cada vez que la bandeja evaporimétrica evaporó 40 mm, aplicando un total de 360 L por área regada; y Riego Frecuente (RF), aplicando una tasa de 40 mm, cada vez que la bandeja evaporimétrica evaporó 20 mm, aplicando un total de 180 L por área regada. En ambos casos el agua fue aplicada por medio de microjet, simulando un riego por aspersión.

Para los tratamientos de corte, se utilizaron dos frecuencias de corte, correspondiendo estas a corte cada 15 días (C15), simulando un pastoreo directo y cortes cada 45 días (C45), frecuencia que simuló una conservación de forraje. En ambos casos, se dejó una altura residual de ocho centímetros. El área de corte fue delimitada con un marco de madera de 1.5m x 1.5m (2.25 m²).

En términos generales, se observó que la máxima producción se obtuvo en el tratamiento RF 45 con 18.022 kg MS ha⁻¹ y la más baja en el tratamiento SR 15, con 6.279 kg MS ha⁻¹.

Dentro de los parámetros nutricionales, se observó que para FDA y PS no existieron diferencias significativas atribuibles a los factores riego y corte, como tampoco a la interacción entre ambos.

El factor riego tuvo efecto significativo sobre el contenido de CT y CHSO. Los mayores y menores contenidos fueron obtenidos en los tratamientos SR y RF, para el caso de CT y RPF y RF, para el caso de CHSO

El factor corte tuvo efecto significativo sobre el contenido de EM y PB, donde el corte cada 45 días obtuvo mayores producciones en relación a cortes cada 15 días. Por el contrario, en el contenido de FDN, el tratamiento de corte cada 15 días obtuvo mayor producción que el corte cada 45 días.

SUMMARY

The study was carried out on the property owned by Ing. Agr. Jaime Mardones located 1 km east of Melefuén, Panguipulli commune, province of Valdivia. This study lasted six months, from October 20, 2007 until April 18, 2008.

The hypothesis of this work was, that the application of high rates of irrigation, in combination with different cutting frequencies produces an increase in the production of dry matter per hectare.

The general objective of this study was to evaluate the effect of different irrigation frequencies and cutting frequencies on an artificial ryegrass meadow. To achieve this goal measurements of dry matter production on the different treatments were done, as well as measurements of the quality of the produced forage, such as total ash (CT), metabolizable energy (EM), neutral detergent fiber (FDN), acid detergent fiber (FDA), soluble carbohydrates (CHOS), crude protein (PC) and soluble protein (PS).

The study was based on a randomized complete block design, with a factorial arrangement of 2x3, comparing the variables Irrigation frequency and cutting frequency. Each treatment consisted of three replicas. Three were used blocks, each block corresponding to a repetition, with six treatments. The data obtained were subjected to an analysis of variance (ANOVA) and the test of specific comparisons (Tukey) when it correspond.

Irrigation levels were programmed with a pan evaporimeter. Accordingly to this irrigation criteria were : Less Frequent Irrigation (RPF), using an irrigation rate of 80 mm each time the pan evaporimeter evaporated 40 mm and using a total amount of 360 L per irrigated area; Frequent Irrigation (RF), using a rate of 40 mm each time the pan evaporimeter evaporated 20 mm and applying a total amount of 180 L per irrigated area. In both cases the water was applied by means of microjets, simulating a sprinkler.

Two cutting frequencies were used: cutting every 15 days (C15), simulating a direct grazing, and cuts every 45 days (C45), which simulated a frequency of forage conservation. In both cases, a residual height of eight centimeters was leaved. The cutting area was enclosed with a wooden frame of 1.5m x 1,5m (2.25 m²).

It was generally observed that the maximum production was obtained with the treatment 45 RF, reaching 18.022 kg MS ha⁻¹ and lowest with the treatment SR 15, reaching 6.279 kg MS ha⁻¹.

Among the nutritional parameters, it was noted that the FDA and PS results show no significant differences attributable to the irrigation factor and cutting factor, as well the interaction between both.

Irrigation factor had a significant effect on ashes (CT) and soluble carbohydrates (CHSO) contents. The highest and the lowest ashes content were obtained by treatments without irrigation (SR) and frequent irrigation (RF), respectively. Highest and lowest soluble carbohydrates contents were obtained by treatments les frequent irrigation (RPF) and frequent irrigation (RF), respectively.

Cutting factor had significant impact on the content of dry matter (MS) and PB content of cutting every 45 days was higher in relation to cutting every 15 days. In contrast, the contents of FDN, cutting every 15 days, reached a higher production than cutting every 45 days.

1 INTRODUCCION

Uno de los principales objetivos de cualquier predio dedicado a la ganadería y/o lechería, es la obtención de forraje suficiente para cubrir las necesidades alimenticias que imponen cada unos de los rubros productivos, lo cual implica no sólo contar con el forraje suficiente, sino que además involucra contar con éste durante aquellas épocas en que las condiciones de clima restringen el crecimiento de las praderas.

Las épocas estivales, que involucran los meses de enero y febrero principalmente, son aquellos meses donde la disponibilidad de forraje decae drásticamente, obligando al aumento de los costos de producción por el uso de alimentos suplementarios, como concentrados y/o la compra de forraje conservado en forma de heno o silo, a menos que se cuente con esta disponibilidad en el mismo predio.

Es durante esta época que en el manejo de praderas, cobra vital importancia lo relacionado con un adecuado aporte de agua, ya que este garantiza un forraje de buena calidad (dependiendo el tipo de pradera) y a un relativo bajo costo.

Se plantea como hipótesis en este trabajo, que la aplicación de altas tasas de riego, en combinación con distintas frecuencias de corte, produce un aumento en la producción de materia seca por hectárea.

Como objetivos generales se plantea evaluar el efecto de distintas frecuencias de riego y de corte en la producción de una pradera artificial de ballica perenne ubicada en la Decimocuarta Región, entre los meses de noviembre y marzo, épocas en que los montos de precipitación están por debajo los requerimientos de evapotranspiración este cultivo.

Los objetivos específicos consistieron en realizar mediciones y registros de la producción de materia seca en los diferentes tratamientos resultantes de la combinación de las distintas frecuencias de riego y corte a lo largo de la temporada de estudio. También se aplicaron altas tasas de riego, para conocer los límites de la respuesta a la aplicación de agua a la pradera. Además, se midieron algunos parámetros nutricionales de la pradera como cenizas totales (CT), energía

metabolizable (EM), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), carbohidratos solubles (CHOS), proteína bruta (PB) y proteína soluble (PS).

2 REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1. Manejo de praderas

Por manejo de pradera, en su sentido más amplio, debe entenderse toda práctica o conjunto de prácticas que tienden a obtener el máximo provecho de una pradera (AGUILA, 1979). Según lo expuesto por este mismo autor, existe la posibilidad de confundir el término manejo con las prácticas culturales de los cultivos corrientes; sin embargo, al incluir aspectos como los sistemas de aprovechamiento del producto, o sea el forraje, se establece una diferencia fundamental entre ambos conceptos.

El nivel de producción que se obtiene en un sistema basado en pastoreo depende de la cantidad y calidad del pasto disponible, el número y productividad de los animales utilizados y de la proporción de forraje producido que efectivamente se consume (eficiencia de utilización), esta última está determinada por el consumo de forraje que realizan los animales, lo que se relaciona con el manejo del pastoreo (BALOCCHI y ANRIQUE, 1993).

De acuerdo a lo expuesto anteriormente, ROMERO (1993), señala que el manejo del pastoreo tiene como objetivos principales:

- Asegurar que el forraje que crece sea utilizado por los animales y evitar la pérdida del pasto.
- Asegurar que después de cada pastoreo, las especies que componen la pradera estén en condiciones de iniciar un vigoroso rebrote.
- Permitir la sobrevivencia y desarrollo de nuevos tallos, macollas y estolones.
- Mantener un buen balance de gramíneas (70%) y leguminosas (30%), para cumplir con las ventajas de su inclusión en la mezcla.
- Asegurar la cantidad y calidad del forraje a través del año, lo cual, en cierta medida, puede ser controlado por el pastoreo.

Son variadas las prácticas que pueden ser consideradas al momento de realizar un adecuado programa manejo de praderas. Estas prácticas dependerán, por ejemplo, de

la época del año, ya que manejos en épocas de otoño-primavera difieren bastante de aquellos que se realizan en épocas donde se produce una baja en la producción (enero – febrero). En estas últimas épocas algunos manejos, tales como el riego y la fertilización, juegan un papel fundamental al momento de evaluar la posibilidad de una inversión económica, para evitar esta baja normal de producción.

2.2. Riego en praderas

En este capítulo se abordarán las temáticas relacionadas con la práctica del riego en praderas.

2.2.1. Importancia del agua para las plantas. La importancia del agua sobre la fisiología de las especies constituyentes de una pradera, determina de una u otra manera la producción y permanencia de estas especies a través del tiempo. Esto se debe a que, según lo expuesto por GARDNER *et al.* (1985), el agua cumple funciones de importancia como constituyente del protoplasma de las células, formando parte del 80-90% del peso fresco de las plantas, actúa como solvente, ya que gases, minerales y distintos solutos de los tejidos se mueven dentro de la planta a través del agua. También actúa como medio para el desarrollo de la gran mayoría de las reacciones bioquímicas del metabolismo vegetal. Es reactivo en la fotosíntesis y en las reacciones de hidrólisis, como el pasaje de almidón a azúcares simples. La presión interna de agua en las células mantiene la turgencia en las plantas. Produce el estiramiento de las células meristemáticas al crecer, siendo la misma fuerza que le permite a las raíces explorar el suelo. Permite mantener la temperatura de la planta por medio de la evaporación de agua desde las hojas. Las fuerzas de cohesión del agua, la celulosa, las pectinas y las ligninas, influyen fuertemente en la mantención de la estructura de la planta (Kozlowski, 1964; Hsiao, 1990; Sepúlveda, 1990, Botella y Campos, 1993, citados por RUIZ, 1996).

2.2.2. Efecto del déficit hídrico. Conocidas algunas de las funciones que el agua cumple al interior de las plantas, es fácil poder imaginar los efectos que el déficit puede ocasionar sobre alguna o todas las funciones mencionadas anteriormente. Dentro de las funciones más importantes que se ven afectadas frente a un déficit hídrico, es posible mencionar los efectos sobre la fotosíntesis, la respiración y el crecimiento vegetativo (JEREZ, 1994).

Es importante mencionar que cuando el déficit hídrico es importante tanto en duración o intensidad, las hojas adquieren una consistencia flácida y la planta empieza a marchitarse, con el consiguiente efecto negativo sobre el rendimiento del cultivo, tanto en cantidad como en calidad (FUENTES, 1996).

2.2.3. Efecto del riego sobre el aumento de la producción. Algunos autores como WOERNER (1982), WEIL (1986), BILLIARD (1990), JEREZ (1994), DUMONT (2004) y ROBERT (2008) han demostrado con estudios realizados en distintas zonas de la Novena, Décima y Decimocuarta Regiones, los efectos e impacto que el riego tiene sobre la productividad de praderas.

DUMONT (2004), sostiene que las praderas permanentes presentan algunos problemas para responder en buenas condiciones al riego, por no tener un buen costo-beneficio. La pradera se ve más verde, con mejor calidad, con una tasa de crecimiento un poco mejor, pero en el fondo es muy poco el forraje que se obtiene con este tipo de praderas cuando estas son regadas. En verano las temperaturas son muy altas y las ballicas sobre 25 °C se estresan y tienen crecimientos menores. Si se deseara regar, se deberían tener praderas especiales para regar, por ejemplo, praderas de rotación corta, de altas tasas de crecimiento y que se estresen menos con el calor.

Apoyando esta idea, WOERNER (1982) realizó un estudio en una pradera natural mejorada de la provincia de Valdivia, evaluando dos frecuencias de riego, demostrando que existe un efecto en la producción de materia seca producto del riego, lo que podría suponer una alternativa viable para el aumento de la producción. Sin embargo, el mismo autor señala que para la zona en estudio, la factibilidad de la práctica de riego en praderas puede ser eventual, por cuanto las condiciones de clima son muy variables en el periodo estival.

Tanto en cultivos como en praderas, la utilización de riego tiene efectos positivos sobre el aumento en la producción. Es así como en investigaciones desarrolladas como parte del proyecto INIA-CORFO en la Estación Experimental Carillanca en el año 1994, han demostrado que la aplicación artificial de agua aumenta el rendimiento en algunos cultivos, entre los cuales encontramos cultivo de praderas. En el Cuadro 1 se presenta un ensayo realizado sobre una pradera en 3 diferentes agroclimas de la Novena

Región, donde se evaluó el aumento de la producción producto de la aplicación de riego.

CUADRO 1. Incremento del rendimiento por efecto del riego en praderas de la IX Región.

| CULTIVO | Agroclima | Rendimiento sin riego | Rendimiento con riego | Aumento producción | |
|---------|------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|-----|
| | | ton ha ⁻¹ | | ton MS ha ⁻¹ | % |
| Pradera | Carillanca | 4,8 | 14 | 9,2 | 192 |
| | Loncoche | 6,3 | 14 | 7,7 | 122 |
| | Vilcún | 5,7 | 9 | 3,3 | 58 |

Fuente: Adaptado de JEREZ (1994)

La principal limitante de la aplicación de riego en esta zona del país se debe a la relación costo-beneficio, ya que en muchos casos el aumento en la producción producto de la aplicación de riego no es suficiente para cubrir la inversión y mantención que un equipo de riego. Es así como JEREZ (1994) señala que en áreas donde las precipitaciones son mayores (que en zonas áridas o semiáridas) y existen algunas alternativas de producción que no requieren riego, la decisión de invertir en esta tecnología se debe realizar en base a un análisis de rentabilidad. El mismo autor señala que el uso de riego por aspersión se justifica en cultivos rentables que justifiquen los costos de inversión y operación del sistema.

2.2.4. Riego por aspersión. De los numerosos sistemas de riego existentes, el riego por aspersión es el que más se adapta a las condiciones, principalmente de suelo y topografía presentes en la Zona Sur de Chile (INIA, 1992). ORTEGA (1994), explica que el método de riego por aspersión consiste en aplicar el agua en forma de lluvia, es decir, se fracciona el caudal en innumerable cantidad de gotas de lluvia que se infiltran el terreno cuando llegan a la superficie del suelo. Esta lluvia artificial se consigue a la presión con que fluye el agua dentro de un sistema de tuberías, la cual es expulsada al exterior a través de boquillas de un aspersor.

