

**UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA**

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y de Montes

Departamento de Ingeniería Forestal



**TESIS DOCTORAL**

**Cambio del Paisaje Cultural desde el Bosque a la Pastura  
Permanente en la Zona Templada de Chile**

**Autor:** Rolando Demanet Filippi

**Directores:** Dr. José Miguel Barea Navarro  
Dr. Miguel Ángel Herrera Machuca

Junio 2015  
Córdoba-España

TITULO: *Cambio del paisaje cultural desde el bosque a la pastura permanente en la zona templada de Chile.*

AUTOR: *Rolando Emilio Demanet Filippi*

---

© Edita: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Córdoba. 2015  
Campus de Rabanales  
Ctra. Nacional IV, Km. 396 A  
14071 Córdoba

[www.uco.es/publicaciones](http://www.uco.es/publicaciones)  
[publicaciones@uco.es](mailto:publicaciones@uco.es)

---

# **UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA**

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y de Montes

Departamento de Ingeniería Forestal

## **Cambio del Paisaje Cultural desde el Bosque a la Pastura Permanente en la Zona Templada de Chile**

Tesis Doctoral presentada por Rolando Demanet Filippi, para optar al grado de Doctor por la Universidad de Córdoba.

**El Doctorando:**

A handwritten signature in black ink, consisting of several loops and a final circular flourish.

**Fdo. Rolando DemanetFilippi**

Junio 2015  
Córdoba-España



## TÍTULO DE LA TESIS:

**Cambio del Paisaje Cultural desde el Bosque a la Pastura Permanente en la Zona Templada de Chile**

**DOCTORANDO: Rolando DEMANET FILIPPI**

### INFORME RAZONADO DE LOS DIRECTORES DE LA TESIS

(se hará mención a la evolución y desarrollo de la tesis, así como a trabajos y publicaciones derivados de la misma).

El paisaje como concepto integrador del ordenamiento de los ecosistemas a lo largo del tiempo nos permiten entender con mayor facilidad los procesos de cambio que se producen por acción antropogénica. Desde este punto de vista en la presente Tesis Doctoral se estudia el cambio del paisaje cultural, en la zona templada lluviosa del centro sur de Chile.

Se describen los procesos de deforestación ocurridos en los bosques templados del sur de Chile, el posterior laboreo excesivo de la tierra para producción de cereales y el sobre-pastoreo de los pastizales que dieron lugar a la degradación de la biocenosis, con una amplia concatenación de efectos negativos. En esta Tesis Doctoral se proponen alternativas conciliadoras, en las que se consideran las necesidades del ser humano en los procesos de asentamiento y organización de su territorio y por otra parte se propicia un manejo sostenible de los recursos naturales en el sistema suelo-planta, en particular el referido a las pasturas permanentes características de la zona templada de Chile.

Se ha realizado un análisis secuencial y ordenado en esta Tesis, que ha permitido conocer como ocurrió el cambio del paisaje cultural, desde el bosque original hasta la generación de pasturas permanentes. Asimismo, se han estudiado los mecanismos que han motivado la necesidad de la sociedad para provocar el cambio del paisaje cultural, desde el bosque prístino hasta la generación de pasturas. Por otra parte, también se han analizado, el crecimiento y el desarrollo de pasturas que permitan propiciar un manejo sustentable para así optimizar la productividad y garantizar a las poblaciones actuales y futuras la provisión de alimentos, dentro de un esquema de conservación ambiental del territorio.

A lo largo de la tesis doctoral se ha generado una gran cantidad de información científica que se encuentra en proceso de elaboración de trabajos de investigación destinados a revistas de reconocido prestigio internacional. Un ejemplo de lo anterior se relaciona con la publicación "*Seasonal variation of the productivity and quality of permanent pastures in Adisols of temperate regions*", publicada por el doctorando junto a sus directores en el "*Journal of Soil Science and Plant Nutrition*", de 2015, volumen 15; páginas: 115 a 132 que se encuentra indexada en el Journal of Citation Report (JCR).

Por todo ello, se autoriza la presentación de la tesis doctoral.

Córdoba, 5 de mayo de 2015

Firma de los directores

Fdo.: Miguel Ángel Herrera Machuca

Fdo.: José Miguel Barea Navarro

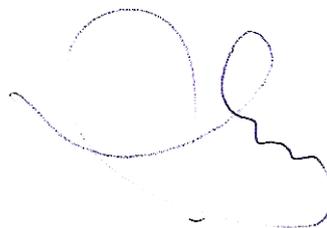
Miguel Ángel Herrera Machuca, Profesor Titular del Departamento de Ingeniería Forestal de la Universidad de Córdoba, y José Miguel Barea Navarro, Profesor de Investigación de la Estación Experimental del Zaidín, del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Granada, España.

AUTORIZAN a D. Rolando Demanet Filippi, Ingeniero Agrónomo, para la presentación del trabajo que con el título **“Cambio del Paisaje Cultural desde el Bosque a la Pastura Permanente en la Zona Templada de Chile”** ha sido realizado bajo su dirección como Tesis para optar al grado de Doctor por la Universidad de Córdoba.

**Córdoba, Junio de 2015**



Fdo. Miguel Ángel Herrera Machuca



Fdo. José Miguel Barea Navarro

*A Mariluz*

*A mis hijos Rolando y Pablo*

*A mi familia*

## Agradecimientos

Quiero expresar mis agradecimientos y gratitud a las personas e instituciones que me permitieron desarrollar esta investigación:

A mi esposa Mariluz, por su paciencia, tolerancia y su apoyo permanente. Agradezco todo lo que hizo durante estos años no solo en el ámbito personal y familiar, sino técnico y profesional. Sin su ayuda no habría podido terminar este proceso.

A mis hijos Rolando y Pablo, ellos siempre entendieron que este desafío era de gran importancia en mi vida y me apoyaron e incentivaron a seguir adelante durante todos estos años. Además aprendieron que los sueños se cumplen en cualquier etapa de la vida.

A mi familia y en especial a mi hermano Alfredo que en momentos complicados de este proceso me apoyo e incentivó a continuar y terminar este desafío.

A la Universidad de Córdoba, España, en un comienzo en el Programa de Doctorado en Ciencia Forestal e Ingeniería de Recursos Naturales, y posteriormente en el de Recursos Naturales y Sostenibilidad, que me aceptaron y permitieron realizar mis estudios de post grado y esta tesis.

A mis directores de tesis doctoral Miguel Ángel Herrera Machuca y José Miguel Barea Navarro que siempre apoyaron la realización de esta investigación y escritura del texto de esta tesis. Sus certeros consejos permitieron finalizar este gran desafío. Mi gratitud a mi amigo José Miguel, quien se transformó en el principal impulsor de esta investigación y en sus constantes viajes a Chile, me aconsejó y ayudo a finalizar esta investigación.

A la Universidad de La Frontera, institución a la cual pertenezco y que me brindó todas las facilidades para que dentro de mis actividades normales de profesor de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales, pudiese realizar mis estudios y generar esta tesis. Especial mención hago del rector señor Sergio Bravo quien confió en que uno de sus profesores pudiese cumplir el desafío de hacer este doctorado.

A mi amigo Harald von Schenk propietario del predio Cerro Azul, lugar donde se realizó parte de esta investigación y quien financió todo el proceso experimental y me apoyó en el desarrollo de mis estudios de doctorado. Además mi reconocimiento especial, a Mauricio Riedel Gerente General de la Sociedad Agrícola y Ganadera Cerro Azul Limitada, que me prestó todo su apoyo en la ejecución de esta tesis.

Al personal de los laboratorios de Suelos y Plantas y de Praderas y Pasturas de la Universidad de La Frontera, lugares donde se procesaron las muestras utilizadas en esta investigación. Agradezco en forma especial a Edith Cantero, quien durante todos los años que duró la parte experimental me ayudó en el procesamiento de la información generada a nivel de campo.

A mis amigas Rosario Azcón y Concepción Azcón, que en sus estadías en Chile y mi permanencia en España, me acogieron, apoyaron y aconsejaron en el desarrollo de esta investigación.

Mi gratitud al profesor Aliro Conteras ex decano de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales, que durante su mandato me permitió iniciar mis estudios de doctorado. A los profesores Fernando Borie, Horacio Miranda y Fernando Drake, que me ayudaron en diferentes etapas de mi doctorado.

# Índice

	<b>Páginas</b>
<b>Problemática, interés y objetivos del estudio propuesto.....</b>	<b>1</b>
Introducción a la temática objeto de estudio.....	2
Hipótesis de trabajo.....	3
Escenario agro-ecológico objeto de Investigación.....	4
Objetivos de la investigación.....	4
Objetivos Operacionales.....	4
Metodología.....	4
Bibliografía.....	7
<b>Capítulo I. Descripción del escenario objeto de estudio: La zona templada de Chile.....</b>	<b>9</b>
1.1.- Introducción.....	10
1.2.- Objetivos.....	12
1.3.- Metodología.....	13
1.4.- El Bosque Original.....	13
1.4.1.- Importancia y ubicación.....	13
1.4.2.- Suelo en la zona templada de Chile.....	14
1.4.3.- Clima de la zona templada de Chile.....	16
1.4.4.- Geomorfología y fisiografía.....	18
1.4.5.- Formaciones boscosas.....	19
1.4.5.1.- Principales especies botánicas implicadas.....	19
1.4.5.1.1.- <i>Nothofagus obliqua</i> (Mirb.) Oerst. (Roble).....	19
1.4.5.1.2.- <i>Nothofagus alpina</i> (P. et E.) Oerst. (Raulí).....	21
1.4.5.1.3.- <i>Nothofagus dombeyi</i> (Mirb.) Oerst. (Coigüe).....	21
1.4.5.1.4.- <i>Laureliopsis philippiana</i> (Looser) Schodde (Tepa).....	22
1.4.5.2.- El bosque en suelos Ñadi.....	22
1.4.5.3.- Biodiversidad del bosque templado.....	23

1.4.6.- Niveles de intervención del bosque original.....	24
1.4.7.- Regulación de uso del bosque.....	26
1.4.8.- La expansión del bosque exótico.....	27
1.4.9.- Transformación del bosque a pastura.....	30
1.5.- Un modelo de zona de transformación del bosque a pradera.....	32
1.5.1.- Ubicación.....	32
1.5.2.- Descripción del Predio donde se realizaran los estudios.....	32
1.6.- Consideraciones generales.....	35
1.7.- Bibliografía.....	36
<b>Capítulo II: Pastizales de la Zona Templada de Chile.....</b>	<b>45</b>
2.1.- Introducción.....	46
2.2.- Objetivo.....	50
2.3.- Hipótesis.....	50
2.4.- Metodología.....	50
2.5.- Estudio de los Pastizales en la Zona Templada de Chile.....	52
2.5.1.- Conceptos generales.....	52
2.5.2.- Zonas de Pastizales.....	53
2.5.3.- Área de Estudio.....	54
2.6.- Praderas Naturales y Naturalizadas.....	54
2.6.1.- Zona de Transición de Mediterránea a Templada.....	55
2.6.1.1.- Características Generales.....	56
2.6.1.2.- Secano Costero.....	57
2.6.1.3.- Secano Interior.....	60
2.6.1.4.- Llano Central.....	63
2.6.1.5.- Precordillera.....	68
2.6.1.6.- Cordillera de Los Andes.....	72
2.6.2.- Zona Templada Húmeda.....	75
2.6.2.1.- Cordillera de la Costa.....	75
2.6.2.2.- Llano Central.....	77
2.6.2.3.- Precordillera Andina.....	79

2.6.2.4.- Ecosistema Ñadi.....	80
2.6.2.5.- Isla de Chiloé.....	83
2.7.- Pasturas de la Zona Templada.....	84
2.7.1.-Principales Especies en la Zona Templada.....	85
2.7.1.1.- <i>Lolium perenne</i> L. (Ballica perenne).....	85
2.7.1.2.- <i>Festuca arundinacea</i> Schreber (Festuca).....	95
2.7.1.3.- <i>Dactylis glomerata</i> L. (Pasto ovilla).....	101
2.7.1.4.- <i>Bromus spp</i> (Bromo).....	103
2.7.1.5.- <i>Trifolium repens</i> L. (Trébol blanco).....	104
2.7.1.6.- Mezclas Polifíticas.....	106
2.7.1.7.- Otras especies.....	109
2.8.- Consideraciones Generales.....	128
2.9.- Bibliografía.....	129
<b>Capítulo III: Análisis de la productividad y calidad de los pastizales permanentes de la zona templada de Chile.....</b>	<b>139</b>
3.1.- Introducción.....	140
3.2.- Primera Parte: Seasonal variation of the productivity and quality of permanent pastures in Adisols of temperate regions.....	141
Abstract.....	141
1. Introduction.....	142
2. Materials and methods.....	144
2.1. Characteristics of the Study Area.....	144
2.2. Pasture management.....	145
2.3. Nutrient Content in Soil.....	145
2.4. Evaluations.....	146
2. 5. Statistical analyses.....	147
3. Results and discussion.....	147
3.1. Pasture growth.....	147
3.2. Seasonal distribution.....	149
3.3. Annual production.....	150
3.4. Forage quality.....	151

4.- Conclusions.....	158
5.- References.....	159
3.3.- Segunda Parte: Variación estacional del contenido de nutrientes en el suelo y planta de pasturas permanentes en un Andisol de la zona templada.....	163
3.3.1.- Introducción.....	163
3.3.2.- Metodología.....	164
3.3.3.- Contenido de nutrientes en el suelo.....	165
3.3.5.- Extracción de nutrientes.....	184
3.3.4.- Contenido de nutrientes en la Planta.....	174
3.3.6.- Consideraciones generales.....	185
3.3.7.- Bibliografía.....	186
<b>Capítulo IV: Modelo de Cambio del Bosque al Pastizal Templado del Sur de Chile.....</b>	<b>192</b>
4.1.- Introducción.....	193
4.2.- Objetivo.....	193
4.3.- Hipótesis.....	193
4.4.- Metodología.....	193
4.5.- Deterioro del ecosistema templado.....	194
4.5.1.- Procesos de deforestación en el mundo.....	194
4.5.2.- Transformaciones del bosque templado lluvioso en Chile.....	196
4.6.- Expansión del hombre en el ecosistema templado lluvioso.....	198
4.7.- Habilitación de suelos para la agricultura.....	202
4.8.- Desarrollo ganadero.....	208
4.9.- Cambio en el paisaje cultural.....	212
4.10.- La desertificación un proceso incipiente en la zona templada.....	217
4.11.- Hipótesis Sistemogénica.....	219
4.12.- Desarrollo sostenible.....	223
4.13.- Consideraciones generales.....	225
4.14.- Bibliografía.....	226
<b>Capítulo V: Conclusiones Generales.....</b>	<b>231</b>

## Índice de Figuras

Figura 1.1. Zona templada de Chile. Área de estudio.....	5
Figura 1.2. Diagramas ombrotérmicos de Gaussen – Walter de diferentes localidades de la zona templada de Chile (Hajek & Di Castri, 1975).....	17
Figura 1.3. Pasturas polifítica sometidas a pastoreo intensivo. Predio Cerro Azul....	33
Figura 1.4. Pastizales bajo nieve en el mes de Junio. Predio San Huerto.....	34
Figura 1.5. Pasturas polifítica establecidas sobre habilitación de bosque degradado. Predio Folilco.....	35
Figura 1.6. Cultivo de cereales y oleaginosas en Predio Collico.....	35
Figura 2.1. Zonas de Pastizales de Chile. Gastó <i>et al.</i> (1987) modificada por Demanet & Neira (1996).....	54
Figura 2.2. Zonas agroecológicas de la zona de transición de mediterránea a templada (Rouanet <i>et al.</i> , 1988).....	55
Figura 2.3. Paisaje de praderas naturalizadas del secoano costero de la Región de La Araucanía.....	58
Figura 2.4. Curva de crecimiento (kg MS/ha/día) de un pastizal del secoano costero de la Región de La Araucanía. Periodo 2000 – 2008.....	60
Figura 2.5. Pastizal del secoano interior formado por especies de post cultivo o tala de bosque.....	62
Figura 2.6. Curva de crecimiento (kg MS/ha/día) de un pastizal del secoano interior de la Región de La Araucanía. Periodo 2000 – 2008.....	64
Figura 2.7. Pastizal de baja condición en Ultisol del llano central de la Región de La Araucanía.....	65
Figura 2.8. Pastizal compuesto por especies de regular condición en un Andisol del llano central de la Región de La Araucanía.....	65
Figura 2.9. Curva de crecimiento (kg MS/ha/día) de dos pastizales del secoano del llano central de la Región de La Araucanía. Periodo 2000 – 2008.....	66
Figura 2.10. Pastizal ubicado en un Andisol de la precordillera, en cuya composición botánica domina <i>Agrostis capillaris</i> Sibth. Región de La Araucanía.....	70
Figura 2.11. Curva de crecimiento (kg MS/ha/día) de un pastizal de la precordillera andina de la Región de La Araucanía. Periodo 2000 – 2008.....	71

Figura 2.12. Degradación del pastizal de cordillera andina. Valle de Lonquimay, Región de La Araucanía.....	74
Figura 2.13. Pastizal permanente en lomaje del secano costero de la Región de Los Lagos.....	76
Figura 2.14. Curva de crecimiento (kg MS/ha/día), en secano costero de la Región de Los Lagos. Rendimiento anual: 7,03 toneladas MS/ha (adaptado de Teuber, 2009).....	77
Figura 2.15. Pastizal de buena condición del llano longitudinal de la Región de Los Lagos.....	78
Figura 2.16. Pastizal de buena condición de la precordillera de la Región de Los Lagos.....	80
Figura 2.17. Curva de crecimiento (kg MS/ha/día) en precordillera andina de la Región de Los Lagos (adaptado de Teuber, 2009).....	81
Figura 2.18. Ecosistema de Ñadi intervenido para establecimiento de pasturas permanentes.....	82
Figura 2.19. Curva de crecimiento (kg MS/ha/día) en dos suelos Ñadis de la zona templada. Región de Los Lagos (adaptado de Teuber, 2009).....	83
Figura 2.20. Curva de crecimiento (kg MS/ha/día) de pradera de la isla de Chiloé. Región de Los Lagos (adaptado de Teuber, 2009).....	84
Figura 2.21. Distribución anual de la producción de <i>Lolium perenne</i> L + <i>Trifolium repens</i> L. en el secano de la zona templada. Futrono, Región de Los Ríos. Periodo 2006 – 2012.....	106
Figura 2.22. Efecto de la época de siembra en el rendimiento invernal de <i>Lolium multiflorum</i> Lam. var. <i>Westerwoldicum</i> .....	111
Figura 2.23. Aporte porcentual de los componentes de la mezcla <i>Avena sativa</i> L: - <i>Lolium multiflorum</i> Lam. var. <i>Westerwoldicum</i> .....	112
Figure 1: Polynomial fit and confidence interval 95% of the monthly dry matter yield (A), and pasture growth rate (B) in the target temperate area of Chile (2002 – 2012).....	149

Figure 2: Seasonal distribution of dry matter production (%) in the target temperate area of Chile (2002 – 2012).....	150
Figure 3: Annual dry matter production (toneladas DM/ha) in the target temperate area of Chile (2002 – 2012).....	152
Figure 4: Polynomial fit and confidence interval 95% of the dry matter content (%) in the target temperate area of Chile (2002 – 2012).....	153
Figure 5: Polynomial fit and confidence interval 95% of the protein content in the target temperate area of Chile (2002 – 2012).....	155
Figure 6: Polynomial fit and confidence interval 95% of the content of NDF (%) in the target temperate area of Chile (2002 – 2012).....	156
Figure 7: Polynomial fit and confidence interval 95% of the content of ADF (%) in pastures grown in the target temperate area of Chile (2002 – 2012).....	157
Figura 4.1. Paisaje armónico generado a partir de la coherencia entre la sociedad, su cultura y las condiciones naturales.....	214
Figura 4.2. Paisaje estresado donde la intensidad de uso del territorio es mayor a su capacidad receptiva, presión constante que deteriora el paisaje.....	214
Figura 4.3. Paisaje agonizante en un estado avanzado de deterioro con baja capacidad endógena de recuperación.....	215
Figura 4.4. Paisaje cimarrón que tiende a regresar a su estado original luego que originalmente fue artificializado.....	215
Figura 4.5. Paisaje relictual que conserva al ecosistema original y se inserta dentro de un entorno de paisaje cultural.....	216
Figura 4.6. Hipótesis sistemogénica del cambio del bosque templado lluvioso a pasturas permanentes de alto rendimiento.....	222

## Índice de Tablas

Tabla 1.1. Superficie total del área de estudio (hectáreas).....	33
Tabla 2.1. Superficie total y regional de pastizales en Chile. Censo agropecuario año 2007 (Fuente: INE, 2008).....	47
Tabla 2.2. Número total y regional de cabezas de ganado bovino, ovino y caprino en Chile. Censo agropecuario año 2007 (adaptado de INE, 2008).....	48
Tabla 2.3. Caracterización de las principales áreas agroclimáticas de la región de La Araucanía (adaptado de Rouanet, 1989).....	55
Tabla 2.4. Rendimiento promedio de praderas naturalizadas en diferentes áreas agroecológicas de la zona de transición de mediterránea a templada (Demagnet & Contreras, 1988).....	56
Tabla 2.5. Curva de acumulación de materia seca en el secano costero de la zona de transición de mediterránea a templada. Hualpín, Región de La Araucanía.....	59
Tabla 2.6. Efecto de la época de rezago en el rendimiento de la pradera naturalizada en el secano costero de la zona de transición de mediterránea a templada. Hualpín, Región de La Araucanía.....	59
Tabla 2.7. Curva de acumulación de materia seca en el secano interior de la zona de transición de mediterránea a templada. Pidima, Región de La Araucanía.....	62
Tabla 2.8. Efecto de la época de rezago en el rendimiento de la pradera naturalizada en el secano interior de la zona de transición de mediterránea a templada. Pidima, Región de La Araucanía.....	63
Tabla 2.9. Acumulación de materia seca de la pradera naturalizada en el llano central de la zona de transición de mediterránea a templada. San Ramón (Andisol) y Tromén (Ultisol). Región de La Araucanía.....	67
Tabla 2.10. Efecto de la época de rezago en el rendimiento de la pradera naturalizada en el llano central de la zona de transición de mediterránea a templada. San Ramón (Andisol) y Tromén (Ultisol). Región de La Araucanía.....	68

Tabla 2.11. Curva de acumulación de materia seca de la pradera naturalizada en de la precordillera de la zona de transición de mediterránea a templada. Andisol. Curacautín, Región de La Araucanía.....	70
Tabla 2.12. Efecto de la época de rezago en el rendimiento de la pradera naturalizada en de la precordillera de la zona de transición de mediterránea a templada. Andisol. Curacautín, Región de La Araucanía.....	71
Tabla 2.13. Parámetros de rendimiento de <i>Festuca scabriuscula</i> Phil.....	74
Tabla 2.14. Origen de los cultivares de <i>Lolium perenne</i> L. comercializados en Chile (adaptado de Demanet, 2014).....	87
Tabla 2.15. Elementos diferenciadores entre cultivares de <i>Lolium perenne</i> L. comercializados en Chile (adaptado de Demanet, 2014).....	88
Tabla 2.16. Rendimiento promedio anual de <i>Lolium perenne</i> L. en el secano de la zona templada de Chile. Periodo 1993 – 2012.....	89
Tabla 2.17. Rendimiento de <i>Lolium perenne</i> L. clasificado por años, según el ranking BLUP ( <i>Best Linear Unbiased Prediction</i> ), en el secano del área templada de Chile. Periodo 1993 – 2012.....	90
Tabla 2.18. Rendimiento promedio 100 cultivares de <i>Lolium perenne</i> L. en el secano del área templada de Chile. Temuco. Periodo 1993 – 2012.....	91
Tabla 2.19. Clasificación de cultivares según nivel de rendimiento de <i>Lolium perenne</i> L., según el ranking BLUP ( <i>Best Linear Unbiased Prediction</i> ), en el secano del área templada de Chile. Periodo 1993 – 2012.....	92
Tabla 2.20. Rendimiento promedio anual de mezclas de cultivares de <i>Lolium perenne</i> L. en el secano de la zona templada de Chile. Periodo 1994 – 2010.....	92
Tabla 2.21. Rendimiento de mezclas de <i>Lolium perenne</i> L. clasificado por años, según el ranking BLUP ( <i>Best Linear Unbiased Prediction</i> ), en el secano del área templada de Chile. Periodo 1994 – 2010.....	93
Tabla 2.22. Rendimiento promedio 46 mezclas de cultivares de <i>Lolium perenne</i> L. en el secano del área templada de Chile. Temuco. Periodo 1994 – 2010.....	94

Tabla 2.23. Clasificación de mezclas de cultivares de <i>Lolium perenne</i> L., de acuerdo con el nivel de rendimiento, según el ranking BLUP ( <i>Best Linear Unbiased Prediction</i> ), en el secano del área templada de Chile. Periodo 1994 – 2010.....	95
Tabla 2.24. Características de los cultivares de <i>Festuca arundinacea</i> Schreb. disponibles en Chile (adaptado de Demanet, 2014).....	97
Tabla 2.25. Rendimiento promedio anual de <i>Festuca arundinacea</i> Schreb. en el secano de la zona templada de Chile. Periodo 1993 – 2012.....	99
Tabla 2.26. Rendimiento de <i>Festuca arundinacea</i> Schreb., clasificado por años, según el ranking BLUP ( <i>Best Linear Unbiased Prediction</i> ), en el secano del área templada de Chile. Periodo 1993 – 2012.....	99
Tabla 2.27. Rendimiento promedio 32 cultivares de <i>Festuca arundinacea</i> Schreb. en el secano del área templada de Chile. Temuco. Periodo 1993 – 2012.....	100
Tabla 2.28. Clasificación de cultivares de acuerdo con nivel de rendimiento de <i>Festuca arundinacea</i> Schreb., según el ranking BLUP ( <i>Best Linear Unbiased Prediction</i> ), en el secano del área templada de Chile. Periodo 1993 – 2012.....	100
Tabla 2.29. Rendimiento promedio anual de <i>Dactylis glomerata</i> L. en el secano de la zona templada de Chile. Periodo 1995 – 2003.....	102
Tabla 2.30. Rendimiento de materia seca de <i>Dactylis glomerata</i> L., clasificado por años, según el ranking BLUP ( <i>Best Linear Unbiased Prediction</i> ), en el secano del área templada de Chile. Periodo 1995 – 2003.....	102
Tabla 2.31. Rendimiento promedio cinco cultivares de <i>Dactylis glomerata</i> L. en el secano del área templada de Chile. Temuco. Periodo 1995 – 2003.....	103
Tabla 2.32. Caracterización de los tipos de cultivare que existen en el mercado Mundial de <i>Trifolium repens</i> L. (adaptado de Demanet, 2014).....	105
Tabla 2.33. Rendimiento promedio anual de mezclas polifíticas en el secano de la zona templada de Chile. Periodo 2003 – 2012.....	108
Tabla 2.34. Clasificación de años según nivel de rendimiento de mezclas de polifíticas, según el ranking BLUP ( <i>Best Linear Unbiased Prediction</i> ), en el secano del área templada de Chile. Periodo 2003 – 2012.....	108
Tabla 2.35. Rendimiento promedio 42 mezclas de especies en el secano del área templada de Chile. Temuco. Periodo 2003 – 2012.....	110

Tabla 2.26. Clasificación de las mezclas de especies según nivel de producción, según el ranking BLUP ( <i>Best Linear Unbiased Prediction</i> ), en el secano del área templada de Chile. Periodo 2003 – 2012.....	111
Tabla 2.27. Rendimiento promedio anual de <i>Lolium multiflorum</i> Lam. var. <i>Westerwoldicum</i> en el secano de la zona templada de Chile. Años 2001, 2001, 2003, 2009 y 2012.....	112
Tabla 2.28. Rendimiento promedio 16 cultivares de <i>Lolium multiflorum</i> Lam. var. <i>Westerwoldicum</i> en el secano del área templada de Chile. Temuco. Años 2001, 2001, 2003, 2009 y 2012.....	113
Tabla 2.29. Rendimiento promedio anual de <i>Lolium multiflorum</i> Lam. var. <i>Italicum</i> en el secano de la zona templada de Chile. Periodo 1993 – 2012.....	114
Tabla 2.30. Agrupación de años según nivel de rendimiento de <i>Lolium multiflorum</i> Lam. var. <i>Italicum</i> , utilizando el ranking BLUP ( <i>Best Linear Unbiased Prediction</i> ). Secano del área templada de Chile. Periodo 1993 – 2012.....	114
Tabla 2.31. Rendimiento promedio 67 cultivares de <i>Lolium multiflorum</i> Lam. var. <i>Italicum</i> en el secano del área templada de Chile. Temuco. Periodo 1993 – 2012...	115
Tabla 2.32. Clasificación de cultivares de <i>Lolium multiflorum</i> Lam. var. <i>Italicum</i> de acuerdo con el nivel de rendimiento, según el ranking BLUP ( <i>Best Linear Unbiased Prediction</i> ), en el secano del área templada de Chile. Periodo 1993 – 2012.....	116
Tabla 2.33. Rendimiento promedio anual de <i>Lolium multiflorum</i> Lam. x <i>Lolium perenne</i> L. en el secano de la zona templada de Chile. Periodo 1998 – 2012.....	117
Tabla 2.34. Clasificación de años según nivel de rendimiento de <i>Lolium multiflorum</i> Lam. x <i>Lolium perenne</i> L., según el ranking BLUP ( <i>Best Linear Unbiased Prediction</i> ), en el secano del área templada de Chile. Periodo 1998 – 2012.....	117
Tabla 2.35. Rendimiento promedio 33 cultivares de <i>Lolium multiflorum</i> Lam. x <i>Lolium perenne</i> L. en el secano del área templada de Chile. Temuco. Periodo 1998 – 2012.....	118

Tabla 2.36. Clasificación de cultivares de <i>Lolium multiflorum</i> Lam. x <i>Lolium perenne</i> L., de acuerdo con el nivel de rendimiento, según el ranking BLUP ( <i>Best Linear Unbiased Prediction</i> ), en el secano del área templada de Chile. Periodo 1998 – 2012.....	118
Tabla 2.37. Rendimiento promedio anual de <i>Trifolium pratense</i> L. en el secano de la zona templada de Chile. Periodos 1996/98 y 20002/04.....	120
Tabla 2.38. Clasificación de años, de acuerdo con nivel de rendimiento de <i>Trifolium pratense</i> L., según el ranking BLUP ( <i>Best Linear Unbiased Prediction</i> ), en el secano del área templada de Chile. Periodos 1996/98 y 20002/04.....	120
Tabla 2.39. Rendimiento promedio 33 cultivares de <i>Trifolium pratense</i> L. en el secano del área templada de Chile. Temuco. Periodos 1996/98 y 20002/04.....	121
Tabla 2.40. Clasificación de cultivares de <i>Trifolium pratense</i> L., de acuerdo con nivel de rendimiento, según el ranking BLUP ( <i>Best Linear Unbiased Prediction</i> ), en el secano del área templada de Chile. Periodos 1996/98 y 20002/04.....	121
Tabla 2.41. Rendimiento promedio anual de <i>Medicago sativa</i> L. en el área de riego de la zona templada de Chile. Periodo 1996 – 2009.....	123
Tabla 2.42. Nivel de producción de <i>Medicago sativa</i> L. en 13 años de medición, según ranking BLUP ( <i>Best Linear Unbiased Prediction</i> ), en el área de riego de la zona templada de Chile. Periodo 1996 – 2009.....	123
Tabla 2.43. Rendimiento promedio 59 cultivares de <i>Medicago sativa</i> L. en el área de riego de la zona templada de Chile. Periodo 1996 – 2009.....	124
Tabla 2.44. Niveles de producción de cultivares de <i>Medicago sativa</i> L., según el ranking BLUP ( <i>Best Linear Unbiased Prediction</i> ), en el área de riego de la zona templada de Chile. Periodo 1996 – 2009.....	124
Tabla 2.45. Rendimiento promedio anual de <i>Zea mays</i> L. en la zona templada de Chile. Periodo 1993 – 2012.....	125
Tabla 2.46. Nivel de producción de <i>Zea mays</i> L en 19 años de medición, según ranking BLUP ( <i>Best Linear Unbiased Prediction</i> ), en la zona templada de Chile. Periodo 1993 – 2012.....	126

Tabla 2.47. Rendimiento promedio 182 híbridos de <i>Zea mays</i> L. en la zona templada de Chile. Periodo 1993 – 2012.....	127
Tabla 2.48. Niveles de producción de híbridos de <i>Zea mays</i> L., clasificados según ranking BLUP ( <i>Best Linear Unbiased Prediction</i> ), en la zona templada de Chile. Periodo 1993 – 2012.....	128
Tabla 2.49 Rendimiento invernal y anual (toneladas MS/ha) de <i>Avena sativa</i> L. en tres localidades de la Región de La Araucanía.....	128
Table 1: Climatic variables in the study area (2002 – 2012).....	144
Table 2: pH and nutrient concentration in the target soil.....	145
Table 3. Month clustering of pasture growth according to BLUP ranking.....	148
Table 4: Cluster of years by level of dry matter production according to BLUP ranking.....	151
Table 5: Month clustering of the percentage of dry matter forage according to BLUP ranking.....	153
Table 6: Month clustering of the percentage of NDF in the forage according to BLUP ranking.....	157
Table 7: Month clustering of the percentage of ADF in the forage according to BLUP ranking.....	158
Tabla 3.1. Variación mensual del contenido de nutrientes en el suelo, promedio de 15 pasturas medidas durante 11 años (2002 – 2012) en la zona templada de Chile.....	165
Tabla 3.2. Variación mensual del contenido de nutrientes en el suelo, promedio de 15 pasturas medidas durante 11 años (2002 – 2012) en la zona templada de Chile.....	166
Tabla 3.3.- Clasificación estacional del contenido de azufre en el suelo según el ranking BLUP ( <i>Best Linear Unbiased Prediction</i> ), de 15 pasturas medidas durante 11 años (2002 – 2012) en la zona templada de Chile.....	169
Tabla 3.4.- Clasificación estacional del contenido de sodio en el suelo según el ranking BLUP ( <i>Best Linear Unbiased Prediction</i> ), de 15 pasturas medidas durante 11 años (2002 – 2012) en la zona templada de Chile.....	171

Tabla 3.5. Contenido foliar de nutriente (%) de 15 pasturas permanentes evaluadas durante once años (2002 – 2012) en la zona templada de Chile.....	175
Tabla 3.6. Contenido foliar de nutriente (mg/kg) de 15 pasturas permanentes evaluadas durante once años (2002 – 2012) en la zona templada de Chile.....	175
Tabla 3.7. Clasificación estacional del contenido de nitrógeno foliar según el ranking BLUP ( <i>Best Linear Unbiased Prediction</i> ), de 15 pasturas medidas durante 11 años (2002 – 2012) en zona templada de Chile.....	176
Tabla 3.8. Clasificación estacional del contenido de fósforo foliar según el ranking BLUP ( <i>Best Linear Unbiased Prediction</i> ), de 15 pasturas medidas durante 11 años (2002 – 2012) en la zona templada de Chile.....	177
Tabla 3.9.- Clasificación estacional del contenido de azufre foliar según el ranking BLUP ( <i>Best Linear Unbiased Prediction</i> ), de 15 pasturas medidas durante 11 años (2002 – 2012) en la zona templada de Chile.....	178
Tabla 3.10.- Clasificación estacional del contenido de potasio foliar según el ranking BLUP ( <i>Best Linear Unbiased Prediction</i> ), de 15 pasturas medidas durante 11 años (2002 – 2012) en la zona templada de Chile.....	179
Tabla 3.11. Clasificación estacional del contenido de magnesio foliar según el ranking BLUP ( <i>Best Linear Unbiased Prediction</i> ), de 15 pasturas medidas durante 11 años (2002 – 2012) en la zona templada de Chile.....	180
Tabla 3.12.- Clasificación estacional del contenido de boro foliar según el ranking BLUP ( <i>Best Linear Unbiased Prediction</i> ), de 15 pasturas medidas durante 11 años (2002 – 2012) en la zona templada de Chile.....	181
Tabla 3.13. Clasificación estacional del contenido de zinc foliar según el ranking BLUP ( <i>Best Linear Unbiased Prediction</i> ), de 15 pasturas medidas durante 11 años (2002 – 2012) en zona templada de Chile.....	182
Tabla 3.14. Clasificación estacional del contenido de aluminio foliar según el ranking BLUP ( <i>Best Linear Unbiased Prediction</i> ), de 15 pasturas medidas durante 11 años (2002 – 2012) en la zona templada de Chile.....	183

Tabla 3.15.- Clasificación estacional del contenido de manganeso foliar según el ranking BLUP ( <i>Best Linear Unbiased Prediction</i> ), de 15 pasturas medidas durante 11 años (2002 – 2012) en zona templada de Chile.....	184
Tabla 3.16.- Extracción de nutrientes de 15 pasturas medidas durante 11 años (2002 – 2012) en la zona templada de Chile.....	184
Tabla 4.1. Evolución de la población total, rural y densidad poblacional de Chile...	199
Tabla 4.2. Evolución de la población total y rural en la zona templada de Chile.....	199
Tabla 4.3. Exportaciones de trigo y harina a California y Australia (qqm x 1.000).....	203
Tabla 4.4. Consumo interno, Exportación y aporte de La Frontera a la producción de trigo en el siglo XIX (Toneladas).....	203
Tabla 4.5. Producción y aporte porcentual al total nacional de Trigo en la Zona Templada de Chile, Regiones de La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos. Periodo 1908 -2013.....	206
Tabla 4.6. Superficie de siembra y rendimiento de Trigo en la Zona Templada de Chile, Regiones de La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos. Periodo 1908 -2013.....	206
Tabla 4.7. Exportaciones chilenas en el periodo 1660 -1779, expresadas en moneda de la época.....	208
Tabla 4.8. Exportaciones chilenas en el periodo 1683 -1791, desde el puerto de Concepción, expresadas en moneda de la época.....	209
Tabla 4.9. Aporte de la región templada lluviosa a la producción láctea de Chile. Leche, queso y mantequilla. Año 1910.....	210
Tabla 4.10. Número de cabezas de ganado en la zona templada y total del país. Año 1997.....	211
Tabla 4.11. Número de cabezas de ganado en la zona templada y total del país. Año 2007.....	211
Tabla 4.12. Plantas lecheras y volumen total de recepción de leche. Año 2012.....	211
Tabla 4.13. Periodo de ingreso a Chile de algunas especies componentes de las pasturas de alto rendimiento.....	212

Tabla 4.14. Superficie regional (ha), bosque nativo, área intervenida y porcentaje de aporte a la superficie total en la zona de bosque templado lluvioso. Año 2011.. 217

***Problemática, interés y objetivos del estudio propuesto***

## **Problemática, interés y objetivos del estudio propuesto**

### **Introducción a la temática objeto de estudio**

Los procesos de deforestación ocurridos en los bosques templados del sur de Chile, el posterior laboreo excesivo de la tierra para producción de cereales y el sobre-pastoreo de los pastizales generados a partir de los rastrojos, dieron lugar a la degradación de la biocenosis, a la pérdida de las fuentes de agua y al deterioro del potencial productivo de los recursos naturales del ecosistema. El efecto visible de tales procesos de degradación es el incremento de la pobreza del paisaje rural, que se tradujo en el abandono de los predios, migración de la población del campo a la ciudad y el incremento de los desequilibrios territoriales. Como consecuencia, ocurrió una transformación tanto del paisaje rural, generándose un ambiente desertificado de baja actividad antrópica, como del paisaje urbano, en el que se propició un ambiente de alta densidad poblacional de elevada demanda. Ello dio lugar a que se manifestaran las lógicas desigualdades que transforman a las urbes en ambientes sórdidos, poco saludables y de baja capacidad de resiliencia para absorber las perturbaciones originadas por las comunidades humanas.

La actuación del hombre en un territorio rural puede generar como consecuencia cinco tipos de paisajes culturales definidos por los siguientes atributos: paisaje armónico, estresado, agonizante, cimarrón y relictual (Gastó, 2001; Stobbelaar & van Mansvelt, 1997; Jellema *et al.*, 2009). La restauración del equilibrio en paisajes degradados requiere identificar y estudiar los principales procesos naturales de organización del paisaje y propiciar las técnicas de artificialización que permitan estimular la regeneración del sistema.

En el contexto de la problemática relacionada con la identificación de las causas y con la aplicación de tecnologías de restauración de paisajes degradados se introducen a continuación algunos conceptos, con especial referencia a las situaciones características de Chile. En primer lugar, hay que hacer constar que históricamente en Chile las transformaciones del paisaje han ocurrido como consecuencia de la extracción de recursos naturales y su exportación como productos de bajo costo y de bajo valor agregado. Prueba de ello es que las principales riquezas privadas de Chile se han generado inicialmente en base a la producción de celulosa, la pesca y la minería, además de actividades agrícolas extensas como trigo, frutales y producción animal (Gastó *et al.*, 2006; Gastó *et al.*, 2009; Stobbelaar & van Mansvelt, 2000). En otro orden de cosas, se sabe que el paisaje cultural surge gradualmente como una expresión de las actuaciones de la sociedad humana articulada con sus intervenciones tecnológicas sobre la naturaleza (Stobbelaar & van Mansvelt, 1997; Jellema *et al.*, 2009), representada en una primera etapa como paisaje ancestral. Las primeras

tecnologías se asocian al desarrollo del hombre recolector y cazador y están dadas por el manejo del fuego y la utilización de palos y piedras. La agricultura *sensu lato* surge hace aproximadamente 10.000 años atrás como un mecanismo generalizado de actuación que articula la relación entre el hombre y la naturaleza permitiendo transformar la naturaleza como paisaje primitivo en paisaje cultural (Gastó *et al.*, 2006; Jones *et al.*, 2008; Gastó *et al.*, 2009; Stobbelaar *et al.*, 2009). En la región templada de Chile parte del paisaje rural se transformó en un ecosistema fragmentado, con un evidente estado de avanzado deterioro que no tiene una capacidad endógena de recuperación. De esta forma los ecosistemas que han sido devastados en los últimos dos siglos han perdido la capacidad de resiliencia. Además, el hombre organizado en comunidades dependientes de un poder central, no ha determinado y ejecutado los cambios que permitan alcanzar equilibrios ideales en el territorio, de acuerdo a su contexto cultural. En síntesis, el hombre no ha tenido la capacidad de gobernar el territorio que habita. Este es un hecho fundamental ya que para que la gobernabilidad territorial ocurra se requiere conocer la dinámica del ecosistema donde se encuentran insertas las comunidades humanas, y a través de políticas definidas, desarrollar normativas y leyes que permitan tener injerencia en el paisaje cultural prevalente. En este caso, la zona templada de Chile.

Hay que tener en cuenta que la sociedad actual se enfrenta al dilema de optimizar el territorio desde una perspectiva centrada prioritariamente en las necesidades del hombre como actor principal del desarrollo, o bien enfatizar en la matriz de fondo territorial, donde la naturaleza, como un todo, se auto-organiza en sistemas ecológicos naturales y sustentables (Cosio *et al.*, 2010). En esta Tesis Doctoral se propugna una alternativa conciliadora. Es decir, que de un lado, se consideré satisfacer las necesidades del hombre para que pueda asentarse y organizar su territorio, y de otro, propicie un manejo sostenible de los recursos naturales del sistema suelo-planta. Concretamente, de las pasturas permanentes características de la zona templada de Chile

## **Hipótesis de trabajo**

En el área templada de Chile el cambio del paisaje cultural fue generado por una combinación de factores bióticos y abióticos, donde el estado actual del paisaje de dicha zona, es la resultante de la expansión del hombre en el territorio y la generación de diferentes estilos de agricultura.

## **Escenario agro-ecológico objeto de Investigación**

El escenario de estudio es la pastura permanente que representa uno de los estilos de agricultura, antes aludidos, y que son características del estado actual del paisaje de la zona templada de Chile, base de su economía, y que son la resultante del cambio de un paisaje cultural ancestral (bosque).

## **Objetivos de la investigación**

- 1.- Conocer como ocurrió el cambio del paisaje cultural desde el bosque ancestral hasta la generación de pasturas permanentes.
- 2.- Analizar la necesidad del hombre para provocar el cambio del paisaje cultural desde el bosque prístino hasta la generación de pasturas.
- 3.- Describir y analizar el crecimiento y desarrollo de pasturas que permitan propiciar un manejo sustentable para optimizar su productividad y garantizar a las poblaciones actuales y futuras la provisión de alimentos, así como argumentos para la conservación ambiental del territorio.

## **Objetivos Operacionales**

- 1.- Describir el proceso de cambio del paisaje cultural a partir de la tala del bosque templado hasta el establecimiento de la pastura permanente y elaborar una hipótesis sistemogénica de dicho proceso.
- 2.- Medir la productividad de la pastura permanente a lo largo de un periodo representativo de la realidad y desarrollar modelos de crecimiento que permitan predecir el rendimiento y la producción estacional de las pasturas en la zona templada de Chile.
- 3.- Elaborar un modelo descriptivo de cambio del bosque hasta el pastizal templado del sur de Chile.

## **Metodología**

Las investigaciones que conforman esta Tesis Doctoral se agrupan en cuatro Capítulos, además del presente, de carácter introductorio, que incluyen mediciones de terreno y compilación de información obtenida por investigaciones científico-técnicas realizadas

en el área de estudio (zona templada de Chile), así como el análisis de informaciones históricas y vigentes sobre el escenario agro-ecológico objeto de estudio (Figura 1.1).



Figura 1.1. Zona templada de Chile. Área de estudio.

Parte de las regiones administrativas que comprenden la zona templada de Chile y que conforman la zona de estudio de esta tesis.

Región	Paralelos	Superficie (km <sup>2</sup> )
Araucanía	37° 35' - 39° 37' LS	31.842,3
Los Ríos	39° 37' - 40° 41' LS	18.429,5
Los Lagos	40° 41' - 44° 04' LS	48.583,6
<b>Total</b>		<b>98.855,4</b>

El bosque templado autóctono, también conocido como bosque nativo, corresponde al bosque templado húmedo que incluye regiones con más de 1.400 mm de precipitación distribuidas a través del año, y de clima oceánico (Armesto *et al.*, 1992), se ubica en forma continua mayoritariamente entre la región del Maule (35° LS) y Tierra del Fuego (55° LS), extendiéndose incluso hasta los sectores andinos de Argentina. Presenta una importante diversidad de especies y un alto grado de endemismo tanto en su flora como su fauna (CONAF, CONAMA, 1999).

En el Capítulo I se presenta una descripción y análisis del estado actual del bosque templado húmedo de Chile, a lo largo de más de 1.000 kilómetros, zona donde se desarrolló el estudio, con el objetivo de ubicar esta investigación en el contexto de la dimensión del cambio del paisaje. Concretamente el objeto esta investigación es el estudio del cambio del bosque templado húmedo a un pastizal exótico en un área que

se limita entre las regiones de La Araucanía y Los Lagos. En el Capítulo II se describe y analiza el comportamiento productivo de las pasturas exóticas introducidas en el área templada, donde destaca la mezcla de *Lolium perenne* L. – *Trifolium repens* L., que corresponde a la pastura de mayor ubicuidad de la zona. En el Capítulo III se elabora un modelo de crecimiento de la pradera templada, con información colectada mensualmente, durante once años en un sitio de la precordillera de Los Andes, que en los últimos cien años el bosque nativo templado fue intervenido y transformado en un pastizal exótico (pastura), con el objetivo de desarrollar un sistema de producción de carne bovina intensivo, bajo pastoreo. En el Capítulo IV se construye un modelo de cambio del bosque al pastizal templado de Chile. Así mismo se elabora una hipótesis sistemógena, que permite describir el cambio del paisaje cultural del bosque a la pastura templada de alta producción de forraje.

**Nota.-** En esta Tesis se utilizan varios términos, que hacen referencia a situaciones o manejos agronómicos de uso muy común en Chile, pero que prácticamente no se usan en España. Dado que la Tesis se defiende en España, y se incorpora a las fuentes de información científica españolas, el autor y directores de la Tesis dudaron en cambiar esos términos por otros similares y de uso más común en España. Finalmente, decidieron mantener la terminología usual en Chile basado en que esos términos se pueden deducir por el contexto de la frase y porque la información que aporta esta Tesis se va aplicar fundamentalmente en Chile.

Aunque resulte una obviedad, por lo que se pide disculpas, se recuerda al lector español que, al asociar condiciones hidrotermales (lluvias, temperaturas, tiempos de fotoperiodo) con estaciones del año, tenga en cuenta la ubicación de Chile en el Hemisferio Sur.

## **Bibliografía**

Armesto, J.J., Smith-Ramírez, C., León, P. & Arroyo, M.K., **1992**. Biodiversidad y conservación del bosque templado en Chile. Áreas Silvestres Protegidas. Ambiente y Desarrollo: 19 – 24.

CONAF, CONAMA, **1999**. Catastro y evaluación de recursos vegetacionales nativos de Chile. Informe nacional con variables ambientales. Corporación Nacional Forestal - Ministerio de Agricultura y Comisión Nacional del Medio Ambiente, Santiago, Marzo de 1999. 87p.

Cosío, F., Saúd, K., González, I., Puentes, M., Bork, A., Negrón, M. & Arenas, C., **2010**. Al Margen de la Ciudad. Bases para el ordenamiento territorial del ecosistema de Palmar de Viña del Mar. Una propuesta ecológica, urbanística y social. Ediciones TIG, Taller de Investigaciones Gráficas, escuela de Arquitectura y Diseño de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Valparaíso, Chile. 183p.

Gastó, C.J., Vera, L., Vieli, L. & Montalba, M., **2009**. Sustainable Agriculture: Unifying Concepts. Ciencia e Investigación Agraria. 36: 5-26.

Gastó, J. Vieli, L. & Vera I., **2006**. De la Silva al Ager. Paisaje Cultural. Agronomía y Forestal 28: 29-33

Jellema, A., Stobbelaar, D.J., Groot, J.C.J. & Rossing, W.A.H., **2009**. Landscape character assessment using region growing techniques in geographical information systems. Journal of Environmental Management 90: S161–S174.

Jones, R., Kemp, D., Michalk, D. & Takahashi, T., **2008**. The on-farm impact of alternative grazing management options to improve sustainability in western Chinese grasslands. 52nd annual Conference of the Australian Agricultural and Resource Economics Society, Canberra, 5-8 February 2008. p. 1-20.

Magel, H., **2001**. Sustainable land development and land management in urban and rural areas - about surveyors' contribution to building a better world. International Conference on Spatial Information for Sustainable Development- Nairobi, Kenya, 2–5 October 2001. 9 p

Stobbelaar, D.J, & van Mansvelt J.D., **1997**. Introduction. Agriculture, Ecosystems & Environment 63: 83-89.

Stobbelaar, D.J, & van Mansvelt J.D, **2000**. The process of landscape evaluation Introduction to the 2nd special AGEE issue of the concerted action: “The landscape and nature production capacity of organic/sustainable types of agriculture”. Agriculture, Ecosystems and Environment 77: 1–15.

Stobbelaar, D.J., Groot, J.C.J., Bishop C., Hall, J. & Pretty, J. **2009**. Internalization of agri-environmental policies and the role of institutions. *Journal of Environmental Management* 90: S175–S184

## **Capítulo I**

### ***Descripción del escenario objeto de estudio***

# Capítulo I. Descripción del escenario objeto de estudio: La zona templada de Chile

## 1.1.- Introducción

Chile posee una superficie total de 75.633.601 ha, distribuida en 15 Regiones. De acuerdo con la categorización de “uso de la tierra” actualizado al año 2011, las zonas que cubren la mayor superficie del país son las desprovistas de vegetación con 30.678.263 ha, que corresponden a un 40,6% del total nacional, seguidas de praderas y matorrales con 19.983.588 ha y bosques 16.676.875 ha, que representan un 26,4% y 22,0% del total, respectivamente (CONAF, 2011).

Del total nacional ocupado por el bosque, 13.599.610 ha (81,6%) corresponden a bosque nativo, 2.872.007 ha (17,2%), a plantaciones forestales exóticas y 123.756 ha (0,7%) a bosques mixtos. El mayor porcentaje del bosque nativo del país lo constituye el bosque adulto (5.912.235 ha), que representa el 35,5% de total. El tipo forestal más importante del país es el “siempre verde”, que representa el 30,4% del total de bosque nativo, seguido de los tipos forestales Lengua, Coigüe de Magallanes y Roble-Raulí-Coigüe, con 26,3, 12,4 y 10,8%, respectivamente (CONAF, 2011). El bosque nativo está constituido por una mezcla de especies *Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst. (Roble), *Nothofagus nervosa* (Phil.) Dimitri & Milano [*Syn. Nothofagus alpina* (P. et E.) Oerst.] (Raulí), *Nothofagus dombeyi* (Mirb.) Oerst. (Coigüe) y *Nothofagus dombeyi* (Mirb.) Oerst. (Coigüe), *Nothofagus nervosa* (Phil.) Dimitri & Milano (Raulí), *Laureliopsis philippiana* (Looser) Schodde (Tepa) (Donoso *et al.*, 1993). Las tipologías forestales, cuyas especies dominantes pertenecen al género *Nothofagus* (Lengua, Coigüe de Magallanes, Roble-Raulí-Coigüe, Coigüe-Raulí-Tepa y Roble-Hualo), suman 7.504.121 hectáreas, equivalente a poco más del 55% de la superficie total de bosques nativos (CONAF, 2011)

En la actualidad, la superficie de bosque nativo se distribuye, principalmente, entre las regiones de Del Maule hasta la Región de Magallanes (13.163.807 ha) y las plantaciones forestales entre las Regiones del Maule y Los Lagos (2.641.338 ha), siendo la Región de Aysén la de mayor aporte a la zona boscosa nativa, con el 29% de la superficie nacional. El bosque nativo en Chile se puede considerar dentro del grupo de bosque templado y se ubica en forma continua entre la región del Maule (35° LS) y Tierra del Fuego (55° LS), extendiéndose incluso hasta los sectores andinos de Argentina. Presenta una alta diversidad de especies de árboles, arbustos, plantas epífitas, musgos y líquenes, que lo diferencian de otros bosques de igual tipo existentes en el mundo. Presenta un elevado número de endemismos, tanto en su flora como su fauna (CONAF, 2011). En el país el bosque nativo ha reducido su superficie en forma acelerada en el último siglo como consecuencia de la actividad agropecuaria, ocupación del territorio en zonas urbanas y expansión de las

plantaciones forestales hacia los cordones montañosos andinos y costeros (Aguayo, *et al.*, 2009).

La denominación de bosque templado responde a una clasificación climática, muy usual internacionalmente y también en Chile, y se refiere a aquellos bosques que están fuera de las regiones mediterráneas y tropicales, y que están sujetos a una estación seca de verano y fría de invierno. Este tipo de bosque se generó a partir de suelos de origen volcánico, con un clima templado, donde las precipitaciones ocurren durante todo el año, con una mayor concentración en invierno. El bosque templado registra una acentuada influencia marítima, excepto en los sectores más altos de la Cordillera de Los Andes.

Los bosques templados de Chile, y de la zona limítrofe con Argentina, son de gran valor cultural, ecológico y económico. Este tipo de bosques, también denominados Bosques Costeros Templados-Lluviosos, se ubican en diferentes partes del mundo, pero su máxima extensión se ubica en Chile y Argentina, superando en superficie a Canadá y Estados Unidos. Poseen una conexión evolutiva y geológica con Tasmania y Nueva Zelanda, pero por su condición de tipo insular, en dichas regiones, son abundantes los endemismos y las particularidades adaptativas, ligadas con la polinización, dispersión de semillas, hibridismo e introgresión (movimiento de genes de una especie a otra, a consecuencia de un proceso de hibridación inter específica seguido de retro cruzamiento) (Drake, 2004).

Al valor científico y cultural se une el valor económico de las especies, muchas de ellas de alta calidad maderera (Donoso & Lara, 1995), entre ellas, las únicas especies del mundo destacadas tanto por su endemidad como por su longevidad, ya que todas que pueden superar los mil años de edad, son: *Araucaria araucana* (Molina) K. Koch (Araucana), *Austrocedrus chilensis* (D. Don) Pic-Serm. & Bizzarri (Ciprés de la Cordillera) y *Fitzroya cupressoides* (Molina) I.M. Johnst. (Alerce) (Drake, 2004). Este bosque constituye una reserva de madera y carbono para la humanidad, que es muy cotizada en un contexto mundial, dado la limpieza del ambiente, escaso nivel de contaminantes y la mantención de ecosistemas prístinos de baja intervención antrópica. La extensa zona donde se ubican estas formaciones boscosas longevas tiene un valor ecológico y cultural excepcional. Tanto es así, que se han mantenido y protegido por ley de la República para evitar su explotación irracional.

Con la colonización europea a partir del siglo XVI, primero por la presencia española y luego alemana en el siglo XIX, la intervención del bosque nativo fue más intensa. El proceso degradativo se aceleró en las últimas décadas del siglo XIX e inicios del siglo XX, por la entrega de terrenos a colonos que junto con abrir espacio por el bosque para ingresar a las tierras asignadas quemaron parte de los árboles con el objetivo inicial de realizar agricultura y posteriormente ganadería (Pinto & Ordenes, 2012). La destrucción continúa hasta nuestros días, donde se mantiene la tala del bosque con el

objetvo de generar madera como energía (leña) y construcción. Junto a lo anterior, las industrias del mueble y la construcción mantienen una permanente presión sobre el bosque nativo, provocando en algunos sectores incendios intencionales con el objetivo de permitir la “tala rasa” de este, término utilizado para describir el proceso de extracción total de los árboles. Una vez talado el bosque, se generó un renoval dominado por especies agresivas e invasoras, que no permitieron la regeneración total de las especies nativas u originales del bosque templado, situación que permite que los asentamientos humanos cada vez más demandantes de energía, utilicen para leña y madera, los sectores de renovales (Vera, 2008).

Precisamente, los conceptos y procesos antes mencionados, es decir, todo lo relacionado con la transformación del bosque original en pasturas, son los hechos clave que se pretenden describir y analizar en esta Tesis. Tales pasturas corresponden a un pastizal artificial, de alta productividad, que se establece con el objetivo de lograr la mayor producción de proteína animal para su canalización antrópica directa. Las pasturas se integran en ecosistemas de alta fragilidad y baja resiliencia, formado por especies exóticas, que requieren prácticas agronómicas de alto valor económico para lograr una persistencia aceptable. En estas prácticas se incluyen la roturación de suelos, incorporación de rastrojos, corrección de la acidez, incremento de algunos nutrientes en el suelo (fósforo, azufre, calcio, magnesio, entre otros) y el desarrollo de un manejo de pastoreo que impida la reducción de las poblaciones de plantas.

El paso de bosque a la pastura es un proceso complejo, pero que responde a la necesidad del hombre de incorporar nuevos terrenos para producción de alimentos, en especial, la producción de proteína animal, de elevado valor biológico, debido a alta cantidad y calidad de aminoácidos esenciales que las integran, en especial las contenidas en la leche, carne y huevos. Esta transformación, en el área templada se encuentra en diferentes estados de avance o intervención, es un proceso que no se ha evaluado del punto de vista del cambio y de su significancia ecológica y económica, aspectos que se pretenden analizar en este trabajo de investigación.

## **1.2.- Objetivos**

El objetivo principal de este capítulo es describir el ecosistema de bosque templado de Chile, en su condición prístina, hasta su estado actual, fragmentado por la intervención antrópica. Igualmente, se pretende analizar el cambio del bosque templado a la pradera permanente artificial. Particularmente, se describe el sitio concreto de estudio experimental de campo, en donde, durante once años, se llevó a cabo el estudio de un sistema ganadero bovino, productor de carne, cuya alimentación se basó en pasturas permanentes exóticas, que constituye el Capítulo III de esta Tesis.

### **1.3.- Metodología**

Se realizó una compilación bibliográfica de los principales antecedentes e investigaciones desarrolladas en el ámbito del bosque nativo, específicamente, del bosque templado de Chile, con especial énfasis en la descripción de los componentes del ecosistema y las variables de cambio que han generado la disminución de su superficie y el aumento de la expansión antrópica en el territorio ocupado por el bosque. Esta descripción se encuentra en el contexto de la búsqueda de los factores que determinaron la transformación del paisaje cultural original al actual.

### **1.4.- El Bosque Original**

#### **1.4.1.- Importancia y ubicación**

Los bosques templados de Chile se ubican entre la región del Maule (35° LS) y la Patagonia (45° LS) abarcando toda la superficie continental e insular desde el mar hasta la cordillera, incluso traspasando a ciertos sectores de Argentina. Se clasifican como bosques costeros templados lluviosos y se encuentran en otras zonas del mundo: Canadá, Estados Unidos, Tasmania, Nueva Zelanda, Islandia, Escocia, Irlanda, Noruega, Georgia, Turquía, Japón, España, Yugoslavia e Irán. El bosque templado lluvioso de Chile es el más importante en superficie junto a los existentes en Canadá y Estados Unidos y posee una conexión evolutiva y geológica con los de Tasmania y Nueva Zelanda. A nivel mundial estos bosques son escasos y posee un alto valor científico, cultural y económico, por su alta calidad de madera y condición de especies únicas (Donoso, 1998). Además, este particular ecosistema que posee un alto valor ecológico está sufriendo los procesos de deforestación, invasión de especies exóticas, fragmentación y depósito de nitrógeno atmosférico, característico de todas las áreas boscosas del mundo (Staelens *et al.*, 2011).

Se puede considerar que el bosque templado lluvioso de Chile se ubica en una isla limitada al norte con la zona mediterránea, al oeste con el Océano Pacífico y al este con la cordillera de Los Andes (Gastó *et al.*, 1985).

Su aislamiento bajo el paralelo 35°, latitud sur, se remonta al periodo terciario y es consecuencia de la formación del desierto de Atacama y Cordillera de Los Andes. La barrera que imprimieron estos dos fenómenos fue acentuada por las condiciones climáticas del Pleistoceno, que se caracterizó por la intensificación del ambiente árido. El descenso en altitud tuvo relación directa con el enfriamiento glacial (Armesto *et al.*, 1997).

El bosque templado lluvioso de Chile está considerado uno de los 34 *hotspot* de diversidad definidos por Myers *et al.* (2000). Su inclusión dentro del grupo de los

*hotspot* del mundo, significa que forma parte de los lugares donde se acumulan concentraciones excepcionales de especies endémicas, pero que están sufriendo la pérdida de su hábitat natural (Myers *et al.*, 2000). Estos autores determinaron que en sólo 25 *hotspot*, entre los que encuentra esta zona de Chile, se ubican el 44% de todas las especies de plantas vasculares y el 35% de todas las especies de vertebrados, en una superficie que solo corresponde al 1,4% de la superficie terrestre.

#### **1.4.2.- Suelo en la zona templada de Chile**

Los suelos de esta zona templada de Chile se forjaron durante su historia marcada por una alta actividad volcánica, integrando en su formación gran cantidad de material eruptivo, en especial ceniza volcánica (Basálticos y Andesitas) que se desarrollaron bajo un régimen de temperatura méxico y térmico (Besoain, 1985). Son de textura franca y friable con áreas de buen drenaje y otras de drenaje imperfecto, en especial los sectores de ñadis, término indígena que significa “pantano de temporada” (Meyer, 1982), y que constituye una franja de suelos ubicados entre la parte central de la zona templada, entre la Cordillera de la Costa y los lagos de la precordillera de Los Andes. El suelo presenta estratificaciones depositacionales, claramente distinguibles y nítidas de color entre el suelo y el subsuelo (Roberts & Díaz, 1960). El suelo es poroso, con valores de densidad aparente bajas (0,6 a 0,9 g/cm<sup>3</sup>), pH ácido, baja capacidad de intercambio y suma de bases. Las bases del suelo y saturación de aluminio cambian según el grado de intervención (Mora *et al.*, 1999). Los índices de adsorción de fósforo fluctúan entre 39% y 98%, donde los mayores valores se ubican en los horizontes superficiales, lo cual limita el desarrollo de los cultivos y pasturas exóticas (Sadzawka & Carrasco, 1985).

Pese a que estos suelos poseen excelentes propiedades físicas (porcentaje de agregación, capacidad de retención de agua, densidad aparente, entre otros), su uso agrícola y ganadero está seriamente limitado por la carencia de fósforo disponible, producida por la alta capacidad de fijación de los colides orgánicos (Sadzawka & Carrasco, 1985). Los Andisoles, Ultisoles y Transicionales, dominan el área y se caracterizan por presentar una alta fragilidad, alta susceptibilidad a procesos erosivos y baja capacidad de retención de bases en el suelo, generando un proceso de acidificación permanente causado la exposición del suelo a la acción de las precipitaciones y la generación de actividades agrícolas que utilizan fertilizantes acidificantes (Mora *et al.*, 1999).

Los suelos donde se desarrolla el ecosistema de ñadis tienen un carácter hidromórfico diferente. Se encuentran clasificados como clase de uso de suelos III y VIII de acuerdo al sistema de clasificación de usos de los suelos utilizado en Chile, que se caracterizan por un drenaje imperfecto de moderadamente malo a muy malo (ODEPA, 1968). En la zona templada esta área de suelos hidromórficos ocupa más de 400.000 hectáreas, distribuidas entre el paralelo 39° LS y 43° LS (Teuber, 1988). En dicha zona se

distinguen cinco series de suelo: Alerce, Frutillar, Huiño – Huiño, Ñadi Huiti y Pellines, todas con profundidad de suelos inferior a 150 cm y drenaje malo e imperfecto (IREN – CORFO, 1964).

Los suelos donde se desarrolla el bosque templado presentan un bajo aporte de nitrógeno por lo que la productividad depende del reciclaje y de la mineralización que genera la materia orgánica del suelo. Relacionado a lo anterior está la actividad biológica, que en estos suelos cambia según la densidad, latitud, altitud y condiciones de clima. Los estudios desarrollados por Rivas *et al.* (2007) indican que entre la depresión intermedia de la templada y la cordillera de Los Andes existe una marcada diferencia en las actividades biológicas de los suelos bajo bosque de *Nothofagus*, generada por la ubicación, dado que bajo condiciones rigurosas de clima de montaña, la actividad biótica disminuye y la velocidad de descomposición de la hojarasca se reduce ostensiblemente.

El aporte de nutrientes como nitrógeno y fósforo a los bosques templados lluviosos permite un incremento en el crecimiento y desarrollo de los árboles que se traduce en el incremento en la productividad total de este ecosistema (Godoy *et al.*, 2005; Ritter *et al.*, 2005). Como se sabe, el nitrógeno se encuentra en la materia orgánica del suelo y también puede ser incorporado a través de la fijación biológica del atmosférico. Para utilizar nitrógeno y otros nutrientes, las plantas pertenecientes al bosque templado han desarrollado mecanismos de re translocación y mantenimientos de hojas longevas, que les permiten lograr un crecimiento adecuado y generar una biomasa importante (Pérez *et al.*, 2003). Este es un aspecto fundamental en la economía de nutrientes que, sin embargo, generan hojarasca con baja concentración de nitrógeno con alta relación carbono: nitrógeno, lo cual hace disminuir las tasa de descomposición y mineralización de la materia orgánica (Rivas *et al.*, 2007). Además del nitrógeno, en los suelos derivados de cenizas volcánicas Andisoles y Ultisoles, donde crece el bosque templado, el fósforo constituye una de los principales limitantes para el desarrollo de las plantas (Redel *et al.*, 2007). El fósforo se encuentra, principalmente, en forma orgánica (Borie & Rubio, 2003), con un nivel bajo de la fracción mineral ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), que es una de las formas de fósforo que puede ser asimilado por los microorganismos, hongos y plantas (Rao *et al.*, 2003; Críquet *et al.*, 2004).

Es evidente que en el bosque templado, al igual que en todos los bosques del mundo, la producción primaria depende del reciclaje de nutrientes, tasas de descomposición y mineralización de la materia orgánica, todos factores regulados por las condiciones climáticas y capacidad del suelo de liberar nutrientes. En este ámbito, los microorganismos del suelo juegan un papel fundamental en el proceso de reciclaje y ciclos biogeoquímicos (Valenzuela *et al.*, 2001; Satti *et al.*, 2003; Rivas *et al.*, 2007). Sin embargo, cada bosque tiene una dinámica propia que está regulada por factores micro

climáticos, tales como la humedad y temperatura de suelos que influyen en forma directa en la dinámica de la materia orgánica (Críquet *et al.*, 2004).

### **1.4.3.- Clima de la zona templada de Chile**

En general, la zona templada de Chile se caracteriza por presentar una temperatura promedio anual inferior a 12°C, precipitación superior a 1.200 mm anuales y concentración de las precipitaciones en invierno. La estación seca y el periodo de déficit hídrico cambian según la latitud y altitud (Gastó, 1966).

Según la clasificación de Köppen, en Chile se distinguen dos variantes del clima templado: templado cálido con lluvias en invierno y templado lluvioso. El clima templado cálido con lluvias de invierno corresponde a la zona norte de la zona templada hasta el paralelo 42°20'. La temperatura media alcanza a 11°C y la homogeneidad del relieve produce valores reducidos en las amplitudes térmicas, así como similitud en las características térmicas generales de la región. La amplitud térmica anual es casi idéntica en Valdivia y Osorno (8.8°C y 8.7°C), a pesar que la distancia a la costa desde ambas localidades es muy diferente. También es similar la amplitud térmica diaria, siendo del orden de 11°C, en cambio en Puerto Montt sólo alcanza a 8,5°C, por cuanto sus temperaturas están moderadas por el seno de Reloncaví. Los numerosos lagos presentes en la región, ayudan a mantener la homogeneidad térmica y son fuentes de humedad, lo cual es otra característica de este clima. La humedad media es superior al 80% y no hay meses con humedad media inferior a 75%. (Gastó, 1966; Donoso, 1981; Gastó *et al.*, 1985).

Si bien las variaciones de relieve no son suficientes para producir variaciones significativas en la distribución de las temperaturas, sí generan diferencias en las precipitaciones, que además están influenciadas por la altura y latitud. En la costa de Valdivia la precipitación promedio anual es superior a 2.000 mm y en Osorno sólo 1.400 mm, reducción generada por efecto de la Cordillera de la Costa. Al sur, en Puerto Montt, la precipitación alcanza a 1.800 mm. Con la altitud, y adentrándose a la Cordillera de Los Andes, área de ubicación de grandes lagos, la precipitación aumenta alcanzando los 3.200 mm y registrando intensas nevazones en invierno. Las precipitaciones son producidas por frecuentes sistemas frontales que cruzan la zona, los que a su vez producen abundante nubosidad y pocos días despejados (Gastó, 1966; Donoso, 1981; Gastó *et al.*, 1985) (Figura 1.2).

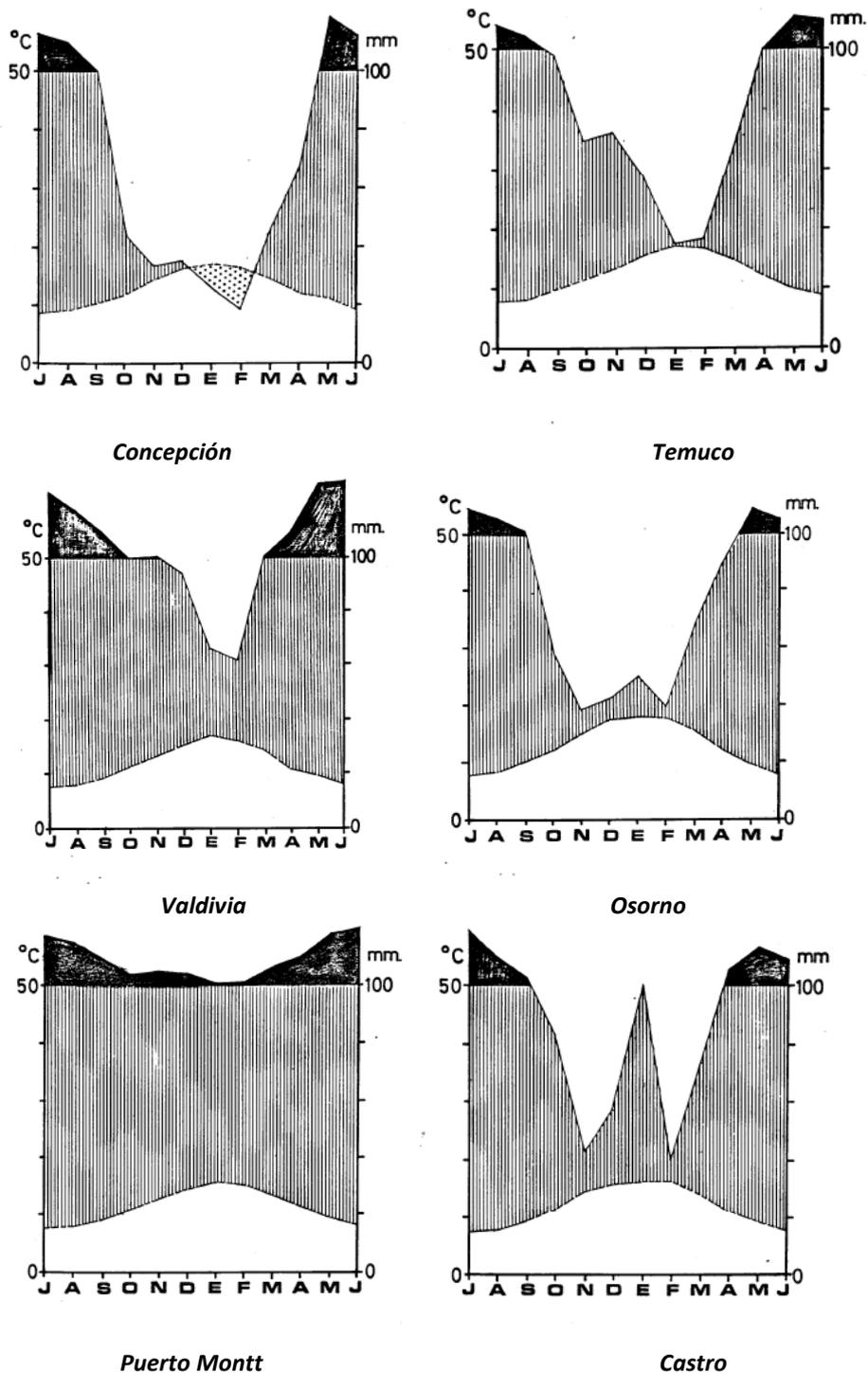


Figura 1.2. Diagramas ombrotérmicos de Gausson – Walter de diferentes localidades de la zona templada de Chile (Hajek & Di Castri, 1975).