La selección de un adecuado sistema de riego para su uso en praderas depende de una serie de aspectos, tales como densidad de siembra, topografía, permeabilidad (velocidad de infiltración), calidad y disponibilidad de agua para riego y costos asociados (RUIZ, 1996).

MANCILLA (2008), estudiando la factibilidad técnica y económica de implementar riego en praderas artificiales, señala que los menores costos de implementación del riego se obtienen usando como fuente energética una caída de agua, como fuente de agua la superficial, como sistema de riego el K-Line (de origen neocelandés), regando la mayor superficie posible y acogiéndose a la ley de bonificación a las obras de riego y drenaje (Ley 18.450).

Por lo tanto, existe una relación inversa entre tecnología de riego y costos de adquisición, operación y mantenimiento de un equipo de riego, lo que asume que la implementación de un sistema de riego por aspersión necesariamente requiere de un estudio de factibilidad económica antes de su ejecución. A pesar de lo anterior, presenta una serie de ventajas que hacen factible su uso, tal como señala RUIZ (1996), aseverando que el riego por aspersión es adaptable a diferentes cultivos y a diversas condiciones topográficas, lo que constituye una de sus características más relevantes.

Las principales ventajas descritas por ORTEGA (1994), son las que se enlistan a continuación:

- Permite riego de suelos que por sus limitaciones topográficas no pueden ser regados gravitacionalmente, como pendientes mayores a 8%.
- Se aprovechan con mayor eficiencia los pequeños caudales de agua, debido a que un sistema de aspersores bien diseñado distribuye mejor el agua que otros métodos.
- Mediante una adecuada selección de la intensidad de precipitación del aspersor, es posible regar suelos con velocidades de infiltración muy altas (suelos arenosos) o muy bajas (suelos pesados o arcillosos), sin provocar excesivas pérdidas por percolación profunda o escurrimiento superficial, como es el caso del riego gravitacional.

- Permite aplicar en forma eficiente, uniforme y oportuna fertilizantes solubles, herbicidas y fungicidas, conjuntamente con el agua de riego.
- Puede utilizarse como un sistema de emergencia para el control de heladas, en caso de que las temperaturas desciendan bajo el nivel tolerado por el cultivo.
- Disminución de la infestación de malezas producidas por el agua de riego.
- El costo de operación por mano de obra suele ser menor que en los métodos de riego gravitacional, sobre todo en aquellos suelos en que la infiltración es rápida o en los terrenos con fuertes pendientes o accidentados.

Las principales desventajas de este sistema de riego son:

- Alto costo de inversión inicial en materiales y equipos, el cual se estima entre 800 a 2000 dólares por hectárea, dependiendo de las condiciones y el sistema empleado.
- La distribución y eficiencia de aplicación del agua, es afectada considerablemente por el viento. En general, velocidades de viento superiores a 2,5 m/s hacen no recomendable el riego por aspersión y velocidades entre 1 a 2,5 m/s lo hacen poco recomendable, u obliga a considerar algunas precauciones.
- Requiere de un alto nivel de tecnificación en el diseño, instalación y operación del sistema, para lo cual debe considerarse la participación de un profesional competente en la materia.
- En algunos cultivos y periodos vegetativos, puede favorecer la presencia de enfermedades fungosas, o dificultar la fecundación al regarse en floración.
- Si la forma del terreno es muy irregular, crea complicaciones en el diseño y operación del sistema.

2.3. Fertilización en praderas.

Es importante mantener un nivel adecuado de fertilidad, acorde a la especie forrajera con la cual se va a trabajar, ya que el nivel de fertilidad del suelo es un factor de suma importancia. Si este es bajo, es posible que se logre un buen establecimiento, pero no

una buena persistencia de las especies introducidas, aunque se aplique una dosis alta de fertilizantes al momento de regenerar (INIA, 1992).

Dependiendo del tipo de uso que se le dé a la pradera, dependerá en gran medida el nivel de fertilización de una pradera determinada, ya que según lo que afirma RUIZ (1996), la mayor parte de los nutrientes de la planta se concentran en la parte aérea y son ingeridos por el animal en forma directa o cosechados para conservación de forrajes. Cuando se trata de la utilización de pastoreo, la mayor producción de estos nutrientes se devuelve al suelo en las fecas y orina. Además, una gran parte se exporta del sistema en producto y pérdidas asociadas al animal. Por otra parte señala que en praderas de corte, en las cuales el forraje se extrae del potrero, los nutrientes contenidos en ese forraje deben ser restituidos en mayores cantidades al suelo mediante aplicación de fertilizantes.

AGUILA (1979), argumenta que el uso de adecuadas dosis de fertilización no sólo influyen los rendimientos, sino que también las hace más nutritivas y palatables. Al vigorizarlas, las hace igualmente más resistentes a los ataques de plagas y enfermedades, más agresivas y persistentes en el campo, favorece su competencia con malezas y su posibilidad de sobrevivencia.

El mismo autor señala que además es posible mejorar algunas características físicas del suelo, ya que una adecuada fertilización conlleva a tener altos rendimientos, mayor crecimiento y vigor; todo esto gracias a un mayor y más profuso crecimiento radicular; lo que mejora las características físicas del suelo.

2.4. Manejo del pastoreo.

La utilización del recurso pradera es una de las actividades más importantes dentro del área pecuaria y lechera, tal como afirma PARGA (2003), quien además señala que, dependiendo del sistema productivo, el pastoreo representa entre el 50 a 75 % del consumo anual de materia seca en la mayoría de los casos, con un costo equivalente de 1/3 y 1/8 del costo de los forrajes conservados y concentrados, respectivamente.

Al evaluar un manejo de pastoreo, es necesario considerar al pastoreo en sí como una práctica perjudicial para la vida de las plantas y que ese daño debe ser compensado de

alguna manera; por lo tanto, el pastoreo debe ser considerado desde dos puntos de vista: de la pradera misma y del animal (AGUILA, 1979).

Según lo expuesto anteriormente, este recurso es de fundamental importancia para los productores de la región. Por lo tanto, los factores de manejo sobre una pradera juegan un papel fundamental sobre el éxito en su establecimiento y su posterior producción de materia seca. En este sentido, decisiones de manejo tales como la frecuencia y la intensidad de pastoreo resultan clave para permitir una elevada producción de leche por vaca y por hectárea, repercutiendo en la eficiencia y rentabilidad global de la explotación (PARGA, 2003).

2.4.1. Frecuencia e intensidad de pastoreo. Estudios realizados por PARGA (2003), señalan la importancia de la elección de un adecuado método de pastoreo en cuanto a su frecuencia e intensidad. De esto es posible identificar distintas mezclas entre frecuencia e intensidad de pastoreo, cada una de las cuales tiene su propio costo/beneficio, tanto para la pradera como para el animal.

2.4.1.1 Pastoreos suaves e infrecuentes. Aumentan la pérdida por muerte y descomposición de hojas, reduciendo con ellos la producción neta de pasto; es una técnica altamente ineficiente y conduce a un rápido deterioro de la estructura de la pradera. Se produce un aumento del material senescente y de la proporción de tallos, asociado a una disminución de la producción de hojas verdes y de la población de macollos y estolones.

2.4.1.2 Pastoreos intensos y frecuentes. Reducen la producción de materia seca. Por un lado, la pradera no alcanza a desarrollar la cantidad de hojas necesarias para un desarrollo máximo, ni para acumular un nivel adecuado de carbohidratos de reserva. Por otro, la cantidad de hojas de residuo resultan insuficientes para sustentar un rebrote vigoroso, lo que puede afectar además la persistencia de la pradera. En este caso, es la baja tasa de crecimiento promedio la que limita la producción neta de la pradera (PARGA, 2003).

Los dos métodos anteriormente señalados, corresponden a casos extremos de intensidad y frecuencia de pastoreo. Es por ello que Brougham 1956 y Harris, 1978, citados por PARGA (2003), proponen métodos intermedios a los anteriormente mencionados, con el objetivo de maximizar la producción de la pradera.

2.4.1.3 Pastoreos suaves y frecuentes. Con este método se pretende mantener el índice de área foliar (IAF) lo más cercano a su óptimo y con ello altas tasas de acumulación de materia seca en forma permanente. Sin embargo, este tipo de manejo, aunque en un menor grado, conlleva de igual manera a una degradación de la cubierta vegetal de la pradera, ya que aumenta la tasa de muerte. Además, se produce una disminución de la capacidad fotosintética del residuo, que en su conjunto terminan por limitar la producción neta en el mediano y largo plazo.

2.4.1.4 Pastoreos intensos e infrecuentes. Parson y Chapman (2000), citados por PARGA (2003), plantean que la mejor solución global, desde el punto de vista de la pradera, se obtiene con pastoreos intensos y periodos de descanso relativamente largos (equivalentes a pastoreos de 5 cm altura de residuo cada 25 días en primavera). De esta forma se optimiza el balance entre crecimiento y muerte de hojas y se mantiene la estructura de cubierta altamente productiva a través del tiempo.

Es lógico pensar que la intensidad y frecuencia de pastoreo es variable a través de cada una de las estaciones del año, debido a los distintos montos en las precipitaciones como en la temperatura. Es así como Brougham (1970), citado por PARGA (2003) demostró que pastoreos severos en el periodo estival, además de reducir fuertemente las tasas de acumulación neta en el verano mismo y otoño siguiente, prolongan su efecto negativo durante los 7 a 8 meses posteriores. Según su propia sugerencia, la producción de la pradera puede optimizarse con residuos de 7,5 a 10 cm y con frecuencias de pastoreo de 4 a 5 semanas durante esta estación.

2.4.2 Altura de pastoreo en el manejo de praderas. La frecuencia de pastoreo puede ser controlada en cada época del año de acuerdo a diversos criterios , tales como en número de días o intervalo entre pastoreos, la disponibilidad de forraje presente al inicio del pastoreo, la altura sin disturbar de la vegetación y/o el número de hojas nuevas por macollos BALOCCHI *et al.* (2007). Los mismos autores señalan que estos criterios no son excluyentes entre si, sino que al contrario, debieran complementarse para permitir una mejor apreciación y comprensión del estado de la pradera.

BALOCCHI *et al.* (s/f), demostraron que incrementos en la altura de la pradera producen un aumento en el consumo y un aumento en la producción por animal hasta

un cierto límite, que es dependiente del tipo de animal. El mismo autor señala que existe evidencia práctica que pasado un cierto nivel de altura la productividad decrece, debido a un efecto indirecto de reducción en la calidad de forraje.

De acuerdo a lo anteriormente expuesto, la altura de corte y/o residuo influye fuertemente en algunas características fisiológicas de las especies de una pradera, que radica principalmente en la capacidad de crecimiento o rebrote luego de un corte o pastoreo. Es así como LOPETEGUI (2001), sugiere que la altura de corte debe interactuar con una serie de aspectos fisiológicos, como la capacidad de captar luz, el índice de área foliar (IAF) y las reservas orgánicas (carbohidratos).

2.5. Composición nutricional de las praderas.

Según lo descrito por RUIZ (1996), de los factores que influyen en la alta variación en la digestibilidad de los forrajes pueden señalarse los siguientes:

- Estado fenológico el momento de cosechar.
- Especies o variedades constituyentes de la pradera
- Fertilización
- Época del año

En relación a este último punto, ANRIQUE *et al.* (2008) señalan que la composición nutricional de las praderas de la zona sur cambia permanentemente a lo largo del año, especialmente en primavera. Durante esta época, el mismo autor afirma que especialmente a partir de noviembre se produce un rápido deterioro en la calidad coincidente con la iniciación de la emergencia de espigas en los pastos, lo que se traduce en una fuerte disminución de la proteína, energía y fósforo.

En el cuadro 2 es posible apreciar la variabilidad en la composición nutricional de una pradera a través del año. Este caso corresponde a una pradera permanente de la zona sur, fertilizada y que presenta sequía en la época de verano.

Otro factor que influye en la determinación de la composición nutricional de los forrajes es la forma en que se toman las muestras desde la pradera para el posterior análisis en laboratorio, ya que según lo expuesto por MCDONALD *et al.* (1999), la

determinación de la digestibilidad de la hierba consumida por los animales en pastoreo, presenta problemas especiales. Teóricamente, pueden mencionarse como indicadores algunos componentes naturales de la hierba, como la lignina. En la práctica, la aplicación de los métodos en que se emplean indicadores, se complica por la dificultad que presenta la obtención de muestras de los alimentos, que sean realmente representativas de lo consumido. Los animales pastan selectivamente y prefieren las plantas tiernas a las maduras y las hojas a los tallos, de modo que es probable que la muestra de hierba cortada con una segadora contenga más cantidad de componentes fibrosos (incluida la lignina), que la hierba consumida por los animales en pastoreo (MCDONALD *et al.* 1999).

CUADRO 2 Composición nutricional mensual de praderas en la zona sur del país.

| PRADERA ZONA SUR: Permanente fertilizada, con sequía de verano | | | | | |
|---|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------------|
| MESES | CT (%) | PC (%) | FDA (%) | FDN(%) | EM (Mcal/kg) |
| enero | 8,47 | 10,16 | 35,51 | 52,37 | 2,19 |
| febrero | 9,26 | 9,88 | 35,00 | 54,30 | 2,07 |
| marzo | 7,67 | 10,69 | 36,04 | 56,18 | 2,24 |
| abril | 9,45 | 19,94 | 28,81 | 51,49 | 2,55 |
| mayo | 10,47 | 21,34 | 24,99 | 43,83 | 2,72 |
| junio | 11,34 | 26,09 | 24,54 | 43,25 | 2,66 |
| julio | 10,89 | 24,09 | 23,92 | 47,35 | 2,74 |
| agosto | 9,81 | 23,50 | 24,16 | 45,69 | 2,68 |
| septiembre | 8,75 | 22,69 | 25,27 | 42,92 | 2,77 |
| octubre | 9,21 | 19,02 | 26,17 | 47,23 | 2,79 |
| noviembre | 8,64 | 17,35 | 27,34 | 45,60 | 2,73 |
| diciembre | 8,35 | 15,12 | 28,13 | 46,85 | 2,57 |

Fuente: Adaptado de ANRIQUE (2008).

3 MATERIALES Y MÉTODO

3.1. Descripción de la zona de ensayo.

En los siguientes capítulos se describe el lugar del ensayo y las condiciones climáticas del sector.

3.1.1. Ubicación del experimento. Las parcelas experimentales se ubicaron en el predio de propiedad del Ingeniero Agrónomo Sr. Jaime Mardones, localizado en el sector de Melefquén, comuna de Panguipulli, provincia de Valdivia. El lugar de ensayo se ubica a 12 km al oeste de la ciudad de Panguipulli y a 1 km de la localidad de Melefquén, por la ruta T-15 (ver Anexo 1).

3.1.2. Duración del estudio. Este ensayo tuvo una duración de 6 meses, a contar desde el 20 de octubre del 2007 hasta el 18 de abril del 2008.

3.1.3. Clima. El clima de la zona se caracteriza por ser de tipo templado lluvioso, con influencia mediterránea. Presenta una temperatura media de 11°C, regulada por los diversos lagos que se encuentran en esta región y que junto a la baja altura del relieve entre la costa y la Cordillera de los Andes permiten que exista una baja oscilación térmica. Es posible encontrar una amplia variabilidad en el monto de las precipitaciones en las distintas zonas de la región. Esto debido a las variaciones en las alturas y las diferencias latitudinales que ofrece esta extensa región. Las precipitaciones son abundantes, provocando que la gran mayoría de los días del año sean nublados (CHILE-PROCHILE, 2008). En el Cuadro 3 y climadiagrama del Anexo 2 es posible apreciar las condiciones de precipitaciones y temperaturas para el periodo comprendido entre octubre del 2007 y abril del 2008.

3.1.4. Suelo. Según lo descrito por el Centro de Información de Recursos Naturales (CHILE-CIREN, 2003), el suelo de la zona en estudio corresponde a la serie Lanco, miembro de la familia media, méstica, delgada de los Typic Durudands (Andisol). Este suelo corresponde a un antiguo ñadi, de origen sedimentario, delgado a ligeramente profundo, formado por cenizas volcánicas depositadas sobre materiales fluvioglaciales. Se ubica en la depresión intermedia a una altura de 25 a 30 m.s.n.m. De textura franco

limosa y color pardo muy rojizo oscuro en superficie y textura franco arenosa con gravas y color pardo oscuro profundidad. El substrato es un depósito fluvioglacial cementado, que puede presentar fierrillo discontinuo, duro y quebradizo. La topografía es casi plana a plana, de drenaje moderado.

CUADRO 3 Resumen de temperaturas y precipitaciones para los meses de octubre de 2007 a abril de 2008.

| Mes | Precipitación (mm) | Temperatura media (°C) | Temperatura máxima (°C) |
|-----------|--------------------|------------------------|-------------------------|
| octubre | 126,6 | 16,2 | 24,7 |
| noviembre | 36,0 | 18,8 | 24,8 |
| diciembre | 40,4 | 23,1 | 34,1 |
| enero | 35,2 | 26,2 | 34,7 |
| febrero | 22,4 | 28,1 | 34,6 |
| marzo | 26,8 | 23,4 | 28,6 |
| abril | 27,8 | 17,4 | 26,6 |

Fuente: Datos Estación Meteorológica Curaco, Agrícola Las Vertientes, Melefquén-Panguipulli (Distancia al ensayo 6 km).

3.1.5. Condición inicial de la pradera. El ensayo se realizó sobre una pradera artificial de ballica Nui (*Lolium perenne*), la cual fue sembrada en octubre de 2006. A comienzos del experimento, la predominancia era de ballica; sin embargo, además fue posible encontrar otras especies de valor forrajero como chépica (*Agrostis sp*), trébol blanco (*Trifolium repens*), pasto ovillo (*Dactylis glomerata*) y pasto miel (*Holcus lanatus*) y en menor proporción, algunas especies consideradas malezas como diente

de león (*Taraxacum officinale*), romaza (*Rumex sp*), yuyo (*Brassica campestris*) y siete venas (*Plantago lanceolata*).

3.1.6. Uso productivo del predio. Este predio cuenta con una superficie total de 206 ha, de las cuales 50 ha corresponden a praderas destinadas a la producción bovina de doble propósito, praderas que son utilizadas ya sea para conservación de forraje en forma de heno y silo, como para el pastoreo directo. La superficie restante se distribuye en la producción de otros cultivos (trigo y papa) y en plantaciones forestales.

3.2. Manejo y descripción del ensayo.

En los siguientes capítulos se describen los aspectos de manejo y descripción de la presente investigación.

3.2.1. Manejo pre-ensayo. El día 21 de octubre de 2007 se realizó un corte de homogenización y una evaluación de la producción pre-ensayo, para establecer la condición inicial de la pradera. Este corte de homogenización se realizó a una altura de ocho centímetros mediante una segadora rotativa. La evaluación de la producción pre-ensayo se realizó mediante corte del forraje de una superficie de cuatro metros cuadrados (2m x 2m) mediante tijeras de jardín, usando la misma altura que para el corte de homogenización.

CUADRO 4 Fertilización de la pradera pre-ensayo.

| Nutriente | kg ha ⁻¹ | Fertilizante usado |
|-------------------------------|---------------------|---------------------|
| N | 50 | Urea |
| P ₂ O ₅ | 300 | Superfosfato triple |
| K ₂ O | 150 | Muriato de K |
| CaCO ₃ | 4000 | Magnecal |

Posterior a esto se realizó una fertilización, que se detalla en el Cuadro 4. El criterio de fertilización se basó en evitar una limitación nutricional que pudiese afectar el crecimiento normal de la pradera. Paralelo a esto, se tomó una muestra de suelo para

análisis químico, el cual fue realizado en el Instituto de Ingeniería Agraria y Suelos de la Universidad Austral de Chile y cuyos resultados se presentan en el Cuadro 5.

CUADRO 5 Resultado análisis químico de suelo.

| | | |
|---|------------------------|------|
| pH agua 1:2,5 | | 5,6 |
| pH CaCl ₂ 0,01 M | | 4,9 |
| Materia orgánica | % | 14 |
| N-Mineral (N-NO ₃ -NH ₄) | mg kg ⁻¹ | 32,9 |
| Fósforo (Olsen) | mg kg ⁻¹ | 10,2 |
| Potasio (Intercambiable) | mg kg ⁻¹ | 150 |
| Sodio (Intercambiable) | cmol+kg ⁻¹ | 0,14 |
| Calcio (Intercambiable) | cmol+kg ⁻¹ | 5,47 |
| Magnesio (Intercambiable) | cmol+/kg ⁻¹ | 1,12 |
| Suma de bases | cmol+kg ⁻¹ | 7,12 |
| Aluminio (Intercambiable) | cmol+kg ⁻¹ | 0,24 |
| CIC | cmol+ kg ⁻¹ | 7,36 |
| Saturación de Al | % | 3,3 |

Fuente: Laboratorio de Análisis de Suelos, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Austral de Chile, Valdivia (2007)

3.2.2. Tratamientos. Los tratamientos consistieron en el uso de 2 frecuencias de riego más un tratamiento sin riego, combinado con 2 frecuencias de corte, cada uno con tres repeticiones. Estos fueron aplicados sobre parcelas (ver Anexo 3) de 3 m x 3 m (9 m²).

Los tratamientos fueron:

| | | |
|-----|--------------------------------------|------------|
| T1= | Riego Frecuente – Corte 15 días | (RF – 15) |
| T2= | Riego Frecuente – Corte 45 días | (RF – 45) |
| T3= | Riego Poco Frecuente – Corte 15 días | (RPF – 15) |
| T4= | Riego Poco Frecuente – Corte 45 días | (RPF – 45) |
| T5= | Sin Riego – Corte 15 días | (SR – 15) |
| T6= | Sin Riego – Corte 45 días | (SR – 45) |

3.2.2.1. Riego. Los niveles de riego se establecieron en base a la evaporación de una bandeja evaporimétrica ubicada en el mismo sector del ensayo. De acuerdo a esto, los criterios de riego fueron:

- Riego Frecuente (RF). Se aplicó la tasa riego de 40 mm, cada vez que la bandeja evaporimétrica evaporó 20 mm. El agua aplicada correspondió a 180 L por área regada del microjet.
- Riego Poco Frecuente (RPF). Se aplicó la tasa de riego de 80 mm, cada vez que la bandeja evaporimétrica evaporó 40 mm. El agua aplicada correspondió a 360 L por área regada del microjet.
- Sin Riego (SR). El aporte de agua provino sólo de las precipitaciones.

Con estos criterios de restitución del agua se procuró aplicar grandes volúmenes de agua al suelo, con el fin de observar el uso potencial de este elemento por parte de la pradera. El agua fue aplicada mediante un sistema de riego con microjets de 360°. El radio de disparo de los microjets era de 1,2 m. Como fuente de agua se utilizó una vertiente cercana a la zona de ensayo. El agua fue conducida gravimétricamente hasta el lugar por medio de tubería plástica.

3.2.2.1.1. Determinación de la tasa de riego. Como se mencionó anteriormente, la tasa de riego se basó en la pérdida de agua registrada en la bandeja evaporimétrica.

Midiendo periódicamente las alturas de evaporación de dicha bandeja, la cantidad de agua a reponer en cada uno de los tratamientos, fue calculada de acuerdo a la ecuación 3.1, de donde se obtiene el volumen de agua a aplicar sobre cada parcela, según el tratamiento.

$$V = A \times h \times 1000$$

(3.1)

Donde:

V = Volumen de agua a reponer (L)

A = Área bajo riego (microaspersor de 1,2 m radio de mojado) (4,5 m²)

h = Altura de agua evaporada, 40 mm y 80 mm (0,04 m y 0,08 m)

V = 180 L (para Riego Frecuente)

V = 360 L (para Riego Poco Frecuente)

3.2.2.1.2 Determinación de tiempo de riego. Corresponde a la duración que tuvo cada una de las tasas de riego aplicadas. La tubería abastecedora de agua para el riego tenía un caudal constante de 13 L min⁻¹. El tiempo de riego fue calculado en base a la ecuación 3.2. siguiente:

$$T = V/Q$$

(3.2)

Donde:

T = tiempo de riego (min)

Q = Caudal (L min⁻¹)

V = Volumen (L)

Tiempo para Riego Frecuente = 14 minutos.

Tiempo para Riego Poco Frecuente = 28 minutos.

3.2.2.2 Corte. Se utilizaron dos frecuencias de corte, utilizando los tiempos que normalmente se utilizan para un pastoreo y un corte para conservación de forraje.

- Corte cada 15 días (15). Este manejo consistió en el empleo de la frecuencia de corte que normalmente es utilizada en pastoreos directos (cada 15 días).
- Cortes cada 45 días (45). Este manejo consistió en el empleo de la frecuencia de corte que normalmente es utilizada para la conservación de forraje (cada 45 días).

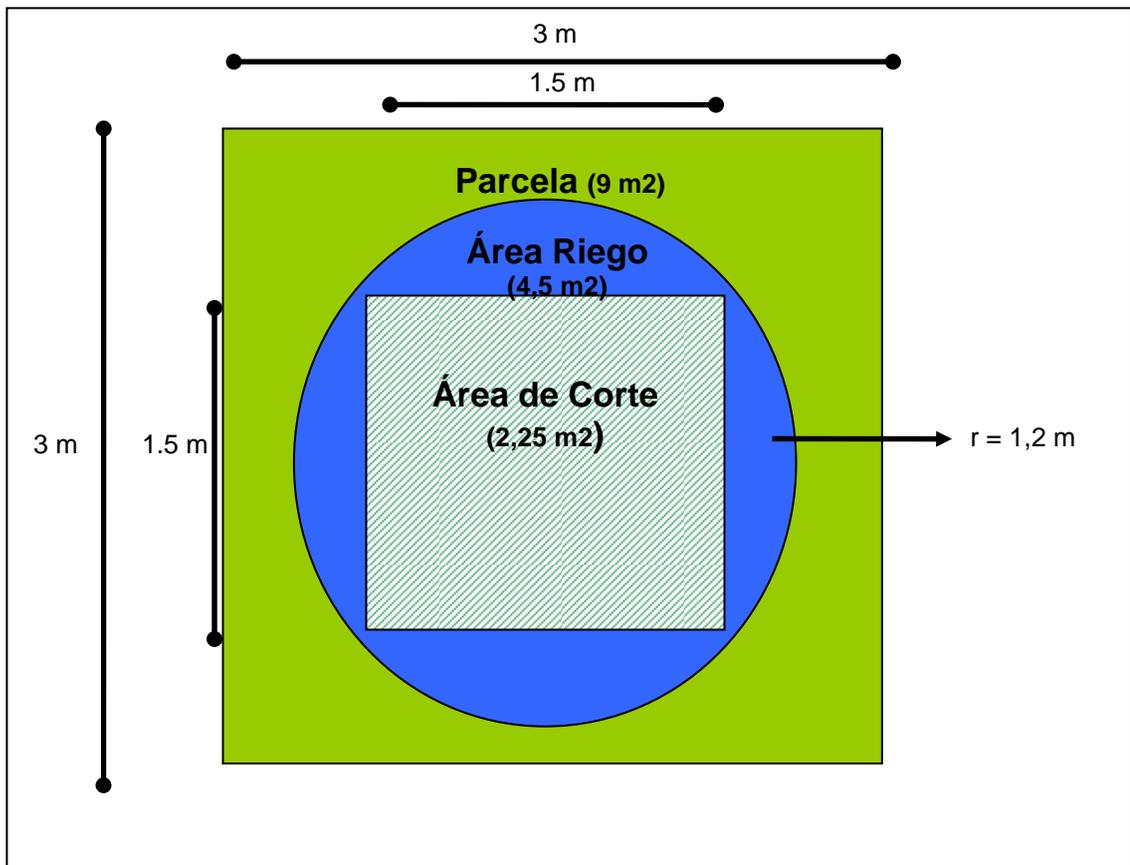


FIGURA 1. Esquema de una parcela, con respectiva área de riego y corte.

En cada caso, para el corte se utilizó una segadora rotativa y/o tijeras de corte, dejando una altura de residuo de ocho centímetros.

El área de corte fue delimitada con un marco de madera de 1.5m x 1.5m (Figura 1). El forraje cortado de cada parcela se pesó mediante una balanza manual, para determinar el rendimiento de materia verde por hectárea. Del forraje cortado en cada parcela se extrajo una submuestra de aproximadamente 300 g, para la determinación del contenido de humedad. Esta última medición se realizó en los laboratorios del Instituto de Producción Animal e Ingeniería Agraria y Suelos, secando a 60° C por 48 horas.