El clima templado lluvioso se extiende desde el centro sur de la isla de Chiloé hasta el paralelo 45°. Por su cercanía a regiones polares, las temperaturas disminuyen y no alcanzan los 10° C como media anual. Estas varían de acuerdo a la exposición a los vientos predominantes, que en esta zona son del oeste. Las temperaturas son mayores en el sector oriental de la Isla de Chiloé que en la costa Pacífica, donde los vientos y las precipitaciones son significativamente más intensas y abundantes (Gastó, 1966; Di

Castri & Hayek 1976; Donoso, 1981; Gastó *et al.*, 1985). Las precipitaciones son intensas, pero lo que llueve en los cuatro meses más lluviosos sólo equivale al 50% del total anual. Además las precipitaciones disminuyen desde las zonas más expuestas al océano, como en el Golfo de Corcovado, hacia el interior, especialmente, en los valles interiores más protegidos. En la Isla de Chiloé, Ancud principal ciudad del archipiélago, posee una precipitación promedio anual de más de 2.300 mm, mientras que en Castro 68,9 kilómetros al sur de esta ciudad, la precipitación es menor a 1.900 mm. En Chiloé continental, específicamente en Chaitén las precipitaciones anuales superan los 3.000 mm (Di Castri & Hayek 1976; Gastó *et al.*, 1985).

#### **1.4.4.- Geomorfología y fisiografía**

La formación geomorfológica predominante en la zona templada posee un carácter de acumulación de sedimentos fluvio glaciovolcánicos constituidos por conos de gran envergadura y potencia que tiende a desaparecer como unidades orográficas en las cercanías de los ríos que cortan esta gran extensa área (Börgel, 1965). El carácter fuertemente morrénico del piedemonte cordillerano, así como las condiciones climáticas húmedas de esta zona, minimizan las formas de relieve a pequeños lomajes de gran curvatura externa, cuya periferia es sometido, por acción del agua, a una intensa erosión lineal por quebradas y arroyos (Gastó *et al.*, 1985).

La fisiografía de la zona templada se caracteriza por presentar una predominancia de lomajes suaves, combinado con áreas planas próximas a los ríos que cortan el paisaje morrénico. Estas dos situaciones fisiográficas se encuentran fragmentadas por una formación característica de la zona, que corresponde a los suelos ñadis. Poseen suelos hidromórficos, planos, con drenaje imperfecto, textura fina y origen volcánico. Su profundidad fluctúa entre 20 cm y 150 cm, cuyo límite inferior se encuentra interrumpido por una capa de "hardpan" de hierro y aluminio, que genera la separación entre las cenizas volcánicas y el sustrato glacial y fluvio - glacial subyacente (Díaz *et al.*, 1958). Cruzan toda el área central del bosque templado desde la región de La Araucanía (sector Pitrufoquén 39° LS) hasta la región de Los Lagos, isla grande de Chiloé (sector Quellón, 43° LS) (Teuber, 1988).

La alta variabilidad ecofisiográfica presente en la región está influenciada, principalmente, por las condiciones climáticas y topográficas y las variaciones latitudinal, altitudinal y longitudinal de las temperaturas y precipitaciones, factores que en conjunto afectan los patrones de distribución de la vegetación (Luebert & Plischoff, 2006). La altitud es un factor crítico en la composición boscosa que, junto con la humedad del suelo, integran las variables ambientales más importantes que explican la distribución de comunidades vegetales (Velásquez, 1994). En la Cordillera de Los Andes la vegetación boscosa se distribuye en una gradiente edafoclimáticas altitudinal,

regulada por las bajas temperaturas, precipitación y depósitos de cenizas recientes generadas por el volcanismo acentuado. Para la sobrevivencia de las especies vegetales, la biota posee estrategias específicas, bajo condiciones restrictivas de nutrientes, que le permiten la recuperación del tapiz vegetal (Lillo *et al.*, 2011).

La topografía donde se desarrolla este ecosistema de bosque templado está dominada por dos cordones montañosos: Cordillera de la Costa (entre 800 y 2.000 m de altitud) y Cordillera de los Andes (altitud máxima 3.000 m), donde las precipitaciones se verifican, principalmente, en las vertientes occidentales. Entre ambos macizos, se presenta un plano ondulado, fragmentado por ríos que desembocan en el Océano Pacífico, que da origen a diversos valles transversales, en los cuales se desarrolla la agricultura y ganadería. Es en esta sección geográfica, donde se reúnen los asentamientos humanos, cuyo principal origen fue la colonización ocurrida en el siglo XIX (Gastó *et al.*, 1985). Así el paisaje que se ha desarrollado en estas formaciones geomorfológicas, que dan origen a una fisiografía característica, es consecuencia de la intervención de hombre, a través de la tala del bosque y habilitación de terrenos para el desarrollo de agricultura y ganadería. Lo que quedó después de que el hombre actuara sobre la naturaleza (paisaje cultural), es lo que hoy la sociedad percibe y que se ubica entre las modificaciones más reciente de un bosque a nivel mundial (Vera, 2008).

#### **1.4.5.- Formaciones boscosas**

Los bosques que aquí se desarrollaron se encuentran dominados por variadas especies del género *Nothofagus* y por coníferas milenarias. Las principales formaciones boscosas que se ubican en la zona templada de Chile están marcadas por *Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst. (Roble), *Nothofagus alpina* (P. et E.) Oerst. (Raulí), *Nothofagus dombeyi* (Mirb.) Oerst. (Coigüe) y *Laureliopsis philippiana* (Looser) Schodde (Tepa) (Donoso, 1981; Donoso, 1998).

##### **1.4.5.1.- Principales especies botánicas implicadas**

A continuación se resumen algunas características básicas de estas especies.

###### **1.4.5.1.1.- *Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst. (Roble)**

Es la especie más común y abundante en gran parte de las zonas templadas de Chile. Debido a la calidad de su madera y a su rápido crecimiento es considerado como uno de los árboles forestales más importantes del país. Muchas áreas que fueron una vez bosques vírgenes dominados por *Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst., mantienen actualmente bosques de segundo crecimiento o renovales en las que, comúnmente, se mezcla con *Nothofagus alpina* (P. et E.) Oerst. (Donoso, 1979).

La distribución de *Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst., abarca ocho grados geográficos, desde el paralelo 33° LS hasta el paralelo 41° 30' LS, lo que significa una franja de 1.000 kilómetros de largo por 300 kilómetros de ancho. La distribución ecológica es muy variable, en la zona templada, *Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst. crece en la costa, llano central y en la cordillera de la costa y cordillera de Los Andes, sólo hasta una altitud de 500 metros. Las poblaciones de *Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst. en el llano central de la zona templada han sido muy alteradas y hoy representan sólo pequeños bosquetes o árboles viejos aislados dejados en los potreros y áreas de cultivo que caracterizan a estas regiones. En las áreas de cordillera *Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst., la disminución de población son el resultado de incendios y tala para producción de madera y leña, generando un paisaje representado por bosques de segundo crecimiento o renovales (Yudelevich *et al.*, 1967; Donoso, 1974; 1979; 1981).

La amplia distribución latitudinal de *Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst., unido a la influencia marítima y accidentada topografía de Chile, han determinado una considerable variación en las características de los hábitats de sus poblaciones. *Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst. se ubica en tres de las siete zonas geográficas de Chile definidas por Almeyda & Sáez (1958): Zona de Matorrales (33° a 35° LS), Zona de Parques (36° 30' a 38° 30' LS) y Zona de Bosques (38° 30' a 40° LS). Además, de acuerdo a la clasificación de suelos desarrollada por Roberts & Díaz (1960), *Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst., se ubica en cinco grandes grupos de suelos: Pardos no cálcicos, Transicionales de pardos no cálcicos, Lateríticos pardo-rojizos, Andisoles (Trumaos), y Pardos forestales.

Las poblaciones de *Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst. presentan una importante variabilidad fenotípica, producto de la amplia gama de climas y suelos donde se desarrolla esta especie en la zona templada de Chile. Según Donoso (1979), la heterogeneidad de los ambientes ha permitido el desarrollo de ecotipos y una mezcla de variación continua clinal (cambio gradual de rasgos fenotípicos de una misma especie por influjos y condiciones medioambientales) y discontinua de esta especie.

La mayoría de los sitios donde se desarrolla esta especie se encuentran intervenidos y fragmentados. La regeneración natural y la presencia de renovales, hace factible encontrar en la actualidad que *Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst., bajo condiciones de competencia intra e inter específica, se comporte como típica especie heliófila prefiriendo sitios expuestos, con alta luminosidad y evaporación, e incluso aceptando temperaturas nocturnas cercanas al punto de congelación (Weinberger *et al.*, 2001).

#### **1.4.5.1.2.- *Nothofagus alpina* (P. et E.) Oerst. (Raulí)**

Es una especie arbórea de alto interés forestal que se ubica en los bosques caducifolios subantárticos de Chile y Argentina (Rodríguez & Quezada 2003). Se desarrolla entre los 900 y 1.300 m.s.n.m., formando bosques puros con *Nothofagus dombeyi* (Mirb.) Oerst. (Coigüe) (Pollmann, 2003). Pollmann (2001), clasifica a la asociación fitosociológica de ambas especies como *Nothofagetum dombeyi-alpinae*, perteneciendo al tipo forestal *Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst. (Roble), *Nothofagus alpina* (P. et E.) Oerst. (Raulí), *Nothofagus dombeyi* (Mirb.) Oerst. (Coigüe).

En este tipo forestal definido por Pollmann (2001), *Nothofagus alpina* (P. et E.) Oerst., puede dominar ciertos espacios superando a *Nothofagus dombeyi* (Mirb.) Oerst., pero sólo en condiciones favorables, dado su menor resistencia al frío que otros congéneres (Weinberger & Ramírez, 2001). Su ubicación en la Cordilleras de la Costa y de Los Andes, se encuentra en forma discontinua e inserta en una matriz forestal dispersa. Los sitios de ubicación de esta especie se encuentran muy intervenidos y fragmentados. La velocidad de regeneración de las poblaciones de *Nothofagus alpina* (P. et E.) Oerst. está limitada por las condiciones de suelo, altitud y temperatura. Esta especie es capaz de crecer en condiciones de baja luminosidad relativa (< 27% de la luz a pleno sol), evaporación reducida y temperaturas ambientales (aire y suelo) moderadas, sin embargo, no soporta sitios con heladas durante el período de crecimiento vegetativo (Weinberger & Ramírez, 2001).

#### **1.4.5.1.3.- *Nothofagus dombeyi* (Mirb.) Oerst. (Coigüe)**

Especie de amplia distribución en el bosque templado es común encontrarla formando renovales puros (Donoso, 1981). En la cordillera de Los Andes se comporta como una especie invasora, en áreas de tala rasa, deslizamientos de tierra, taludes y escasa vegetación (Donoso *et al.*, 1999). Esta especie que es intolerante al sombreado (Donoso, 1981), se desarrolla con facilidad en lugares desprovistos de vegetación, donde la sucesión secundaria, habitualmente, es dominada por especies arbóreas: *Nothofagus dombeyi* (Mirb.) Oerst. y *Nothofagus alpina* (P. et E.) Oerst. (Veblen & Ashton 1978; Veblen, 1985).

El rápido crecimiento de esta especie y la ocupación que su follaje hace del espacio, permiten desarrollar bosques relativamente puros en lugares extremos de baja vegetación, inclusive aquellos generados por fenómenos naturales, como movimientos sísmicos (Barnes *et al.*, 1998). Entre los árboles nativos, es la especie que en su condición de renoval posee el mayor potencial de producción de madera pulpable, dado que los renovales de otras especies de *Nothofagus* presentan menores niveles de área basal por unidad de superficie, y por lo tanto un menor potencial de volumen neto a una determinada edad de cosecha. Es importante considerar que todos los árboles nativos de edad adulta presentan un bajo volumen neto y por lo tanto el costo

de explotación es mayor, además que la tala posee consideraciones ecológicas que hacen inconveniente su uso para estos efectos en forma exclusiva (Donoso *et al.*, 1999).

#### **1.4.5.1.4.- *Laureliopsis philippiana* (Looser) Schodde (Tepa)**

Esta especie crece sólo en Chile y escasamente en Argentina. En Chile se encuentra desde las provincias de Arauco y Bío-Bío (37° 30' LS) hasta el sur de Aysén (47° 30' LS) (Donoso, 2006). Se desarrolla favorablemente en suelos húmedos, profundos, ricos en nutrientes y de pH ácido (Donoso, 1983). Su reproducción por semillas generalmente es baja, ya que altos porcentajes de éstas son inviables (Elgado *et al.*, 2008).

En el bosque templado es considerada una importante especie por su nivel de endemismo y ubicuidad. Aun cuando su presencia se ubica preferentemente entre las provincias de Arauco y Puerto Aysén, también ha sido encontrada al norte de esta zona en la Cordillera de la costa de la Región del Maule (35°29' LS y 72°22' LO), como una unidad fragmentaria asociada a *Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst. y a *Nothofagus glauca* (Phil.) Krasser (Sepúlveda & Troncoso, 2004).

#### **1.4.5.2.- El bosque en suelos Ñadi**

Las más de 400.000 hectáreas la zona de ñadis que fragmentan el bosque templado presenta una vegetación que se encuentra dominada por dos estratos vegetaciones: bosque hidromófico y matorrales. Ambos estratos han sido fuertemente intervenidos con el objetivo de extracción de madera y leña y posterior cultivo para el desarrollo de agricultura y ganadería. Las principales especies componentes del estrato arbóreo son: *Eucryphia cordifolia* Cav (Ulmo), *Nothofagus dombeyi* (Mirb.) Oerst. (Coigüe), *Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst. (Roble), *Laurelia sepervirens* (R. et Pav.) Tul (Laurel), *Gevuina avellana* Mol (Avellano), *Drimys winteri* Forst (Canelo), *Fitzroya cupressoides* (Mol.) Johnst, *Embotrium coccineum* Forst (Notro), entre otros (Montaldo, 1966; Montaldo, 1999; Teuber, 1988).

En el estrato de matorral se encuentran: *Myrceugenia apiculata* (DC) Ndz (Arrayán), *Amomyrtus luma* (Moll) Legr. Et Kaus (Luma), *Aristotelia chilensis* (Moll) Stuntz (Maqui), *Tepualia stipularis* (Hook et Arn.) (Tepú), *Ribes magellanicum* Poir. (Zarzaparrilla), *Myrtus meli* L. (Meli), *Weinmannia trichosperma* Cav. (Tineo o Palo santo), *Chusquea uliginosa* L (Quila de ñadi), *Chusquea quila* (Mol.) (Quila común) y *Chusquea coleou* (Colihue) entre otros (Montaldo, 1966; Teuber, 1988; Montaldo, 1999).

En el ecosistema de ñadi, *Drimys winteri* Forst (Canelo), es una especie sobresaliente, no sólo por su importancia religiosa en las comunidades indígenas, sino porque constituye una especie que ha logrado sobrevivir, aun cuando es clasificada como de baja tolerancia a la sombra (Donoso, 1998; Figueroa & Lusk, 2001). Corresponde a una

especie secundaria, generada después de la intervención del hombre y los continuos incendios destinados a incrementar la superficie de cultivos y ganadería (Navarro *et al.*, 1999; Donoso, *et al.*, 2007). Su presencia pierde importancia en ecosistemas más intervenidos y con mejor drenaje, donde dominan otras especies de la familia *Myrtaceae*, más *Laureliopsis philippiana* (Looser) Schodde (tepa) de la familia *Monimiaceae* o *Eucryphia cordifolia* Cav. (Luma) de la familia *Eucryphiaceae* (Donoso *et al.*, 1985 Armesto & Figueroa, 1987; Aravena *et al.*, 2002).

En cuanto a la ubicuidad de las especies del bosque templado decir que dos de las especies de los principales tipos forestales de este tipo de formación boscosa: *Nothofagus dombeyi* (Mirb.) Oerst. (Coigüe), *Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst. (Roble), no sólo se encuentra en zonas de lomajes, planos con suelos profundos, sino que también en suelos hidromórficos, como es la formación de ñadi.

### **1.4.5.3.- Biodiversidad del bosque templado**

Como se dijo anteriormente, el bosque templado de Chile pertenece al selecto grupo de bosques con alta diversidad de especies siempre verdes que existen en el mundo. Concretamente, Norteamérica, en una extensa franja entre Alaska y Oregón, Nueva Zelanda, Tasmania, sur de Chile y Argentina, son los lugares donde es posible encontrar este tipo de bosques que, en general, se desarrollan en climas templados con precipitación superior a 1.400 milímetros por año (Armesto *et al.*, 1992). Se caracterizan por presentar formaciones de alta diversidad, que los cataloga como ecosistemas de alta importancia y preocupación a nivel mundial, hecho que ha conducido a personalidades científicas, especialmente, dedicados a la conservación de los recursos naturales, a ubicarlos en la categoría de *hotspot*, esto es áreas con alto endemismo pero con eminente riesgo de pérdida de especies (Myers *et al.*, 2000).

Los bosques templados de Sudamérica poseen alrededor de 340 especies distintas, lo que refleja el nivel de biodiversidad que este tiene, considerando tanto la alta proporción de grupos taxonómicos que son exclusivos de esta región como la amplia variedad de géneros que lo componen y que son genéticamente diferentes (Armesto *et al.*, 1992).

La protección de la biodiversidad de la flora y fauna del bosque templado se trata de asegurar en Chile a través del programa denominado Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado, creado y administrado por la Corporación Nacional Forestal, CONAF, dependiente del Ministerio de Agricultura del estado de Chile. Este programa cuenta en la actualidad con 100 unidades, distribuidas en 36 Parques Nacionales, 49 Reservas Nacionales y 15 Monumentos Naturales, que en total cubren el 20% del territorio nacional (14,5 millones de hectáreas) (<http://www.conaf.cl/parques/index.html>). Aun así, en el país existen centros de alta diversidad y endemismo de la flora del bosque que aún no se han integrado en este

sistema de protección, como es el área costera entre el paralelo 35 ° LS y 40 ° LS. Diversas organizaciones no gubernamentales han intentado influir en las políticas de conservación de los recursos naturales del país, con el objetivo de promover una mejor regulación de la creciente y constante sustitución del bosque nativo por plantaciones exóticas que han invadido la Cordillera de la Costa desde la región del Maule a La Araucanía, áreas en que el bosque alcanza su mayor diversidad y endemismo. (Armesto *et al.*, 1992).

#### **1.4.6.- Niveles de intervención del bosque original**

El bosque templado de Chile se encuentra en un proceso de permanente intervención generado por la expansión antrópica que corresponde a la colonización y apertura del bosque para generar agricultura. Este proceso invasivo del bosque prístino ha tenido como consecuencia grandes transformaciones en los sistemas económicos – productivos, medioambientales y sociales.

El escaso aprecio histórico por los bosques nativos y el uso indiscriminado del fuego para expandir las tierras agrícolas y ganaderas, tuvo como resultado una dramática fragmentación y reducción del bosque natural. El área de los bosques templados chilenos se redujo por el impacto humano durante los últimos siglos en una magnitud similar a la disminución experimentada en la última edad glacial. La intervención indígena sobre los bosques desde unos 10.000 años atrás hasta el siglo XVI estuvo acotada a sectores costeros, donde los principales usos fueron su utilización como combustible (recolección de ramas caídas), postes, flechas y construcción de botes (Armesto *et al.*, 1997).

Como se indicó anteriormente, con la llegada de los europeos al país, hace 450 años atrás, se inició un proceso de cambio en el uso del suelo, que se estima ha generado una reducción de un 44% del bosque natural, siendo el tipo forestal *Nothofagus* el más afectado, ya que sólo posee en pie el 30% de la vegetación original (Donoso, 1979; Redel 2007). Paralelo a la reducción del bosque se produjo un aumento de la superficie de praderas y pasturas que en dicho periodo alcanzó a más de cinco millones de hectáreas (Redel, 2007).

Aparentemente, gran parte del territorio al sur del paralelo 36° latitud sur, estuvo cubierto de bosques densos a la llegada de los conquistadores españoles, como coinciden en señalar la mayor parte de los cronistas. Hasta antes del siglo XVI, desde el paralelo 33° hasta 45° latitud sur, se reconocía a Chile como un paisaje boscoso. A partir del siglo XVI en adelante, la colonización española devastó el bosque, en una primera fase hasta el río Bío Bío, y luego hasta el río Toltén (paralelo 39° LS). Esta fase de la colonización llevó a una rápida destrucción de los bosques entre Maule y Concepción. En la segunda etapa de la colonización, realizada a partir de 1885 (fase republicana), dominó la colonización de otros países de europea, y que abarcó las

regiones de La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos, generó la más grande destrucción de los bosques del área de estudio (Armesto *et al.*, 1997).

Tras el fin de la guerra de Arauco, también conocida como pacificación de La Araucanía, la colonización alemana, fomentada por Vicente Pérez Rosales a fines del siglo XIX en la Región de Los Lagos, causó gran destrucción de los bosques por el uso indiscriminado del fuego. Los colonos alemanes quemaron extensas áreas boscosas de las Regiones de Los Ríos y Los Lagos. Contrataron indígenas para quemar grandes áreas y los incendios de bosques afectaron cientos de miles de hectáreas, incluyendo bosques de maderas valiosas como el alerce, del cual en este periodo se quemaron 27.000 hectáreas entre Puerto Varas y Puerto Montt (Elizalde, 1970).

La capacidad de resiliencia del bosque templado es subestimada con frecuencia. La tala del bosque templado, por su conformación heterogénea, deja en pie árboles maduros solitarios que continúan fructificando y que permiten la regeneración del bosque original. En la primera fase de recuperación del bosque original las etapas juveniles de los árboles son muy sensibles a cualquier alteración de su ambiente, por ello, en dicha etapa es necesario mantener el microambiente inalterado, tanto en el sotobosque como en el dosel superior (Lee, 1978; Rosenberg *et al.*, 1983; Weinberger & Ramírez, 2001) donde la estructura vertical juega un importante papel en la regeneración de poblaciones y comunidades dinámicas, como lo es el bosque templado (Hao *et al.*, 2007). Los árboles aislados presentan en la mayoría de las especies un bajo crecimiento en ausencia del efecto de protección lateral causada por bosques aledaños (Reyes *et al.*, 2007).

La intervención del bosque templado de Chile tiene un origen diverso. Tala con objetivos de extracción de madera y leña, incremento de la conectividad vial, desarrollo de asentamientos humanos, generación de agricultura y ganadería, construcción de embalse, ubicación de redes de transmisión eléctrica, plantación de árboles exóticos, entre otras. Todos estos procesos han conducido a la reducción de superficie antes mencionada, proceso irreversible, bajo los actuales requerimientos de la población humana. La sustentabilidad del nuevo paisaje cultural generado por el hombre, producto de esta intervención queda en duda, dado la alta fragilidad y baja diversidad que presentan los nuevos estados de cada ecosistema. La expansión de la frontera del hombre en los ecosistemas prístinos del bosque templado, con una visión economicista, sin valores conceptuales de la real necesidad de mantención de la diversidad, no se relaciona con la sostenibilidad del ecosistema (Sadanandan, 1999; Gastó *et al.*, 2002).

La fuerte intervención de los bosques templados y su transformación en áreas de pastizales o bosques exóticos sugiere aumentar la superficie de áreas protegidas y regular en forma eficiente las actuales zonas de exclusión humana y animal, con el objetivo de cumplir con el objetivo de mantención de la diversidad y preservación de

los procesos naturales de conservación, además de contribuir a la mantención de acuíferos (Altamirano *et al.*, 2010). A ello se le suma la reducción de la pérdida de suelos y generación de un paisaje armónico, que constituya una fuente de esperanza humana, más que de tristeza y soledad. Los ecosistemas intervenidos, presentan un aspecto sobrecogedor de desesperanza y pobreza, que muestran la miseria ecológica que provocan las intervenciones que no consideran normas sostenibles de uso.

La fragmentación del bosque templado, proceso que se define como la conversión de bosque original en parches pequeños y aislados, diferentes del original (Fahrig, 2003), aumenta la probabilidad de modificación, migración y extinción de las especies que conformaron el ecosistema original (Henríquez *et al.*, 2009), además de reducir las posibilidades de rescate si los parches son muy pequeños (Baguette & Schtickzelle, 2003). Es por esta razón que las zonas de protección que cada vez están más alejadas de las áreas de alto valor, deben ser controladas y evaluadas en forma permanente, con el objetivo de analizar los procesos biológicos que regulan la sucesión ecológica. Con estos antecedentes, es factible desarrollar políticas de uso racional del bosque templado, que no afecten la biodiversidad y no destruyan el paisaje que ellos proveen a la humanidad.

#### **1.4.7.- Regulación de uso del bosque**

El bosque templado es un ecosistema cuya población de árboles presenta una fragilidad permanente, por lo que pequeños cambios en la dinámica de regeneración y renovación pueden generar alteraciones irreversibles (Rodríguez *et al.*, 1983). La importancia del ecosistema de bosque templado, al igual que todos los ecosistemas boscosos, radica en que son fuente de biodiversidad, aportadores de bienes y servicios aprovechables, entre los cuales se encuentra la conservación del agua, suelo, paisaje y patrimonio cultural. Además, permiten la regulación de ciclos y flujos naturales además de bienes y servicios tangibles e intangibles (Drake, 2004).

Los bosques naturales pueden perder productividad si no incorporan ciertos manejos controlados, cuya práctica permitan reducir la presencia de árboles muertos y madera en descomposición. La presencia de restos de madera gruesa corresponde a un importante componente estructural y funcional de los bosques templados antiguos. Estudios desarrollados en la precordillera andina de la Región de Los Ríos demostraron que los antiguos bosques de la zona presentan una reducción crónica del crecimiento y desarrollo. Esta disminución se atribuye a la caída de árboles, alteración que es considerada como una acción común dentro del bosque y que genera un mosaico de diferentes estructuras dentro de una masa forestal. Esta condición natural, afecta la cantidad y calidad de los restos de madera gruesa y las diferencias entre los sitios se pueden atribuir al tipo de bosque, la productividad del bosque y la fase de sucesión ecológica (Schlegel & Donoso, 2008).

Es indudable que una parte del bosque templado debe permanecer inalterada, como relicto de conservación, pero la mayor parte de la superficie, debe ser sometida a un proceso gradual de manejo sustentable, donde el renoval sea un producto que permita renovar el bosque antiguo de baja productividad y sea el elemento que permita generar elementos de calidad, rentabilidad, ecología y estética más favorables que las especies exóticas (Drake, 2004), que hoy invaden el ecosistema templado de Chile.

#### **1.4.8.- La expansión del bosque exótico**

El proceso de desertificación, fenómeno que tiene incorporado en su definición la erosión en un sentido amplio, más allá de los suelos, es causado por la actividad humana y en especial por la agricultura. En Chile este proceso ha tenido un efecto negativo en 47,3 millones de hectáreas, que equivale al 62,3% del territorio nacional (Corma, 2005).

La historia de la erosión en Chile se remonta al momento en que se inició la expansión del hombre con la consecuente caza de animales silvestre, tala de bosque y generación de agricultura. En el país desde el inicio de la República, las autoridades tomaron conciencia de los procesos de erosión y desertificación que se estaban generando, producto de la explotación irracional de sus recursos naturales. Los primeros testimonios históricos de la pérdida de suelo fértil en Chile se encuentran en el año 1833, en el artículo “Destrucción y Desaparición de los Bosques”, escrito por Claudio Gay, Botánico de origen francés que fue contratado en 1830 por el ministro del interior de Chile, Diego Portales, para que comenzara investigaciones científicas diversas sobre Chile. Por ellas, recibió la Legión de Honor por parte del gobierno francés, donde manifiesta su preocupación por la eliminación de los bosques con objeto de utilizar el suelo para la agricultura y obtención de leña (Albert, 1906; Bianchi, 1909).

Los testimonios de la época revelaban las causas de la desaparición de los bosques, como lo expresado por Vicente Pérez Rosales, en su libro “Recuerdos del Pasado”, donde señala que “cientos de miles de hectáreas forestales fueron quemadas por indios y colonos”. Por su parte, el historiador Benjamín Vicuña Mackenna, en 1855, escribe un artículo donde destaca “Todos los bosques chilenos son talados a ritmo febril”. Estos y muchos otros testimonios históricos dan cuenta de lo avanzado y grave que era ya, el proceso de la erosión en el Siglo XIX, como resultado de la deforestación ocurrida por siglos en el país (Bauer, 1905; Cariola & Snelk, 1991).

En 1889, Arturo Fortunato Alessandri Palma, que en ese entonces era diputado por Curicó del partido Liberal (Posteriormente fue Presidente de la República en dos periodos: 1920 – 1925 y 1932 -1938), encomendó a Federico Albert, quien había sido contratado por José Manuel Balmaceda como profesor del Instituto Pedagógico y preparador del Museo Nacional a trasladarse al sector templado del país para estudiar los efectos que la invasión de las arenas del mar producían en los campos de la ribera y

proponer un plan de plantaciones adecuadas para contenerlas y que, a la vez, proporcionaran madera, leña y forraje. Albert, en un corto tiempo concluyó que cada año se perdía una importante cantidad de hectáreas fértiles por el proceso de formación de dunas y que ésta sería la causa de la ruina de los agricultores y generó un proceso de reforestación con especies exóticas, donde la principal fue *Pinus spp.* El éxito de este Doctor en Ciencias Naturales y funcionario de la sección de ensayos Zoológicos y Botánicos del Ministerio de Industria del gobierno de Chile, fue la forestación de las dunas que hasta el día de hoy se pueden apreciar en la Reserva Nacional Federico Albert (Bauer, 1905; Cariola & Snekkel, 1991).

Para definir las especies más apropiadas para la reforestación de los lugares degradados de la región sur Albert (1906), desarrolló diversas evaluaciones y mediciones de crecimiento de distintas especies forestales, resultando el más oportuno *Pinus radiata* D. Don de alta agresividad, rusticidad y acelerado crecimiento. Desde esa fecha se inició en el país un proceso de incorporación de esta especie al proceso de reforestación de cuencas y dunas degradadas, proceso que tuvo su máximo incentivo cuando el estado a través de Decreto Ley 701 en el año 1974 decide subsidiar la reforestación con especies exóticas, principalmente, *Pinus radiata* D. Don, *Eucalyptus globulus* Labill y *Eucalyptus nitens* H. Deanes Maiden, subvención que se mantiene durante los últimos 38 años. Este proceso invasivo, produjo una transformación acelerada del ya intervenido paisaje templado, transformándolo en un paisaje de mayor fragmentación, donde los asentamientos humanos, áreas de cultivo, ganadería y bosques exóticos, dominan el ecosistema. Asociado a este cambio se encuentran cambios estructurales en las cuencas, donde la retención de agua y el transporte de sedimentos modifican los cursos de agua y ríos, además de generar bancos de sedimentos en las desembocaduras de los ríos (Albert, 1906; Bianchi, 1947; Huber & Trecaman, 2004; Huber *et al.*, 2010).

La desertificación generada en el país, por el crecimiento de la superficie agrícola y la falta de prácticas agronómicas sustentables, condujo a una desorientación generalizada en los procesos de reforestación. Un estímulo adicional para el proceso de reforestación, que incluso invadió sectores de bosque templado, fue el incremento de la demanda y del valor comercial de celulosa en el mundo, en los años que alcanzó valores superiores a US\$ 1.000 por tonelada. Con este escenario, el país se enfrentó a un proceso difícil de revertir, que es el incremento de la superficie forestal exótica y reducción de la superficie de bosque nativo, en especial el bosque templado (Redel, 2007, INFOR, 2010).

La expansión de las plantaciones forestales en el mundo ha generado un cambio en el paisaje, afectando negativamente al ambiente y a la sociedad. Según Mead (2013), en el mundo existen más de cuatro millones de hectáreas de *Pinus radiata* D. Don, donde la mayor superficie se concentra en Chile y Nueva Zelanda con aproximadamente 1,5

millones de hectáreas cada uno que representa el 71% de la superficie mundial. En la década del 70, en Chile los terrenos ocupados para forestación y reforestación se ubicaban en suelos de aptitud forestal con pendientes pronunciadas y erosionadas producto de la agricultura realizada durante el último siglo. La mayor forestación se realizó en dicho periodo entre las regiones de Valparaíso y La Araucanía. Las plantaciones de *Pinus radiata* D. Don., aumentaron de 29.213 hectáreas en el año 1975 a 224.716 hectáreas en el año 2007, incremento que estuvo asociado con el cambio en la aptitud de suelo utilizada. Desde el año 1990 al 2007, las plantaciones se expandieron en todas las direcciones, ubicándose, además de en los considerados anteriormente, en terrenos planos de aptitud agrícola e incluso de riego. El 22,8% de las plantaciones forestales de este último periodo de expansión se realizó en conversión de bosques nativos secundarios, situación que corrobora que las plantaciones de árboles exóticos para producción de madera y pulpa, ha sido una causa directa de la deforestación y pérdida de diversidad del bosque templado, además de la reducción de la disponibilidad de agua de las cuencas intervenidas y de todos los servicios que proporcionan los ecosistemas templados a la sociedad, como son pesca, caza, entre otros (Little *et al.*, 2009; Lara *et al.*, 2009; Nahuelhual *et al.*, 2012). Cisternas *et al.* (2001) determinaron que en la cuenca de San Pedro (36,5° LS) ubicada en la Región de Bío Bío, la tasa de pérdida de superficie del bosque nativo fue a razón de 3,5% por año, generando una disminución de la cubierta forestal nativa desde un 70,1% en 1943 a sólo 12,6% en 1994. Echeverría *et al.* (2006), que estudiaron la zona del Río Maule, determinaron que de una cobertura de 21% de bosque nativo en el año 1975, se redujo a 7% en el año 2000. Todo esto consecuencia de la expansión de la agricultura, áreas urbana y sustitución del bosque nativo por el bosque exótico, principalmente, de *Pinus radiata* D. Don (Armesto *et al.*, 2010)

En la última década la expansión forestal se ha concentrado en la región de Los Ríos que posee el 10% de la superficie forestada de Chile (Mead, 2013). Esto es consecuencia no sólo de la aptitud de sus suelos y clima, sino también por el despeje de las grandes empresas forestales integradas verticalmente propietarias de la mayoría del patrimonio forestal exótico de Chile, al conflicto de tenencia de la tierra que afecta a las regiones del Bío Bío y La Araucanía. En 2009, el volumen total cosechado fue de 35 millones de m<sup>3</sup>, de los cuales 56 por ciento se utiliza como madera aserrada, 35 por ciento se utilizó para la pulpa y el 8 por ciento se utiliza para productos de paneles (INFOR, 2010). La sociedad en el mundo moderno cada día presenta un mayor interés por el desarrollo sostenible y por el mantenimiento de ecosistemas que permitan preservar y conservar la biodiversidad de los ecosistemas terrestres. En Chile al igual que muchos países del mundo, la expansión forestal en todas las direcciones de su extensa geografía, es un motivo de conflicto social y ambiental, dado el impacto que tiene este proceso sobre la sostenibilidad del medio ambiente (Geber, 2011). Esto se demuestra en el área templada de Chile, la población

rural supera el 46%, sin embargo, los niveles de migración corresponden a un 17% y la pobreza supera el 25% (INE, 2002).

La conversión de la tierra en plantaciones forestales, en especial de árboles exóticos, supone un costo ecológico y social elevado. La población ya no tiene acceso a trabajos permanentes y los servicios se centralizan en las grandes ciudades, quedando los pueblos abandonados y restringidos a consumos menores que no permiten la sustentabilidad de la población rural. El impacto de este cambio debe ser asumido por todos los actores que participan y se benefician del cambio: industria, medianas empresas, propietarios medianos y grandes de la tierra (Nahuelhual *et al.*, 2012), junto al estado que debe asumir su papel contralor y evaluador de todo proceso que signifique pérdidas de sustentabilidad de las diferentes regiones del país. Mayor responsabilidad le corresponde a las grandes empresas productoras de celulosa, propietarias de más de dos millones de hectáreas, de las cuales, una superficie importante corresponde a sustitución de bosque nativo por exóticos de *Pinus radiata* D.Don y *Eucalyptus spp.* (Taylor, 1998; Echeverría *et al.*, 2006).

Comprendiendo la comunidad científica y el estado la responsabilidad que le corresponde en esta acelerada transformación, es por lo que el gobierno de Chile el 30 de Julio de 2008 publicó en su diario oficial la Ley N° 20.283 Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal, instrumento jurídico que pretende regular la conservación y gestión sostenible del bosque nativo primer paso hacia el desarrollo de nuevas iniciativas de restauración forestal.

#### **1.4.9.- Transformación del bosque a pastura**

La transformación del bosque a pastura es un proceso que en la zona templada de Chile se intensificó hace menos de 200 años. Posterior a la colonización europea, que trajo la quema y tala del bosque, los campos se habilitaron para desarrollar agricultura y ganadería. Importantes extensiones de bosques agonizantes y esqueléticos, que con una baja capacidad de resiliencia, regeneración y recuperación, fueron dando origen a pastizales naturales y naturalizadas donde los colonos iniciaron procesos de generación de sistemas de producción de carne (bovina y ovina) y leche bovina. Este proceso que tuvo una rápida velocidad de cambio, generó que, ya a mediados del siglo pasado, representase menos de un tercio del área que ocupaba en la etapa previa a la colonización española. Alrededor de 1940, se estimaba que el bosque, incluyendo bosques intactos y semi- explotados cubrían una superficie cercana a los 15 millones de hectáreas, es decir, la mitad de su extensión original. Las cifras actuales indican que los bosques nativos se habrían reducido en un 50% en los últimos cincuenta años, es decir a una tasa promedio del 1% anual (Armesto *et al.*, 1992).

A diferencia de la zona de la zona mediterránea árida y semiárida de Chile, donde los pastizales dominaban los ecosistemas (Cosío & Demanet, 1984; Demanet *et al.*, 1985),

en la zona templada el bosque era la unidad de vegetación dominante y los pastizales se originaron a partir de la tala de sus árboles y posterior cultivo (Demagnet & Romero, 1988; Demagnet *et al.*, 1992). La expansión de los asentamientos humanos, con la colonización europea, aceleraron este proceso, que condujo a la región a ser un polo de producción de cereales, carne y leche.

El proceso de cambio de pastizales naturales o naturalizados a la siembra de pasturas con especies forrajeras exóticas, introducidas de Europa y Nueva Zelanda, tuvo un impulso mayor en la década de los años 60 en el siglo pasado. El estado a través de la Corporación de Fomento de la Producción, organismo encargado de fomentar sistemas productivos en todas las áreas de la economía, desarrolló programas de fomento de sistemas ganaderos de carne, leche y lana, donde el objetivo fue identificar a la zona sur, en especial, el área templada y austral, como un centro de producción animal, reconociendo el origen de los colonizadores y la forma de vida que ellos habían desarrollado desde su llegada al país. Científicos, técnicos y extensionistas fueron capacitados en el extranjero, quienes al regresar al país, rápidamente iniciaron el proceso de fomento del establecimiento de pasturas de alta producción, al igual que las existentes en Nueva Zelanda y Australia, todo lo cual fue asociado a una contribución estatal de capacitación y créditos blandos de largo plazo. Todo este gran cambio fue promovido y auspiciado por el estado que creó diversos programas, como fueron el plan Chillán, Plan ganadero Sur, Programa pasto-leche, entre otros (Almonacid, 2009).

Junto al impacto social y económico, la zona templada y los ecosistemas de bosque templados, ya desmembrados, sufren nuevamente un fuerte impacto ecológico, que se traduce en una nueva expansión y transformación del ecosistema, ahora de renovales, a pasturas. Diversos investigadores han sugerido que las pérdidas biológicas derivadas de la acelerada destrucción de los ecosistemas naturales sólo pueden ser disminuidas y reguladas con políticas de desarrollo que consideren una base ecológica y así detener e incluso revertir la creciente degradación de los recursos naturales (Montaldo, 1982; Gastó *et al.*, 1985; Armesto *et al.*, 1994; Montaldo 1999; Gastó *et al.*, 2002).

No sólo la transformación del bosque a pastura constituye una amenaza para la reducción del bosque nativo. La presencia de animales, en especial los de pequeños propietarios, en los bosques protegidos del área templada es una amenaza constante para la regeneración y el mantenimiento del bosque templado lluvioso. Los animales no sólo consumen pastizales y arbustos ubicados en el sotobosque, sino que también son ávidos de desarrollar ramoneo y consumo total del renoval (Zamorano-Elgueta *et al.*, 2012), donde además, en muchos casos, consumen la corteza de los árboles adultos generando un anillado que impide el transporte de nutrientes a través del xilema y floema, causando la muerte de árboles de larga data.

## **1.5.- Un modelo de zona de transformación del bosque a pradera (objeto de estudio en el Capítulo III)**

### **1.5.1.- Ubicación**

La investigación de campo, principal objeto de estudio experimental de este trabajo de Tesis Doctoral, se realizó en el predio Cerro Azul, ubicado en la cuenca del Lago Ranco, Región de Los Ríos, provincia del Ranco, entre los paralelos 39°58' y 40°36'LS y meridianos 72°39' y 71°42'LO. En la cuenca se distinguen dos climas, el clima templado lluvioso con influencia mediterránea (Cfsb, según la clasificación de Köppen) y el clima de montaña. Morfológicamente, los lagos Maihue, Puyehue y Rupanco, cercanos al lago Ranco, denotan un antecedente glacial que ha sido preservado por morrenas glaciales. Desde la morrena caen hacia la Depresión Intermedia planos inclinados fuertemente sometidos a la acción erosiva de las aguas de esteros y arroyos (Torres & Peña, 2011).

Desde el punto de vista productivo, en la cuenca del Ranco destacan cuatro actividades relevantes en la matriz económica-productiva, los cuales son: el sistema agropecuario, el turismo, el sistema forestal y el sistema hidrobiológico (pesca y acuicultura) (Torres & Peña, 2011).

El uso de suelo en la cuenca se caracteriza por una alta proporción de bosque nativo, el cual representa el 51% de su superficie. En esta categoría los tipos forestales *Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst. (Roble), *Nothofagus alpina* (P. et E.) Oerst. (Raulí), *Nothofagus dombeyi* (Mirb.) Oerst. (Coigüe), *Laureliopsis philippiana* (Looser) Schodde (Tepa) y siempreverde corresponden a los sistemas más representativos. Otras categorías de importancia son los cuerpos de agua con 13 % y praderas con 10 % de la superficie. Por su parte, la categoría menos representada son las plantaciones forestales con sólo el 0,6 % (Peña-Cortés *et al.*, 2009).

### **1.5.2.- Descripción del Predio donde se realizaron los estudios (que se tratan en el Capítulo III)**

El sitio de estudio fue un predio que corresponde a un campo o finca donde se desarrollan procesos silvo agro pastorales. La unidad de estudio fue el predio Cerro Azul de propiedad de la Sociedad Turística y Ganadera Cerro Azul Limitada, cuyo principal accionista es Harald Von Schenke. El predio ubicado en la precordillera de la región de Los Ríos, forma parte de una unidad productiva conformada por cuatro áreas bien definidas: San Huberto, Cerro Azul, Folilco y Collico. La superficie total de este predio es 5.252 hectáreas, donde el uso del suelo es preferentemente pasturas para el desarrollo de un sistema de producción bovina de carne (Tabla 1.1).

**Tabla 1.1. Superficie total del área de estudio (hectáreas)**

Predio	Totales	Praderas	% Praderas
San Huberto	2.100	125	5,95
Cerro Azul	1.563	625	39,99
Folilco	914	727	79,54
Collico	675	615	91,11
<b>Total</b>	<b>5.252</b>	<b>2.092</b>	<b>39,83</b>

**Cerro Azul**, corresponde a la unidad principal y donde se ubican las oficinas de administración y viviendas del propietario y administrador, además de la mayoría de los trabajadores permanentes del predio. En esta sección del predio existe una superficie total de 1.563 hectáreas, de las cuales 625 hectáreas son ocupadas por pasturas de diferente data de habilitación y siembra. El resto de la superficie corresponde a bosque templado, distribuidos heterogéneamente en quebradas y potreros de pastoreo y 50 hectáreas de caminos, viviendas, naves de engorda y almacenaje de insumos, además de áreas excluidas para crianza de corzos (*Capreolus capreolus*, Linnaeus). Esta sección presenta una topografía característica de la zona templada dominada por el lomaje suave y Andisoles profundos. Las pasturas son destinadas a la producción bovina de carne, donde las etapas de crianza y recría se realizan en pastoreo y la engorda en encierro bajo nave, donde la ración base de los animales es grano de cereales, ensilaje y heno de pastura, ensilaje de maíz, todos productos generados en el predio (Figura 1.3).



Figura 1.3. Pasturas polifítica sometidas a pastoreo intensivo. Predio Cerro Azul.

**San Huberto**, corresponde al sector de mayor altitud y pendientes abruptas. Las masa boscosas han sido protegidas por lo cual es posible encontrar *relictus* del bosque original de *Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst. (Roble), *Nothofagus alpina* (P. et E.) Oerst. (Raulí), *Nothofagus dombeyi* (Mirb.) Oerst. (Coigüe), *Laureliopsis philippiana*

(Looser) Schodde (Tepa) Figura 1.4). En esta sección del predio se desarrolla un sistema mixto de crianza de ciervos rojos (*Cervus elaphus* Linnaeus), cuyo objetivo es la caza deportiva, y crianza de ganado bovino de carne. La superficie de pasturas (125 hectáreas), se asocia al bosque templado, que se encuentra con un bajo grado de intervención (2.100 hectáreas).



Figura 1.4. Pastizales bajo nieve en el mes de Junio. Predio San Huberto.

**Folilco**, posee una superficie de 914 hectáreas, de las cuales 727 hectáreas constituyen el sector de pasturas y el resto corresponde a bosque templado con diferente grado de intervención, aguadas, caminos, casas de inquilinos, naves y corrales. La fisiografía dominante es el lomaje suave, cortado por quebradas que generan con pendientes abruptas que se suavizan en las proximidades de esteros y riachuelos que son los límites naturales de esta sección. En Folilco se desarrolla una ganadería bovina de carne intensiva, donde las etapas de crianza, recría y engorda se realizan bajo pastoreo (Figura 1.5)



Figura 1.5. Pasturas polifítica establecidas sobre habilitación de bosque degradado. Predio Folilco.



Figura 1.6. Cultivo de cereales y oleaginosas en Predio Collico.

**Collico**, es una sección de topografía plana, con Andisoles delgados que muestra un antiguo proceso de habilitación a partir de un bosque templado desarrollado en suelos hoy denominados Ñadis. Se utiliza para la producción de grano de cereales y oleaginosas. La superficie de esta sección es de 675 hectáreas, de las cuales 615, son destinada a cultivos y el resto corresponde a sectores repoblados con bosque templado muy degradado, pero que en la actualidad no se interviene. Además parte de esta superficie está ocupada por caminos, galpones y casas de inquilinos (Figura 1.6).

### 1.6.- Consideraciones generales

- ✓ La transformación del bosque templado lluvioso en pastizales de alta productividad fue consecuencia de un proceso histórico que involucró una sucesión de cambios que partieron con la colonización extranjera y que transformaron un sistema recolector donde la dinámica del ecosistema no se alteraba significativamente, a la artificialización máxima donde la canalización antrópica es la base de la transformación del ecosistema.

## 1.7.- Bibliografía

Aguayo, M., Pauchard, A., Azócar, G. & Parra, O., **2009**. Cambio del uso del suelo en el centro sur de Chile a fines del siglo XX. Entendiendo la dinámica espacial y temporal del paisaje. *Revista de Historia Natural*. 82: 361-374.

Albert, F., **1906**. La replantación de los cerros áridos del país. Imprenta Moderna, Santiago. Chile. 13p

Almeyda, E. & Sáez, F., **1958**. Recopilación de datos climáticos de Chile y mapas sinópticos respectivos. DTICA. Ministerio de Agricultura. Santiago. Chile.

Almonacid, Z.F., **2009**. La agricultura chilena discriminada (1910 -1960). Una Mirada a las políticas estatales y el desarrollo sectorial desde el sur. Consejo superior de investigaciones científicas. Ministerio de Ciencia e Innovación. CSIC. Sociedad Anónima de Fotocomposición. Madrid, España. 479 p.

Altamirano., Field, R., Cayuela L., Aplin P., Lara A. & Rey-Benayas J.M., **2010**. Woody species diversity in temperate Andean forests: The need for new conservation strategies. *Biological Conservation* 143: 2080–2091

Aravena, J.C., Carmona, M.R., Perez, C.A., Armesto, J.J., **2002**. Changes in tree species richness, stand structure and soil properties in a sucesional chronosequence of forest fragments in Northern Chiloe Island. *Rev. Chile. Hist. Nat.* 75: 339–360.

Armesto J., Villagrán C. & Donoso Z.C., **1997**. Desde la era glacial a la industrial: La historia del bosque templado chileno. *Revista Ambiente y Desarrollo*, 10: 67-72.

Armesto J.J., Smith-Ramírez C., León P. & Kalin A.M., **1992**. Biodiversidad y conservación del bosque templado en Chile. *Revista Ambiente y Desarrollo* Diciembre, Santiago, Chile pp: 19.24

Armesto, J.; Manuschevicha, D.; Mora, A.; Smith-Ramirez, C.; Rozzia, R.; Abarzúaa, A.M. & Marquet, P., **2010**. From the Holocene to the Anthropocene: A historical framework for land cover change in southwestern South America in the past 15,000 years. *Land Use Policy* 27: 148–160.

Armesto, J., Villagrán, C. & Donoso, C., **1994**. Desde la era glacial a la industrial: La historia del bosque templado chileno. *Ciencia y Ambiente (Chile)*: 66-72.

Armesto, J.J. & Figueroa, J., **1987**. Stand structure and dynamics in the temperate rain forests of Chiloe Archipelago, Chile. *J. Biogeogr.* 14, 367–376.

Armesto, J.J., Smith-Ramírez, C., León, P. & Arroyo, M.K., **1992**. Biodiversidad y conservación del bosque templado en Chile. *Áreas Silvestres Protegidas. Ambiente y Desarrollo*: 12 – 19.

Baguette, M. & Schtickzelle, N., **2003**. Local population dynamics are important to the conservation of metapopulations in highly fragmented landscapes. *Journal Applied Ecology*. 40: 404–412.

Barnes, B. V., Zak D. R., Denton Sh. R., Spurr H. S., **1998**. *Forest ecology*. 4th ed., Editorial John Wiley and Sons, New York, USA. 774 p.

Bauer, J.A., **1905**. Expansión económica en una sociedad tradicional: Chile central en el siglo XIX. Ediciones Historia. 235p

Besoain ME., **1985**. Los suelos. In Tosso T ed. *Suelos volcánicos de Chile*. Santiago, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Ministerio de Agricultura. Santiago. Chile. pp: 25-107.

Bianchi, G.V., **1909**. *La Erosión cáncer del suelo*. Imprenta Universitaria. Santiago, Chile. 22p

Bianchi, G.V., **1947**. *Erosión. Cáncer del suelo*. Imprenta Universitaria, Santiago, Chile. 22p.

Börgel, R., **1965**. *Mapa geomorfológico de Chile. Descripción geomorfológica del territorio*. Central de publicaciones de periodismo. Universidad de Chile.

Borie, F. & Rubio, R., **2003**. Total and organic phosphorus in Chilean volcanic soils. *Gayana Botánica* 60: 69-78.

Cariola, C. & Snkel, O., **1991**. *Un siglo de historia económica de Chile*. Editorial Universitaria, Santiago, Chile. 256p.

Cisternas, M. Araneda, A., Martínez, P. & Pérez, S., **2001**. Effects of historical land use on sediment yield from a lacustrinewatershed in Central Chile. *Earth Surf. Process. Landforms* 26: 63–76.

CONAF., **2011**. *Catastro de los recursos vegetacionales nativos de Chile. Monitoreo de cambios y actualizaciones. Período 1997 – 2011*. Corporación Nacional Forestal. Lom Ediciones Limitada. Junio, 2011. Santiago, Chile. 27 p.

CORMA, Corporación de La Madera., **2005**. *Contribución significativa a la sustentabilidad del proyecto forestal país para contrarrestar la peor calamidad ambiental de Chile, la erosión de suelo Región del Bío Bío Concepción*. 21p

Cosio, G.F. & Demanet, F.R., **1984**. Análisis de sistemas caprinos. *Ecosistemas pastorales de la zona mediterránea árida y semiárida de Chile* 1: 11-62.

Críquet, S., Ferre E., Farnet A. & Le Petit J., **2004**. Annual dynamics of phosphatase activities in an evergreen oak litter: influence of biotic and abiotic factors. *Soil Biology & Biochemistry* 36: 1111-1118.

Demagnet, F.R & Romero Y.O., **1988**. La pradera en la precordillera andina de la Región de la Araucanía (IX Región). En: Ruíz. N.I. (Ed.) *Praderas para Chile*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Ministerio de Agricultura, Santiago, Chile. pp: 539-550.

Demagnet, F.R., Cosio, G.F. & Gastó, C.J., **1985**. Opciones de desarrollo para predios caprinos. *Ecosistemas pastorales de la zona mediterránea árida y semiárida de Chile* 2: 11-68.

Demagnet, F.R., Contreras, R. E Hiriart, M., **1992**. Productividad de dos praderas naturalizadas en el secano de la IX Región. *Agricultura Técnica* 52: 48-53.

Di Castri F. & Hajeck., **1976**. *Bioclimatología de Chile*. Vicerrectoría Académica, Universidad Católica de Chile. Imprenta editorial de la Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile 163 p.

Díaz, C., Alcayaga, S., Avilés, C. Aranda, G., Ascui, P., Besoain, E., Funes, M., Narbona, M, Pesce, D. & Mella, A., **1958**. Estudio sobre habilitación de los Ñadis o suelos húmedos del Departamento de Puerto Varas (1954). *Agricultura Técnica (Chile)*. 18: 412-486.

Donoso P., Cabezas C., Lavanderos A., Donoso C., **1999**. Desarrollo de renovales de coihue común (*Nothofagus dombeyi* (Mirb.) Oerst.), en la Cordillera de la Costa y de los Andes de la provincia de Valdivia en sus primeros 25 años. *Revista Bosque* 20: 9-23.

Donoso P., Donoso Z.C. & Sandoval V., **1993**. Proposición de zonas de crecimiento de renovales de roble (*Nothofagus obliqua*) y raulí (*Nothofagus alpina*) en su rango de distribución natural. *Revista Bosque* 14: 37-55.

Donoso Z.C., **1983**. *Árboles nativos de Chile. Guía de reconocimiento*. Valdivia, Chile. Alborada. 116 p.

Donoso Z.C., **2006**. *Las especies arbóreas de los bosques templados de Chile y Argentina. Autoecología*. Valdivia, Chile. Marisa Cuneo Ediciones. 678 p

Donoso, P.J., Soto, D.P. & Bertín, R.P., **2007**. Size–density relationships in *Drimys winteri* secondary forests of the Chiloe Island, Chile: Effects of physiography and species composition. *Forest Ecology and Management* 239: 120–127.

Donoso, Z.C. & Lara A., **1995**. Utilización de los bosques nativos de Chile: pasado, presente y futuro. En: capítulo 19 de *Ecología de los bosques nativos de Chile*. pp: 363-

385. Editores: Armesto, J., C. Villagrán & M. Arroyo. Editorial Universitaria. Segunda edición. Santiago, Chile.

Donoso, Z.C., **1974**. Dendrología. Árboles y arbustos chilenos. Manual N° 2. Facultad de Ciencias Forestales Universidad de Chile. Santiago, Chile.

Donoso, Z.C., **1979**. Variación y tipos de diferenciación en poblaciones de roble *Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst. Revista Bosque 3: 1-14.

Donoso, Z.C., **1981**. Tipos forestales de los bosques nativos de Chile. Documento de Trabajo N° 38. Investigación y Desarrollo Forestal FAO/DP/CHI/76/003.

Donoso, Z.C., **1998**. Bosques templados de Chile y Argentina. Variación, Estructura y Dinámica. Ecología Forestal. Editorial Universitaria. Cuarta Edición. Santiago, Chile. 484 p.

Donoso, Z.C., Escobar, B., Urrutia, J., **1985**. Estructura y estrategias regenerativas de un bosque virgen de Ulmo (*Eucryphia cordifolia* Cav.)- Tepa (*Laurelia philippiana* Phil.) Looser en Chiloe, Chile. Rev. Chile. Historia Natural. 58: 171–186.

Drake A.F., **2004**. Uso sostenible en bosques de *Araucaria araucana* (Mol.) K. Koch., aplicación de modelos de gestión. Tesis Doctoral presentada para optar al grado de Doctor por la Universidad de Córdoba. Universidad de Córdoba, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y de Montes. Córdoba, España. 316 p.

Echeverría, C., Coomes, D., Salas, J., Rey Benayas, J.M., Lara, A., Newton, A., **2006**. Rapid deforestation and fragmentation of Chilean temperate forests. Biol. Conserv. 130, 481–494.

Elgado, Mabel F, Cuba, Marely, Hechenleitner, P., **2008**. Propagación vegetativa de Taique (*Desfontainia spinosa*) y Tepa (*Laureliopsis philippiana*) con fines ornamentales. Revista Bosque 29: 120-126.

Elizalde, R., **1970**. La sobrevivencia de Chile. Segunda Edición. Ministerio de Agricultura, Santiago. Chile.

Fahrig, L., **2003**. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. Annual. Rev. Ecol. Syst. 34: 487–515.

Figueroa, J. & Lusk, C.H., **2001**. Germination requirements and seedling shade tolerance are not correlated in a Chilean temperate forest. New Phytol. 152: 483–489.

Gastó, C. J., **1966**. Variaciones de las precipitaciones anuales de Chile. Estación Experimental Agronómica, Facultad de Agronomía, Universidad de Chile. Maipú, Chile. Boletín Técnico N° 24 pp: 4-20.

Gastó, C., Gallardo, S. & Contreras, D., **1985**. Caracterización de los pastizales de Chile. Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile. 292 p.

Gastó, J., Rodrigo, P., Aránguiz, I., Urrutia, C., **2002**. Ordenación Territorial Rural en Escala Comunal. Bases Conceptuales y Metodología. En: Gastó, J., Rodrigo, P., Aránguiz, I.(eds.) Ordenación Territorial, Desarrollo de Predios y Comunas Rurales. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Pontificia Universidad Católica de Chile. LOM Ediciones. Santiago, Chile. 79 p.

Gerber, J. F., **2011**. Conflicts over industrial tree plantations in the South: Who, how and why? *Global Environmental Change*, 21: 165–176.

Godoy, R., Hanecke J., Staelens J., Oyarzún C., Paulino L. & Barrientos M., **2005**. Dry deposition of nitrogen to passive samplers in grassland and forest canopies in the central depression of southern Chile. *Gayana Botánica (Chile)* 62: 110-119.

Hajek, E.R. & Di Castri, F.D., **1975**. Bioclimatografía de Chile. Manual de consulta. Dirección de Investigación. Vice Rectoría Académica. Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 107p.

Hao Zhanqing, Zhang Jian, Song Bo, Yea Ji & Li Buhang, **2007**. Vertical structure and spatial associations of dominant tree species in an old-growth temperate forest. *Forest Ecology and Management* 252: 1–11.

Henríquez, P., Donoso, D. & Grez A., **2009**. Population density, sex ratio, body size and fluctuating asymmetry of *Ceroglossus chilensis* (Carabidae) in the fragmented Maulino forest and surrounding pine plantations. *Acta Oecologica* 35: 811–818.

Huber, J.A. & Trecaman, V.R., **2004**. Eficiencia del uso del agua en plantaciones de *Pinus radiata* en Chile. *Revista Bosque* 25: 33-43.

Huber, J.A., Iroumé, A., Mohr Ch. & Frénea, C., **2010**. Efecto de plantaciones de *Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus* sobre el recurso agua en la Cordillera de la Costa de la región del Biobío, Chile. *Bosque (Valdivia)* 31: .219-230.

INE, Instituto Nacional de Estadísticas, **2002**. XVII Censo Nacional de Población y VI Censo de Viviendas. Santiago, Chile.

INFOR, Instituto Forestal, **2010**. Anuario Forestal 2010 Boletín Estadístico N° 128.: Instituto Forestal, Ministerio de Agricultura. Santiago, Chile.

IREN – CORFO, Instituto de Recursos Naturales – Corporación de Fomento, **1964**. Suelos, descripciones. Proyecto Aerofotogramétrico, Chile/OEA/BID. Publicación N° 2. 391p.

Lara, A., Little, C., Urrutia, R., McPhee, J., Ivarez-Garreton, A., Oyarzun, C, Soto, D., Donoso, P., Nahuelhual, L., Pino M. & Arismendi, I., **2009**. Assessment of ecosystem services as an opportunity for the conservation and management of native forests in Chile. *Forest Ecology and Management* 258: 415–424

Lee, R., **1978**. *Forest Microclimatology*. Columbia University Press, New York, 276 p.

Lillo, A., Ramírez, H., Reyes, F., Ojeda, N., & Alvear, M., **2011**. Actividad biológica del suelo de bosque templado en un transecto altitudinal, Parque Nacional Conguillío (38° S), Chile. *Revista Bosque* 32: 46-56, 2011.

Little, C., A. Lara, L., McPhee, J. & Urrutia, R., **2009**. Revealing the impact of forest exotic plantations on water yield in large scale watersheds in South-Central Chile. *Journal of Hydrology* 374: 162–170

Luebert F. & P Plissock., **2006**. *Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile*. Santiago, Chile. Universitaria. p 316.

Mead, D. J., **2013**. Sustainable management of *Pinus radiata* plantations. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Forestry Paper No. 170. FAO. Rome, Italy. 246 p.

Meyer, W., **1982**. *Diccionario geográfico – etnológico indígena de las provincias de Valdivia, Osorno y Llanquihue*. Editorial Universitaria. Santiago, Chile. 306 p.

Montaldo B.P., **1982**. Un decenio de observaciones climáticas para Valdivia (1907 - 1916) y su proyección ecológica. *Revista Bosque* 4: 65-72.

Montaldo B.P., **1999**. Treinta y cuatro años de una sucesión secundaria en pradera de Ñadi en la provincia de Valdivia, Chile. *Agro Sur*. 27: 82-89.

Montaldo, B.P., **1966**. Estudios ecológicos básicos en la provincia de Valdivia, Chile. I Las Formaciones vegetales. *Boletín 2 Instituto Producción Vegetal, Universidad Austral de Chile*. Valdivia, Chile 19 p.

Mora, M.L., Baeza, G., Pizarro, C. & Demanet, R., **1999**. Effect of calcitic and dolomitic lime on physicochemical properties of a Chilean Andisol. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 30: 427–439.

Myers N., Mittermeier R.A., Mittermeier C.G., Da Fonseca G.A.B. & Kent J., **2000**. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853-858.

Nahuelhuala, L., Alejandra Carmona, A., Lara, A., Echeverría C. & González M.E., **2012**. Land-cover change to forest plantations: Proximate causes and implications for the landscape in south-central Chile. *Landscape and Urban Planning* 107: 12– 20.

Navarro, C., Donoso, C., Sandoval, V., **1999**. Los renovales de canelo. En: Donoso, C., Lara, A. (Eds.), *Silvicultura de los Bosques Nativos de Chile*. Editorial Universitaria, Santiago, Chile, pp. 341–377.

ODEPA, oficina de Planificación Agrícola, **1968**. Plan de Desarrollo Agropecuario 1965 – 1980. Uso potencial de los suelos de Chile, Zona XII, provincias de Valdivia y Osorno. Ministerio de Agricultura, Chile.

Peña-Cortés F, M Escalona-Ulloa, G Rebolledo, P Gutiérrez, O Almendra & J Pincheira-Ulbrich, O Torres-Álvarez, E Fernández, **2009**. Contribución de las tecnologías geoespaciales en el ámbito nacional. In Mena-Frau C (ed.): *Tecnologías geoespaciales: Experiencias aplicadas al estudio y gestión del territorio*. Santiago, Chile. Editorial Servicio Aero fotogramétrico de la Fuerza Aérea de Chile (SAF-FACH). p. 25-36.

Pérez, C., Carmona M. & Armesto J., **2003**. Non-Symbiotic nitrogen fixation, net nitrogen mineralization and denitrification in evergreen forest of Chiloé island, Chile: A comparison with other temperate forest. *Gayana Botánica* 60: 25-33.

Pinto, R.J. & Ordenes, D.M., **2012**. Chile, una economía regional en el siglo XX. La Araucanía, 1900 – 1960. Ediciones Universidad de La Frontera, Temuco, Chile. 317 p.

Pollmann W., **2001**. Caracterización florísticas y posición sintaxonómica de los bosques caducifolios de *Nothofagus alpina* (Poepp. et Endl.) Oerst. en el centro-sur de Chile. *Phytocoenologia* 31: 353-400.

Pollmann W., **2003**. Stand structure and dendroecology of an old-growth *Nothofagus* forest in Conguillio National Park, south Chile. *Forest Ecology and Management* 176: 87-103

Rao, M., Sannino, F., Nocerino, G., Puglisi, E. & Gianfreda, L., **2003**. Effect of fair-drying treatment on enzymatic activities of soil affected by anthropogenic activities. *Biology & Fertility of Soils* 38: 327-332.

Redel H.Y., **2007**. Fraccionamiento de fósforo en suelos volcánicos provenientes de ecosistemas agrícolas y forestales del centro sur de Chile. Tesis para optar al grado académico de doctor en ciencias de recursos naturales. Doctorado en Ciencias de Recursos Naturales, Facultad de Ingeniería, Universidad de La Frontera. Temuco, Chile. 108 p.

Redel, Y. D., Rubio, R., Rouanet, J.L., Borie, F., **2007**. Phosphorus bioavailability affected by tillage and crop rotation on a Chilean volcanic derived Ultisol. *Geoderma* 139: 388–396.

Reyes G- R., Gerding, V. & Donoso, Z. C., **2007**. Crecimiento de una plantación de *Nothofagus nervosa* durante 20 años en Valdivia. *Revista Bosque* 28: 129-138.

- Ritter, E., Starr M. & Vesterdal L., **2005**. Losses of nitrate from gaps of different sizes in a managed beech (*Fagus sylvatica*) forest. *Canadian Journal of Forest Research* 35: 308-319.
- Rivas Y., Godoy R., Valenzuela E., Leiva J., Oyarzún C. & Alvear M., **2007**. Actividad biológica del suelo en dos bosques de *Nothofagus* del centro sur de Chile. *Gayana Botánica* 64: 81-92.
- Roberts, R. & Díaz, C., **1960**. Los grandes grupos de suelos de Chile. *Agricultura Técnica (Chile)* 2:7-36.
- Rodríguez, R. & M. Quezada, **2003**. Fagaceae. *Flora de Chile* 2: 64-76.
- Rodríguez, R., O. Matthei & M. Quezada. **1983**. *Flora Arbórea de Chile*. Editorial de la Universidad de Concepción, Concepción, Chile. 107
- Rosenberg, N. J., B. L. Blad & S. B. Verma, **1983**. *Microclimate. The biological environment*. John Wiley & Sons, New York, 495 p.
- Sadanandan Nambiar, E.K., **1999**. Productividad y sustentabilidad de las plantaciones forestales. *Bosque (Valdivia)* 20: 9-21.
- Sadzawka A. & Carrasco, R., **1985**. Química de los suelos volcánicos. En: Tosso, T.J. (ed.). *Suelos Volcánicos de Chile*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Ministerio de Agricultura, Santiago. pp: 337 – 434.
- Satti, P., Mazzarino M., Gobbi M., Funes F. & Roselli L., **2003**. Soil N dynamics in relation to leaf litter quality and soil fertility in north-western Patagonian forests. *Journal of Ecology* 91:173-181
- Schlegel, BC & Donoso, PJ., **2008**. Effects of forest type and stand structure on coarse woody debris in old-growth rainforests in the Valdivia Andes, south-central Chile. *Forest ecology and management*. 255: 1906-1914.
- Sepúlveda C. A. & Troncoso A.A., **2004**. Hallazgo de *Laureliopsis philippiana* (Looser) Schodde (Atherospermataceae) en el área costera de la región del Maule, Chile central. *Gayana Botánica* 61: 42-44.
- Staelens, J., Ameloot, N., Almonacid, L., Padilla, E., Boeckx, P., Huygens, D., Verheyen, K., Oyarzun, C. & Godoy, R., **2011**. Litterfall, litter decomposition and nitrogen mineralization in old-growth evergreen and secondary deciduous *Nothofagus* forests in south-central Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*. 84: 125-141.
- Taylor, M.E., **1998**. Economic development and the environment in Chile. *J. Environ. Dev.* 7, 422–436.

Teuber, K.N., **1988**. La pradera en los Suelos Ñadis de la X Región. En: Ruiz, N.I. (Ed.). Praderas para Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Ministerio de Agricultura, Santiago. pp: 545 - 553.

Torres - Alvarez, O. & Peña- Cortés, F., **2011**. Zonificación del potencial energético de la biomasa residual forestal en la cuenca del lago Ranco, Chile: Antecedentes para la planificación energética regional. Revista Bosque 32: 77-84.

Valenzuela, E., Leiva S. & Godoy. R., **2001**. Variación estacional y potencial enzimático de microhongos asociados con la descomposición de hojarasca de *Nothofagus pumilio*. Revista Chilena de Historia Natural 74: 737-749.

Veblen, T.T. & Ashton D., **1978**. Catastrophic influences on the vegetation of the Valdivian Andes", *Vegetatio* 36: 149-167.

Veblen, T.T., **1985**. Stand dynamics in Chilean *Nothofagus* forests. En: Pickett S.T.A. y White P.S. (eds.) *The ecology of natural disturbance and patch dynamics*, Academic Press Inc., New York, USA. pp: 35-51.

Velasquez A., **1994**. Multivariate analysis of the vegetation of the volcanoes Tláloc and Pelado, Mexico. *Journal of Vegetation Science* 5: 263-270.

Vera, B.L., **2008**. Expansión de la frontera homínida en el paisaje cultural de la cordillera de Los Andes de La Araucanía. Tesis para optar al grado académico de doctor en ciencias de recursos naturales. Instituto de Agroindustria, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales, Facultad de Ingeniería, Ciencias y Administración. Universidad de La Frontera. Temuco, Chile. 373 p.

Weinberger, P. & Ramírez, C., **2001**. Microclima y regeneración natural de Raulí, Roble y Coigüe (*Nothofagus alpina*, *N. obliqua* y *N. dombeyi*). *Revista Bosque* 22: 11-26.

Yudelevich, M., Brown, Ch.H., Elgueta, H. and Calderon, S., **1967**. Clasificación preliminar del bosque nativo de Chile. Instituto Forestal, Santiago, Chile, 16 p.

Zamorano-Elgueta C., Cayuela L., González-Espinosa M., Lara A., & Parra-Vázquez M., **2012**. Impacts of cattle on the South American temperate forests: Challenges for the conservation of the endangered monkey puzzle tree (*Araucaria araucana*) in Chile. *Biological Conservation* 152: 110–118.

## **Capítulo II**

### ***Pastizales de la Zona Templada de Chile***

## Capítulo II: Pastizales de la Zona Templada de Chile

### 2.1.- Introducción

Los pastizales son ecosistemas con predominio de especies y comunidades vegetales herbáceas destinadas al consumo animal. El pastizal involucra los ecosistemas de “praderas” y “pasturas”, terminología que corresponde a una clasificación destinada a distinguir en forma certera a los ecosistemas naturales y naturalizados de los intervenidos por el hombre con especies exóticas.

Las “praderas” son ecosistemas constituidos por especies naturales (nativas) y naturalizadas. Las especies endémicas o nativas, son aquellas que se encuentran dentro de su área de distribución natural u original (histórica o actual), acorde con su potencial de dispersión natural, sin la ayuda o intervención del ser humano y forman parte de las comunidades bióticas naturales del área. Las especies naturalizadas, a diferencia de las nativas, son exóticas introducidas en un área o lugar que por sus características (similitud ambiental al área de distribución original o condiciones adecuadas), permite el establecimiento de poblaciones autosuficientes en vida libre. Para que se verifique el proceso de naturalización de una especie, esta requiere superar barreras bióticas y abióticas para que la especie sobreviva y se reproduzca regularmente en el nuevo ambiente (Kareiva & Bertness, 1997; Richardson *et al.*, 2000).

Como se ha señalado las “pasturas”, están formadas por especies exóticas o también denominadas introducidas o no nativas. Las especies exóticas son aquellas que se encuentran fuera de su área de distribución original o nativa (histórica o actual), no acorde con su potencial de dispersión natural (Richardson *et al.*, 2000).

En la zona templada de Chile existe un predominio de praderas naturales y naturalizadas. Según los resultados del censo agropecuario realizado en el año 2007, la superficie de praderas naturales y naturalizadas de esta área es 1.711.833 hectáreas, que corresponde al 64,6% de la superficie de pastizales. A esta cifra hay que adicionar al menos un 50% de la superficie de praderas mejoradas, que de acuerdo al catastro nacional, se identifican como aquellas que reciben algún grado de modificación como es: fertilización, construcción de drenajes, incorporación de semillas a través de técnicas de regeneración y elaboración de cercos. Considerando lo anterior, la superficie de praderas naturales y naturalizadas del área templada de Chile es 2.090.672 hectáreas, esto es el 78,9% de la superficie de pastizales del área. Las pasturas ocupan una superficie de 557.824 hectáreas (21,06%) y es donde se concentran los sistemas intensivos de producción de leche y carne bovina (INE, 2008). Esta información se recoge y pormenoriza en la Tabla 2.1.

En los pastizales de la zona templada, según muestra la Tabla 2.2., se concentra el 30,4% de la masa bovina nacional (2.530.734 cabezas) y en ellos se produce el 82,9% de la leche bovina (1.572,4 millones de litros) y el 64,38% de carne bovina faenada en el país (166.259 toneladas) (INE, 2011).