3.2.3. Control de malezas. La presencia de malezas fue constante durante todo el periodo de ensayo, especialmente romaza (*Rumex sp.*) y diente de león (*Taraxacum officinalis*), malezas que fueron controladas en forma manual.

3.2.4. Limpieza de la bandeja de evaporación. Debido a la cercanía al suelo de la bandeja de evaporación, fue necesario realizar frecuente limpieza y mantención de esta para eliminar insectos, restos vegetales y otro tipo de elementos que impidieran un normal funcionamiento de ella. Para la limpieza se usó detergente y al agua de relleno se le aplicaron 5 ml de cloro, para evitar la formación de algas.

3.2.5. Corte de homogenización. Luego de cada corte de cosecha (15 ó 45 días), se realizó un corte de homogenización por medio de una segadora rotativa y/o una orilladora de combustión interna. Para ello, era necesario levantar todo el estacado y el sistema de riego de las parcelas.

3.2.6. Cortes de limpieza. Los cortes de limpieza fueron realizados conjuntamente con los cortes cada 45 días. Este corte de limpieza consistió en cortar el perímetro exterior de la superficie de estudio, con el fin de evitar cualquier tipo de interferencia sobre las parcelas por el crecimiento de la vegetación circundante.

3.2.7. Diseño experimental. Para este estudio se seleccionó un diseño de bloques completos al azar con un arreglo factorial de 2 x 3, donde se compararon las variables riego y corte. Para el caso del riego se utilizaron dos tratamientos de riego (RF y RPF), más el tratamiento testigo Sin riego y para el caso del tratamiento de corte dos frecuencias de corte (Corte cada 15 y Corte cada 45 días). Cada tratamiento constó de

tres repeticiones. Se utilizaron 3 bloques, correspondiendo cada bloque a una repetición, con seis tratamientos cada uno.

Los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza (Andeva) y a pruebas de comparaciones específicas (Tukey), cuando correspondió.

4 PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 Clima

Al igual que en muchos otros procesos productivos, el clima juega un papel fundamental en el éxito o fracaso de las expectativas productivas planteadas en la producción de praderas.

CUADRO 6 Balance de temperatura durante los meses de ensayo.

| Mes | Temperatura media* (°C) | Temperatura temporada** 2007-2008 (°C) | Balance temperatura (°C) |
|------------|--------------------------------|---|---------------------------------|
| octubre | 10,2 | 11,5 | 1,3 |
| noviembre | 11,9 | 11,6 | -0,3 |
| diciembre | 14,4 | 14,6 | 0,2 |
| enero | 15,4 | 17,4 | 2 |
| febrero | 14,6 | 18,1 | 3,5 |
| marzo | 13,3 | 14,7 | 1,4 |
| abril | 11,1 | 17,4 | 6,3 |

*Fuente: MONTALDO (1986), sin indicación de años de registro.

**Datos Estación Meteorológica Curaco, Agrícola Las Vertientes, Melefquén-Panguipulli.

En el Cuadro 6 es posible apreciar que las máximas temperaturas promedio se alcanzaron en los meses de enero y febrero. Para el mes de enero, la temperatura

media alcanzó los 17,4 °C, con una máxima de 34,7 °C el día 23. En febrero la media alcanzó los 18,1 °C y una máxima de 34,6 °C, el día 3 (Anexo 2).

El verano del año 2008 (enero – febrero), fue especialmente crítico en cuanto a precipitaciones y temperaturas. Esto, según el boletín climático del DEPARTAMENTO DE GEOFÍSICA DE LA UNIVERSIDAD DE CHILE (2009), lo atribuye al evento de La Niña, que comenzó a desarrollarse durante el otoño del año 2007 y que alcanzó su máxima intensidad durante enero y principio de febrero de 2008. Con esto se da explicación a las extremas de temperaturas y al déficit pluviométrico en gran parte del país.

CUADRO 7 Balance de precipitaciones durante los meses de ensayo.

| Mes | Precipitaciones medias* (mm) | Lluvias temporada** 2007-2008 (mm) | Balance de pp (mm) |
|--------------|-------------------------------------|---|---------------------------|
| octubre | 134,8 | 126,6 | -8,2 |
| noviembre | 128,8 | 36,0 | -92,8 |
| diciembre | 106,5 | 40,4 | -66,1 |
| enero | 71,1 | 35,2 | -35,9 |
| febrero | 64,7 | 22,4 | -42,3 |
| marzo | 125,0 | 26,8 | -98,2 |
| abril | 180,4 | 27,8 | -152, 6 |
| Total | 811,3 | 315,2 | -496,1 |

*Fuente: MONTALDO (1986), sin indicación de años de registro.

**Datos Estación Meteorológica Curaco, Agrícola Las Vertientes, Melefuén-Panguipulli.

En el Cuadro 7 se presenta el balance de precipitaciones para los meses de octubre del 2007 a abril del 2008. Aquí se aprecia el balance negativo durante todos los meses de duración del ensayo, lo que avala lo expuesto en el boletín climático del Departamento de Geofísica de la Universidad de Chile, el que afirma que la presencia del evento La Niña de una intensidad relativamente alta es favorable a la ocurrencia de una serie de anomalías climáticas a contar de octubre de 2007.

En el Cuadro 8 se presentan las alturas totales de riego aplicadas en cada uno de los tratamientos del ensayo. Los montos totales de 550,8 y 630,8 mm corresponden a valores relativamente altos en relación a todas las investigaciones anteriores realizadas (WOERNER, 1982; WEIL, 1986; BILLIARD, 1990; SANTELICES, 2000; CHILE, INIA, 2000; ROBERT, 2008)

CUADRO 8 Alturas de lluvia, riego y agua total aplicada, por tratamiento (mm).

| Tratamiento | Altura lluvia (mm) | Tasa de riego | Altura total riego aplicada (mm) | h total agua aplicada (mm) |
|-------------|--------------------|---------------|----------------------------------|----------------------------|
| SR | 230,8 | 0 | 0 | 230,8 |
| RPF | 230,8 | 80 | 320 | 550,8 |
| RF | 230,8 | 40 | 400 | 630,8 |

4.2 Producción total de materia seca

En los siguientes dos capítulos se presentan los resultados de producción de materia seca, analizando el efecto de los tratamientos de corte y de riego sobre la pradera.

La producción más baja se presentó en el tratamiento 15 SR, con una producción de 6.279 kg MS ha⁻¹, siendo este estadísticamente diferente al resto de los tratamientos de corte frecuente. En el Figura 2 es posible apreciar que durante el mes de diciembre se produjo una disminución de la producción en todos los tratamientos, la cual se recupera en los meses siguientes. En el tratamiento Sin Riego se produjo el cese de la producción entre los cortes N° 8 y 10 (en el periodo 18 de febrero al 19 de marzo de 2008), producción que se recupera levemente hacia fines del ensayo (abril), lo que coincide con el comienzo de las precipitaciones.

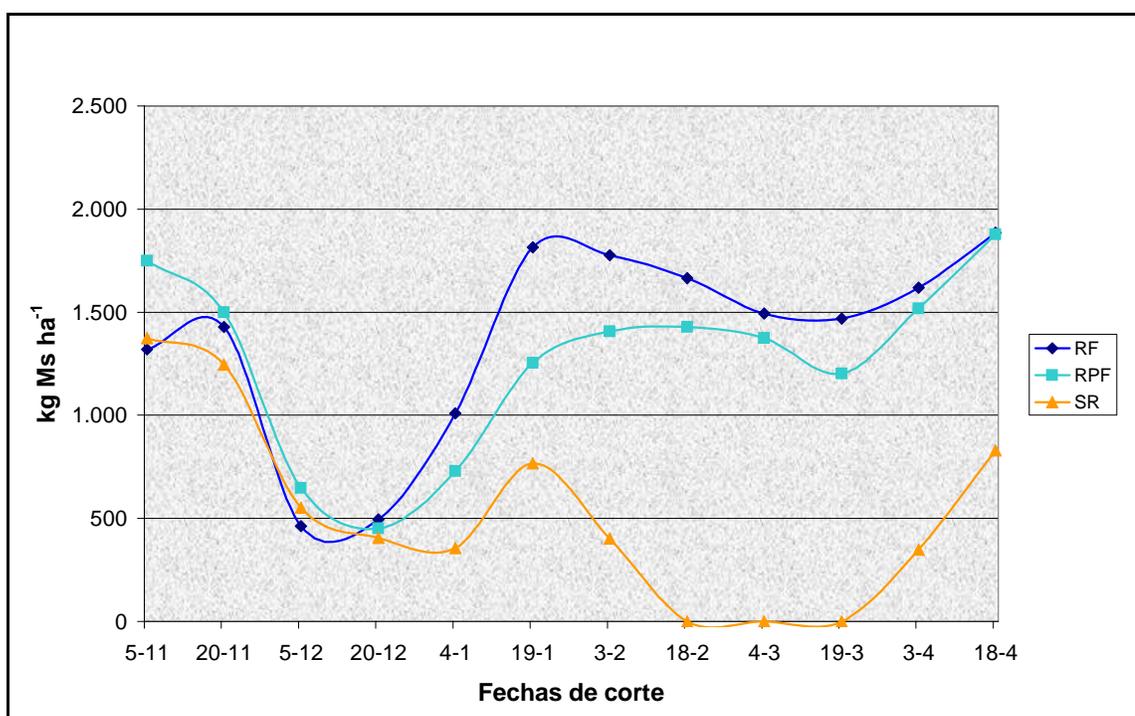


FIGURA 2 Producción de materia seca por hectárea para los tratamientos con cortes frecuentes (cada 15 días). (RF: Riego Frecuente; RPF: Riego Poco Frecuente; SR: Sin Riego).

Algunos trabajos resumidos por Harris, 1978 y citados por PARGA (2003), señalan que pastoreos intensos y frecuentes en forma continuada reducen la producción de materia seca. Esto explicaría en parte los resultados obtenidos en los tratamientos de corte frecuente. La pradera no alcanzó a desarrollar la cantidad de hojas necesarias para un crecimiento adecuado, ni para acumular un nivel óptimo de carbohidratos de reserva. Por otra parte, la cantidad de hojas de residuos resultaron insuficientes para sustentar un rebrote vigoroso, lo que afectó la producción de la pradera. Esto, sumado al déficit de precipitaciones, explicaría los resultados productivos obtenidos en el tratamiento SR en relación a los tratamientos RF y RPF.

Además de las bajas producciones bajo condiciones de secano y pastoreo intenso, sería posible obtener consecuencias como las mencionadas por BROUGHAM (1970), quien demostró que pastoreos severos en verano, además de reducir fuertemente las

tasas de acumulación neta hasta el otoño siguiente, prolongan sus efectos negativos durante los 7 u 8 meses posteriores.

En el caso de los tratamientos de corte poco frecuente, el tratamiento 45 RF produjo diferencias estadísticamente significativas en relación al resto de los tratamientos (45 RPF y 45 SR), con la producción más alta de todos los tratamientos, superando los 18.000 kg MS ha⁻¹

A pesar de que sólo el tratamiento 45 RF presentó diferencias estadísticas, los promedios de producción de los tratamientos sometidos a cortes poco frecuentes superaron los 14.000 kg MS ha⁻¹. Este fenómeno sería explicado por BROUGHAM (1970), al sugerir que la producción de la pradera puede optimizarse con residuos de 7,5 a 10 cm y frecuencias de pastoreo de 4 a 5 semanas durante la estación estival.

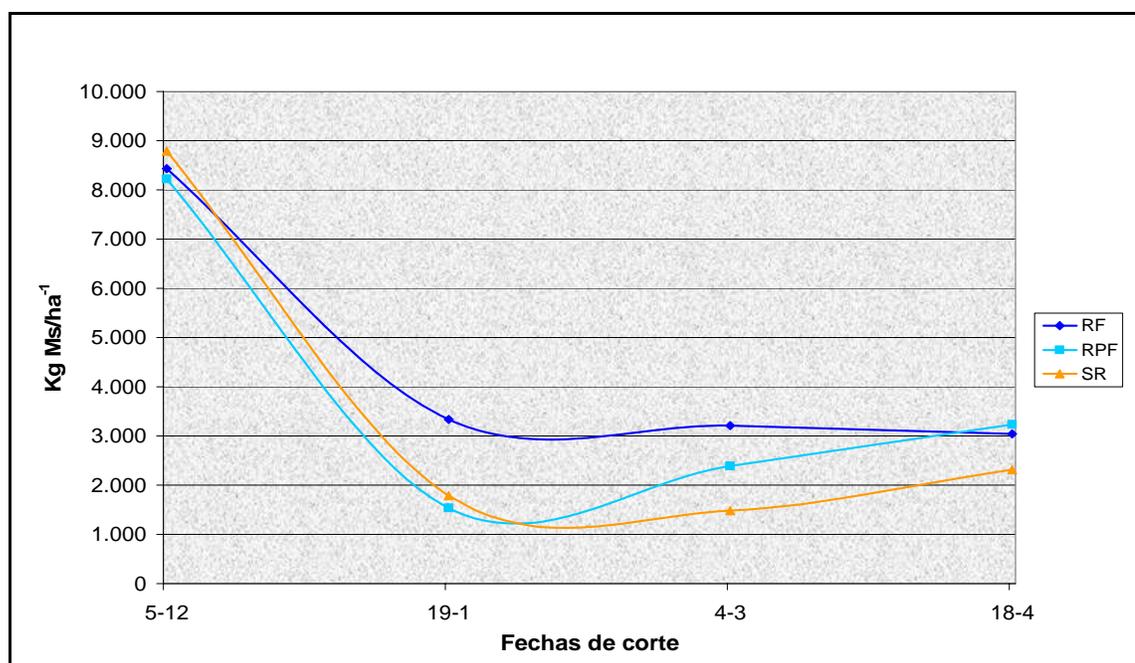


FIGURA 3 Producción de materia seca por hectárea para los tratamientos con cortes poco frecuentes (cada 45 días). (RF: Riego Frecuente; RPF: Riego Poco Frecuente; SR: Sin Riego).

La Figura 3 muestra los resultados de los cuatro cortes realizados a las parcelas correspondientes a la simulación de corte para conservación. Aquí es posible apreciar

una alta producción durante el comienzo de la temporada, valores que oscilaron entre 8 a 9 ton de materia seca por hectárea. A continuación, en los meses de enero y febrero las producciones de todos los tratamientos de corte poco frecuente bajaron, pero sin cesarlas, lo cual es explicado por el normal receso fisiológico de la pradera en ese periodo.