**Tabla 2.1. Superficie total y regional de pastizales en Chile. Censo agropecuario año 2007.**

Región	Pasturas	Praderas Mejoradas	Praderas Naturales	Total	%
XV de Arica y Parinacota	1.559	5.306	158.894	165.759	1,4
I de Tarapacá	154	12	310.735	310.902	2,5
II de Antofagasta	1.095	265	364.244	365.604	3,0
III de Atacama	2.166	228	78.762	81.156	0,7
IV de Coquimbo	81.108	14.891	2.993.970	3.089.969	25,2
V de Valparaíso	10.613	30.173	282.185	322.971	2,6
Metropolitana de Santiago	16.678	16.246	142.223	175.147	1,4
BooVI de O'Higgins	11.653	13.241	354.989	379.884	3,1
VII del Maule	35.664	98.497	812.063	946.224	7,7
VIII del Bío-Bío	49.958	63.821	543.929	657.708	5,4
IX de La Araucanía	64.693	151.993	614.853	831.538	6,8
XIV de Los Ríos	46.549	169.602	165.229	381.381	3,1
X de Los Lagos	53.391	391.893	350.630	795.914	6,5
XI Aysén	14.352	44.190	581.122	639.664	5,2
XII de Magallanes y Antártica	5.997	54.997	3.041.337	3.102.331	25,3
<b>Total país</b>	<b>395.630</b>	<b>1.055.354</b>	<b>10.795.165</b>	<b>12.246.149</b>	<b>100</b>
<b>Zona Templada</b>	<b>178.985</b>	<b>757.678</b>	<b>1.711.833</b>	<b>2.648.496</b>	
<b>% Total país</b>	<b>1,5</b>	<b>6,2</b>	<b>14,0</b>	<b>21,6</b>	

Fuente: Adaptado de INE, 2008.

El origen de las praderas naturales y naturalizadas del área templada de Chile corresponden al pastizal generado por procesos de deforestación y posterior laboreo excesivo de la tierra, cuyo objetivo fue producir cereales y cultivos industriales destinados a la alimentación de la creciente población humana que colonizó el área de bosques prístinos milenarios.

La sobre explotación de la tierra y pérdida de productividad, junto con la degradación de la biocenosis tuvo como consecuencia natural el descanso y erosión de los suelos y la generación de pastizales de baja productividad sobre rastrojos de cultivos. En estos agro-sistemas, se desarrolló una ganadería incipiente que fue poblando el paisaje rural hasta alcanzar importancia con el desarrollo de la industria de la carne y de la leche.

En este escenario, el país y la región templada evolucionaron hacia una mayor intensificación de la producción agrícola y ganadera, periodo en que se incorporaron al sistema productivo de la zona templada las pasturas introducidas, monofíticas y polifíticas, que fueron establecidas en todas las áreas agroecológicas de la región, modificando el paisaje e introduciendo al ecosistema un nivel de fragilidad y baja resiliencia nunca antes registrada en el área.

**Tabla 2.2. Número total y regional de cabezas de ganado bovino, ovino y caprino en Chile. Censo agropecuario año 2007.**

Región	Bovinos	Ovinos	Caprinos	Total	%
XV de Arica y Parinacota	2.268	18.229	6.042	26.539	0,3
I de Tarapacá	123	10.044	2.287	12.454	0,1
II de Antofagasta	278	10.493	6.165	16.936	0,2
III de Atacama	7.148	5.229	39.187	51.564	0,6
IV de Coquimbo	41.276	84.215	404.562	530.053	6,4
V de Valparaíso	102.695	30.345	45.535	178.575	2,1
Metropolitana de Santiago	101.275	23.994	12.253	137.522	1,7
VI de O'Higgins	83.350	157.644	18.526	259.520	3,1
VII del Maule	258.228	155.129	40.120	453.477	5,5
VIII del Bío-Bío	449.398	173.726	47.308	670.432	8,1
IX de La Araucanía	668.140	277.884	50.810	996.834	12,0
XIV de Los Ríos	621.598	116.149	9.328	747.075	9,0
X de Los Lagos	1.047.194	315.198	11.134	1.373.526	16,5
XI Aysén	193.802	304.936	12.138	510.876	6,1
XII de Magallanes y Antártica	141.759	2.205.270	132	2.347.161	28,2
<b>Total país</b>	<b>3.718.532</b>	<b>3.888.485</b>	<b>705.527</b>	<b>8.312.544</b>	<b>100</b>
<b>Zona Templada</b>	<b>2.530.734</b>	<b>1.014.167</b>	<b>83.410</b>	<b>3.628.311</b>	
<b>% Total país</b>	<b>30,4</b>	<b>12,2</b>	<b>1,0</b>	<b>43,6</b>	

Fuente: Adaptado de INE, 2008.

La degradación de la biocenosis tuvo su punto máximo con la colonización humana de todos los sectores de la región, donde la explotación del bosque nativo, cultivo de cereales y consiguiente erosión, que generaron una modificación del paisaje, donde las pérdidas de fuentes naturales de agua y disminución consiguiente del nivel productivo, llevaron a ciertas zonas a ser consideradas *Agri deserti*.

Bajo esta estructura, las autoridades gubernamentales y científicas, desarrollaron un programa de recuperación, incentivando la reforestación de las áreas degradadas, con especies exóticas que disimularon el paisaje erosionado y fragmentado.

En sectores de mayor resiliencia se mantuvo el desarrollo de los cultivos de cereales, que en un sistema de descanso cada cuatro o cinco años, generaron los pastizales naturales cuya productividad dependía de las condiciones de clima, nivel de fertilidad e intervención antrópica, con la ganadería incipiente de la época.

El efecto visible de esta degradación fue el incremento de la pobreza del paisaje rural, donde las praderas presentaron una baja diversidad florística, dominada por especies introducidas de Europa y donde las especies naturales fueron desplazadas a sectores de *relictus*, donde el hombre y los animales no lograron intervenir.

Con el desarrollo de la revolución verde entre 1960 y 1990, se produjo un auge en la productividad agrícola en el mundo en general y en Chile en particular. En esos decenios el país organizó un sistema de incremento de la productividad por unidad de superficie, donde se utilizó la ciencia moderna para encontrar formas de producir más

alimentos. El desarrollo de nuevos cultivares de especies de cereales, avances en la producción de plaguicidas, incremento de la selección animal y mejora genética de las especies domésticas, incorporación de nuevas tecnologías de producción y sistemas de gestión agrícola, son acciones que permitieron dar respuesta a una necesidad creciente de alimentos en el mundo.

Este periodo, sorprendió a Chile en una etapa de grandes transformaciones sociales y políticas, con las que el desorden institucional transformó al paisaje rural, donde la capacidad productiva se redujo, de forma tal, que incluso transformó al país en una nación importadora de productos básicos de subsistencia de la población. Las buenas intenciones políticas de desarrollo de cooperativas de trabajo, asentamientos agrícolas y alimentación equitativa de la población, no se lograron materializar, producto de la fragilidad del sistema político.

Posteriores cambios políticos, que generaron el desarrollo de estrategias de libre mercado y mantención de la propiedad privada como eje básico del desarrollo de una sociedad libre y competitiva a nivel mundial, modificaron nuevamente el paisaje rural. De esta forma los actores tuvieron la oportunidad de participar en forma activa en los programas de transferencia tecnológica desarrollados por el estado y así se abrieron los campos y asentados al mundo de la investigación y de los avances tecnológicos desarrollados por el mundo en las décadas de avances de la revolución verde.

La zona templada del país, no ajena a este proceso, evolucionó hacia una ganadería intensiva, donde la incorporación de pasturas y el desarrollo de programas de nutrición vegetal y manejo de pastizales, permitió incrementar la productividad por unidad de superficie. Asociado a este proceso se produjo el incremento de sistemas de cría intensiva de ganado con una creciente *holsteinización* (incremento de uso de ganado *Holstein*), del ganado lechero y una transformación del ganado de doble propósito en animales especializados en producción de carne y leche.

Esta transformación generada por revolución verde tuvo un fuerte impacto en todos los sistemas productivos de la zona templada. En el momento histórico en que se produjo se consideró un éxito, dado que el crecimiento demográfico y la demanda de alimentos así lo requerían. Pero este aumento de productividad tuvo un alto precio, la pérdida de biodiversidad, reducción de uso de especies, variedades y ecotipos locales, que incluso llegaron a límites de la extinción. Además, la incorporación de plaguicidas causó un grave deterioro en el ambiente y salud humana. La presión por el uso del agua se incrementó y la brecha entre los agricultores con recursos y los pobres fue en aumento, generando procesos discriminatorios de difícil solución.

Este proceso obligó al estado a iniciar nuevos programas de subsidios, asignación de tierras y desarrollo de programas de asistencia en todas las áreas de desarrollo rural. Sin embargo, el proceso, que se mantiene en el tiempo, no consideró la ordenación

territorial y sólo tuvo por objetivo la solución mediática de los problemas políticos más que la solución permanente del desarrollo rural del área templada del país.

El desafío actual y futuro, no es sólo incrementar la productividad, el consumo, la explotación ilimitada de los recursos como único objetivo del desarrollo de la humanidad, sino que es necesario promover un desarrollo sostenible, esto es “asegurar las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para enfrentarse a sus propias necesidades”, según mencionó en 1987 la comisión mundial para el medio ambiente y el desarrollo de la ONU, encabezada por la doctora noruega Gro Harlem Brundtland. Esta comisión trabajó, analizando la situación del mundo en ese momento, demostró que el camino que la sociedad global había tomado estaba destruyendo el ambiente por un lado y dejando a cada vez más gente en la pobreza y la vulnerabilidad.

## **2.2.- Objetivo**

Describir en forma cuantitativa y cualitativa los pastizales de la zona templada de Chile y su relación con el cambio del paisaje cultural desde el bosque a la pastura permanente.

## **2.3.- Hipótesis**

Las pasturas permanentes generan una producción y calidad superior a los pastizales naturalizados y una distribución estacional más armónica con los sistemas de producción animal.

## **2.4.- Metodología**

En el presente capítulo se efectuó una revisión bibliográfica de los principales artículos científicos y divulgativos relacionados con el comportamiento productivo y manejo de los pastizales de la zona templada de Chile.

En asociación a los antecedentes bibliográficos, se incorporó la investigación desarrollada por el autor en el ámbito de la evaluación de pastizales naturalizados de la zona de transición de mediterránea a templada, en el periodo 1987 y 1992. Parte de esta información, nunca antes fue publicada, formó parte de la producción científica generada por el autor, en su paso como investigador del Instituto de Investigaciones Agropecuarias de Chile.

En pasturas, se incluyó la información científica generada por los convenios de investigación entre la Universidad de la Frontera y Empresas Privadas, no publicados. Esta información producida entre los años 1992 y 2012, fue obtenida en ensayos

realizados en las Estaciones Experimentales Maipo, Las Encinas y Maquehue, pertenecientes a la Universidad de La Frontera, ubicadas en la Región de La Araucanía.

Los trabajos de investigación se basaron en experimentos establecidos en diseño de bloques completos al azar, con tres repeticiones y tamaño de parcelas 12 m<sup>2</sup>, en las **que** se realizaron las siguientes evaluaciones durante cada año de medición:

**Rendimiento de materia seca por corte:** Para la medición de rendimiento, se consideró una superficie de cuatro metros por parcela. Las pasturas fueron cortadas con tijerones en la superficie interior de un cuadrante que se ubicó en el centro de la parcela. Se descartaron los extremos de cada parcela para evitar el efecto orilla. El volumen verde fue pesado en el campo en balanza de precisión 0,005g, de donde se extrajo una sub muestra para la evaluación del contenido de materia seca y proporción de especies. El momento de corte se definió de acuerdo al número de hojas, época del año y modelo de crecimiento de cada especie y tipo de pastura evaluada. Con tres y cuatro hojas se procedió a cortar la pastura, dejando un residuo de tres a cinco centímetros. Con la multiplicación de producción de materia verde por el contenido de materia seca dividido en 100, se logró el parámetro final, producción de materia seca por hectárea por corte.

**Rendimiento de materia seca anual:** La suma del rendimiento de los cortes realizados en el año, dieron origen al rendimiento anual, cuyo promedio proporcionó el rendimiento promedio de temporadas. En la totalidad de los experimentos el periodo de evaluación **fue al menos de** tres años, con un máximo de cinco.

**Contenido de materia seca:** Para determinar este parámetro las sub muestras de material verde fueron homogenizadas en el laboratorio y pesadas en balanza de precisión 0,005g. Las muestras fueron introducidas en bolsas de papel previo destare y sometidas a secado en horno de ventilación forzada a 65°C por un máximo de 48 horas, donde todas las muestras lograron peso constante. El contenido de materia seca se expresó en un valor porcentual.

**Análisis estadísticos:** Los resultados de las investigaciones fueron analizados según el diseño y la pertinencia de cada comparación de medias.

*Curvas de crecimiento:* Se utilizó un diseño de bloques al azar con tres repeticiones y tamaño de parcelas de 2 m x 6 m (12 m<sup>2</sup>). Los datos obtenidos fueron analizados estadísticamente, a través de un software estadístico JPM y los resultados que presentaron diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ), fueron analizados mediante la Prueba de Comparación Múltiple de Tukey, a un nivel de 5 %.

*Especies y cultivares:* Las mediciones se realizaron en parcelas de tamaño 2 m x 6 m (12 m<sup>2</sup>) y los datos de rendimiento fueron comparados estadísticamente, a través de un diseño de bloques divididos parcialmente balanceados (PBIB) con celdas vacías en las

subclases y los resultados que presentaron diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ) fueron analizados mediante la prueba de comparación múltiple de Tukey, a un nivel de 5 %. Las agrupaciones de años y cultivares por producción, se realizaron utilizando el BLUP (*Best Linear Unbiased Prediction*), que corresponde al mejor predictor lineal insesgado, metodología descrita por Littel *et al.* (2008).

La metodología de análisis estadístico utilizada en esta investigación permite predecir el ranking de las categorías de un factor que representa sub muestras aleatorias, como son los cultivares de cada especie y los años de medición, que forman parte de un análisis de varianza de un modelo estadístico que puede ser aleatorio o mixto. Por tanto los valores BLUP predichos corresponden al desvío que presenta cada sub muestra del promedio general de la variable dependiente analizada, esto es producción anual de materia seca por hectárea, pudiéndose estimar las significancias estadísticas de tales diferencias. Este método fue desarrollado por Henderson (1963) y sus propiedades estadísticas y matemáticas fueron formalizadas por Harville (1976).

## **2.5.- Estudio de los Pastizales en la Zona Templada de Chile**

### **2.5.1.- Conceptos generales**

Las praderas y pasturas de la zona templada de Chile han sido estudiadas desde comienzos del siglo pasado, considerando que son la opción más adecuada para la alimentación del ganado. Diversas instituciones e investigadores han trabajado en la búsqueda y descripción de los niveles productivos y en la cuantificación del comportamiento de estos ecosistemas, además de la introducción de nuevas especie y nuevas tecnologías de producción de forraje, cuyo principal objetivo fue superar la productividad y modificar la curva de crecimiento de los pastizales nativos y naturalizados.

El resultado de estos estudios e investigaciones pioneras han sido trasferidos al medio nacional e internacional a través de publicaciones científicas y divulgativas. En el país existen dos publicaciones clásicas que presentan dos enfoques distintos. La primera corresponde al libro "Pastos y Empastadas" del autor Hugo Águila Castro (1997), que en su particular estilo, relata su visión de las diferentes opciones de pasturas para el país, donde se incluye la zona templada. El segundo libro corresponde a las dos ediciones de "Praderas para Chile", del autor Ignacio Ruíz (1988 y 1996), que realizó una compilación de los principales resultados obtenidos en el área de la producción de praderas por el Instituto de Investigaciones Agropecuarias, entidad adscrita al Ministerio de Agricultura.

La información actual se encuentra dispersa y fragmentada en publicaciones científicas, divulgativas y convenios de investigación privados que han permanecido en

los centros científicos y tecnológicos. El desconocimiento generalizado de esta información ha generado un retraso importante en la transferencia de tecnología a los grupos productivos. Por otra parte, en los centros de investigación se han generado en muchos casos procesos repetitivos de investigación que no han permitido el avance de la investigación aplicada en las áreas donde hay demanda de mayor respuesta.

En ciencias básicas, la abundancia de publicaciones de alto nivel, ha permitido el desarrollo de esta área en forma correcta y acelerada, dado que los grupos de investigación del país se han transformado en núcleos de excelencia científica, en especial, aquellos relacionados con la relación suelo – planta - animal, que lidera la doctora María de la Luz Mora Gil, en el doctorado de Ciencias de Recursos Naturales, de la Universidad de La Frontera.

El divorcio que ha existido entre las ciencias básicas y aplicadas debe en el futuro ser superado con la incorporación al área aplicada de investigadores de alto nivel, con formación profesional holística e integrada en forma transversal con los grupos científicos de las ciencias básicas, que dan respuesta a los fenómenos que ocurren en forma cotidiana en los ecosistemas de pastizales. Sin esta integración, la solución de los problemas será enfrentada a través del tradicional sistema de ensayo y error, situación que ha demostrado no ser la adecuada.

### **2.5.2.- Zonas de Pastizales**

Chile tiene una superficie total de 2.006.626 km<sup>2</sup>, de los cuales 756.626 km<sup>2</sup> corresponden a Chile continental e islas oceánicas, y 1.250.000 km<sup>2</sup> a Chile Antártico. En esta extensa superficie, existe una amplia diversidad de climas y suelos (IGM, 2008).

Diversas son las clasificaciones que geógrafos, botánicos, ecólogos y planificadores territoriales dan al país en las que distinguen siete grandes bio-regiones: Desierto, Mediterránea, Húmeda-Templada, Andina, Patagónica, Insular y Antártica. La bio-región Húmeda-Templada, se caracteriza por presentar un clima marítimo de rango de temperaturas benignas y altas precipitaciones. En el sector norte el clima es de tendencia mediterránea con estaciones bien definidas y con precipitaciones que aumentan gradualmente de norte a sur, mientras que los periodos secos son de menor amplitud. La vegetación de bosque templado húmedo se observa fisiográficamente como un todo, especialmente, por árboles siempre verdes cuya presencia está relacionada con el tipo de suelo, latitud, drenaje y exposición (Hoffmann, 2005).

La amplia diversidad de climas y suelos existente en Chile generan ocho grandes zonas de pastizales: Desértica, Esteparia, Mediterránea, Transición, Templada húmeda, Templada húmeda fría, Austral y Verano cálido. Estas fueron definidas Gastó *et al.* (1987) y modificadas por Demanet & Neira (1996), con objetivos docentes (Figura 2.1).

### 2.5.3.- Área de Estudio

El presente Capítulo está acotado al estudio de los pastizales de la zona templada, donde se consideran tres grandes áreas: Zona de Transición de Mediterránea a Templada (37° 35' - 39° 27' LS.), Zona Templada Húmeda (39° 28' - 42° 26' LS.) y Zona Templada Húmeda Fría (42° 27' - 46° 49' LS.). De acuerdo a la clasificación de pastizales de Chile que realizaron Gastó *et al.* (1987), esta extensa área corresponde al Dominio Húmedo, donde se ubican los pastizales de clima templado húmedo con lluvia durante todo el año.

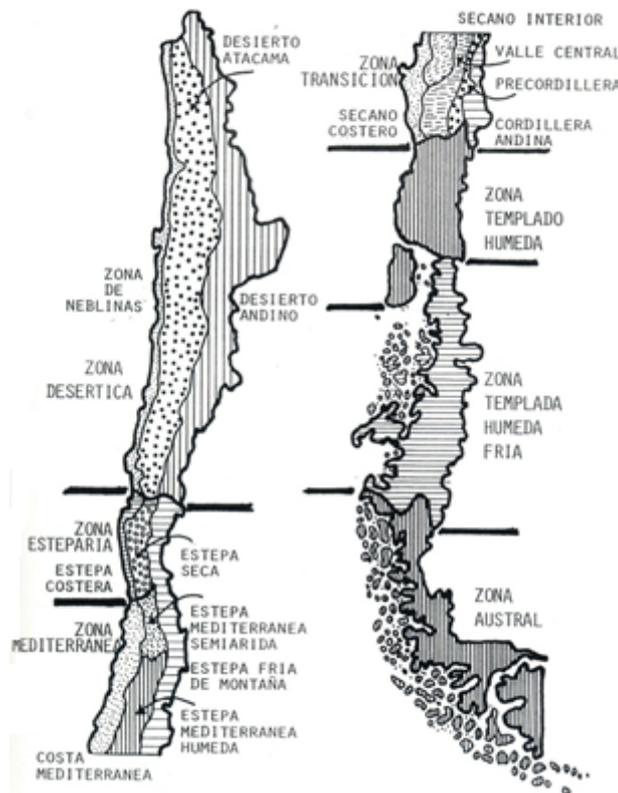


Figura 2.1. Zonas de Pastizales de Chile. Gastó *et al.* (1987) modificada por Demanet & Neira (1996).

### 2.6.- Praderas Naturales y Naturalizadas

En la zona templada de Chile existe un predominio de praderas naturales y naturalizadas. Se distribuyen en toda el área y el nivel de rendimiento está relacionado con las condiciones climáticas particulares de cada sector y grado de intervención antrópica, entre las cuales se encuentra el manejo de fertilización y pastoreo, carga y tipo de animales.

### 2.6.1.- Zona de Transición de Mediterránea a Templada

La zona de transición de mediterránea a templada húmeda se ubica administrativamente en la Región de La Araucanía (37° 35' - 39° 27' LS.), y corresponde al sector norte del área templada de Chile que abarca una superficie de 31.842,30 kilómetros cuadrados (IGM, 2008). En esta sección del país es posible distinguir cinco macroáreas: Secano Costero, Secano Interior, Llano Central, Precordillera y Cordillera Andina (Rouanet, 1982; Rouanet *et al.*, 1988) (Tabla 2.3 y Figura 2.2), que poseen una superficie total de praderas naturales y naturalizadas cercana a 690.849 hectáreas y corresponde al 6,1% de la superficie nacional (INE, 2011).

**Tabla 2.3. Caracterización de las principales áreas agroclimáticas de la región de La Araucanía.**

Índice	Secano costero	Secano Interior	Llano Central Norte	Llano Central Sur	Precordillera
t° promedio mensual	13.1	12.8	11.0	11.9	9.8
t° promedio máxima mensual	20.5 Ene	26.3 Ene	23.4 Ene	27.1 Ene	23.6 Ene
t° promedio mínima mensual	4.9 Jul	4.4 Jul	2.6 Jul	3.3 Jun	1.2 Jun
Horas de Frío anual	1,266	1,306	2,427	1,798	3,269
pp (mm)	1,683	1,267	1,386	2,100	2,550
BH – mes	Ene - Feb	Oct - Mar	Nov - Mar	Ene – Mar	Ene - Feb
PLH p<30%	Oct - Mar	Nov - Feb	Ene - Feb	Dic – Feb	No
Período térmico vegetativo (días)	90	182	151	90	59
Periodo libre de heladas (días)	182	120	59	90	0

Fuente: Adaptado de Rouanet (1988).

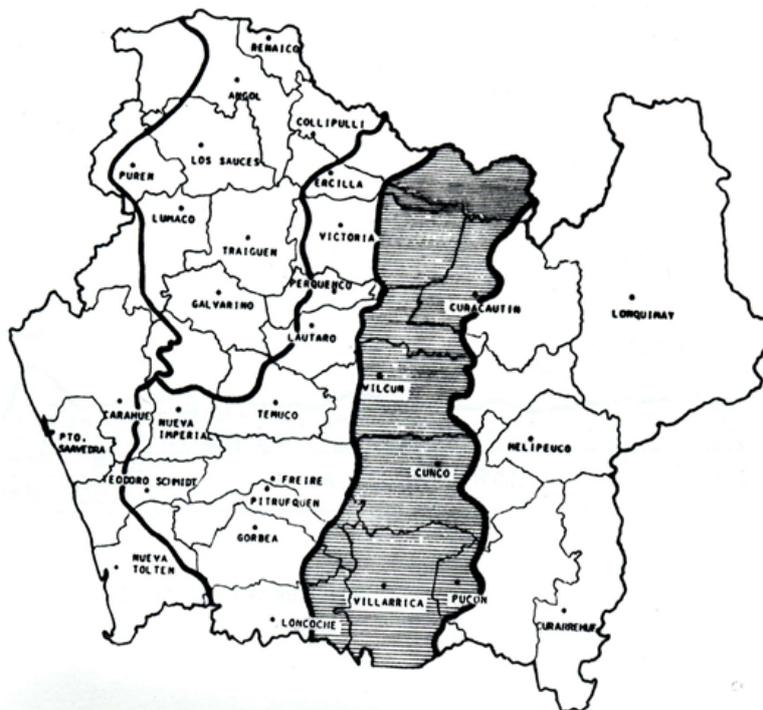


Figura 2.2. Zonas agroecológicas de la zona de transición de mediterránea a templada (Rouanet *et al.*, 1988).

### 2.6.1.1.- Características Generales

La región presenta suelos derivados de cenizas volcánicas: Andisol y Ultisol, cuyo uso en agricultura y ganadería se ve fuertemente limitado por la carencia de fósforo disponible, originado por la alta capacidad de fijación de los coloides inorgánicos (Zunino & Borie, 1985, Fuentes *et al.*, 2008).

En esta extensa superficie, las praderas naturales son escasas y la mayor superficie es ocupada por praderas naturalizadas que se encuentran en diferentes grados de desertificación. La productividad promedio fluctúa entre 0,6 y 4,0 toneladas de materia seca por hectárea (Tabla 2.4), donde la principal limitante para el desarrollo de la expresión de su potencial productivo es la baja fertilidad de los suelos, escasa fertilización y mal manejo pastoril del pastizal (Demanet & Contreras, 1988).

**Tabla 2.4. Rendimiento promedio de praderas naturalizadas en diferentes áreas agroecológicas de la zona de transición de mediterránea a templada.**

Área Agroecológica	toneladas MS/ha
Secano Costero	1.7 - 2.0
Secano Interior	0.6 - 0.8
Llano Central	2.0 - 3.0
Precordillera	2.0 - 4.0

Fuente: Demanet & Contreras (1988).

Las praderas presentan un bajo nivel de rendimiento y están constituidas por un complejo grupo de especies con diferente distribución de la producción, distintas tasas y hábitos de crecimiento, diversa arquitectura y sistemas reproductivos, que les permiten sobrevivir en diferentes condiciones edafoclimáticas, alcanzando algunas especies un alto nivel de ubicuidad.

Esta zona posee un clima templado con influencia mediterránea y la mayoría de las especies de las praderas no son endémicas, sino que provienen de Europa. La diversidad florística es reducida si se la compara con la flora del mediterráneo. La zona central de Chile posee un total de 3.429 especies, donde sólo 1.605 especies son endémicas, a diferencia de la zona mediterránea de Europa que tiene 25.000 especies vegetales y 13.000 (52%), son endémicas (Myers *et al.*, 2000).

El principal componente de las praderas naturalizadas es el grupo conformado por poaceas perennes y anuales (50 a 70%). Las leguminosas contribuyen con un porcentaje inferior a 10% y las especies de hoja ancha (latifoliadas) aportan entre un 30 y 40% a la producción de forraje. Entre las principales especies gramíneas se encuentra *Agrostis capillaris* Sibth., *Holcus lanatus* L., *Anthoxantum odoratum* L., *Bromus stamineus* E. Desv., *Lolium multiflorum* L., *Cynosurus echinatus* L., *Briza máxima* L., *Briza minor* L., *Aira caryophyllea* L., *Vulpia bromoides* (L.) S.F. Gray, *Arrhenaterium eliatum* (L.) P. Beauv. Ex J.et K.Presl spp *bulbosum* (Willd.) Schübler

&Martens, entre otros. Las leguminosas de mayor ubicuidad son *Trifolium repens* L., *Lotus uliginosus* Schkuhr, *Trifolium filiforme* Sibth, *Trifolium glomeratum* L., *Trifolium hirtum* All., *Trifolium subterraneum* L. y *Medicago* spp. (Demagnet & Contreras, 1988).

Las especies latifoliadas son consideradas malezas en los cultivos, sin embargo, en las praderas naturalizadas forman parte importante de la composición botánica. Estas especies son consumidas por el ganado y constituyen una parte importante de su dieta. Poseen un alto contenido de minerales y propiedades antihelmínticas (Moss & Vlassoff, 1993; Houdijk *et al.*, 2012). En praderas degradadas constituyen un importante aporte y desarrollan su crecimiento en el periodo de primavera, donde la floración ocurre a inicios del periodo.

### **2.6.1.2.- Secano Costero**

Esta Área Agroecológica se ubica en la vertiente occidental de la cordillera de Nahuelbuta y corresponde al sector oeste de las comunas de Lumaco y Teodoro Schmidt y gran parte de las comunas de Carahue, Puerto Saavedra y Toltén (37° 35'-39° 27' LS y 73° 39'-72° 52' LO).

El clima se caracteriza por presentar periodos de déficit hídrico corto durante los meses de enero y febrero, que causa que el crecimiento vegetativo se restrinja en estos dos meses. La precipitación anual fluctúa entre 1.600 y 1.700 mm y el periodo libre de heladas se extiende desde octubre a marzo (Rouanet, 1982).

Fisiográficamente, esta área presenta en el sector norte un predominio de lomajes suaves con Andisoles, y transicionales a Ultisoles, que se encuentran combinados con sitios de inversión invernal (Tirúa – Puerto Saavedra). En el sector sur, el lomaje de Andisoles aparece como la situación secundaria frente a la extensa terraza formada por la desembocadura del río Toltén, la que posee una combinación de Andisoles de alta productividad y terrenos con drenaje imperfecto (Puerto Domínguez – Queule). El nivel medio de fertilidad de los suelos es bajo, con escasa presencia de fósforo disponible y poca capacidad de retención de bases, especialmente, en los sectores de drenaje imperfecto.

En el secano costero se distinguen diversas unidades geomorfológicas, destacándose las planicies y llanuras litorales sedimentarias marino fluviomarinas (Börgel, 1965). En ellas se ha originado un interesante mecanismo de elección de sedimentos, depositándose arenas, arcillas y limos de gran homogeneidad granulométrica y mineralógica (Universidad de Chile, 1980).

La unidad geomorfológica de mayor importancia corresponde a la Cordillera de Nahuelbuta que posee su origen en la región periglacial y lacustre de volcanismo activo (Börgel, 1965). En este macizo existe un predominio de rocas metamórficas, con pendientes que ocasionalmente alcanzan cierta relevancia, relieves abruptos,

vigorosamente afectados por la erosión, que han permitido la formación de algunos desfiladeros (Universidad de Chile, 1980).

La cordillera de Nahuelbuta no sólo es importante desde el punto de vista orográfico, donde las alturas máximas superan los 1.200 msnm, sino que también corresponde a un importante dispersor de aguas, barrera climática y lugar histórico de la resistencia indígena contra la dominación española (Gastó *et al*, 1985).

La pradera naturalizada (Figura 2.3), se caracteriza por presentar alta estacionalidad en la producción. Más del 50% del rendimiento anual se logra en el periodo de primavera y la composición botánica está dominada por especies gramíneas. En estado natural puede lograr una acumulación de materia seca superior a 5 toneladas/ha, y con una fertilización base de nitrógeno y fósforo de 8,07 toneladas ms/ha (Demagnet *et al.*, 1991) (Tabla 2.5).

Al someter la pradera al proceso de utilización bajo distintos periodos de rezago (descanso entre utilizaciones), la producción de materia seca puede alcanzar un rendimiento máximo de 5,67 toneladas de materia seca por hectárea en estado natural y 8,32 toneladas de materia seca por hectárea, con la aplicación de fertilización con nitrógeno y fósforo (Demagnet *et al.*, 1991) (Tabla 2.6).



Figura 2.3. Paisaje de praderas naturalizadas del secano costero de la Región de La Araucanía.

La curva de crecimiento de las praderas, demuestra el importante aporte que hace la estación de primavera al rendimiento total y la baja contribución del verano e invierno, situación que genera serios problemas de manejo del forraje disponible (Figura 2.3).

**Tabla 2.5. Curva de acumulación de materia seca en el secano costero de la zona de transición de mediterránea a templada. Hualpín, Región de La Araucanía.**

Mes	Días	S/F	C/F
Junio	42	0,26 e	0,40 d
Julio	69	0,37 e	0,41 d
Agosto	99	0,75 d	0,68 d
Septiembre	133	0,59 de	1,55 c
Octubre	161	0,42 e	1,76 c
Noviembre	190	1,61 c	4,55 b
Diciembre	213	2,44 b	7,89 a
Enero	253	5,52 a	8,07 a
<b>Promedio</b>		<b>1,50 B</b>	<b>3,16 A</b>

S/F: Sin Fertilización; C/F: Fertilizada con 60 kg N/ha + 60 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha

Cifras con distintas letras minúsculas en sentido vertical y letras mayúsculas en sentido horizontal son diferentes según prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Coeficiente de variación: 14,5%

**Tabla 2.6. Efecto de la época de rezago en el rendimiento de la pradera naturalizada en el secano costero de la zona de transición de mediterránea a templada. Hualpín, Región de La Araucanía.**

Mes	Días	Cortes	S/F	C/F
Junio	42	5	1,66 bc	2,78 c
Julio	69	5	1,90 bc	3,77 bc
Agosto	99	4	2,56 b	4,27 bc
Septiembre	133	4	1,97 bc	4,02 bc
Octubre	161	3	2,16 b	4,29 bc
Noviembre	190	3	2,28 b	5,37 b
Diciembre	213	2	2,21 b	8,16 a
Enero	253	2	5,67 a	8,32 a
<b>Promedio</b>			<b>2,55 B</b>	<b>5,12 A</b>

S/F: Sin Fertilización; C/F: Fertilizada con 60 kg N/ha + 60 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha

Cifras con distintas letras minúsculas en sentido vertical y letras mayúsculas en sentido horizontal son diferentes según prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Coeficiente de variación: 18%

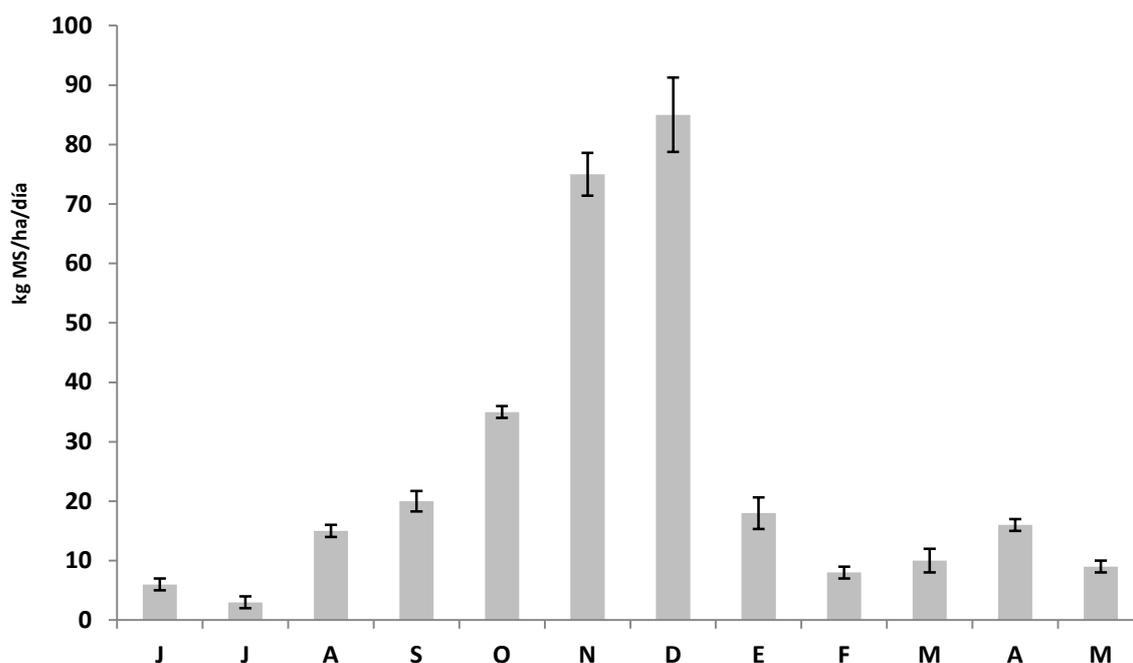


Figura 2.4. Curva de crecimiento (kg MS/ha/día) de un pastizal del secano costero de la Región de La Araucanía. Periodo 2000 – 2008.

Coefficiente de variación: 12,07

### 2.6.1.3.- Secano Interior

El secano interior de la zona de transición de mediterránea a templada es un área ubicada en el sector poniente de la Región de La Araucanía. Incluye parte de la Cordillera de la Costa (Cordillera de Nahuelbuta) y serranías interiores (IREN-CORFO, 1970). En esta sección se ubican las comunas de Traiguén, Los Sauces, Collipulli, Victoria, Galvarino, Perquenco, Lautaro, Renaico, Angol, sector norte de la comuna de Lautaro, sector noroeste de Temuco y sector este de la comuna de Purén (37° 35' - 38° 44' LS y 72° 52' - 72° 28' LO).

Esta área se caracteriza por presentar un periodo de déficit hídrico de cinco a seis meses, con probabilidad de que se agote el agua en el suelo entre los meses de diciembre a marzo. La caída pluviométrica promedio anual es de 800 a 1.200 mm, con una concentración de 45% en los meses de mayo a agosto y 14-20% en primavera. La temperatura mínima media de los meses más cálidos (diciembre – febrero), oscila entre 25°C y 27°C. La mínima media es de 10°C (Rouanet, 1982).

La situación fisiográfica predominante es de lomaje suave, de topografía variada, con predominio de pendientes complejas que fluctúan entre 5 y 25%, especialmente en suelos de la serie Collipulli (Mella & Khüne, 1985).