Los análisis de varianza demostraron que existe efecto de los factores corte y riego ($p < 0,05$) como efecto de la interacción entre estos mismos (Cuadro 9)

En la interacción corte-riego para el primer factor (corte) se puede apreciar que al aumentar la frecuencia de corte aumenta la producción de materia seca por hectárea en todos los tratamientos con o sin riego (Figura 4). Sin embargo, el tratamiento SR presenta una mejor respuesta que los tratamientos regados, lo que también se puede apreciar en el Cuadro 9, donde la producción pasó de 6.279 kg MS ha⁻¹ a 14.375 kg MS ha⁻¹, sólo por efecto del aumento en la frecuencia de corte.

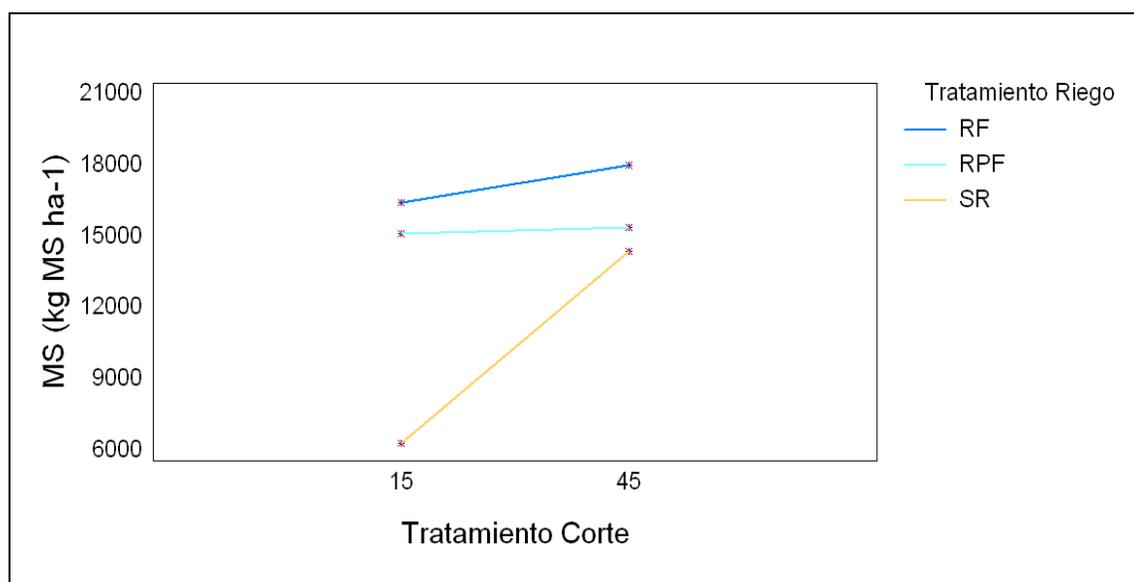


FIGURA 4 Gráfico de Interacción para MS (primer factor [corte])

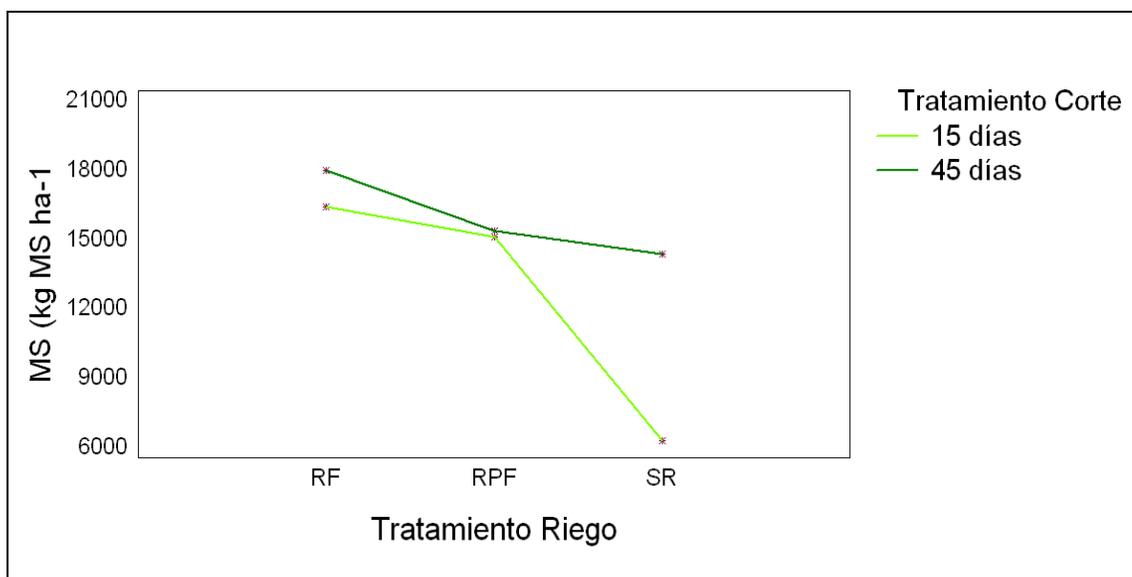


FIGURA 5 Gráfico de Interacción para MS (segundo factor [riego])

Por otra parte, en la interacción corte-riego para el segundo factor (riego), el aumento de los montos totales de agua aplicada produce también un aumento en la productividad de la pradera (Figura 5), especialmente en el tratamiento de corte frecuente, que pasó de una producción de 6.279 kg MS ha⁻¹ (SR) a 15.136 kg MS ha⁻¹ (RPF) solo por efecto de la aplicación de riego.

CUADRO 9 Producción total de materia seca ha⁻¹ para los tratamientos del estudio (periodo 20 octubre 2007 - 18 de abril de 2008)

| Tratamientos | | Producción materia seca kg MS ha ⁻¹ | Significancia |
|--------------|----------|---|---------------|
| T5 | SR - 15 | 6.279 | a |
| T3 | RPF - 15 | 15.136 | b |
| T4 | RPF - 45 | 15.372 | b |
| T6 | SR - 45 | 14.375 | b |
| T1 | RF - 15 | 16.433 | bc |
| T2 | RF - 45 | 18.021 | c |

En la producción total de MS tratamientos 45 RF y 15 SR presentaron producciones de 18.022 y 6279 kg MS ha⁻¹, respectivamente, mostrando diferencias estadísticamente significativas con respecto al resto de los tratamientos ($p < 0.05$) (Figura 6).

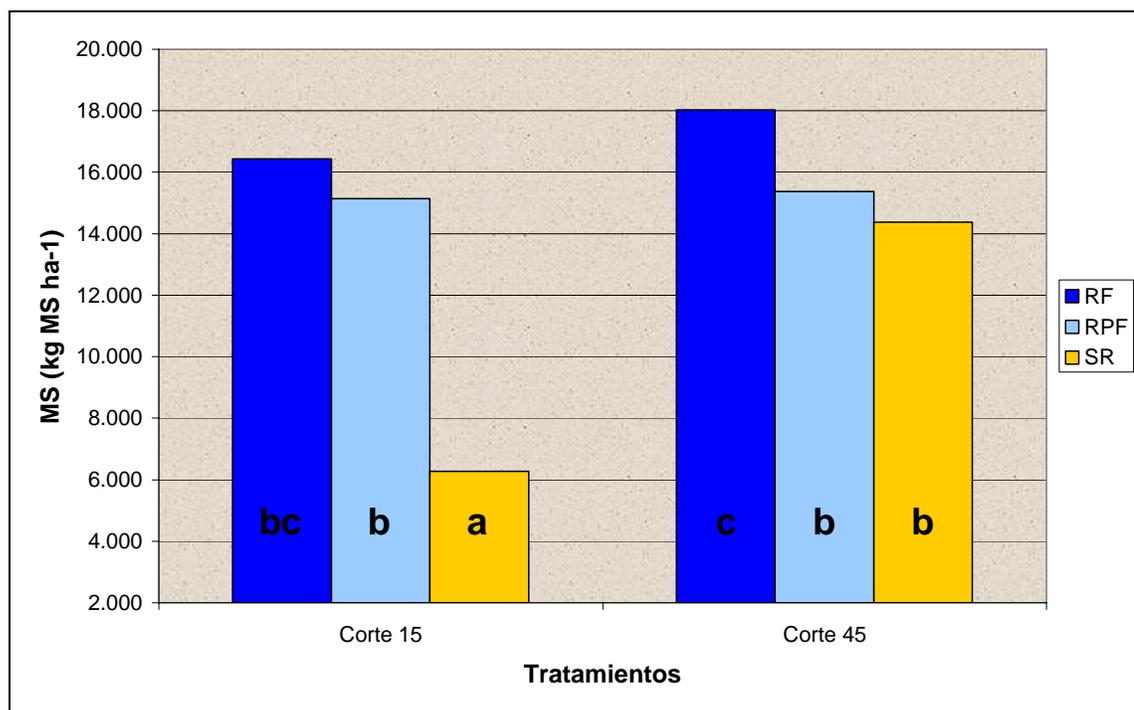


FIGURA 6. Producción de MS ha⁻¹ para los tratamientos de corte y riego.

4.3 Efecto de los tratamientos sobre la composición nutricional de la pradera.

Para la caracterización nutricional de la pradera en estudio se analizaron muestras correspondientes al día 19 de enero, fecha en que coincidieron ambos tipos de corte (corte cada 15 y 45 días). Además, en esta época del año las condiciones climáticas fueron más adversas en cuanto a temperatura y pluviometría (ver Cuadros 6, 7 y Anexo 2, respectivamente), considerándose una muestra representativa para determinar el efecto de los tratamientos sobre la composición nutricional de las muestras.

Estas muestras fueron analizadas mediante el método NIRS en el Instituto de Producción Animal de la Universidad Austral de Chile, cuyos resultados se presentan en el Cuadro 10.

4.3.1 Cenizas Totales (CT). Según los resultados obtenidos en el análisis de varianza (Anexo 6), el factor corte y la interacción corte-riego no tuvieron un efecto significativo sobre el contenido de CT ($p > 0,05$), a diferencia del factor riego, el cual por sí sólo presentó diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) (Figura 7).

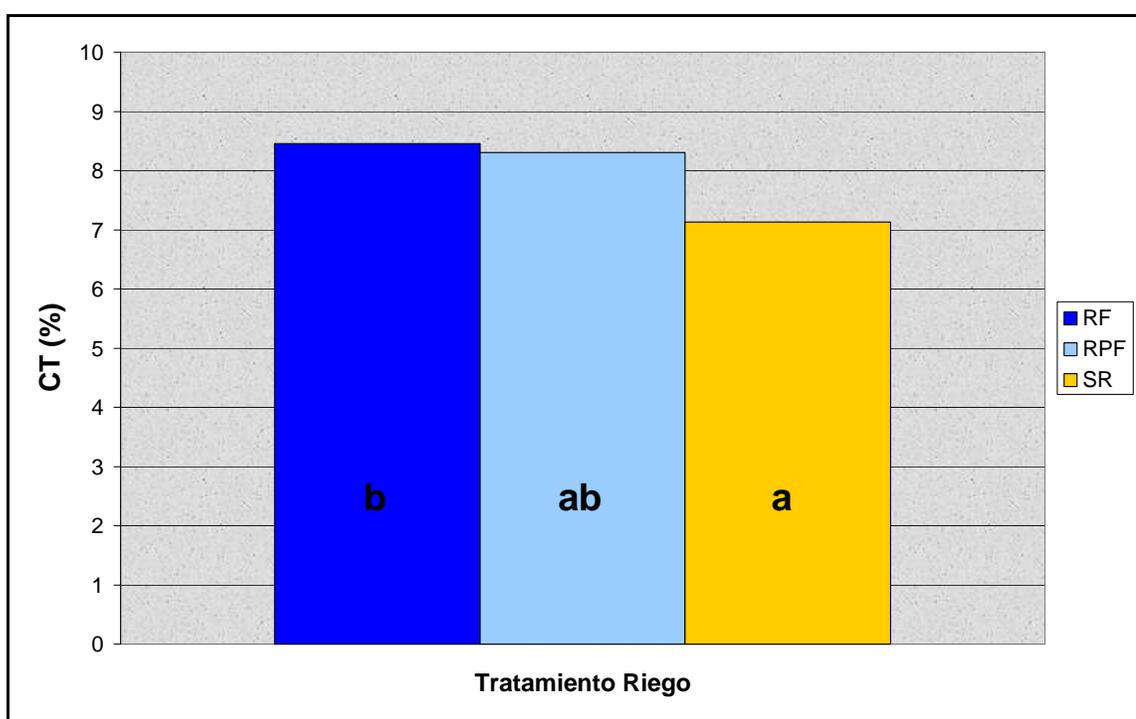


FIGURA 7 Efecto de los tratamientos de riego sobre el contenido total de CT (%).

Entre los tratamientos RF y RPF no existen diferencias significativas con un 95% de confianza, a diferencia de los tratamientos RF y SR, donde sí se presentan diferencias estadísticas.

4.3.2 Carbohidratos solubles (CHSO). Según los resultados obtenidos en el análisis de varianza, el factor corte y la interacción corte-riego no tuvieron un efecto significativo sobre el contenido de CHSO ($p > 0,05$), a diferencia del factor riego, el cual por sí sólo presentó diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$).

Los tratamientos de RF y RPF presentan diferencias estadísticamente significativas con un 95% de confianza (Figura 8).