La red fluvial genera diversos sitios de terrazas aluviales, sedimentarias y coluviales, terrenos planos de valle y piedemonte, y conos de deyección cortados por el paso de los ríos y esteros. Las laderas poseen pendiente baja a media, con escasa pedregosidad

y se encuentran confundidas por lomajes característicos de la zona (Universidad de Chile, 1980).

Las comunas de Collipulli, Galvarino y Chol-Chol, corresponden a una secuencia de unidades de paisajes de valle, cuenca y depresión, de relieve suavemente ondulado, a veces encajonado en una red fluvial confusa, con sistema de drenaje problemático en el que abundan áreas de tipo lagunar colmadas de sedimentos (Universidad de Chile, 1980).

En el secano costero existe un predominio de Ultisoles o también denominados pardo rojizos (Roberts & Díaz, 1960), que corresponden a un grupo coincidente en color y textura, pero provenientes de diferentes materiales parentales, tales como granito, mica-esquistos, pizarras, sedimentos marinos terciarios, basaltos y andesitas (Besoain, 1985). En esta sección de la región, los suelos se originaron a partir de cenizas volcánicas prehistóricas y materiales parentales vulcano – clásticos diversos, sometidos a un proceso génico común (Honorato & Olmedo, 1985).

Los Andisoles que se ubican en algunos sectores de lomaje de este sector de la región corresponden a cenizas volcánicas antiguas, que evidencian etapas de meteorización cruzada (Besoain, 1985), donde micro-morfológicamente es posible observar una evolución casi completa de los materiales volcánicos (Honorato & Olmedo, 1985), con predominio de cuarzo y minerales asociados (Wright, 1965). Este tipo de suelos no es estratificado, aunque presenta discontinuidad horizontal en textura, color y estructura. El perfil es relativamente profundo (1.5 a 4 m) y la fracción de arena raramente sobrepasa el 10% mientras que el contenido de arcilla se eleva sobre el 50%. El contenido de carbono orgánico fluctúa entre 2% y 4%, pero es frecuente que este valor aumente entre 6% y 10%, como consecuencia de la contaminación en la superficie de cenizas volcánicas modernas, que han desarrollado componentes alofánicos (Besoain, 1985).

Las praderas con especies endémicas, prácticamente no existen, debido a que la fuerte intervención humana ha generado tal grado de desertificación por lo que las praderas sólo están conformadas por especies de post cultivo de cereales y oleaginosas, todas naturalizadas y de baja condición (Romero & Demanet, 1987) (Figura 2.4). En condiciones naturales sin intervención las praderas naturalizadas pueden alcanzar una acumulación en la temporada de 1,11 toneladas de materia seca por hectárea. Con la aplicación de fertilizantes y normas de manejo de rezago, el nivel de rendimiento sube a 3,27 toneladas de materia seca por hectárea (Tabla 2.7).



Figura 2.5. Pastizal del secano interior formado por especies de post cultivo o tala de bosque.

En condiciones de utilización la producción por hectárea se reduce y sólo logra 1,11 toneladas MS/ha sin aplicación de fertilizantes y 3,01 toneladas MS/ha con fertilización (Tabla 2.8). La información que existe de esta zona agroecológica es escasa. El desarrollo de sistemas con cereales y plantaciones de árboles exóticos no hacen atractivo el estudio de las praderas naturalizadas, siendo enfocada la investigación a la incorporación de pasturas de rotación corta (*Trifolium incarnatum* L, *Lolium multiflorum* Lam. var. *Westerwoldicom*, *Avena sativa* L., *Avena strigosa* Schreb).

**Tabla 2.7. Curva de acumulación de materia seca en el secano interior de la zona de transición de mediterránea a templada. Pidima, Región de La Araucanía.**

Mes	Días	S/F	C/F
Agosto	33	0,12 c	0,13 d
Septiembre	59	0,23 bc	0,44 cd
Octubre	93	0,46 b	0,98 c
Noviembre	123	0,82 a	3,27 a
Diciembre	151	1,11 a	2,21 b
Enero	185		3,01 a
<b>Promedio</b>		<b>0,55 B</b>	<b>1,41 A</b>

S/F: Sin Fertilización; C/F: Fertilizada con 60 kg N/ha + 60 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha

Cifras con distintas letras minúsculas en sentido vertical y letras mayúsculas en sentido horizontal son diferentes según prueba de Tukey (p≤0,05). Coeficiente de variación: 24%.

**Tabla 2.8. Efecto de la época de rezago en el rendimiento de la pradera naturalizada en el secano interior de la zona de transición de mediterránea a templada. Pidima, Región de La Araucanía.**

Mes	Días	Cortes	S/F	C/F
Agosto	33	2	0,57 b	1,63 c
Septiembre	59	2	0,78 ab	2,31 b
Octubre	93	2	0,77 ab	2,19 b
Noviembre	123	1	0,82 ab	2,37 b
Diciembre	151	1	1,11 a	2,21 b
Enero	185	1		3,01 a
<b>Promedio</b>			<b>0,81 B</b>	<b>2,29 A</b>

S/F: Sin Fertilización; C/F: Fertilizada con 60 kg N/ha + 60 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha

Cifras con distintas letras minúsculas en sentido vertical y letras mayúsculas en sentido horizontal son diferentes según prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Coeficiente de variación: 26%

La curva de crecimiento de las praderas muestra el déficit de forraje que se presenta en el periodo de verano que ha limitado el desarrollo ganadero de la zona y ha permitido el incremento de la superficie de cultivo de cereales y plantaciones forestales exóticas. Las tasas de crecimiento diario alcanzan valores superiores a 80 kilos por hectárea en el mes de noviembre (Figura 2.6).

#### **2.6.1.4.- Llano Central**

Esta Área Agroecológica corresponde a la porción central de la Región y comprende las comunas de Ercilla, Perquenco, Temuco, Freire, Pitrufquén, Loncoche y parte de las comunas de Collipulli, Lautaro y Vilcún (37° 35' - 39° 27' LS y 72° 28' - 72° 14' LO (Rouanet *et al.*, 1988).

Con una superficie de 608.100 hectáreas, esta sección presenta un gradiente hídrico de norte a sur, con estación seca mayor en dos meses en el sector norte (cinco meses en el sector norte y tres meses en el área sur), no obstante la estación húmeda comienza en toda el área en el mes de abril, época que coincide con el comienzo de las labores de los cultivos tradicionales (Rouanet, 1982).

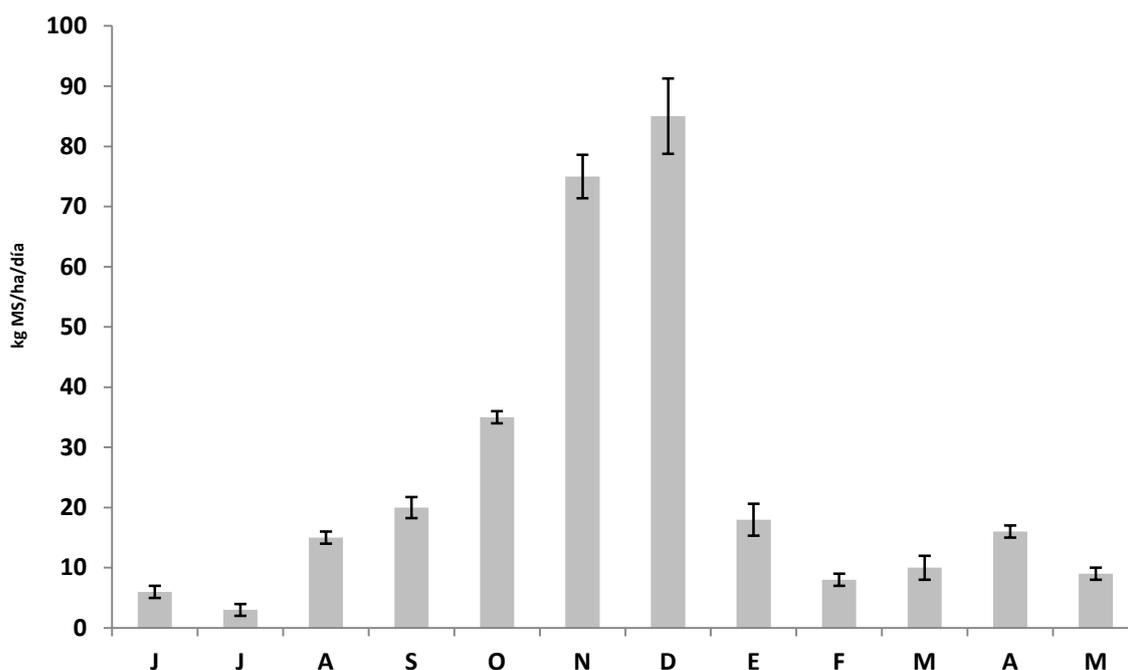


Figura 2.6. Curva de crecimiento (kg MS/ha/día) de un pastizal del secano interior de la Región de La Araucanía. Periodo 2000 – 2008.

Coefficiente de variación: 26,51%.

Con topografía de lomaje suave y suelos derivados de cenizas volcánicas, Andisoles y transicionales a Ultisoles, el paisaje se confunde con *relictus* de árboles y bosquetes de *Nothofagus sp.*, fragmentados por la presencia de cultivos de cereales y pastizales (Gastó *et al.*, 1985; Gastó *et al.*, 1987).

Las praderas naturalizadas presentan diferente condición según se ubican en Andisoles o Ultisoles. El área de Ultisoles presenta praderas de regular a mala condición (Figura 2.7), generado por la dominancia de pequeños agricultores, cuyo principal objetivo es la subsistencia y donde la ganadería es una consecuencia de mantener un programa integrado, que combina el cultivo de cereales, hortalizas, leguminosas de grano y la ganadería bovina y ovina. En este esquema de producción, domina el uso de pastoreo continuo, donde el ganado se mantiene bajo un esquema de consumo de rastrojos.

En el sector de Andisoles hay pequeños agricultores de subsistencia pero también existe una importante superficie ocupada con medianos y grandes agricultores, que combinan la ganadería con el cultivo de cereales. Además, en este sector se realiza engorda invernal que permite a la recria lograr un mejor peso de venta e incluso llevar el ganado a peso final, a través de la engorda en pastoreo, en el periodo de primavera (Catrileo, 2005).



Figura 2.7. Pastizal de baja condición en Ultisol del llano central de la Región de La Araucanía.



Figura 2.8. Pastizal compuesto por especies de regular condición en un Andisol del llano central de la Región de La Araucanía.

En esta área las praderas se ubican en distintos suelos y bajo condiciones climáticas diferentes, por ello el rendimiento logrado en cada condición y en cada área es tan disímil. Sin embargo, al igual que en toda la zona templada, las praderas presentan una

concentración de la producción en primavera y un bajo aporte en las estaciones de verano e invierno (Figura 2.9).

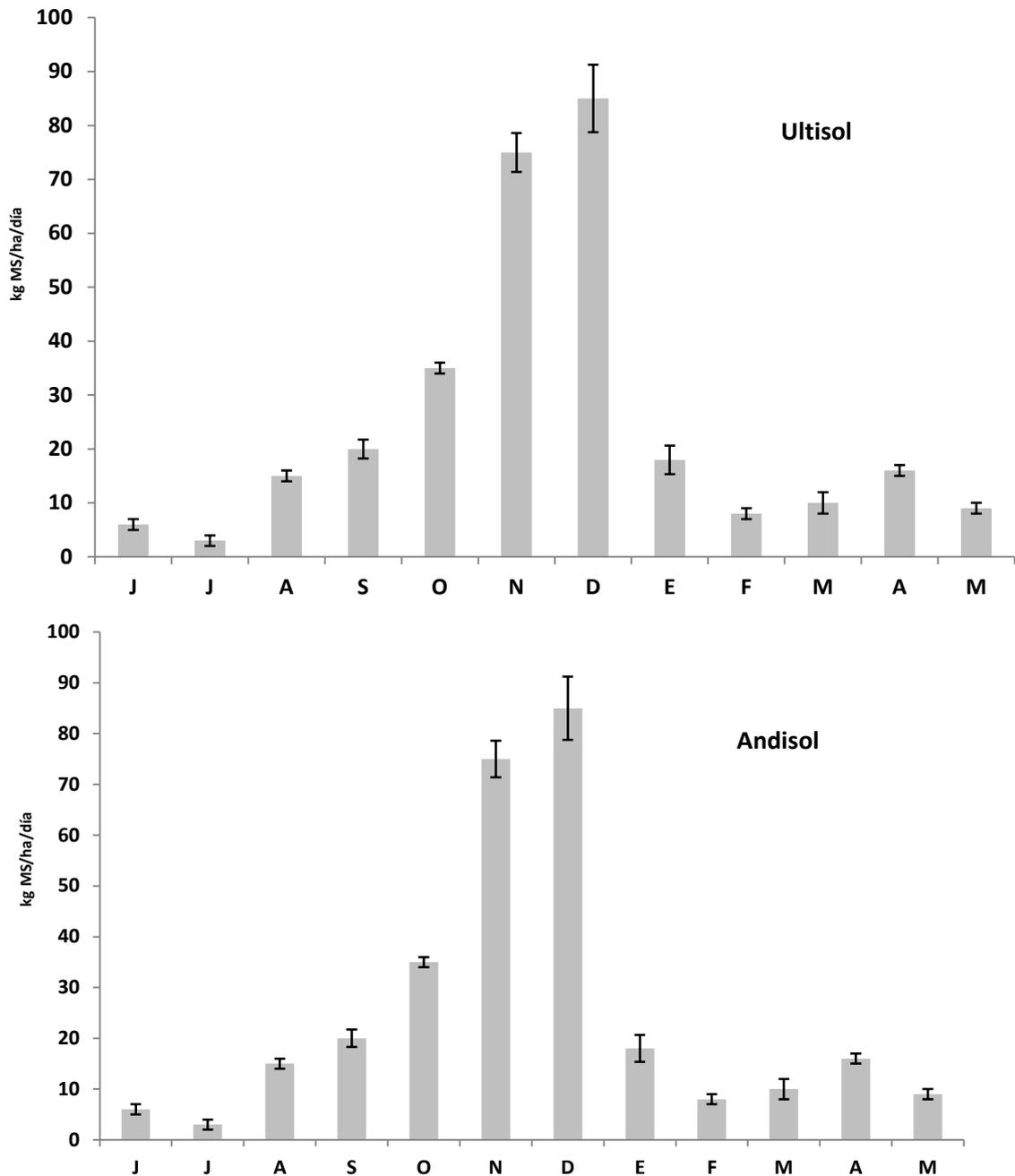


Figura 2.9. Curva de crecimiento (kg MS/ha/día) de dos pastizales del secano del llano central de la Región de La Araucanía. Periodo 2000 - 2008  
 Coeficiente de variación: Ultisol 21,55%; Andisol 21,72%.

La acumulación de materia seca anual se muestra en la Tabla 2.9. Los resultados indicaron que en los Andisoles la pradera naturalizada tiene una mejor condición que en el sector de Ultisoles. La pradera compuesta principalmente por *Agrostis capillaris* Sibth., alcanza un rendimiento de 8,59 toneladas MS/Ha, en una condición de manejo con fertilización y 6,45 toneladas MS/ha sin fertilización. En el área de Ultisoles, el

rendimiento disminuye en 50%, debido a la ubicación ecológica y el nivel de intervención antrópica del sistema que incluso no permite lograr una diferenciación importante entre la acumulación y la utilización frecuente.

**Tabla 2.9. Acumulación de materia seca de la pradera naturalizada en el llano central de la zona de transición de mediterránea a templada. San Ramón (Andisol) y Tromén (Ultisol). Región de La Araucanía.**

<i>Ultisol</i>	Días	S/F	C/F
Agosto	41	0,08 C	0,13 D
Septiembre	70	0,31 B	0,71 Cd
Octubre	106	0,33 B	0,72 Cd
Noviembre	133	0,92 A	1,34 C
Diciembre	155	1,20 A	3,15 B
Enero	189		4,74 A
<b>Promedio</b>		<b>0,57 B</b>	<b>1,80 A</b>
<i>Andisol</i>	Días	S/F	C/F
Agosto	41	0,43 D	0,50 E
Septiembre	70	1,02 C	1,47 D
Octubre	106	1,93 C	3,20 C
Noviembre	133	3,36 B	6,96 B
Diciembre	155	6,45 A	8,59 A
<b>Promedio</b>		<b>2,64 B</b>	<b>4,14 A</b>

S/F: Sin Fertilización; C/F: Fertilizada con 60 kg N/ha + 60 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha

Cifras con distintas letras minúsculas en sentido vertical y letras mayúsculas en sentido horizontal son diferentes según prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Coeficiente de variación: Ultisol 26,44%; Andisol 22,23%.

El efecto del descanso entre utilizaciones (rezago), con sin aplicación de fertilizantes se generó en ambas áreas de del llano central, incremento en el rendimiento (Tabla 2.10). En los Ultisoles se logró una producción máxima de 4,75 toneladas MS/ha y 1,20 toneladas MS/ha, con y sin fertilización, respectivamente. En Andisoles, la producción alcanzó un máximo de 9,32 toneladas MS/ha con fertilización y 7,14 toneladas MS/ha sin aplicación de fertilizantes inorgánicos.

El efecto de la fertilización las praderas de ambos suelos fue significativo y generó un incremento de 140% en el pastizal ubicado en un Ultisol y 46% en el pastizal del Andisol.

El rendimiento logrado en los experimentos realizados en el llano central de la Región de La Araucanía, fue similar al obtenido por Ruiz (1996) en diversas evaluaciones realizadas en la sección norte de la zona templada de Chile.

**Tabla 2.10. Efecto de la época de rezago en el rendimiento de la pradera naturalizada en el llano central de la zona de transición de mediterránea a templada. San Ramón (Andisol) y Tromén (Ultisol). Región de La Araucanía.**

<i>Ultisol</i>	Días	Cortes	S/F	C/F
Agosto	41	3	0,89 ab	1,44 B
Septiembre	70	2	1,16 a	1,92 B
Octubre	106	2	0,62 ab	1,32 B
Noviembre	133	2	1,13 a	1,84 B
Diciembre	155	1	1,20 a	3,15 A
Enero	189	1		4,75 A
<b>Promedio</b>			<b>1,00 B</b>	<b>2,40 A</b>
<i>Andisol</i>	Días	Cortes	S/F	C/F
Agosto	41	4	3,98 b	5,89 B
Septiembre	70	4	4,07 b	6,03 B
Octubre	106	3	4,27 b	5,43 B
Noviembre	133	3	4,35 b	8,13 A
Diciembre	155	2	7,14 a	9,32 A
<b>Promedio</b>			<b>4,76 B</b>	<b>6,96 A</b>

S/F: Sin Fertilización; C/F: Fertilizada con 60 kg N/ha + 60 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha

Cifras con distintas letras minúsculas en sentido vertical y letras mayúsculas en sentido horizontal son diferentes según prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Coeficiente de variación: Ultisol 28,34%; Andisol 21,42%.

### 2.6.1.5.- Precordillera

La precordillera andina se extiende desde el sur del río Bio – Bio en Malleco, hasta el lago Calafquén ubicado en límite con la Región de Los Ríos. Esta área se ubica entre 300 y 900 m de altitud. El límite oeste son las comunas de Curacautín, Cunco y Villarrica y el límite este lo constituyen las comunas de Malalcahuello, Melipeuco y Curarrehue. Esta sección de la Región es una franja en forma de plano inclinado o piedemonte, que conecta a la cordillera con el Llano Central (37° 35' - 39° 30' LS y 72° 14' - 71° 57' LO) (IREN – CORFO, 1970).

Presenta un clima templado de verano seco y corta estación de sequía, caracterizado también como templado cálido con menos de cuatro meses secos (Gastó *et al.*, 1985). La caída pluviométrica anual oscila entre 1.900 mm y 2.000 mm, con una distribución de 41% en invierno, 12% en verano, 26% en otoño y 21% en primavera. No posee estación libre de heladas y la temperatura máxima media de los meses cálidos es de 22°C y la mínima media de 6°C. En Julio, el mes más frío, las temperaturas máximas y mínimas corresponden a 11°C y 2°C, respectivamente (Rouanet, 1982).

Desde la cuenca del río Toltén al sur, se desarrolla un clima de verano fresco con tendencia a seco, semejante al del llano central, pero en el que existe una leve diferencia en los meses estivales. Las precipitaciones tienden a disminuir, con una reducción a cantidades insuficientes para sostener la vegetación, situación que no se

prolonga por más de un mes. La vegetación no se afecta, pues la precipitación anual mantiene el suelo permanentemente en capacidad de campo y punto de marchites permanente y sólo se observan leves variaciones en el nivel freático (Gastó *et al.*, 1985).

La fisiografía de la zona está dominada por planos ondulados, que se forman a partir de un extenso piedemonte. La topografía de esta situación fisiográfica es muy variada y es posible encontrar lomajes suaves con pendientes de 2% a 55%, hasta sitios escarpados con pendientes complejas que fluctúan entre 15% y 30% (Demagnet & Romero, 1988).

La geomorfología de esta sección posee un carácter de acumulación de sedimentos fluvio-glacio-volcánico, constituido por conos de gran envergadura y potencia que tienden a desaparecer como unidad orográfica al sur del río Allipén (Börgel, 1965).

El carácter fuertemente morrénico del borde occidental de la precordillera, así como las condiciones climáticas más húmedas de la zona, minimizan las formas de relieve a simples lomas de gran curvatura externa, con las periferias sometidas a intensa acción erosiva lineal por quebradas y arroyos (Gastó *et al.*, 1985).

Los suelos derivados de cenizas volcánicas (Basáltico-andesitas) son Andisoles y sólo se desarrollan bajo un régimen de temperatura méxico o térmico (Besoain, 1985). Su textura tiende a ser franca friable, con estratificaciones depositacionales, claramente distinguibles con diferencias nítidas de color entre el suelo y el subsuelo. Presentan un alto riesgo de acidificación, producto de la fuerte concentración de la precipitación, laboreo de suelo y uso de fertilizantes acidificantes (Fuentes *et al.*, 2008).

La pradera naturalizada está dominada por especies gramíneas de regular condición donde predominan *Agrostis capillaris* Sibth., *Anthoxanthum odoratum* L. y *Holcus lanatus* L. Asociado a las *Poaceas*, se encuentran las especies latifoliadas, *Achillea millefolium* L., *Hypochaeris radicata* L., *Capsella bursa pastoris* L., *Plantago lanceolata* L., *Leontodon nudicaulis* (L.) Bank ex Lowe, *Prunella vulgaris* L., *Taraxacum officinale* Weber., *Rumex acetocella* L., entre otras (Figura 2.10).

La acumulación de materia seca (Tabla 2.11), es superior a la lograda en el secano interior y llano central. Sin fertilización, el pastizal, alcanza una acumulación anual de 8,65 toneladas MS/ha. Al someter el pastizal a un proceso de mejoramiento mediante fertilización nitrogenada y fosfatada, la acumulación supera las 11 toneladas MS/ha. La mayor acumulación de materia seca se verifica en primavera, periodo en que la tasa de crecimiento de la pradera puede superar 80 kg MS/ha/día.

Con la utilización de un sistema de utilización frecuente, simulando un pastoreo rotativo (Tabla 2.12), los pastizales registraron una mayor producción de materia seca, debido a que la defoliación, permitió una buena recuperación de las especie e impidió

la pérdida que se genera en la base de las plantas cuando se acumula la fitomasa. La aplicación de fertilización permitió un incremento significativo de la producción de materia seca del pastizal, situación que se verificó en todas las evaluaciones realizadas en la Región de La Araucanía.



Figura 2.10. Pastizal ubicado en un Andisol de la precordillera, en cuya composición botánica domina *Agrostis capillaris* Sibth. Región de La Araucanía.

**Tabla 2.11. Curva de acumulación de materia seca de la pradera naturalizada en de la precordillera de la zona de transición de mediterránea a templada. Andisol. Curacautín, Región de La Araucanía.**

Mes	Días	S/F	C/F
Agosto	45	0,18 e	0,43 D
Septiembre	71	0,56 d	0,90 D
Octubre	102	1,51 d	2,09 C
Noviembre	136	3,11 c	6,39 B
Diciembre	163	6,40 b	11,20 A
Enero	197	8,65 a	
<b>Promedio</b>		<b>3,40 B</b>	<b>4,20 A</b>

S/F: Sin Fertilización; C/F: Fertilizada con 60 kg N/ha + 60 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha

Cifras con distintas letras minúsculas en sentido vertical y letras mayúsculas en sentido horizontal son diferentes según prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Coeficiente de variación: 18,3%

**Tabla 2.12. Efecto de la época de rezago en el rendimiento de la pradera naturalizada en de la precordillera de la zona de transición de mediterránea a templada. Andisol. Curacautín, Región de La Araucanía.**

Mes	Días	Cortes	S/F	C/F
Agosto	45	4	4,60 bc	6,90 Bc
Septiembre	71	4	3,85 c	6,37 Bc
Octubre	102	3	4,67 bc	5,57 C
Noviembre	136	3	5,26 b	8,58 B
Diciembre	163	2	7,67 ab	12,34 A
Enero	197	2	9,82 a	
<b>Promedio</b>			<b>5,98 A</b>	<b>7,95 A</b>

S/F: Sin Fertilización; C/F: Fertilizada con 60 kg N/ha + 60 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha

Cifras con distintas letras minúsculas en sentido vertical y letras mayúsculas en sentido horizontal son diferentes según prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Coeficiente de variación: 18,3%

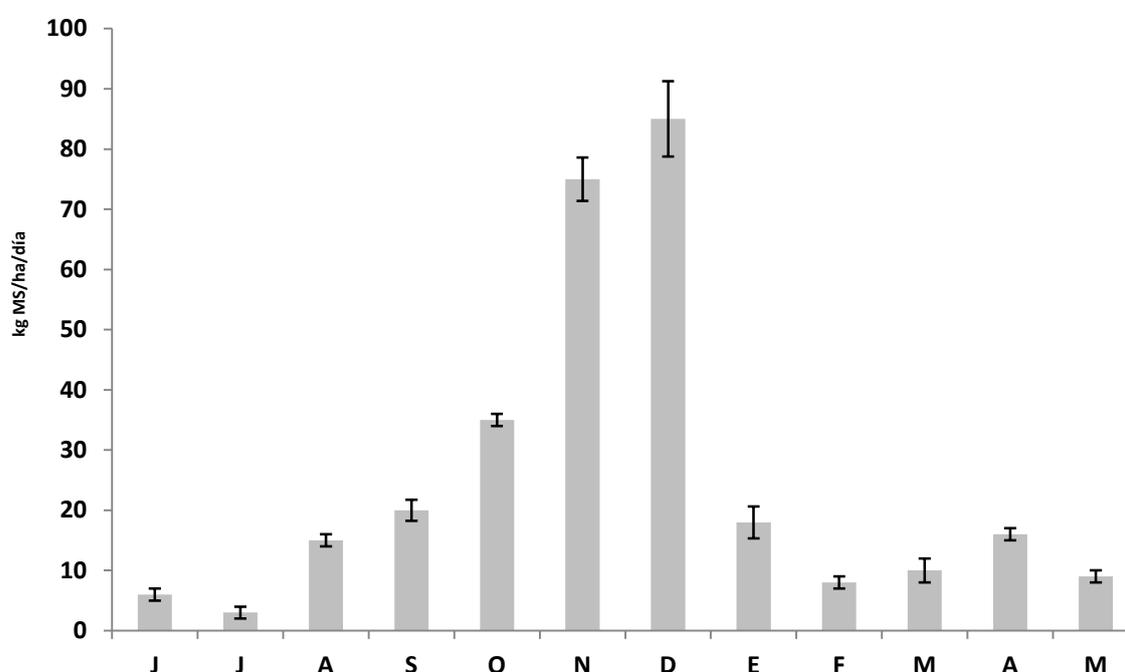


Figura 2.11. Curva de crecimiento (kg MS/ha/día) de un pastizal de la precordillera andina de la Región de La Araucanía. Periodo 2000 – 2008.

Coeficiente de variación: 19,23%.

Los resultados demuestran que en la intervención de los ecosistemas de precordillera ha generado un cambio severo en la vegetación y una invasión permanente de especies exógenas de baja condición, como *Achillea millefolium* L. cuyo desarrollo y participación en la composición botánica se incrementa con el mal manejo de pastoreo, mala nutrición vegetal y ataques permanentes de insectos. Esto no permite el desarrollo de especies nativas de alta importancia para esta sección de la zona templada, como *Bromus stamineus* Desv. y *Hordeum chilense* Roem. & Schult., gramíneas perennes cuya presencia se ha desplazado a lugares de baja accesibilidad del ganado.

La curva de producción de materia seca evidencia un reducido aporte en el periodo invernal producto de las bajas temperaturas que se registran en los meses de mayo a septiembre. En este sector de la zona templada la producción se concentra en primavera y en los primeros quince días del inicio de verano (Figura 2.11).

#### **2.6.1.6.- Cordillera de Los Andes**

Esta área agroecológica de la región presenta dos secciones cuyo límite es difuso: el sector templado húmedo frío, característico del macizo andino de la Cordillera de Los Andes y la sección esteparia, ubicada en el valle de cordillera próximo al límite con Argentina (38° 21' - 38° 55' LS y 72° 14' - 70° 51' LO).

Esta área se ubica entre los 900 m de altitud y la línea divisoria de las aguas de la Cordillera de Los Andes, que define el límite con Argentina. Las comunas de Lonquimay, Melipeuco, Curarrehue y parte de las comunas de Vilcún, Cunco y Pucón, componen esta porción de la sección oriental del país (Rouanet *et al.*, 1988).

Esta sección de la Cordillera de Los Andes, se caracteriza por su abundante acumulación crionival, por el doble efecto de la altura y el incremento de las precipitaciones en forma de nieve. El valle de cordillera generado por la conjunción de montañas, permite tener dos situaciones fisiográficas: mallín plano con drenaje imperfecto y las montañas con pendientes abruptas y pequeños espacios de piedemonte, donde se desarrolla actividad agrícola y ganadera.

El volcanismo se ha manifestado en diversos eventos en los dos últimos siglos, a través de emisiones de cenizas volcánicas a tal punto que las glaciaciones cuaternarias que formaron las morrenas, han sido erosionadas y re depositadas por corrientes volcánicas que han descendido por los valles, que originalmente fueron excavados por los glaciares (Gastó *et al.*, 1985).

El suelo de desarrollo incipiente es de origen volcánico y está constituido por diferentes depósitos de lavas, escorias, pómez y cenizas que se encuentran muy estratificados sin desarrollo de estructuras. La textura predominante es franco limoso y está constituida por 38% a 40% de arena, 48% a 50% de limo y 12% a 14% de arcilla. La falta de estructura y baja cobertura de la vegetación han provocado que toda esta área presente una fuerte susceptibilidad a la erosión eólica, situación que se evidencia en toda la cuenca del río Bio Bio (Mella & Khüene, 1985).

El área de la Cordillera Andina se caracteriza por presentar un clima de estepa fría y posee una vegetación muy diferente al resto de la Región. El sobretalajeo, la quema de la vegetación y la constante erosión eólica ha provocado un cambio en el paisaje en los últimos 100 años, con pérdida de los horizontes superficiales del suelo que causaron el arrastre de la fertilidad natural a los cauces de los ríos y, consecuentemente, la pérdida de los niveles de nutrientes en el suelos. En la actualidad en los primeros cinco

centímetros del suelo es común encontrar niveles inferiores a 1 mg/kg de P, 40 mg/kg de K y entre 1 a 3 cmol+/kg de suma de bases.

El clima estepario presenta una fuerte variación entre el sector del valle de cordillera (Localidad de Lonquimay) y la zona esteparia. Así, en el sector próximo al río Bío Bío la precipitación alcanza niveles promedios anuales de 1.950 mm, que le otorga la característica de clima templado cálido con menos de cuatro meses secos. En el área de altura el clima corresponde al de estepa fría con precipitación nívea durante el invierno y una fuerte fluctuación térmica diaria durante todo el periodo estival (Gastó *et al.*, 1985; Gastó *et al.*, 1987).

Toda el área presenta un alto grado de desertificación caracterizado por la pérdida del tapiz vegetal. El 55% de la superficie total del sector estepario presenta suelo desnudo o con cubierta vegetal herbácea o arbustiva rala, 43% es vegetación boscosa y sólo el 2% posee praderas de buena cobertura, que básicamente corresponde a suelos hidromórficos con drenaje imperfecto y alto contenido de materia orgánica, denominados mallines. En esta área es donde se concentra parte de la fertilidad proveniente por arrastre de la erosión hídrica y eólica de la estepa.

La cordillera andina de la Región presenta dos zonas muy bien delimitadas. La primera corresponde al sector de suelos hidromórficos o mallines ubicada en las áreas aledañas a las lagunas de Icalma y Galletue y las escorrentías superficiales que dan origen a los esteros que generan el inicio del río Bio Bio. Este sitio dominado por especies ciperáceas, juncáceas, *Phleum* sp., *Poa* sp., *Hordeum chilense* Roem. & Schult., *Lotus uliginosus* Schkuhr., *Trifolium repens* L., *Trifolium filiforme* L., *Lolium* sp., entre otras, presenta inundación durante un periodo de hasta ocho meses. En primavera – verano al disminuir el nivel de inundación, la pradera hidromórfica logra generar una producción superior a 12 toneladas MS/Ha, con un predominio de especies de alta FDN (Demanet & Neira, 1996). La principal limitación de este sitio es el drenaje imperfecto que provoca la inundación superficial durante gran parte del año, que sólo permite su utilización parcial en la estación estival. Esta situación genera además, la invasión permanente de especies juncáceas y ciperáceas, que impide el desarrollo de plantas de buena condición.

La segunda zona de alta importancia en términos de superficie corresponde al área de estepa fría con un nivel de desertificación avanzado producto de la quema del pastizal seco (coirón) y sobre talajeo con especies rumiantes menores, se encuentra dominado por especies de baja condición, principalmente, *Acaena pinnatifida* Ruiz & Pavón. En áreas de *relictus* es posible encontrar una buena población de especies nobles constituyentes del coironal. La especie de mayor importancia es *Festuca scabriuscula* Phil. que se asocia a *Poa* sp, *Stipa* sp y *Hordeum chilense* Roem. & Schult., formando comunidades densas que pueden alcanzar una productividad de toneladas MS/Ha, donde el 50% del material presente está formado por hojas fotosintéticamente activas

y el 50% restante es material muerto de bajo nivel de descomposición (Tabla 2.13). La presencia del material muerto induce a los ganaderos a la quema con fuego de este recurso durante el verano con el objetivo de mejorar el nivel de verdor del coirón. Este manejo causa una disminución de la población de plantas, pérdida de cobertura invasión de especies de baja condición e incremento de la susceptibilidad de los sitios de praderas a la erosión eólica (Demanet & Neira, 1996).



Figura 2.12. Degradación del pastizal de cordillera andina. Valle de Lonquimay, Región de La Araucanía.

**Tabla 2.13. Parámetros de rendimiento de *Festuca scabriuscula* Phil.**

Parámetro	<i>Festuca scabriuscula</i> Phil.
Rendimiento anual toneladas ms/ha	5,0
% Materia seca	79,3
% Material verde Bms	53,0
% Material seco Bms	47,0

Bms: base materia seca.

Junto al manejo del fuego la presencia de una sobre carga animal durante todo el año en la zona esteparia ha elevado los niveles de desertificación, en especial la alta presión que genera el ganado ovino y caprino (Figura 2.12).

El proceso de desertificación generado por la presión antrópica es de difícil intervención, dada la mala distribución de la propiedad, donde se ha generado un divorcio entre los propietarios de la estepa y el mallín (Demagnet & Neira, 1996).

## **2.6.2.- Zona Templada Húmeda**

La zona templada húmeda de Chile se extiende desde el sur de la Región de La Araucanía, hasta el norte de la Región de Aysén (37° 35' - 46° 49' LS.). La superficie de praderas naturales y naturalizadas es aproximadamente 2.242.945 hectáreas de praderas naturales y naturalizadas (INE, 2008), con un dominio de especies naturalizadas, donde se destaca *Agrostis capillaris* Sibth.

### **2.6.2.1.- Cordillera de la Costa**

La sección de la Cordillera de la Costa correspondiente a la zona templada húmeda se extiende desde el sur del río Toltén (39° 12' LS), donde la cordillera amplía su extensión generando cordones montañosos que se internan en el continente, como es el cordón Mahuidanche y Lastarrias. El ancho de la cordillera en toda su extensión fluctúa entre 10 y 25 kilómetros. El límite sur de esta zona agroecológica es la provincia de Llanquihue, comuna de Maullín (41° 35' LS), específicamente, en el río y bahía Maullín, donde se ubican las localidades de Quenuir y Lolcura.

El clima predominante corresponde a templado húmedo de verano fresco o también denominado marítimo templado lluvioso, según la clasificación de Köppen (Gastó, *et al.*, 1985). Durante todo el año existe probabilidad de la ocurrencia de lluvia, en diferentes intensidades, pero con una importante concentración en el periodo de invierno.

La geomorfología de esta sección de la zona templada presenta unidades de planicie litoral de sedimentación marina y cordillera de la costa caracterizada por el activo volcanismo. Las planicies cubren profundidades variables, de acuerdo a la presión que generan sobre ellas los relieves desprendidos de la cordillera (Börgel, 1965; SERNAGEOMIN, 2003).