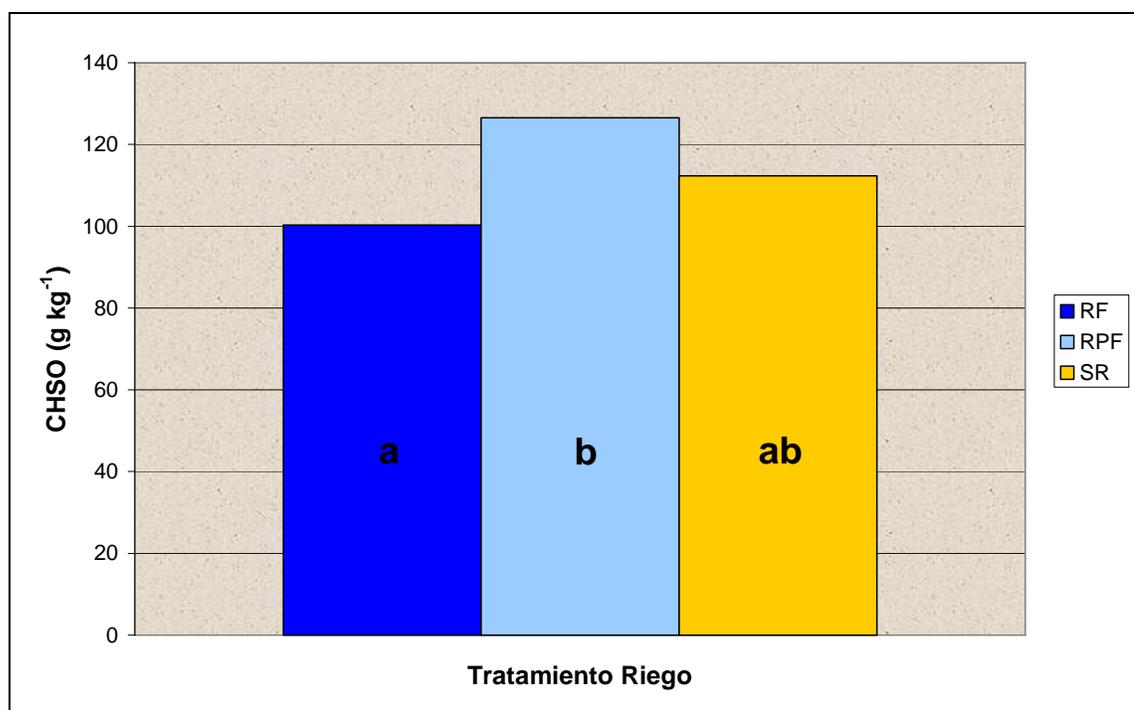


FIGURA 8. Efecto de los tratamientos de riego sobre el contenido total de CHSO (g kg⁻¹)

4.3.3 Fibra Detergente Neutro (% FDN). El análisis de varianza (Anexo 7) muestra que no existe diferencia estadísticamente significativa atribuida al factor riego (Cuadro 10) o a la interacción de los factores corte y riego ($P > 0,05$); sin embargo, sí se observan diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) del factor corte, siendo el tratamiento Corte 15 superior al tratamiento Corte 45, con un 95% de confianza (Figura 9).

4.3.4 Fibra Detergente Ácido (FDA). El análisis de varianza muestra que no existen diferencias estadísticamente significativas atribuibles a los factores corte y riego ($p > 0,05$, Cuadro 10), como tampoco existen entre la interacción de los factores corte-riego ($p > 0,05$) (ver Anexo 9).

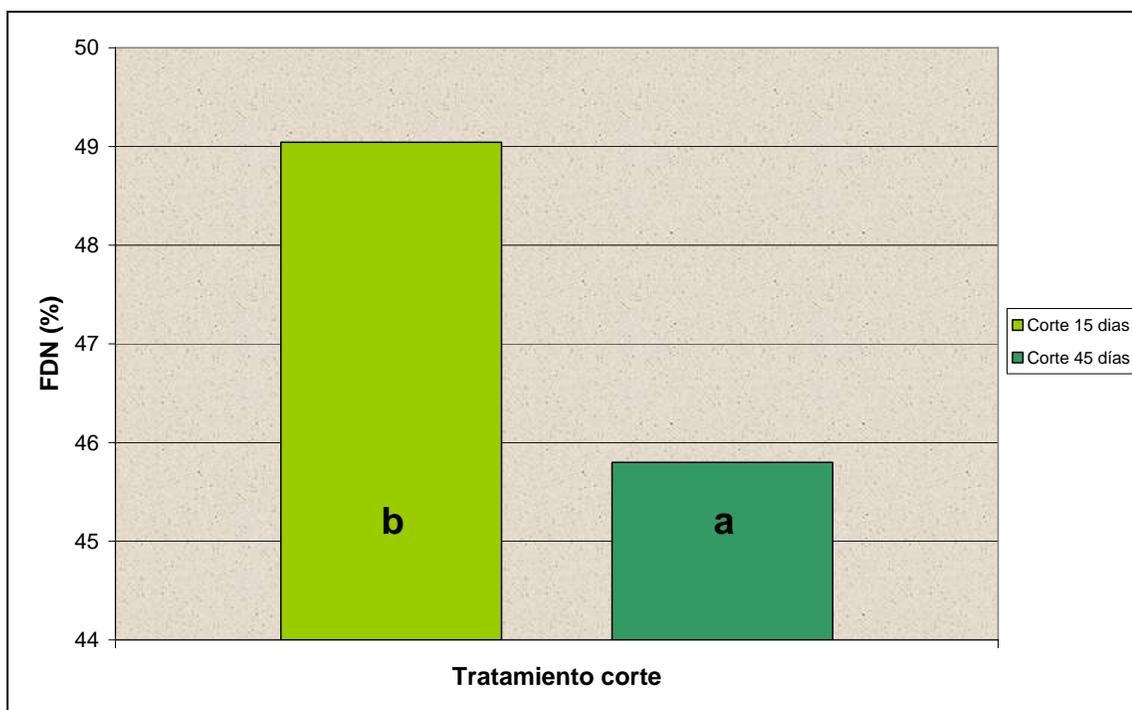


FIGURA 9 Efecto del corte sobre el contenido total de FDN (%)

CUADRO 10 Resultados del análisis NIRS realizado a muestras de cada tratamiento, correspondientes a los cortes del día 19 de enero de 2008.

| Tratamiento | CT | PB | EM | FDN | FDA | CHSO | PS |
|-------------|------|-------|-----------------------|-------|-------|--------------------|-------|
| | % | % | Mcal kg ⁻¹ | % | % | g kg ⁻¹ | % |
| 15 SR | 6,89 | 11,24 | 2,56 | 48,85 | 33,46 | 108,74 | 7,24 |
| 15 RPF | 8,71 | 13,23 | 2,56 | 49,36 | 33,80 | 120,39 | 9,48 |
| 15 RF | 8,57 | 12,66 | 2,60 | 48,92 | 34,08 | 94,05 | 8,86 |
| 45 SR | 7,35 | 14,39 | 2,69 | 47,17 | 34,57 | 115,94 | 9,15 |
| 45 RPF | 7,90 | 13,82 | 2,73 | 42,85 | 31,81 | 132,60 | 8,64 |
| 45 RF | 8,35 | 14,13 | 2,69 | 47,04 | 33,23 | 106,55 | 10,55 |

CT= cenizas totales; PB= proteína bruta; EM= energía metabolizable; FDN= fibra detergente neutro; FDA= fibra detergente ácido; CHSO= carbohidratos solubles; PS= proteína soluble.

4.3.5 Energía Metabolizable (EM). El análisis de varianza (Anexo 9) muestra que no existen diferencias estadísticamente significativas atribuidas al factor riego (Cuadro 10) o a la interacción de ambos factores (corte-riego) ($P>0,05$), sin embargo, se observan diferencias significativas ($p<0.05$) en el factor corte, siendo el tratamiento corte 45 superior al tratamiento corte 15 con un 95% de confianza (Figura 10).

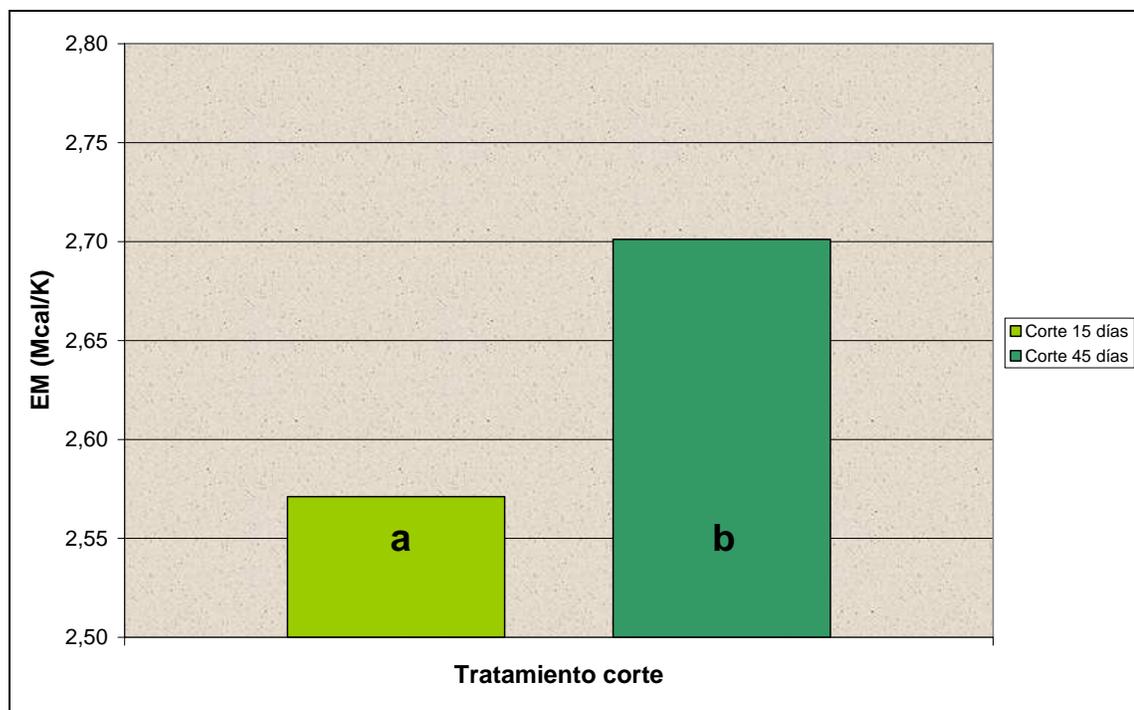


FIGURA 10 Efecto del corte sobre el contenido total de EM (Mcal/K)

4.3.6 Proteína Bruta (PB). El análisis de varianza (Anexo 10) muestra que no existen diferencias estadísticamente significativas atribuidas al factor riego o a la interacción de ambos factores (corte-riego) ($P>0,05$), sin embargo si se observan diferencias significativas ($p<0.05$) en el factor corte, siendo el tratamiento corte 45 superior al tratamiento corte 15 con un 95% de confianza (Figura 11).

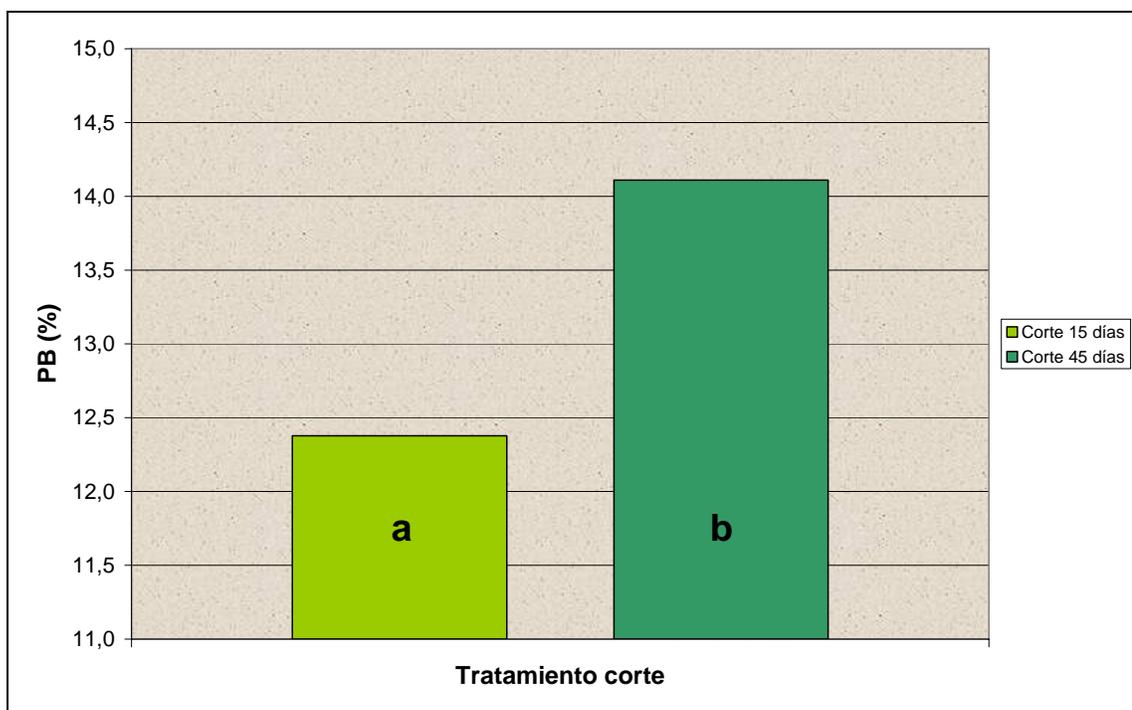


FIGURA 11 Efecto del corte sobre el contenido total de PB.

4.3.7 Proteína Soluble (PS). El análisis de varianza (Anexo 11) muestra que no existen diferencias estadísticamente significativas atribuibles a los factores corte y riego ($p > 0,05$, Cuadro 10), como tampoco existen entre la interacción de los factores corte-riego ($p > 0,05$).

Del Cuadro 2 se desprende la composición nutricional para el mes de enero de una pradera permanente de la zona sur, fertilizada y que presenta sequía en la temporada de verano, representando con esto la situación normal, la que se compara con los resultados obtenidos en este ensayo, contraste que se muestra en los Cuadros 11 y 12.

4.4 Índice de respuesta al riego

De acuerdo al aumento de la producción de los tratamientos RF y RPF, en relación a los tratamientos SR, es posible obtener el Índice de Respuesta al Riego (IRR), que para este caso en particular, oscila entre 3,1 y 27,7 kg MS mm⁻¹ ha⁻¹ (Cuadro 13).