Esta sección es dominada por lomajes suaves y abruptos, con Ultisoles cuyo origen es cenizas volcánicas antiguas, caracterizada por su alta capacidad de retención de fósforo, bajo contenido de azufre y suma de bases, además de alta acidez (Besoain, 1985). La aptitud de esta área es ganadera - forestal, con secciones planas que permiten desarrollar agricultura tradicional, donde destaca la siembra de papas (*Solanum tuberosum* L.) (Montaldo, 1974).

Existe un predominio de praderas naturalizadas donde la composición botánica difiere de acuerdo al grado de intervención que presente el ecosistema (Figura 2.13). Las especies de mayor ubicuidad son *Agrostis capillaris* Sibth, *Holcus lanatus* L.,

*Arrhenatherum eliatum* (L.) Presl var *bulbosum* (Willd) Sbenner, *Bromus unioloides* L., *Dactylis glomerata* L., *Poa annua* L., *Lotus uliginosus* Schkuhr, *Trifolium filiformis* L., *Trifolium repens* L., *Hypochoeris radicata* L., *Plantago lanceolata* L., *Leontodon nudicaulis* (L.) Bank ex Lowe, *Prunella vulgaris* L., *Taraxacum officinale* Weber, *Rumex acetocella* L., *Anthoxanthum odoratum* L., *Achillea millefolium* L. (Teuber, 1996), todas especies de baja condición y que forman parte de los tradicionales pastizales degradados de la zona templada húmeda de Chile

La calidad bromatológica de los pastizales cambia según el estado fenológico de las especies dominantes al momento que es consumido el pastizal por los animales. Estudios desarrollados en esta área, indican que los niveles de proteína son reducidos (< 12%) y el contenido de fibra alto (> 60%) (Cuevas *et al.*, 1982), valores que demuestran la baja calidad de las praderas de la zona.



Figura 2.13. Pastizal permanente en lomaje del secano costero de la Región de Los Lagos.

La productividad de las praderas naturalizadas cambia según su ubicación (latitud), manejo nutricional, sistema de pastoreo, estado y condición. El rendimiento anual en esta sección de la zona templada es 2,5 toneladas MS/ha, rendimiento logrado en

forma promedio en el sector norte de esta sección (área costera de Valdivia) y 6 toneladas MS/ha en la sección costera de Llanquihue (Teuber, 1996).

El mejoramiento de la condición de los pastizales de la cordillera de la costa, se ha circunscrito al desarrollo de programas de mejora de los niveles de fertilidad del suelo y nutrición vegetal, regulación de la carga animal y elaboración de sistemas pastoriles basados en el uso de pastoreo rotativo. La fertilización con fósforo y nitrógeno, puede generar un incremento de hasta el 256% del nivel productivo anual de las praderas naturalizadas de buena condición (8,7 toneladas MS/Ha), además de modificar la composición botánica hacia especies de mayor valor nutritivo para los animales, como son: *Holcus lanatus* L. y *Trifolium repens* L. (Teuber, 1996). La modificación de los sistemas de manejo de pastoreo y carga animal del pastizal templado costero, han originado un incremento en la carga animal y producción de carne por unidad de superficie (Goic & Matzner, 1977; Goic *et al.*, 1977).

El crecimiento del pastizal se concentra en primavera (>60%), con una baja producción de invierno (8%). El aporte de verano fluctúa entre 11% y 16% y otoño 10% y 12%, que representa la curva característica de la zona templada, pero con las variaciones propias del sector (Figura 2.14).

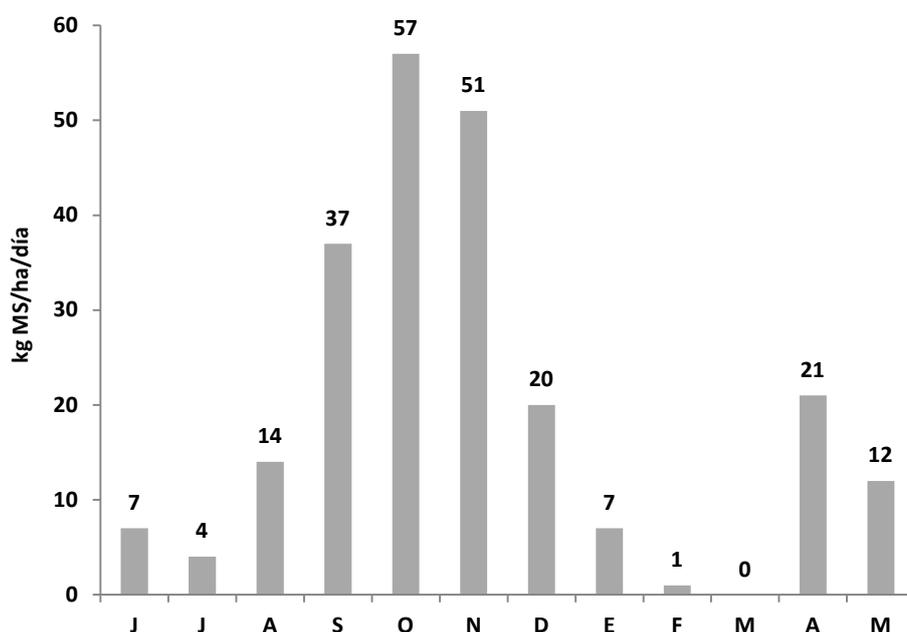


Figura 2.14. Curva de crecimiento (kg MS/ha/día), en secano costero de la Región de Los Lagos. Rendimiento anual: 7,03 toneladas MS/ha. Fuente: Adaptado de Teuber (2009).

### 2.6.2.2.- Llano Central

Las principales especies que constituyen las praderas naturalizadas de esta área son gramíneas y especies latifoliadas. Las leguminosas hacen un pequeño aporte a la

composición botánica de este tipo de pastizales. Entre las gramíneas destacan *Agrostis capillaris* Sibth., *Anthoxanthum odoratum* L., *Bromus valdivianus* Phil., *Bromus stamineus* Desv., *Bromus catharticus* Vahl., *Holcus lanatus* L., *Arrhenatherum eliatum* (L.) Presl var *bulbosum* (Willd) Sbenner, *Poa annua* L., *Poa pratensis* L., *Dactylis glomerata* L., *Lolium perenne* L. y *Lolium multiflorum* Lam. Las especies de hoja ancha, habitualmente consideradas malezas de los cultivos, hacen un aporte promedio superior a 30% a las praderas naturalizadas de esta zona y las de mayor ubicuidad son: *Hypochoeris radicata* L., *Taraxacum officinale* (L.) Weber ex F.H.Wigg., *Plantago lanceolata* L., *Rumex acetocella* L y *Rumex crispus* L. Las leguminosas de mayor aporte son: *Trifolium repens* L. y *Lotus uliginosus* Schkuhr. (Siebald, 2001).

Estos pastizales generan un paisaje en el que se combina la presencia de especies herbáceas y bosques frondosos, ubicados en laderas y áreas cercanas a curso de agua (Figura 2.15).



Figura 2.15. Pastizal de buena condición del llano longitudinal de la Región de Los Lagos.

La diversidad florística de las praderas naturalizadas es escasa, sin embargo, permite obtener una mayor estabilidad que las pasturas. La combinación de especies naturales y naturalizadas, generan un pastizal heterogéneo, capaz de tolerar ataques severos de plagas y enfermedades, cambios climáticos, déficit hídrico y pastoreos intensos y frecuentes. Además, las plantas que constituyen estos pastizales, logran explorar un

mayor volumen de suelo y con ello más nutrientes, haciendo un aporte interesante a la dieta diaria de los animales (Balocchi & López, 1996). Además, la presencia de especies del género *Lotus*, permite la reducción de problemas de meteorismo, debido a los taninos condensados que poseen en su estructura (Bretschneider, 2010) y *Plantago lanceolata* L, es una especie que posee propiedades antihelmínticas, diuréticas y antibióticas, elementos que permiten una mejor condición sanitaria de los animales (Stewart, 1996; Rumbal *et al.*, 1997).

En esta sección de la región templada se ha evaluado el efecto del déficit hídrico estival en el rendimiento de los pastizales naturales. Así, los trabajos desarrollados por Teuber (1996) demostraron una reducción de la productividad de las pasturas en ambos años de 4,68 toneladas MS/ha, equivalente a 34% de la producción de un año normal provocada por la limitación del aporte de agua.

### **2.6.2.3.- Precordillera Andina**

Esta sección de la zona templada corresponde al piedemonte de la cordillera de Los Andes, formado por lomajes suaves y colinas en posición intermedia, con extensiones de pendientes suaves y uniformes, con altitud variable entre 100 y 300 m.s.n.m. (Goic & Teuber, 1988).

Los suelos corresponden a planos depositacionales no glaciales formados por cenizas volcánicas andesíticas y basálticas, recientemente estratificadas sobre tobas o conglomerados volcánicos. Son de profundidad superior a un metro con buen drenaje y presencia de erosión de manto (Mella & Khüene, 1985).

El clima se caracteriza por presentar una precipitación promedio de 2.250 mm, con una alta concentración en el periodo de otoño e invierno. Carece de estación seca y la mayor amplitud térmica se verifica en el mes de enero (13,3°C) y la menor ocurre en julio con 6,9°C.

La vegetación original, formada por diversas especies del género *Nothofagus*, hoy se encuentra invadido por un matorral bajo formado por *Maytenus boaria* Molina., *Aristotelia chilensis* (Molina) Stuntz, *Chusquea quila* Kunth., entre otras. En áreas de desagregación, las praderas naturalizadas se encuentran formadas por diversas especies, entre las que destacan *Agrostis capillaris* Sibth., *Holcus lantus* L., *Anthoxantum odoratum* L., *Dactylis glomerata* L., *Plantago lanceolata* L., *Hypochoeris radicata* L., *Trifolium repens* L., *Lotus uliginosus* Schkuhr., entre otras (Figura 2.16).

La curva de producción de materia seca (Figura 2.17), indica que en la precordillera andina, el pastizal logra una producción superior a 10 toneladas MS/ha, concentrando su rendimiento en primavera (64%). La producción de invierno es reducida 5% y el otoño y verano aportan a la producción anual un total de 31% (Teuber, 2009).



Figura 2.16. Pastizal de buena condición de la precordillera de la Región de Los Lagos.

#### 2.6.2.4.- Ecosistema Ñadi

El ecosistema de Ñadi se ubica en la sección central de la zona templada, entre la Cordillera de la Costa y Los Andes, bajo la línea de los lagos. Abarca desde el paralelo 39° Latitud Sur y el 43° Latitud Sur, con una superficie de 424.907 hectáreas, de las cuales el 60,3% es utilizada en actividades agro-ganaderas. Corresponde a un pantano de temporada, formado por suelos planos de material fino y textura liviana (Andisol) de profundidad variable: 20 a 150 cm (Teuber, 1988).

En el perfil del suelo destaca la presencia de un harpan de hierro y aluminio, que se ubica entre el suelo de origen volcánico y el sustrato glacial o fluvio glacial subyacente (Díaz *et.al.*, 1958).

Las praderas presentan una baja productividad y se ubican entre mezclas con diversas especies de juncáceas cuya proporción varía entre 10% y 95%. Las plantas que forman las praderas son principalmente *Agrostis capillaris* Sibth., *Holcus lanatus* L., *Hypochoeris radicata* L., *Lotus uliginosus* Schkuhr., *Trifolium repens* L. y el nivel de rendimiento no supera las 6,0 toneladas MS/ha (Teuber, 1988). En condiciones de manejo de fertilización, mejoramiento de drenaje e incorporación de especies, el

rendimiento se incrementa a niveles que superan las 12 toneladas de materia seca por hectárea (Teuber, 2009).

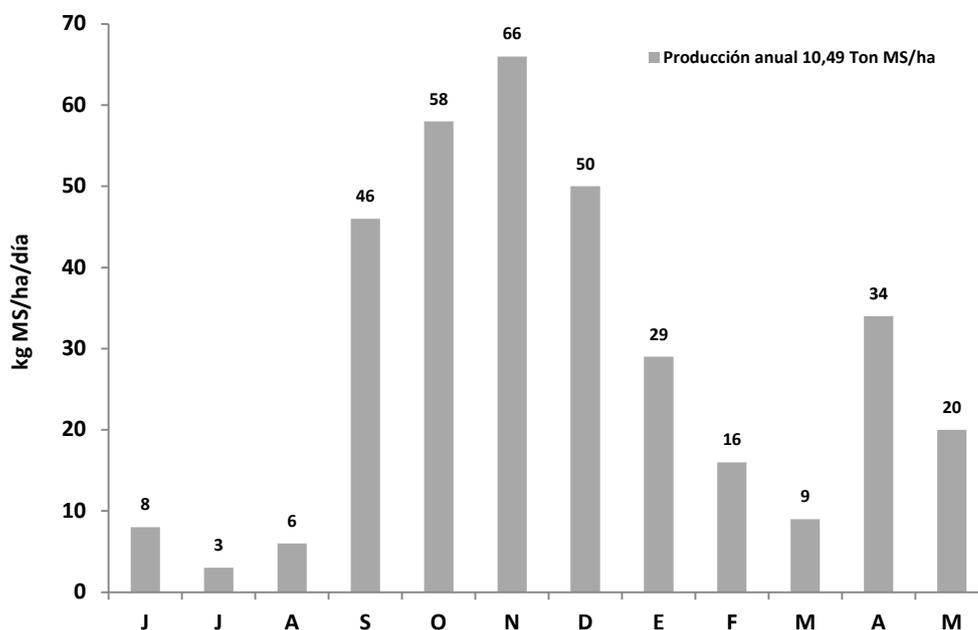


Figura 2.17. Curva de crecimiento (kg MS/ha/día) en precordillera andina de la Región de Los Lagos. Fuente: Adaptado de Teuber (2009).

Los ecosistemas de Ñadi han presentado en las últimas tres décadas una fuerte intervención antrópica. La necesidad de incrementar la superficie destinada a la producción ganadera ha inducido a los propietarios de estos terrenos a expandir su frontera e intervenir en forma total el ecosistema, donde el drenaje es una de las obras de ingeniería, absolutamente necesaria de elaborar, para permitir el desarrollo y persistencia de los pastizales introducidos. Estos terrenos, son cada vez más importantes en la zona templada y su intervención ha permitido desarrollar áreas de pastoreo y corte (Figura 2.18).

El desarrollo de los pastizales una vez eliminada la vegetación natural de este tipo de ecosistema, se sustenta sólo cuando se elaboran obras de drenaje adecuadas que permiten evacuar el exceso de agua que sobresatura el suelo especialmente en el periodo de mayo a septiembre. La habilitación de estos suelos, se basa en la disminución del exceso de agua en superficie y en el perfil del suelo, con el objetivo de mantener condiciones adecuadas de aireación y humedad, necesarias para el desarrollo de las actividades fisiológicas y de crecimiento de las raíces de las plantas.



Figura 2.18. Ecosistema de Ñadi intervenido para establecimiento de pasturas permanentes.

Los pastizales que se desarrollan en un suelo Ñadi, presentan una marcada estacionalidad con tasas de crecimiento inferiores a 5 kg MS/ha/día en los meses de invierno y superiores a 80 kg MS/ha/día en primavera (Figura 2.19). Una diferencia importante de este ecosistema, respecto a los antes descritos, es su producción de verano, periodo que hace una contribución a la producción anual, cercana al 30% (Torres *et al.*, 1992; Teuber, 2009).

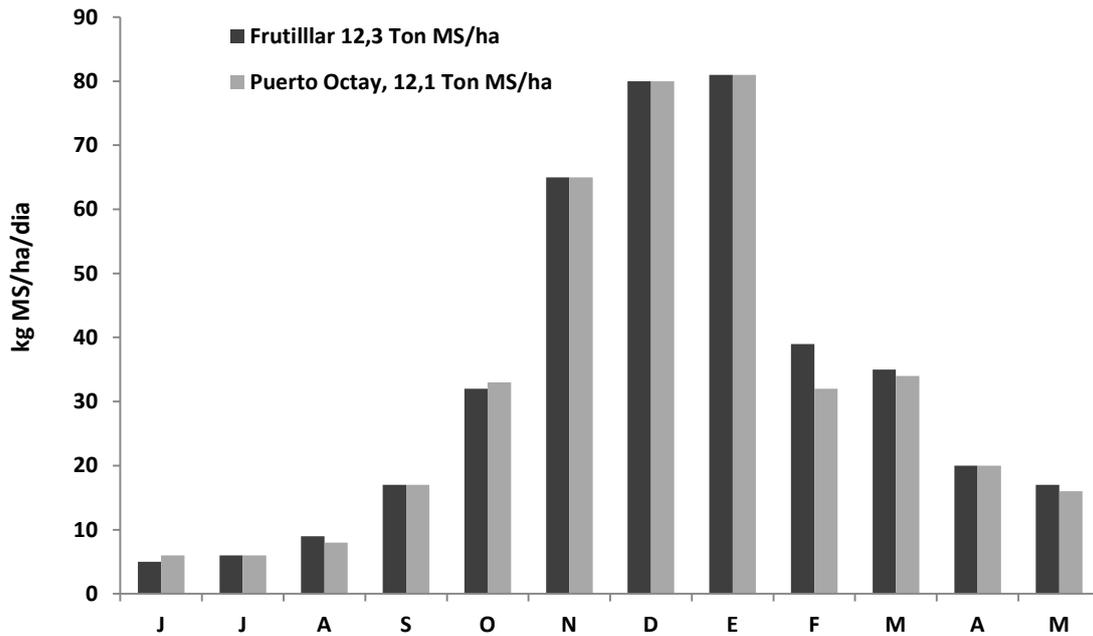


Figura 2.19. Curva de crecimiento (kg MS/ha/día) en dos suelos Ñadis de la zona templada. Región de Los Lagos. Fuente: Adaptado de Teuber (2009).

### 2.6.2.5.- Isla de Chiloé

El Archipiélago de Chiloé está ubicado al sur de Chile en la latitud 41°48' - 43°42' Sur y longitud 74°23'-72°56' Oeste. Su clima es templado y lluvioso. La corriente de Humboldt, que pasa cerca de sus costas, condiciona temperaturas más frías de lo que corresponde a su latitud, especialmente en el invierno.

Las praderas naturalizadas, están conformadas por la asociación de gramíneas *Agrostis capillaris* Sibth. - *Holcus lanatus* L., especies de hoja ancha *Hypochoeris radicata* L., *Plantago lanceolata* L., *Rumex acetocella* L. y *Dichondra repens* J.R.Forst. & G.Forst. (Segarra & Rayo, 1990), leguminosas dominada por *Lotus uliginosus* y la especie invasora *Ulex europaeus* L. que invade los suelos disminuyendo la superficie de pastoreo (Barría *et al.*, 2008).

La ganadería se desarrolla en un ambiente familiar de sobrevivencia, donde el grupo componente de la familia vive en el campo y desarrolla las labores relacionadas con la producción bovina de leche y carne ovina y bovina (Barría *et al.*, 2008; Díaz *et al.*, 2010).

Las condiciones de humedad de verano, permiten que estas praderas presenten un interesante rendimiento durante el periodo estival, con tasa de crecimiento de 10 kg MS/ha/día, lo que representa el 18% de la producción total del año (Figura 2.20).

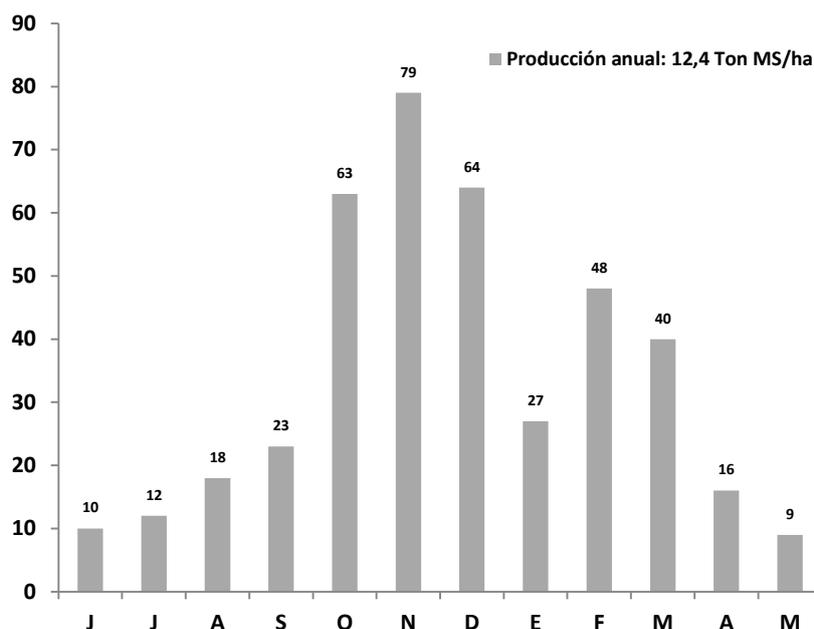


Figura 2.20. Curva de crecimiento (kg MS/ha/día) de pradera de la isla de Chiloé. Región de Los Lagos. Fuente: Adaptado de Teuber (2009).

## 2.7.- Pasturas de la Zona Templada

Las pasturas permanentes de la zona templada de Chile, corresponde a una comunidad vegetal polifítica donde dominan las especies *Lolium perenne* L. y *Trifolium repens* L. Ambas fueron introducidas en el periodo de colonización europea al país y presentaron un fuerte desarrollo con la incorporación de cultivares importados desde Nueva Zelanda desde fines de la década del 50 en el siglo pasado. Hoy estas especies son parte de la mayoría de las pasturas de la zona templada.

Las pasturas, formadas por especies exóticas, habitualmente son nombradas asociadas a un adjetivo calificativo, que considerada alguna característica de la pastura mencionada. Así de acuerdo a la composición las pasturas se califican como: artificiales, introducidas, sembradas, regeneradas, mixtas; según su longevidad: anuales, de rotación corta, rotación larga, resiembra anual, permanentes, perennes; según su ubicación: desérticas, templadas, húmedas, de precordillera, de cordillera, de sabanas, de dehesas, sub tropicales, marginales; según el acceso al agua: secano, riego, sub acuática, hidromórfica; según el suelo donde se desarrollan: ácidos, alcalinas, salinas, graníticas, rojo arcillosas, volcánicas, orgánicas; según el uso: pastoreo, corte, pastoreo y corte, suplementarias, uso invernal, uso estival; según la calidad: mala, buena, regular, excelente. Todas estas denominaciones están incluidas en el concepto de pastura que en Chile, en el léxico cotidiano no considera la denominación de pastura, sino el de pradera.

Las especies exóticas, que se introdujeron para generar pasturas permanentes, es posible considerarlas invasoras, dado que se han naturalizado y han sido capaces de generar descendencia en diferentes sitios del área (Daehler, 1998; Catford *et al.*, 2012), pero han carecido de agresividad dado que se ubican en una posición secundaria cuando son sometidas a diferentes condiciones de estrés: carencia de nutrientes, déficit hídrico o uso frecuente e intenso.

La degradación de las pasturas de *Lolium perenne* L. y *Trifolium repens* L., condujo a la necesidad de explorar otras opciones que fueran tolerantes a las condiciones de estrés que generaban esta pérdida de población y cobertura de las pasturas. Así se inició el uso y desarrollo de otras especies que estaban presentes en los pastizales pero que no se consideraban importantes en los sistemas más intensivos de producción ganadera. Las especies a las que se les concedió mayor importancia como opciones de reemplazo de *Lolium perenne* L., en áreas donde esta especie era débil y no podía competir con las especies naturales y naturalizadas fueron: *Festuca arundinacea* Schreb (Festuca), *Dactylis glomerata* L. (Pasto ovillo), *Bromus spp* (Bromo), *Phleum pretense* L. (Timothy), *Arrhenatherum elatius* (L.) P.Beauv. ex J.Presl & C.Presl (Fromental) y *Phalaris aquatica* L (Falaris).

### **2.7.1.-Principales Especies en la Zona Templada**

Las especies forrajeras de mayor importancia en la zona templada de Chile, son aquellas que poseen un ciclo permanente, entre las que destacan: *Lolium perenne* L., *Festuca arundinacea* Schreb, *Dactylis glomerata* L., *Bromus spp.*, *Trifolium repens* L., entre otras.

#### **2.7.1.1.- *Lolium perenne* L. (Ballica perenne)**

Es la especie exótica de uso forrajero más antigua en el país. Se introdujo desde Inglaterra a inicio del siglo XIX, a través de semillas presente en la paja de un cargamento de loza fina proveniente de dicho país. La semilla se multiplicó en forma rápida y se establecieron las primeras pasturas en el Valle del Aconcagua en la localidad de Ocoa (32° 55'LS y 71° 12'LO), donde su expansión en estos más de 120 años fue relativamente rápida a toda el área mediterránea y templada de Chile (Águila, 1997).

Esta especie exótica se ha naturalizado en diversas zonas de la región templada de Chile, y su ubicuidad es extensa, dado que se encuentra en la alta montaña la de la Cordillera de Los Andes, planicies próximas al mar, áreas de secano y riego de la zona mediterráneo, sectores de riego de todos los valles transversales, áreas de cultivos de cereales y en toda la zona templada. Ha logrado sobrevivir a condiciones extremas, desarrollando incluso mecanismos de resistencia a herbicidas gramínicidas de uso

habitual en cultivo de cereales, constituyéndose en una maleza difícil de erradicar (Dekker & Duke, 1995; Devine & Shukla, 2000; Yanniccari *et al.*, 2012).

Se trata de una planta perenne, con hojas glabras y envés brillante. Su hábito de crecimiento es achaparrado, que se caracteriza por presentar alta densidad de macollos, bajo condiciones de adecuada fertilidad de suelos y buen manejo de pastoreo. Existen ecotipos y cultivares que presentan diferente arquitectura, lo que permite observar en el campo una amplia gama de formas y colores. Las hojas son abundantes y plegadas en forma de V, de tamaño variable entre 4 y 30 centímetros, con aurículas pequeñas y lígula glabra, membranosa y transparente, de 2 mm de largo. La inflorescencia es erecta, en forma de espiga, con espiguillas sésiles dispuestas en posición alternante a lo largo del tallo, que genera una forma ondulada. Las espigas son rectas o ligeramente dobladas, delgadas, aplastadas, de tamaño variable (4 a 30 cm), color verde purpura y raquis suave. Se diferencia de otras especies de *Lolium*, por la falta de barbas en las espiguillas (Langer, 1981; Guillet, 1984; Muslera & Ratera, 1991; Lambrechtsen, 1992; Carambula, 1997).

El rendimiento de la pastura está determinado por la zona agroecológica, nivel de fertilidad del suelo, nutrición de las plantas y manejo de pastoreo. Bajo condiciones de adecuada nutrición, la pastura puede alcanzar en forma estable un nivel de rendimiento superior a 16 toneladas de materia seca por hectárea. El crecimiento se concentra en primavera con más de 60% de la producción anual y durante el invierno el rendimiento fluctúa entre 1.400 y 2.000 kilos de materia seca por hectárea (Demanet, 2014).

La definición del o de los cultivares que se van a utilizar en el proceso de establecimiento de una pastura de ballica perenne hoy constituye una decisión de alta complejidad, dado que en el mercado mundial existe una amplia oferta de cultivares que se diferencian según ploidía, precocidad, presencia de endófito, contenido de carbohidratos solubles y tolerancia a royas. Entre estos cultivares también existen diferencias en arquitectura, tolerancia a pisoteo, palatabilidad, eficiencia de uso de nitrógeno, tolerancia a la acidez del suelo y contenido de aluminio (Demanet, 2014)

El primer cultivar de *Lolium perenne* L. desarrollado en Chile se generó en la década de los 50, a partir de una selección de ecotipos del material original ingresado al país desde Inglaterra. Su multiplicación se realizó en la provincia de Ñuble, en un sector cercano a la ciudad de Chillán (36° 36'LS; 72° 06'LO), y que se distribuyó y comercializó como Santa Elvira, nombre del potrero en el que estuvo en multiplicación durante largo tiempo en la Estación Experimental Quilamapu del Instituto de Investigaciones Agropecuarias, dependiente del Ministerio de Agricultura (Águila, 1997). Su distribución fue masiva y amplia, abarcando todos los sectores de producción ganadero del país. En el mercado nacional ha permanecido como cultivar desde hace

más de 50 años y aún es requerida por los productores de las zonas de secano de precordillera de la zona norte del área templada de Chile (Demanet, 1994).

En Chile la oferta de cultivares es variada y responde a las necesidades de un mercado altamente exigente y que requiere opciones diferentes para las diversas condiciones de suelo y manejo que se desarrollan en la zona templada. Entre los años 1990 y 2010 la oferta de cultivares se incrementó en un número de 4 a 36 cultivares, los cuales en su mayoría provienen de Nueva Zelanda (61%) (Tabla 2.14).

**Tabla 2.14. Origen de los cultivares de *Lolium perenne* L. comercializados en Chile.**

País	N°	%
Argentina	1	3
Europa	1	3
Estados Unidos	12	33
Nueva Zelanda	22	61
<b>Total</b>	<b>36</b>	<b>100</b>

Fuente: Adaptado de Demanet (2014)

Los elementos diferenciadores entre cultivares utilizados para elaborar la Tabla 2.16 son: ploidía, presencia de hongos endófitos y precocidad.

La mayor oferta de cultivares de ballica perenne diploide está relacionada con el incremento de los sistemas pastoriles de alta carga animal. Las plantas diploides presentan hojas finas, crecimiento achaparrado y alta densidad de macollos, características que permiten desarrollar programas de pastoreo intenso sin generar pérdidas importantes en el tapiz vegetal.

En relación a los endófitos (*Neotyphodium lolii*), existe una abundante oferta de cultivares con endófitos modificados sin *lolinas*. La importancia de este hongo, como agente de control biológico, está relacionada con la necesidad protección al ataque del gorgojo argentino barrenador del tallo de las ballicas (*Listronotus bonariensis* (Kuschel), que puede generar pérdidas severas de plantas y macollos en pasturas de ballica.

La floración se ha convertido en las últimas décadas en un parámetro fundamental para la elección de cultivares de ballica en la zona templada. Los sistemas de producción de leche estacional y la concentración de pariciones de invierno en ganado de carne, demanda de cultivares que presenten un importante crecimiento a partir del mes de agosto. Esta demanda puede ser satisfecha con el uso de cultivares precoces e intermedios (Tabla 2.15).

Por otra parte, los sistemas de producción de leche estabulados y semi estabulados, además de los programas de engorda de ganado de carne en pastoreo, fueron los causante del ingreso de cultivares de floración tardío, que mantiene la calidad bromatológica y palatabilidad del forraje durante primavera y parte del verano, debido

a la carencia de plantas espigadas y mantenimiento del estado vegetativo de las plantas.

**Tabla 2.15. Elementos diferenciadores entre cultivares de *Lolium perenne* L. comercializados en Chile**

Parámetro	N° Cultivares	%
<b>Ploidía</b>		
Diploide	26	72
Tetraploide	10	28
<b>Presencia de endófitos</b>		
Sin endófito	13	36
Endófito variable	3	8
Con endófito	20	56
<b>Floración</b>		
Precoz	13	36
Intermedia	14	39
Tardía	9	25

Fuente: Adaptado de Demanet (2014)

En 20 años se evaluaron 100 cultivares de *Lolium perenne* L. en las Estaciones Experimentales Maipo, Las Encinas y Maquehue todas ubicadas en un Andisol de Temuco. Los datos obtenidos en dichas evaluaciones fueron analizados estadísticamente, a través de un diseño de bloques divididos parcialmente balanceados, con celdas vacías en las subclases y los resultados que presentaron diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ), fueron analizados mediante la Prueba de Comparación Múltiple de Tukey, a un nivel de 5 %. Además se elaboró un ranking el ranking BLUP (*Best Linear Unbiased Prediction*), el cual agrupo a los factores en tres categorías alto, medio y bajo, a través de la comparación con el promedio de las evaluaciones.

La información obtenida se analizó en dos aspectos principales: diferencias entre años y cultivares. La diferencia entre años tuvo por objetivo ver la frecuencia con la cual se repiten los resultados a través del tiempo y la diferencia entre cultivares, determinar el nivel de similitud que existe entre los cultivares evaluados y definir el potencial productivo de estos cultivares en la zona templada.

Al comparar las medias de los 20 años, fue el año 2004 el que produjo el mayor rendimiento, significativamente diferente al resto de los años con un valor de 14,98 toneladas MS/ha (Tabla 2.16). La menor producción fue registrada el año 1994, con 9,63 toneladas MS/ha, valor estadísticamente similar a 10 de los otros años (10) (Tabla 2.16).

Al agrupar los años según el promedio general, los rendimientos anuales se compararon a partir del ranking elaborado con el ranking BLUP, generando grupos de alta, media y baja producción. Esto determinó que un grupo de 14 años fueron

estadísticamente similares y no presentaron diferencias entre sí con un promedio de producción de 11,09 toneladas MS/ha. Tres años presentaron rendimientos significativamente inferiores con 9,90 toneladas MS/ha, los cuales fueron clasificados como bajos, mientras que tres años registraron valores significativamente superiores con un promedio de 13,72 toneladas MS/ha, clasificado como de alta producción (Tabla 2.17.)

**Tabla 2.16. Rendimiento promedio anual de *Lolium perenne* L. en el secano de la zona templada de Chile. Periodo 1993 – 2012.**

Año	toneladas MS/ha
2004	14,98 A
2002	13,92 B
2006	12,27 C
2011	11,91 Cde
1997	11,71 Cde
2003	11,43 Cdefg
2008	11,39 Cdefgh
2005	11,28 Cdefgh
2001	11,12 Defgh
2012	11,06 Defghij
1998	11,02 Fghij
1995	11,00 Fghij
2010	10,88 Ghij
2000	10,84 Ghij
1999	10,63 Hij
2009	10,62 Hij
2007	10,37 Hij
1996	10,06 Ij
1993	10,03 Ij
1994	9,63 J

Cifras con distintas letras son diferentes según Prueba de Tukey ( $p > 0,05$ )

Coefficiente de variación: 11,5%

De acuerdo a estos antecedentes, es posible predecir que en el 70% de los años se va a presentar una producción similar a la media, 15% se ubicaran sobre el promedio mientras que otro 15% se ubicará bajo el valor esperado. Esta información es relevante, dado que en condiciones de la zona templada, existe una alta probabilidad (85%) de que se logre el rendimiento esperado, ya que solo en un 15% de los años la producción fue inferior.

Del análisis de los cultivares se desprende que de los 100 cultivares medidos en 20 años, Banquet II, presentó el mayor rendimiento con 14,48 toneladas MS/ha, valor similar a otros 35 cultivares (Tabla 2.18).

**Tabla 2.17. Rendimiento de *Lolium perenne* L. clasificado por años, según el ranking BLUP (*Best Linear Unbiased Prediction*), en el secano del área templada de Chile. Periodo 1993 – 2012.**

Nivel de producción	N° Años	toneladas MS/ha			Significancia de BLUP
		Promedio	Máximo	Mínimo	
Alta	3	13,72	14,98	12,27	$P \leq 0.05$
Media	14	11,09	11,91	10,37	$P > 0.05$
Baja	3	9,90	10,06	9,63	$P \leq 0.05$
<b>Total</b>	<b>20</b>				

Los resultados de la comparación de los cultivares realizada a través del ranking BLUP, evidenció que 64 cultivares de *Lolium perenne* L., presentaron una producción media significativamente diferente a 19 cultivares que registraron una producción alta (12,77 toneladas MS/ha) y 17 cultivares con producción baja (10,08 toneladas MS/ha). Esto significó que el 83% de los cultivares posee un comportamiento igual o superior a la media y sólo un 17% de los cultivares evaluados se ubicó bajo el nivel mínimo aceptable para la zona templada (Tabla 2.19).

Las producciones logradas en este periodo de 20 años con 100 cultivares de *Lolium perenne* L., fueron similares a las encontradas por Fuentealba (1998), Gómez (2001), Pérez (2000) y Meza (2009) , con esta especie en las similares condiciones de suelo y clima.

El mejoramiento genético de la especie y el desarrollo de programas de nutrición vegetal balanceados, bajo las condiciones de la zona templada, permitieron la expresión del rendimiento de esta especie, logrando rendimientos similares e incluso superiores a los reportados por Stewart *et al.* (2014) en Nueva Zelanda, sin embargo, son inferiores al potencial productivo que Thom (2000) menciona para esta especie: 22 a 24 toneladas MS/ha.