CUADRO 11 Comparación de la composición nutricional de una pradera típica de la zona sur versus los resultados obtenidos en el tratamiento de corte cada 15 días.

| <i>Secano enero</i> | <i>Ensayo enero</i> | | | <i>Variación (%)</i> | | | |
|---------------------|---------------------|------------|-----------|----------------------|------------|-----------|-------|
| | <i>RF</i> | <i>RPF</i> | <i>SR</i> | <i>RF</i> | <i>RPF</i> | <i>SR</i> | |
| CT (%) | 8,47 | 8,57 | 8,71 | 6,89 | 1,1 | 2,8 | -18,6 |
| PC (%) | 10,16 | 12,66 | 13,23 | 11,24 | 24,6 | 30,2 | 10,6 |
| FDA (%) | 35,51 | 34,08 | 33,81 | 33,46 | -4,0 | -4,8 | -5,8 |
| FDN (%) | 52,37 | 48,92 | 49,36 | 48,85 | -6,6 | -5,7 | -6,7 |
| EM (mcal/kg) | 2,19 | 2,60 | 2,56 | 2,56 | 18,6 | 16,7 | 16,9 |

CUADRO 12 Comparación de la composición nutricional de una pradera típica de la zona sur versus los resultados obtenidos en el tratamiento de corte cada 45 días.

| <i>Secano enero</i> | <i>Ensayo enero</i> | | | <i>Variación (%)</i> | | | |
|---------------------|---------------------|------------|-----------|----------------------|------------|-----------|-------|
| | <i>RF</i> | <i>RPF</i> | <i>SR</i> | <i>RF</i> | <i>RPF</i> | <i>SR</i> | |
| CT (%) | 8,47 | 8,35 | 7,90 | 7,35 | -1,4 | -6,7 | -13,2 |
| PC (%) | 10,16 | 14,13 | 13,82 | 14,39 | 39,0 | 36,0 | 41,6 |
| FDA (%) | 35,51 | 33,23 | 31,81 | 34,57 | -6,4 | -10,4 | -2,6 |
| FDN (%) | 52,37 | 47,04 | 43,19 | 47,17 | -10,2 | -17,5 | -9,9 |
| EM (mcal/kg) | 2,19 | 2,69 | 2,73 | 2,69 | 22,7 | 24,5 | 22,8 |

ROBERT (2008), obtuvo un IRR que varió entre 4,6 y 8,0 kg MS mm⁻¹ ha⁻¹ y para Nueva Zelanda se señala un valor de 5 kg MS mm⁻¹ ha⁻¹ (HOLMES *et al.* 2002). El amplio rango alcanzado en el presente estudio se debería al déficit de precipitaciones durante la temporada estival, tal como lo muestra el Cuadro 6. Se aprecia el déficit de precipitaciones durante todo el periodo de ensayo, déficit que alcanzó los 496,1 mm durante el mes abril del 2008, en relación al promedio normal de la fecha.

CUADRO 13 Índice de respuesta al riego para los tratamientos en estudio.

| Tratamiento | Producción kg MS ha ⁻¹ | Incremento por riego kg MS ha ⁻¹ | % Incremento | mm Aplicados | Índice de respuesta kg MS mm ⁻¹ ha ⁻¹ |
|-------------|--------------------------------------|---|-----------------|-----------------|--|
| SR 15 | 6278,85 | - | - | - | - |
| SR 45 | 14375,41 | - | - | - | - |
| RPF 15 | 15235,92 | 8857,08 | 241,1 | 320 | 27,7 |
| RPF 45 | 15372,12 | 996,71 | 106,9 | 320 | 3,1 |
| RF 15 | 16433,2 | 10154,36 | 261,7 | 400 | 25,4 |
| RF 45 | 18021,68 | 3646,27 | 125,4 | 400 | 9,1 |

5 CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos y bajo las condiciones en que se realizó el presente estudio, se puede concluir que:

- El uso de tasas de riego superiores a las habituales produjeron un aumento de producción de MS ha⁻¹. La aplicación de 630,8 mm de agua (RF), en relación a los 550,8 mm aplicados como RPF, produjeron diferencias significativas en el rendimiento, siendo posible aún probar con tasas de riego mayores.
- En términos generales, la máxima producción la obtuvo el tratamiento RF 45 con 18.022 kg MS ha⁻¹, siendo la producción más baja para el tratamiento SR 15, que obtuvo una producción de 6.279 kg MS ha⁻¹.
- En relación a la producción de la pradera, la disminución en la frecuencia de corte produjo un aumento en la productividad de esta, especialmente en el tratamiento SR que paso de 6.279 kg MS ha⁻¹ a 14.375 kg MS ha⁻¹
- Mismo efecto se apreció al aumentar los montos totales de agua aplicada, donde en este caso el tratamiento de corte frecuente fue quien presento una mejor respuesta que el tratamiento de corte menos frecuente.
- El análisis de varianza muestra que para FDA y PS no existen diferencias significativas atribuibles a los factores riego y corte, como tampoco a la interacción entre ambos.
- El factor riego sólo tuvo efecto significativo sobre el contenido de CT y CHSO. Los mayores y menores contenidos fueron obtenidos en los tratamientos SR y RF, para CT y en los tratamientos RPF y RF, para CHSO. En ambos casos las diferencias fueron estadísticamente significativas.

- El factor corte tuvo efecto significativo sobre el contenido de FDN, EM y PB. El corte cada 45 días obtuvo mayores concentraciones en relación a cortes cada 15 días en el caso de EM y PB. Por el contrario, en el contenido de FDN, el tratamiento de corte cada 15 días obtuvo mayor contenido que el corte cada 45 días.
- En general, los tratamientos sometidos a riego presentaron valores más altos en sus contenidos nutricionales, especialmente en CT, PC y EM, ya que bajo condiciones de riego las praderas presentan una mejor condición vegetativa en relación a secano.
- Según los resultados obtenidos, se debiera privilegiar tratamientos que contemplen cortes menos frecuentes, ya que en combinación con algún tipo de riego estos presentarían producciones más altas que aquellos sometidos a cortes frecuentes.
- A pesar de que se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas, tanto en los factores riego y corte como en la interacción entre ambos, la decisión final de que combinación de corte y riego utilizar debe ser sometida a un análisis económico, determinando la utilidad marginal para cada caso en particular.
- De no contar con una adecuada tecnología de riego y en condiciones de secano, la mejor alternativa es realizar cortes poco frecuentes, con lo que se pueden llegar a obtener (en la zona de estudio) producciones cercanas a 14 t MS ha⁻¹.

6 BIBLIOGRAFIA

- AGUILA, H. 1979. Pasto y empastadas. 4° edición. Editorial Universitaria. Santiago, Chile. 314 p.
- ANRIQUE, R., FUCHSLOCHER, R., IRAIRA, S., y SALDAÑA, R. 2008. Composición de los alimentos para el ganado bovino. 3^{ra} ed. Consorcio Tecnológico de la Leche (FIC-CS-C-2004-1-P-001). Valdivia-Chile. 87 p.
- BALOCCHI, O., CARRILLO, R., FUENTES, R., LÓPEZ, I., NISSEN, J., y PINOCHET D. s/f. Manejo de praderas. Apuntes de clase. Facultad de Ciencias Agrarias, Instituto de Producción Animal, Universidad Austral de Chile. 191 p.
- BALOCCHI, O. y ANRIQUE, R. 1993. Atributos de la pradera que afectan el consumo y producción de animales en pastoreo. SOCHIPA. Serie de simposios y compendios, 1993, 1:23-32.
- BILLIARD, J. 1990. Efecto del riego sobre una pradera natural mejorada bajo dos condiciones de fertilización en la comuna de Puerto Varas. Tesis Ingeniero Agrónomo. Valdivia, Chile. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. 91 p.
- CHILE, CENTRO DE INFORMACION DE RECURSOS NATURALES, CIREN. 2003. Estudio Agrológico, Tomo I. Descripción de suelos, materiales y símbolos. Décima Región. Publicación 123. 199 p.
- CHILE, DIRECCION DE PROMOCION A LAS EXPORTACIONES, PROCHILE. 2008. Región de los Ríos (On line) <http://www.prochile.cl/losrios/ver_oficina.php?id=24>
- DEPARTAMENTO DE GEOFISICA DE LA UNIVERSIDAD DE CHILE (DGF). 2009. Boletín climático (On line). <http://met.dgf.uchile.cl/clima/HTML/BOL_ANT/anterior.htm>
- DUMONT, J. 2004. ¿Riego en praderas? Diario Austral Temuco (On line). <http://www.australtemuco.cl/site/apg/campo/pags/20040111022002.html>

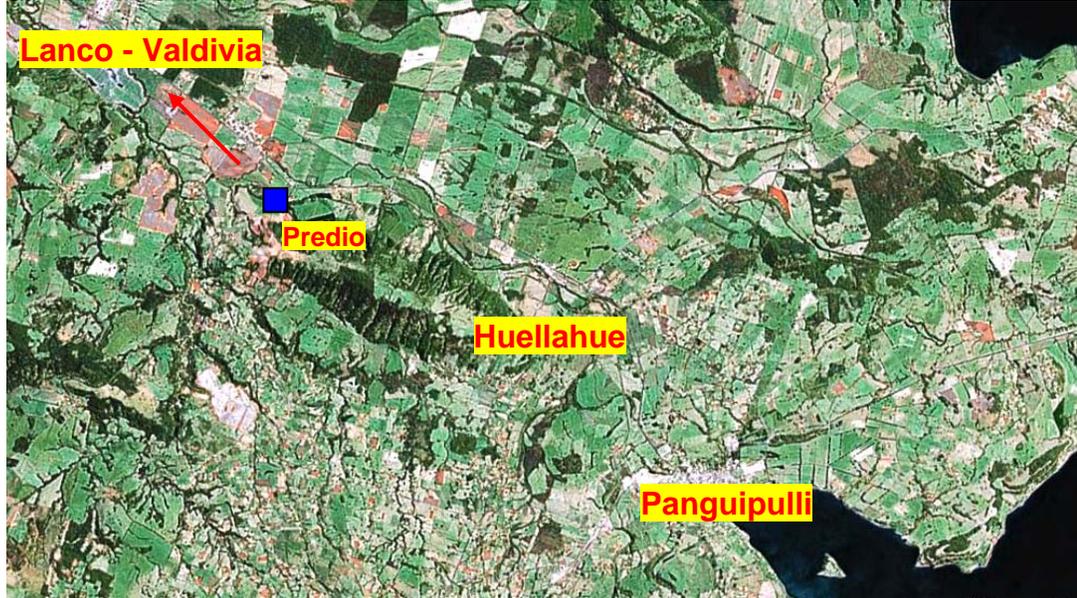
- FUENTES, J. 1996. Técnicas de riego. Segunda edición. Editorial Centro de Publicaciones, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid, España. 471 p.
- GARDNER, F.P., PEARCE, R.B. y MITCHELL, R. L. 1985. Physiology of Crop Plants. Iowa State University. Press: Ames, 327 p.
- HOLMES, C. W.; BROOKES, I. M.; GARRICK, D. J.; MACKENZIE, D. D. S.; PARKINSON, T. J.; WILSON, G. F.. 2002. Milk production from pasture. Massey University, Palmerston North. New Zealand. 601 p.
- INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS, INIA. 1992. Seminario manejo de praderas. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Estación Experimental Remehue. Serie Remehue N° 31. Osorno, Chile. 152 p.
- JEREZ, J., SANDOVAL, J., PERALTA, J., GALLARDO, J., FERREYRA, R., VARAS, E. 1994. Manual de riego para el sur de Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Serie Carillanca N° 39. Temuco, Chile. 149 p.
- LOPETEGUI, J. 2001. Factores fisiológicos que afectan el crecimiento de las praderas. Revista Lechería: "Visión de futuro regional". (On line). <http://www.australosorno.cl/site/apg/lecheria/pags/20010828140427.html>
- MANCILLA, M. 2008. Factibilidad técnica y económica de implementar riego por aspersión en praderas, para lecherías del sur de Chile. Tesis Ingeniero Agrónomo. Valdivia, Chile. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. 84 p.
- MCDONALD, P., EDWARDS, R., GREENHALGH, J. y MORGAN, C. 1999. Nutrición animal. 5a ed. Zaragoza, España. 576 p.
- MONTALDO, P. y MEDEL, F. 1986. Características agroclimáticas del sector Malleco a Llanquihue, Chile. Agrosur 14 (2): 114-12.
- ORTEGA, L. 1994. Selección y manejo de equipos de riego por aspersión. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Boletín Técnico N° 216, INIA – Remehue. Osorno – Chile. 27 p.

- PARGA, J. 2003. Seminario: Hagamos de la lechería un mejor negocio. INIA Remehue. Osorno, Chile. P.21-32
- PARGA, J. 2003. Utilización de praderas y manejo de pastoreo con vacas lecheras. Instituto de Investigaciones Agropecuarias – Centro Regional de Investigación Remehue. Serie de actas N° 24. Osorno, Chile. 19 p.
- ROBERT, F. 2008. Manejo del riego, frecuencia de corte y fertilización nitrogenada en una pradera artificial de la Región de los Ríos. Tesis Ingeniero Agrónomo. Valdivia, Chile. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. 62 p.
- ROMERO, O. 1993. Bases técnicas del manejo del pastoreo. SOCHIPA. Serie de simposios y compendios, 1993, 1: 5-21.
- RUIZ, I. 1996. Praderas para Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). 2° edición. Santiago, Chile. 334 p.
- TEUBER, N., PARGA, J., BALOCCHI, O. 2007. Manejo del pastoreo. Proyecto “Validación y difusión de mejores prácticas de pastoreo para el sur de Chile”, Fundación para la Innovación Agraria (FIA). Osorno, Chile. 2007. 129 p.
- WEIL, G. 1986. Efecto de la frecuencia de riego y corte sobre la producción de forraje de una pradera mejorada en la comuna de Frutillar. Tesis Ingeniero Agrónomo. Valdivia, Chile. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. 45 p.
- WOERNER, G. 1982. Efecto de la frecuencia de riego y manejo de corte sobre una pradera natural mejorada en la provincia de Valdivia. Tesis Ingeniero Agrónomo. Valdivia, Chile. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. 48 p.

7 ANEXOS

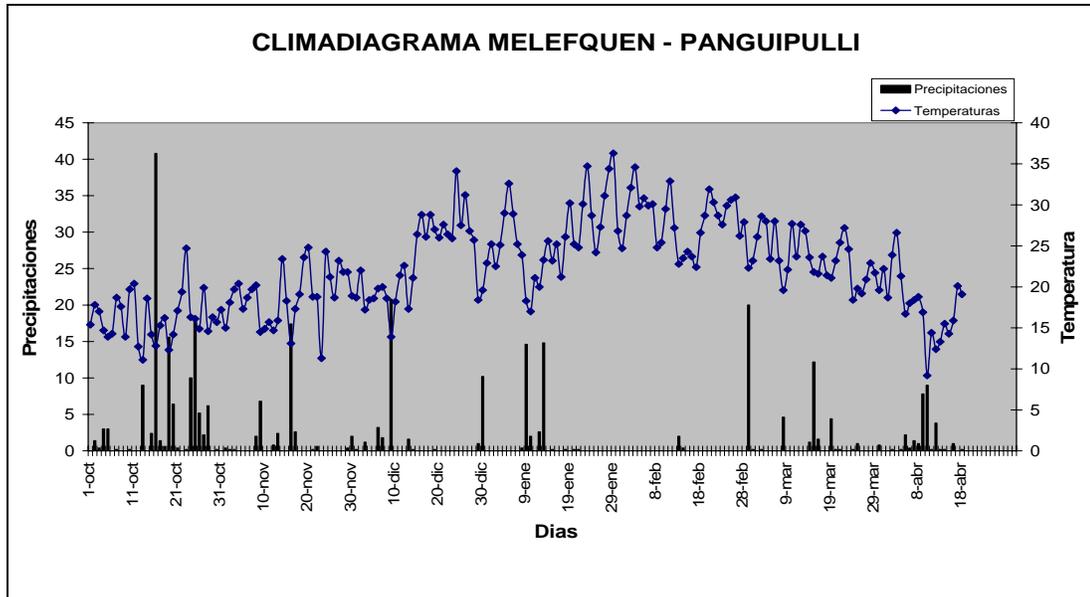
ANEXO 1

Ubicación geográfica del área de estudio



ANEXO 2

Climadiagrama Melefquén – Panguipulli para la temporada octubre 2007 – abril 2008



ANEXO 3

Distribución y producción (kg MS ha⁻¹) de las parcelas en terreno

| | | | | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|
| 1 15 RPF 15.916 | 2 45 SR 14.353 | 3 15 SR 6310 | 4 15 RF 16.404 | 5 45 RF 18.564 | 6 45 RPF 16.855 |
| 7 45 RPF 15.028 | 8 15 SR 6717 | 9 45 RF 18.124 | 10 15 RPF 14.965 | 11 45 SR 13.255 | 12 15 RF 16.824 |
| 13 15 RF 16.071 | 14 45 RF 17.375 | 15 45 SR 15.517 | 16 15 RPF 14.525 | 17 15 SR 5809 | 18 45 RPF 14.232 |

ANEXO 4

Análisis de varianza para MS

| Análisis de la Varianza para MS - Sumas de Cuadrados de Tipo III | | | | | |
|--|-------------------|----|----------------|------------|---------|
| Fuente | Suma de cuadrados | GL | Cuadrado Medio | Cociente-F | P-Valor |
| EFFECTOS PRINCIPALES | | | | | |
| A:RIEGO | 1,51565E8 | 2 | 7,57825E7 | 105,66 | 0,0000 |
| B:CORTE | 4,92162E7 | 1 | 4,92162E7 | 68,62 | 0,0000 |
| INTERACCIONES | | | | | |
| AB | 5,29836E7 | 2 | 2,64918E7 | 36,94 | 0,0000 |
| RESIDUOS | 8,60663E6 | 12 | 717219,0 | | |
| TOTAL (CORREGIDO) | | | | | |
| | 2,62371E8 | 17 | | | |

| Contraste Múltiple de Rango para MS según Riego | | | |
|---|-------------|---------|-------------------|
| ----- | | | |
| Método: 95,0 porcentaje HSD de Tukey | | | |
| RIEGO | Frec. | Media | Grupos homogéneos |
| ----- | | | |
| SR | 6 | 10327,2 | X |
| RPF | 6 | 15253,9 | X |
| RF | 6 | 17227,5 | X |
| ----- | | | |
| Contraste | Diferencias | | +/- Límites |
| ----- | | | |
| RF – RPF | 1973,56 | | 4093,23 |
| RF – SR | *6900,33 | | 4093,23 |
| RPF - SR | *4926,77 | | 4093,23 |
| ----- | | | |

| Contrastes Múltiples de Rango para MS según Tratamiento | | | |
|---|-------------|---------|-------------------|
| ----- | | | |
| Método: 95,0 porcentaje HSD de Tukey | | | |
| TRATAMIENTO | Frec. | Media | Grupos homogéneos |
| ----- | | | |
| 15 SR | 3 | 6278,87 | X |
| 45 SR | 3 | 14375,4 | X |
| 15 RPF | 3 | 15135,7 | X |
| 45 RPF | 3 | 15372,1 | X |
| 15 RF | 3 | 16433,3 | XX |
| 45 RF | 3 | 18021,7 | X |
| ----- | | | |
| Contraste | Diferencias | | +/- Límites |
| ----- | | | |
| 15 RF - 15 RPF | 1297,56 | | 2322,94 |
| 15 RF - 15 SR | *10154,4 | | 2322,94 |
| 15 RF - 45 RF | -1588,37 | | 2322,94 |
| 15 RF - 45 RPF | 1061,19 | | 2322,94 |
| 15 RF - 45 SR | 2057,86 | | 2322,94 |
| 15 RPF - 15 SR | *8856,87 | | 2322,94 |
| 15 RPF - 45 RF | *-2885,93 | | 2322,94 |
| 15 RPF - 45 RPF | -236,367 | | 2322,94 |
| 15 RPF - 45 SR | 760,3 | | 2322,94 |
| 15 SR - 45 RF | *-11742,8 | | 2322,94 |
| 15 SR - 45 RPF | *-9093,23 | | 2322,94 |
| 15 SR - 45 SR | *-8096,57 | | 2322,94 |
| 45 RF - 45 RPF | *2649,57 | | 2322,94 |
| 45 RF - 45 SR | *3646,23 | | 2322,94 |
| 45 RPF - 45 SR | 996,667 | | 2322,94 |

| Contraste Múltiple de Rangos para Ms según CORTE | | | | |
|--|----------|-------------|-------------|-------------------|
| Método: 95,0 porcentaje HSD de Tukey | | | | |
| CORTE | Recuento | Media LS | Sigma LS | Grupos Homogéneos |
| 15 | 9 | 12616,0 | 282,296 | X |
| 45 | 9 | 15923,1 | 282,296 | X |
| Contraste | | Diferencias | +/- Límites | |
| 15 - 45 | | *-3307,1 | 869,8 | |

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 5

Análisis de varianza para CT

| Análisis de la Varianza para CT - Sumas de Cuadrados de Tipo III | | | | | |
|--|-------------------|-------------|-------------------|------------|---------|
| Fuente | Suma de cuadrados | GL | Cuadrado Medio | Cociente-F | P-Valor |
| EFFECTOS PRINCIPALES | | | | | |
| A:Corte | 0,158672 | 1 | 0,158672 | 0,22 | 0,6502 |
| B:Riego | 6,3973 | 2 | 3,19865 | 4,36 | 0,0378 |
| INTERACCIONES | | | | | |
| AB | 1,20521 | 2 | 0,602606 | 0,82 | 0,4631 |
| RESIDUOS | 8,80507 | 12 | 0,733756 | | |
| TOTAL (CORREGIDO) | | | | | |
| | 16,5663 | 17 | | | |
| Contraste Múltiple de Rango para CT según Riego | | | | | |
| Método: 95,0 porcentaje HSD de Tukey | | | | | |
| Riego | Frec. | Media | Grupos homogéneos | | |
| SR | 6 | 7,12333 | X | | |
| RPF | 6 | 8,30333 | XX | | |
| RF | 6 | 8,45833 | X | | |
| Contraste | | Diferencias | +/- Límites | | |
| RF – RPF | | 0,155 | 1,24 | | |
| RF – SR | | *1,335 | 1,24 | | |
| RPF – SR | | 1,18 | 1,24 | | |

ANEXO 6

Análisis de varianza para CHSO

| Análisis de la Varianza para CHSO - Sumas de Cuadrados de Tipo III | | | | | |
|--|-------------------|----|----------------|------------|---------|
| Fuente | Suma de cuadrados | GL | Cuadrado Medio | Cociente-F | P-Valor |
| EFFECTOS PRINCIPALES | | | | | |
| A:CORTE | 509,124 | 1 | 509,124 | 3,69 | 0,0789 |
| B:Riego | 2063,53 | 2 | 1031,77 | 7,47 | 0,0078 |
| INTERACCIONES | | | | | |
| AB | 26,6342 | 2 | 13,3171 | 0,10 | 0,9087 |
| RESIDUOS | 1656,71 | 12 | 138,059 | | |
| TOTAL (CORREGIDO) | | | | | |
| | 4256,0 | 17 | | | |

| Contraste Múltiple de Rangos para CHSO según Riego | | | | |
|--|-------------|----------|-------------|-------------------|
| Método: 95,0 porcentaje HSD de Tukey | | | | |
| Riego | Recuento | Media LS | Sigma LS | Grupos Homogéneos |
| RF | 6 | 100,298 | 4,79686 | X |
| SR | 6 | 112,34 | 4,79686 | XX |
| RPF | 6 | 126,497 | 4,79686 | X |
| Contraste | Diferencias | | +/- Límites | |
| RF - RPF | *-26,1983 | | 18,148 | |
| RF - SR | -12,0417 | | 18,148 | |
| RPF - SR | 14,1567 | | 18,148 | |
| * indica una diferencia significativa. | | | | |

ANEXO 7

Análisis de varianza para FDN

| Análisis de la Varianza para FDN - Sumas de Cuadrados de Tipo III | | | | | |
|---|-------------------|----|----------------|------------|---------|
| Fuente | Suma de cuadrados | GL | Cuadrado Medio | Cociente-F | P-Valor |
| EFFECTOS PRINCIPALES | | | | | |
| A:Riego | 11,8699 | 2 | 5,93495 | 0,80 | 0,4721 |
| B:Corte | 47,3364 | 1 | 47,3364 | 6,38 | 0,0266 |
| INTERACCIONES | | | | | |
| AB | 19,347 | 2 | 9,67352 | 1,30 | 0,3074 |
| RESIDUOS | 89,0643 | 12 | 7,42202 | | |
| TOTAL (CORREGIDO) | | | | | |
| | 167,618 | 17 | | | |

| Contraste Múltiple de Rango para FDN según Corte | | | |
|--|-------------|---------|-------------------|
| Método: 95,0 porcentaje HSD de Tukey | | | |
| Corte | Frec. | Media | Grupos homogéneos |
| 45 | 9 | 45,8 | X |
| 15 | 9 | 49,0433 | X |
| Contraste | Diferencias | | +/- Límites |
| 15 - 45 | *3,24333 | | 2,74 |

ANEXO 8**Análisis de varianza para FDA**

| Análisis de la Varianza para FDA - Sumas de Cuadrados de Tipo III | | | | | |
|---|-------------------|----|----------------|------------|---------|
| Fuente | Suma de cuadrados | GL | Cuadrado Medio | Cociente-F | P-Valor |
| EFFECTOS PRINCIPALES | | | | | |
| A:Corte | 1,50801 | 1 | 1,50801 | 0,58 | 0,4608 |
| B:Riego | 4,63641 | 2 | 2,31821 | 0,89 | 0,4352 |
| INTERACCIONES | | | | | |
| AB | 7,41541 | 2 | 3,70771 | 1,43 | 0,2779 |
| RESIDUOS | 31,1695 | 12 | 2,59746 | | |
| TOTAL (CORREGIDO) | | | | | |
| | 44,7294 | 17 | | | |

ANEXO 9**Análisis de varianza para EM**

| Análisis de la Varianza para EM - Sumas de Cuadrados de Tipo III | | | | | |
|--|-------------------|----|----------------|------------|---------|
| Fuente | Suma de cuadrados | GL | Cuadrado Medio | Cociente-F | P-Valor |
| EFFECTOS PRINCIPALES | | | | | |
| A:Corte | 0,07605 | 1 | 0,07605 | 74,40 | 0,0000 |
| B:Riego | 0,001111111 | 2 | 0,000555556 | 0,54 | 0,5944 |
| INTERACCIONES | | | | | |
| AB | 0,0048 | 2 | 0,0024 | 2,35 | 0,1379 |
| RESIDUOS | 0,0122667 | 12 | 0,00102222 | | |
| TOTAL (CORREGIDO) | | | | | |
| | 0,0942278 | 17 | | | |

| Contraste Múltiple de Rango para EM según Corte | | | |
|---|-------------|---------|-------------------|
| Método: 95,0 porcentaje HSD de Tukey | | | |
| Corte | Frec. | Media | Grupos homogéneos |
| 15 | 9 | 2,57111 | X |
| 45 | 9 | 2,70111 | X |
| Contraste | Diferencias | | +/- Límites |
| 15 - 45 | *-0,13 | | 0,0336838 |

ANEXO 10

Análisis de varianza para PB

| Análisis de la Varianza para PB - Sumas de Cuadrados de Tipo III | | | | | |
|--|-------------------|----|----------------|------------|---------|
| Fuente | Suma de cuadrados | GL | Cuadrado Medio | Cociente-F | P-Valor |
| EFFECTOS PRINCIPALES | | | | | |
| A:Corte | 13,5027 | 1 | 13,5027 | 6,80 | 0,0229 |
| B:Riego | 1,71781 | 2 | 0,858906 | 0,43 | 0,6585 |
| INTERACCIONES | | | | | |
| AB | 5,07788 | 2 | 2,53894 | 1,28 | 0,3137 |
| RESIDUOS | 23,8243 | 12 | 1,98536 | | |
| TOTAL (CORREGIDO) | | | | | |
| | 44,1226 | 17 | | | |

| Contraste Múltiple de Rango para PB según Corte | | | |
|---|-------------|---------|-------------------|
| Método: 95,0 porcentaje HSD de Tukey | | | |
| Corte | Frec. | Media | Grupos homogéneos |
| 15 | 9 | 12,3778 | X |
| 45 | 9 | 14,11 | X |
| Contraste | Diferencias | | +/- Límites |
| 15 - 45 | *-1,73222 | | 1,38246 |

ANEXO 11

Análisis de varianza para PS

| Análisis de la Varianza para PS - Sumas de Cuadrados de Tipo III | | | | | |
|--|-------------------|----|----------------|------------|---------|
| Fuente | Suma de cuadrados | GL | Cuadrado Medio | Cociente-F | P-Valor |
| EFFECTOS PRINCIPALES | | | | | |
| A:Corte | 3,8088 | 1 | 3,8088 | 2,01 | 0,1817 |
| B:Riego | 6,90163 | 2 | 3,45082 | 1,82 | 0,2038 |
| INTERACCIONES | | | | | |
| AB | 6,9763 | 2 | 3,48815 | 1,84 | 0,2007 |
| RESIDUOS | 22,7331 | 12 | 1,89442 | | |
| TOTAL (CORREGIDO) | | | | | |
| | 40,4198 | 17 | | | |