**Tabla 2.18. Rendimiento promedio 100 cultivares de *Lolium perenne* L. en el secano del área templada de Chile. Temuco. Periodo 1993 – 2012.**

Cultivar	toneladas MS/ha	Cultivar	toneladas MS/ha
Banquet II	14,48 a	Vista	11,22 cdefghijklm
Bealey	13,88 ab	Quartet	11,19 cdefghijklm
NZA 891	13,30 abcd	Alto	11,19 cdefghijklm
Impact	13,02 abcde	Belramo	11,18 cdefghijklm
HE 48-1	13,01 abcde	Colorado	11,13 cdefghijklm
AGRLP 114	12,89 abcdfgh	Husky	11,11 cdefghijklm
NZA 924	12,84 abcdfgh	LP 147	11,09 cdefghijklm
KLP 507	12,82 abcdfgh	One 50	11,08 cdefghijklm
NZA 892	12,70 abcdfgh	Sampo	11,07 cdefghijklm
Banquet I	12,70 abcdfgh	Labrador	11,05 cdefghijklm
Bronsyn	12,68 abcdfgh	Mongita	11,02 cdefghijklm
Kingston	12,49 abcdfgh	Solo	10,96 cdefghijklm
Cannon	12,45 abcdfghi	Spira	10,93 cdefghijklm
LP 149	12,32 abcdfghi	Sisu	10,91 cdefghijklm
NZA 894	12,29 abcdfghi	Amarillo	10,86 cdefghijklm
Yatsyn 1	12,27 abcdfghij	DP 8414	10,85 cdefghijklm
NZA 925	12,23 abcdfghij	Napoleón	10,84 cdefghijklm
Laguna	12,21 abcdfghij	Tetramax	10,84 cdefghijklm
Formax	12,10 abcdfghij	Tivoli	10,82 cdefghijklm
Kerval	12,06 abcdefghijkl	Vital	10,80 cdefghijklm
Trojan	11,96 abcdefghijklm	Meba	10,77 cdefghijklm
Ideal	11,94 abcdefghijklm	Anduril	10,74 cdefghijklm
Proton	11,93 abcdefghijklm	Marylin	10,73 cdefghijklm
Herbie	11,76 abcdefghijklm	Tolosa	10,73 cdefghijklm
Ellet	11,75 abcdefghijklm	Pimpernel	10,68 cdefghijklm
Marathon plus	11,74 abcdefghijklm	Lasso	10,65 cdefghijklm
Respect	11,72 abcdefghijklm	Pomposo	10,58 cdefghijklm
Captain	11,68 abcdefghijklm	PG 1113	10,56 cdefghijklm
Anita HE	11,64 abcdefghijklm	Canasta	10,54 cdefghijklm
LP 150	11,63 abcdefghijklm	Revielle	10,49 cdefghijklm
Samson	11,62 abcdefghijklm	PG - 86	10,49 cdefghijklm
Clermont	11,62 abcdefghijklm	Derramage	10,47 cdefghijklm
Pandora	11,62 abcdefghijklm	PG - 101	10,46 cdefghijklm
Elgon	11,61 abcdefghijklm	Anita LE	10,43 defghijklm
Marathon HE	11,60 abcdefghijklm	Duet	10,42 defghijklm
Commando	11,59 abcdefghijklm	Expo	10,39 efghijklm
Moy	11,59 bcdefghijklm	Borvi	10,37 efghijklm
Supreme	11,58 bcdefghijklm	DP 84478	10,35 efghijklm
Vedette	11,50 cdefghijklm	Gwendal	10,25 efghijklm
Nevis	11,50 cdefghijklm	Aubisque	10,22 efghijklm
PG - 85	11,47 cdefghijklm	Cheops	10,09 efghijklm
Nui	11,41 cdefghijklm	Trani	10,06 efghijklm
Meridian	11,40 cdefghijklm	LP - 92109	10,05 efghijklm
Jumbo	11,39 cdefghijklm	Impala	10,04 efghijklm
Anita	11,36 cdefghijklm	Monet	10,01 efghijklm
Quartet II	11,30 cdefghijklm	Rosaline	9,88 fghijklm
Aries	11,29 cdefghijklm	Luna	9,81 ijklm
Extreme	11,27 cdefghijklm	Fetione	9,76 ijklm
Marathon	11,26 cdefghijklm	Pastoral	9,73 ijklm
LP 163	11,25 cdefghijklm	KLP 947	9,46 lm

Cifras con distintas letras son diferentes según Prueba de Tukey ( $p > 0,05$ )

Coefficiente de variación: 11,4%

**Tabla 2.19. Clasificación de cultivares según nivel de rendimiento de *Lolium perenne* L., según el ranking BLUP (*Best Linear Unbiased Prediction*), en el secano del área templada de Chile. Periodo 1993 – 2012.**

Nivel de producción	N° Cultivares	toneladas MS/ha			Significancia de BLUP
		Promedio	Máximo	Mínimo	
Alta	19	12,77	14,48	12,10	$P \leq 0.05$
Media	64	11,20	12,06	10,46	$P > 0.05$
Baja	17	10,08	10,43	9,46	$P \leq 0.05$
<b>Total</b>	<b>100</b>				

A partir del año 1994 hasta el 2010 se realizaron estudios con mezclas de cultivares de *Lolium perenne* L. con el objetivo de definir el efecto sinérgico que podrían tener estas mezclas en la producción y persistencia de las pasturas. Los resultados logrados fueron concordantes con la información generada en Irlanda por Gilliland *et al.* (2011), donde se encontró que la mezcla de cultivares reduce el rendimiento total pero aumenta la estabilidad de la pastura, respecto al establecimiento de los componentes separados. Estos estudios muestran que en el desarrollo de una mezcla es determinante la elección correcta de sus componentes, dado que cultivares muy agresivos dominan las primeras etapas de crecimiento y reducen la posibilidad de participación de los componentes más persistentes (Donald, 1963; Woodford, 1966; McBratney, 1978; Culleton *et al.*, 1986).

**Tabla 2.20. Rendimiento promedio anual de mezclas de cultivares de *Lolium perenne* L. en el secano de la zona templada de Chile. Periodo 1994 – 2010.**

Año	toneladas MS/ha
2004	16,96 a
2002	14,75 b
1995	13,44 bc
2001	13,04 cd
2005	12,23 cde
2003	12,08 cde
2008	11,93 cdef
2009	11,17 cdefg
2006	11,17 efg
2000	11,06 efg
1996	10,96 efg
2010	10,87 efg
1999	10,31 fg
1994	10,17 fg
2007	7,95 g

Cifras con distintas letras son diferentes según Prueba de Tukey ( $p > 0,05$ )

Coficiente de variación: 14,07%

En el año 2004 se obtuvo la mayor producción promedio de cultivares, con 16,96 toneladas MS/ha, significativamente diferente al resto de los años (Tabla 2.20). Al agrupar los años de evaluación y someterlos al ranking BLUP, se obtuvo que a través de los años se puede generar un rendimiento aceptable (medio y alto) con una probabilidad de 86,7%. La ocurrencia de un año con bajo nivel productivo sólo se puede generar con una probabilidad de 13,3%, que significa que la producción será inferior a 10 toneladas MS/ha (Tabla 2.21).

Esta probabilidad fue evaluada a partir de los resultados obtenidos en esta investigación donde, durante en 11 años, de un total de 15 (73,3%), se registraron producciones consideradas de nivel medio que corresponde a una producción aceptable, esto es, 11,66 toneladas MS/ha. En sólo cuatro años (26,7%) el rendimiento de las mezclas de cultivares de *Lolium perenne* L., se escapa de la media, en dos años se logra una producción superior a la media y en dos años el nivel de producción fue considerado bajo (Tabla 2.21).

**Tabla 2.21. Rendimiento de mezclas de *Lolium perenne* L. clasificado por años, según el ranking BLUP (*Best Linear Unbiased Prediction*), en el secano del área templada de Chile. Periodo 1994 – 2010.**

Nivel de producción	N° Años	toneladas MS/ha			Significancia de BLUP
		Promedio	Máximo	Mínimo	
Alta	2	15,86	16,96	14,75	$P \leq 0.05$
Media	11	11,66	13,44	10,31	$P > 0.05$
Baja	2	9,06	10,17	7,95	$P \leq 0.05$
<b>Total</b>	<b>15</b>				

La mezcla de cultivares que produjo el mayor rendimiento en los 15 años de medición, fue la constituida por 50% Aries + 50% Quartet, aun que estadísticamente fue similar a 38 mezclas. Estos valores se encuentra dentro de las producciones medias, de los componentes separados (Tabla 2.22) lo cual significa que los resultados obtenidos en esta investigación concuerdan con los encontrados por Gilliland *et al.* (2011) y son similares a los logrados por Trenbath (1974).

En relación a las mezclas de cultivares de *Lolium perenne* L., el ranking permitió predecir que de 46 opciones evaluadas, 31 se ubicaron en un nivel medio de producción (67,3%) y siete mezclas se ubicaron sobre la media generando un grupo de alta producción, mientras que ocho mezclas no lograron una producción aceptable, esto es tuvieron un rendimiento inferior a 10,5 toneladas MS/ha (Tabla 2.23).

La información obtenida en esta investigación permite deducir que las mezclas de cultivares de *Lolium perenne* L. son estables en el tiempo y logran mantener un nivel de rendimiento a través de los años, independiente de la humedad, temperatura y

radiación que se presenten en el área, tal como se había sugerido previamente (McBratney, 1978).

**Tabla 2.22. Rendimiento promedio 46 mezclas de cultivares de *Lolium perenne* L. en el secano del área templada de Chile. Temuco. Periodo 1994 – 2010.**

Mezclas de Ballicas perennes	toneladas MS/ha
50% Aries + 50% Quartet	13,88 a
50% Quartet + 50% Pastoral	13,75 a
30% Aries + 35% Quartet + 35% Pastoral	13,57 ab
Kingston 70% + Calibra 30%	13,57 abc
50% Quartet + 50% Gwendal	13,54 abc
50% Elgon + 50% HE 48-1	13,49 abc
50% Elgon + 50% Marylin	13,45 abc
Kingston 50% + Impresario 50%	13,41 abcd
Kingston 30% + Calibra 70%	13,37 abcd
30% Aries + 35% Quartet + 35% Gwendal	13,32 abcd
50% HE 48-1 + 50% Molisto	13,27 abcd
25% Aries + 25% Quartet + 25% Gwendal + 25% Pastoral	13,23 abcd
50% Elgon + 50% Captain	13,23 abcd
50% Proton + 50% Molisto	13,18 abcd
50% Elgon + 50% Molisto	13,12 abcd
Pastoral + Banquet	13,11 abcdef
50% Elgon + 50% Laguna	13,10 abcdef
Foxtrot 30% + Calibra 70%	13,07 abcdef
30% Maverick + 40% Aries + 30% Quartet	13,04 abcdef
Foxtrot 70% + Calibra 30%	13,01 abcdef
50% Elgon + 50% Belramo	12,98 abcdef
50% Elgon + 50% Herbie	12,81 abcdef
50% Aries + 50% Maverick	12,80 abcdef
Kerval + Quartet	12,71 abcdef
50% Elgon + 50% Mongita	12,71 abcdef
66% Reveille + 33% Sambin	12,48 abcdef
Pastoral + Quartet	12,45 abcdef
Kerval + Banquet	12,23 abcdef
66% Fantoom + 33% Reveille	11,75 abcdef
50% Reveille + 50% Sambin	11,68 abcdef
66% Revielle + 33% Fantoon	11,56 abcdef
66% Reveille + 33% Gallico	11,49 abcdef
50% Anaconda+50% Sambin	11,48 abcdef
50% Rosalin + 50% Gallico	11,34 abcdefg
Cannon + Kingston	11,32 abcdefg
66% Revielle + 33 % Francés	11,31 abcdefg
50% Anaconda+50% Gallico	11,07 abcdefg
50% Rosalin + 50% Sambin	11,07 abcdefg
50% Elgon + 50% Esmeralda	10,85 abcdefg
50% Rosalin + 50% HE 4999	10,23 bcdefg
50% LP 4754 + 50% Esmeralda	9,87 cdefg
50% Rosalin + 50% Esmeralda	9,86 cdefg
50% Elgon + 50% HE 4999	9,79 defg
60% Elgon + 40% Sambin	9,53 efg
50% Elgon + 50% Rosalin	9,43 fg
Sugar Mix (Foxtrot + Calibra)	8,46 g

Cifras con distintas letras son diferentes según Prueba de Tukey ( $p > 0,05$ )

Coficiente de variación: 16,39%

**Tabla 2.23. Clasificación de mezclas de cultivares de *Lolium perenne* L., de acuerdo con el nivel de rendimiento, según el ranking BLUP (*Best Linear Unbiased Prediction*), en el secano del área templada de Chile. Periodo 1994 – 2010.**

Nivel de producción	N° Cultivares	toneladas MS/ha			Significancia de BLUP
		Promedio	Máximo	Mínimo	
Alta	7	13,61	13,88	13,45	P ≤ 0.05
Media	31	12,47	13,41	11,07	P > 0.05
Baja	8	9,75	10,85	8,46	P ≤ 0.05
<b>Total</b>	<b>46</b>				

Es importante considerar que la expresión real del rendimiento de las pasturas de *Lolium perenne* L. es una consecuencia multifactorial, en cuanto a mejoramiento genético, la protección que hacen los endófitos a los ataques de insectos, establecimiento en suelos con corrección de fertilidad (pH, saturación de aluminio, fósforo y suma de bases), aplicación de normas de uso correctas (frecuencia e intensidad) y nutrición balanceada. Sin embargo, en el logro de la expresión del potencial de producción, un factor determinante, es el control de la temperatura y humedad del suelo, que según Rawnsley *et al.* (2007) son la clave para maximizar la producción y persistencia de las pasturas, más aun si se cumple con los requerimientos de luminosidad (Clark *et al.*, 2001).

### **2.7.1.2.- *Festuca arundinacea* Schreber (*Festuca*)**

Gramínea perenne, de crecimiento erecto, posee un sistema radical fibroso y profundizador. Sus tallos, no abundantes, pueden llegar hasta un metro de altura, dependiendo de la fertilidad del suelo. Sus hojas nacen de la base de la planta y son abundantes, de color verde oscuro. Posee aurículas prominentes y ciliadas en el margen. Su inflorescencia es una panícula, la que produce gran cantidad de semillas (Gillet, 1984; Demanet, 2009).

Es de lento establecimiento, pero una vez establecida forma praderas densas y persistentes. Se adapta a una amplia gama de climas y suelos, soportando situaciones de mal drenaje, así como de sequías prolongadas. Es altamente sensible a la acidez, situación que impide su normal desarrollo en suelos de pH ácido y alta saturación de aluminio. Posee rapidez de rebrote lo que permite realizar pastoreos intensos y frecuentes que aseguran una buena calidad de forraje y evita la selección por parte de los animales. Los nuevos cultivares producen hojas suaves con mayor palatabilidad y valor nutritivo (Demanet, 2008; Demanet, 2009).

Se reconocen dos grandes grupos de festucas basados en el crecimiento estacional. El grupo de verano activo, denominadas de tipo Continental, contiene cultivares de crecimiento activo y vigoroso en verano y escaso crecimiento en invierno. El otro grupo, corresponde a las festucas de tipo Mediterráneo, que contiene cultivares con

poco crecimiento de verano e importante producción en invierno, las cuales son adaptadas para condiciones de verano seco y su uso es muy limitado en las zonas templadas del mundo (Stewart *et al.*, 2014).

En el mundo existe una alta oferta de cultivares de esta especie de diferentes orígenes, Nueva Zelanda, Australia, Estados Unidos, Holanda y Dinamarca. Los cultivares que se comercializan en Chile provienen, principalmente, de Nueva Zelanda y Dinamarca y las características por las cuales se seleccionan son la suavidad de sus hojas, palatabilidad, producción y carencia de hongo endófito (*Neotyphodium coenophialum*) (Demanet, 2008; Demanet, 2009). Todos los cultivares comercializados en Chile son de tipo Continental (Demanet, 2014)

La presencia del hongo deuteromiceto *Neotyphodium coenophialum* (*syn. Acremonium coenophialum*) (Glenn *et al.*, 1996; Morgan-Jones & Gams, 1982) en las plantas no genera síntomas ni trastornos en el ciclo de vida de *Festuca arundinacea* Schreb., pero en los animales que la consumen, en condiciones de sequía y alta temperatura, puede causar toxicosis (festucosis). En bovinos la presencia de toxinas generadas por el hongo (ergovalina) genera incremento de la temperatura corporal, inapetencia, aspereza y pérdida de brillo del pelo, aborto, gangrenas en extremidades, orejas y cola y reducción de la ganancia diaria de peso (Bacon *et al.*, 1977; Bacon *et al.*, 1986; Paterson *et al.*, 1995).

Este hongo de ciclo endofítico, se trasmite verticalmente por las semillas, por tanto la presencia del endófito y sus toxinas en las plantas es sólo posible cuando esta especie fue sembrada o naturalmente resemebrada con semillas infectadas con el hongo (Hill *et al.*, 1998). Esta simbiosis mutualista entre la planta y el hongo, le permite a *Festuca arundinacea* Schreb., lograr una mayor tolerancia a la sequía (Arachevaleta *et al.*, 1989) e incremento en el número de macollos y producción de forraje (Hill *et al.*, 1990). Todos las semillas comercializadas son carentes de endófito y los hay de floración precoz e intermedia y crecimiento activo y dormante de verano (Demanet, 2014).

*Festuca arundinacea* Schreb. es una especie que permite la asociación con otras especies dependiendo de la ubicación y uso, generando pasturas polifíticas de duración superior a 50 años de persistencia. En sectores de suelos hidromórficos se asocia con *Lolium perenne* L., mientras que en áreas con periodos prolongados de sequía se utiliza la asociación con *Dactylis glomerata* L. y *Bromus stamineus* Desv. (Demanet, 2009).

Esta especie es de alta versatilidad y es capaz de soportar periodos prolongados de déficit hídrico de inundación temporal (Stewart *et al.*, 2014), pero su persistencia disminuye en forma drástica en suelos ácidos: pH bajo 5,8 y porcentaje saturación de Al superior al 4% (Demanet, 2014). El uso de insecticidas al establecimiento, genera un

ambiente propicio para el desarrollo inicial de las plantas, pero su efecto es efímero y no protege a la pastura de ataques futuros de *Listronotus bonariensis* (Kuschel). La severidad del daño de este insecto en *Festuca arundinacea* Schreb., es inferior al generado por el insecto en *Lolium perenne* L. (Charlton *et al.*, 1986).

**Tabla 2.24. Características de los cultivares de *Festuca arundinacea* Schreb. disponibles en Chile.**

Parámetro	N°
<b>Origen</b>	
Argentina	1
Estados Unidos	1
Europa	4
Nueva Zelanda	3
<b>Presencia de endófitos</b>	
Sin endófito	10
Con Endófito	0
<b>Floración</b>	
Precoz	3
Intermedia	7
<b>Crecimiento</b>	
Activo de verano	7
Dormante de Verano	3

Fuente: Adaptado de Demanet (2014).

*Festuca arundinacea* Schreb. es una especie cuya arquitectura se adapta al pastoreo, sin embargo, en algunas ocasiones especiales puede ser utilizada para la conservación de forraje, principalmente, ensilaje (Demanet, 2009).

El rendimiento de la pastura está determinado por el nivel de fertilidad del suelo, nutrición de las plantas, manejo de pastoreo y corrección de acidez. Bajo condiciones de adecuada nutrición, la pastura de *Festuca arundinacea* Schreb., puede alcanzar en forma estable un nivel de rendimiento superior a 14 toneladas de materia seca por hectárea. El crecimiento se concentra en primavera con más del 60% de la producción anual y durante el invierno el rendimiento fluctúa entre 1.000 y 1.500 kilos de materia seca por hectárea (Demanet, 2014).

Aun cuando a nivel experimental *Festuca arundinacea* Schreb. ha generado buenos resultados, su utilización en Chile aun es reducida, producto del bajo aprecio que existe de esta especie, y producto de la falta de conocimiento en su manejo y establecimiento. Los cultivares de floración precoz e intermedia, generan un acelerado proceso de maduración del forraje en primavera, que debe ser controlado a través de pastoreos frecuentes e intensos, situación que no favorece la producción individual de leche de las vacas (Milne *et al.*, 1997).

Al comparar *Festuca arundinacea* Schreb. con *Lolium perenne* L. se aprecia que la primera especie es mejor opción para áreas con déficit hídrico prolongado dado que es

más tolerante a temperaturas altas (Reed, 1966) y a la sequía (Garwood *et al.*, 1979). McCallum *et al.* (1992) y Thomson *et al.* (1988) demostraron que *Festuca arundinacea* Schreb. genera una mayor producción de materia seca en condiciones de secano que *Lolium perenne* L. y además, es más tolerante a la utilización bajo corte. En relación al uso del agua, Martin *et al.* (2008) mostraron que *Festuca arundinacea* Schreb. es más eficiente y logra generar más producción a igual disponibilidad de agua en el suelo.

Las limitaciones de *Festuca arundinacea* Schreb. están relacionadas con la velocidad de emergencia y desarrollo inicial de la pastura y gestión de pastoreo (Easton *et al.*, 1994), factores que han restringido su inclusión en sistema de producción de leche bovina (Muslera & Ratera, 1991; Milne *et al.*, 1997).

En el periodo 1993 - 2012, se midió el rendimiento anual de 32 cultivares de *Festuca arundinacea* Schreb. El año 2011 presentó el mayor rendimiento, aunque significativamente similar a los años 2012 y 2004 (Tabla 2.25). Al agrupar los años de acuerdo al ranking BLUP fue posible determinar que cuatro años presentaron un nivel de producción alto (21%), 11 años una producción media (57%) y cuatro años un rendimiento considerado bajo, pero que para las condiciones de la región templada fueron muy bajos, dado que se logra un promedio de producción inferior a 6 toneladas MS/ha (Tabla 2.26).

Los 32 cultivares medidos en 19 años de evaluación presentaron valores de rendimiento muy heterogéneos con un máximo de 12,49 toneladas MS/ha (Au Triumph) y mínimo 4,34 toneladas MS/ha (Kora) (Tabla 2,27). Nueve cultivares presentaron una producción anual similar al cultivar Au Triumph y 17 al cultivar de menor rendimiento Kora.

A través de la aplicación del ranking BLUP fue posible agrupar los cultivares de acuerdo a su nivel de rendimiento, valor que permite predecir qué número de cultivares y cuáles van a tener una alta repetitividad de su producción a través del tiempo. El 12,5% de los cultivares evaluados presentaron un rendimiento significativamente superior a la media, 62,5% de los cultivares una producción media, con rendimiento promedio de 8,49 toneladas MS/ha y 25% una muy baja producción 5,64 toneladas MS/ha (Tabla 2.28).

La variabilidad de los resultados y el bajo rendimiento general que se registró con los cultivares de esta especie son el resultado de la inmadurez que presenta el mercado nacional, respecto al uso de este recurso forrajero. El nivel de rendimiento es muy exiguo y la variación entre años muestra que las opciones evaluadas no corresponden a las mejores alternativas para la zona templada.

**Tabla 2.25. Rendimiento promedio anual de *Festuca arundinacea* Schreb. en el secano de la zona templada de Chile. Periodo 1993 – 2012.**

Año	toneladas MS/ha
2011	12,70 a
2004	12,42 ab
2012	10,27 abcd
2002	10,05 bcde
2010	10,04 bcde
2009	9,87 bcde
2008	9,48 bcdef
2003	8,40 bcdefg
2001	8,14 bcdefg
2000	7,69 cdefgh
1997	7,21 efgh
1996	6,99 efghi
1993	6,90 efghi
1998	6,53 ghi
1999	6,18 ghi
2005	6,00 ghij
2007	5,68 ghij
1995	5,16 ij
1994	3,81 j

Cifras con distintas letras son diferentes según Prueba de Tukey ( $p > 0,05$ )

Coefficiente de variación: 27,70%

**Tabla 2.26. Rendimiento de *Festuca arundinacea* Schreb., clasificado por años, según el ranking BLUP (*Best Linear Unbiased Prediction*), en el secano del área templada de Chile. Periodo 1993 – 2012.**

Nivel de producción	N° Años	toneladas MS/ha			Significancia de BLUP
		Promedio	Máximo	Mínimo	
Alta	4	11,36	12,70	10,05	$P \leq 0.05$
Media	11	7,95	10,04	6,18	$P > 0.05$
Baja	4	5,16	6,00	3,81	$P \leq 0.05$
<b>Total</b>	<b>19</b>				

Si bien la introducción de esta especie fue alrededor del 1904 (Aguila, 1997) su utilización en los sistemas ganadero en la zona templada aun no es masiva, debido a la mala calidad de los cultivares que se introdujeron en el siglo pasado al país, y a la baja persistencia, generada por la intolerancia a la acidez de los suelos.

**Tabla 2.27. Rendimiento promedio 32 cultivares de *Festuca arundinacea* Schreb. en el secano del área templada de Chile. Temuco. Periodo 1993 – 2012.**

Cultivar	toneladas MS/ha
Au Triumph	12,49 a
Madra	10,74 ab
Martin II	10,40 abc
Cochise 2	10,04 abcd
Cajun	9,80 abcd
Carmine	9,67 abcd
Fawn	9,45 abcd
K-31	9,43 abcd
Flexy	9,34 Abcd
KFA 949	9,30 Abcde
Quantum	9,10 Bcde
Manade	8,96 Bcde
Exella	8,68 Bcde
Fuego	8,51 Bcde
Quantum I	8,47 Bcdef
Siene	8,37 Bcdef
Advance	8,23 Bcdef
Vulcan	8,17 bcdef
Mylena	8,11 bcdef
Quantum II	7,39 bcdef
Stargrazer	7,29 bcdef
Turf	7,28 bcdef
Torpedo HE	7,17 bcdef
Tall	7,07 bcdef
Vulcan III	6,80 bcdef
Dovey	6,76 bcdef
Torpedo LE	6,67 cdf
Vulcan II	6,19 def
Perun	5,35 ef
Revolution	4,58 f
Maximize	4,38 f
Kora	4,34 f

Cifras con distintas letras son diferentes según Prueba de Tukey ( $p > 0,05$ )

Coefficiente de variación: 28,78%

**Tabla 2.28. Clasificación de cultivares de acuerdo con nivel de rendimiento de *Festuca arundinacea* Schreb., según el ranking BLUP (*Best Linear Unbiased Prediction*), en el secano del área templada de Chile. Periodo 1993 – 2012.**

Nivel de producción	N° Cultivares	toneladas MS/ha			Significancia de BLUP
		Promedio	Máximo	Mínimo	
Alta	4	10,92	12,49	10,04	$P \leq 0.05$
Media	20	8,49	9,80	7,07	$P > 0.05$
Baja	8	5,64	6,80	4,34	$P \leq 0.05$
<b>Total</b>	<b>32</b>				

Considerando las limitaciones de uso de *Festuca arundinacea* Schreb. se ha introducido al país *Festulolium*, gramínea perenne originada por el cruzamiento entre los géneros *Lolium* y *Festuca*. El híbrido se puede producir en forma natural, sin embargo son estériles. La morfología es variable y depende de la participación de las líneas parentales. Los híbridos más reconocidos son el producto del cruzamiento *L. multiflorum* Lam. o *L. perenne* L. x *F. arundinacea* Schreb. o *Festuca pratensis* Huds. (Demagnet, 2009).

Usualmente, los cultivares de *Festulolium* presentan características de ambas especies, sin embargo, muchos tienen la tendencia a presentar particularidades más destacadas de una u otra especie (Stewart *et al.*, 2014). No todas las plantas generadas por el cruzamiento contienen introgresión detectable desde *Festuca* y, en general, difieren poco de *Lolium*, según reportaron Kopecky *et al.* (2008).

En el periodo 2003 y 2010 se evaluaron en la Estación Experimental Maquehue cinco cultivares de *Festulolium*, que alcanzaron una producción máxima de 12,1 toneladas MS/ha. Tres cultivares correspondieron al cruzamiento de *Lolium multiflorum* L. x *Festuca arundinacea* Schreb., y dos cultivares a la cruce entre *Lolium perenne* L. x *Festuca pratensis* Huds.

### **2.7.1.3.- *Dactylis glomerata* L. (Pasto ovilla)**

*Dactylis glomerata* L. es una gramínea perenne cuyo origen es el centro y oeste de Europa. De alta rusticidad, se adapta a una gran diversidad de suelos y climas. Es de lento establecimiento, pero a partir del segundo año productivo se comporta como una planta muy agresiva y competitiva, que forma champas y genera un tapiz vegetal denso y firme (Demagnet, 2014).

Se caracteriza por presentar una alta tolerancia a periodos de déficit hídrico, resiste pastoreos laxos e intensos, es capaz de soportar condiciones de baja fertilidad, acidez y contenido moderado de aluminio en el suelo. Domina la composición botánica de las pasturas, cuando estas son sometidas a periodos prolongados de rezago (Stewart *et al.*, 2014; Demagnet, 2014). Su contenido de proteína es inferior, en al menos dos puntos porcentuales, respecto a ballica perenne (Demagnet, 2014).

El potencial de rendimiento de esta especie es similar a *Lolium perenne* L. en condiciones de riego y alta fertilidad de suelos puede alcanzar una producción anual superior a 22 toneladas MS/ha (Mills *et al.*, 2006), sin embargo, en condiciones de secano y baja fertilidad su producción es muy baja (Stewart *et al.*, 2014). En suelos con bajo nivel de fertilidad y escasa disponibilidad de nitrógeno se desarrolla mejor que otras gramíneas perennes de la zona templada (Mills *et al.*, 2006).

Las estaciones de crecimiento de esta especie son primavera, verano y otoño. *Dactylis glomerata* L. no es tolerante al frío, por esta razón en el periodo de invierno la

producción es reducida (White & Hodgson, 1999). En condiciones de verano seco el nivel de rendimiento de esta especie es superior al logrado por *Lolium perenne* L. (Stewart *et al.*, 2014).

En el periodo de 1995 – 2003 (ocho años) se evaluó el comportamiento productivo de 5 cultivares de *Dactylis glomerata* L. en condiciones de secano en la zona templada. En el promedio de años (Tabla 2.29), el máximo rendimiento alcanzado por esta especie fue 12,91 toneladas MS/ha, muy inferior al logrado en la misma estación de prueba con *Lolium perenne* L. y superior al obtenido por Ortega *et al.* (2013) en Temuco (7,3 toneladas MS/ha) y similar al logrado por los mismos autores en Valdivia (12,3 toneladas MS/ha), Osorno (13,6 toneladas MS/ha) y Frutillar (14,0 toneladas MS/ha), todas localidades de la zona templada de Chile.

**Tabla 2.29. Rendimiento promedio anual de *Dactylis glomerata* L. en el secano de la zona templada de Chile. Periodo 1995 – 2003.**

Año	toneladas MS/ha
2002	12,91 a
1997	9,89 b
2001	9,39 b
1996	8,93 bc
2000	8,87 bc
1995	7,89 cd
2003	7,34 d
1999	6,48 d

Cifras con distintas letras son diferentes según Prueba de Tukey ( $p > 0,05$ )

Coefficiente de variación: 11,04%

Al agrupar los años a través del ranking genético de datos que otorga el índice BLUP, se evidenció que en el 88% de los años presentaron un rendimiento medio alto, lo que significa que esta especie posee una alta capacidad de adaptación a las diferentes condiciones climáticas que se registran entre años en la zona templada (Tabla 2.30).

**Tabla 2.30. Rendimiento de materia seca de *Dactylis glomerata* L., clasificado por años, según el ranking BLUP (*Best Linear Unbiased Prediction*), en el secano del área templada de Chile. Periodo 1995 – 2003.**

Nivel de producción	N° Años	toneladas MS/ha			Significancia de BLUP
		Promedio	Máximo	Mínimo	
Alta	1	12,91	12,91	12,91	$P \leq 0.05$
Media	6	8,72	9,89	7,34	$P > 0.05$
Baja	1	6,48	6,48	6,48	$P \leq 0.05$
<b>Total</b>	<b>8</b>				

Los cinco cultivares medidos en ocho años, no presentaron diferencias estadísticas significativas entre ellos, con lo cual no fue posible elaborar el ranking BLUP (Tabla 2.31). Esto significa que todos presentan el mismo nivel de producción 8,96 toneladas

MS/ha, valor que se ubica en un nivel intermedio respecto a los resultados presentados por Ortega *et al.* (2013) en Temuco y muy disminuido respecto a los resultados de los mismos autores en Valdivia y Osorno y a la información reportada por Demanet (2014) para el área templada de Chile.

**Tabla 2.31. Rendimiento promedio cinco cultivares de *Dactylis glomerata* L. en el secano del área templada de Chile. Temuco. Periodo 1995 – 2003.**

Cultivares	toneladas MS/ha (*)
Ella	8,85
K-1	9,34
Kara	8,84
Starly	9,21
Wana	8,59
<b>Promedio</b>	<b>8,96</b>

(\*) No significativo

Coefficiente de variación: 24,32%

Los resultado indicaron que esta especie evidenció una alta capacidad de adaptación a las variaciones climáticas de la zona y que los cultivares evaluados no son diferentes en su comportamiento.

#### **2.7.1.4.- *Bromus spp* (Bromo)**

Las especies de bromo (*Bromus spp.*) son plantas perenne de alta rusticidad, tolerante a condiciones de déficit hídrico y pastoreos frecuentes – intensos. No soportan excesos de humedad, admiten condiciones de acidez de suelo y se escapan en forma adecuada de los ataques de gusanos blancos y gorgojo barrenador del tallo de las ballicas (Demanet, 2014).

Diversas especies del género *Bromus* son utilizadas para producción de forraje. Destacan *Bromus willdenowii* Kunth. *syn.*, *Bromus catharticus* Vahl. *syn.*, *B.uniolooides* L., *Bromus stamineus* Desv., *Bromus valdivianus* Phil., *Bromus inermis* Leyss, y *Bromus sitchensis* Trin. (Langer, 1994; White & Hodgson, 1999; Stewart *et al.*, 2014).

*Bromus stamineus* Desv. es la especie de mayor importancia forrajera en Chile, nativo de la región central del país, es reconocido como una planta muy tolerante a las condiciones de sequía de verano, superando a *Lolium perenne* L.. Es una especie de buena producción de invierno y sus requerimientos de fertilidad de suelos son menores a los de otras especies (Demanet & Contreras, 1988).

Entre las especies que se comercializan en el país destaca *Bromus stamineus* Desv., especie perenne natural de Chile, que se encuentra formando parte de las praderas de la zona centro-sur y sur del país. A partir de materiales de origen nacional se crearon los cultivares Bronco y Bromino. Además, en el país existe un cultivar de *Bromus valdivianus* Phil. proveniente de Nueva Zelanda (Bareno).

La tolerancia al estrés hídrico de esta especie le permite generar pasturas densas en áreas de secano desde la Región del Bío Bío a Los Lagos. Estas especies presentan la estacionalidad característica de las gramíneas de la zona templada, que concentra su producción en primavera, pero con un interesante crecimiento en verano – otoño. Estas especies, poseen un alto valor nutritivo, buena palatabilidad y se adapta bien al pastoreo, intenso y frecuente. Su asociación con trébol blanco y otras gramíneas, como *Festuca arundinacea* Schreb y *Dactylis glomerata* L., permiten obtener una pastura de alta producción y persistencia en sistemas de producción bovina y ovina (Demagnet, 2014).

#### **2.7.1.5.- *Trifolium repens* L. (Trébol blanco)**

Planta reconocida en todo el mundo como una especie de alto valor nutricional en sistemas pastoriles. Es originaria del Mediterráneo, Europa, Asia y África del Norte que crece desde el nivel del mar hasta 6.000 m de altitud en el Himalaya (Brock *et al.*, 1989; Muslera & Ratera, 1991; Langer, 1994).

Se estima que esta especie fue introducida a Chile en 1870 con la colonización europea y se naturalizó en todas las zonas de pastizales del país (Águila, 1997). Es la leguminosa más importante de los sistemas pastoriles del mundo y se caracteriza por presentar actividad de crecimiento en verano, siendo su temperatura de crecimiento óptima superior en 5°C a la de *Lolium perenne* L. (Brock *et al.*, 1989).

El trébol blanco (*Trifolium repens* L.) es una planta perenne de alta persistencia en pasturas sometidas a pastoreo. Forma nódulos en sus raíces provocados por *Rhizobium* en donde ocurre fijación de nitrógeno de la atmósfera. Posee un hábito estolonífero, rastrero con tallos horizontales o estolones que se desarrollan a nivel de la superficie del suelo. Con frecuencia, los estolones son enterrados en el suelo por la acción del pisoteo animal o lombrices, y los nudos de los estolones desarrollan raíces generando una planta persistente y fuerte bajo condiciones de pastoreo frecuente e intenso (Muslera & Ratera, 1991; Langer, 1994; White & Hodgson, 1999; Stewart *et al.*, 2014).

Chile posee una importante oferta de cultivares de esta especie, donde la demanda ha evolucionado hacia tréboles de tipo ladino (hoja grande) y hoja intermedia, situación no muy adecuada dado que, en general, los tréboles de hoja grande poseen baja densidad de estolones y poca persistencia (Demagnet, 2014) (Tabla 2.32).

Es importante considerar que esta especie, destinada a sistemas pastoriles y acompañante ideal de pasturas permanentes, debe ser establecida en mezcla de dos o más tipos de cultivares en una misma pastura, lo cual otorga mayor diversidad genética y genera un aporte continuo de trébol a través del año, especialmente en sistemas de pastoreo intensivo (Demagnet, 2009; Demagnet, 2014).

La mezcla de un cultivar de hoja grande puede favorecer la producción invernal y otro la producción de verano. Los de tamaño intermedio y estolones densos pueden complementarse con los de hoja grande, ya que se producen diferentes estratos, unos destinados a defoliación y otros en el estrato bajo, a la fijación biológica y al mejoramiento de la capacidad de recuperación de la pastura post pastoreo (White & Hodgson, 1999; Stewart *et al.*, 2014).

**Tabla 2.32. Caracterización de los tipos de cultivares que existen en el mercado Mundial de *Trifolium repens* L.**

Hoja Pequeña	Hoja Intermedia	Hoja Grande
Pecíolo pequeño y estolones muy ramificados.	Pecíolos largos y estolones cortos y menos ramificados.	Pecíolos largos y estolones largos, gruesos y aéreos.
Crecimiento rastrero.	Crecimiento semi erecto.	Crecimiento erecto conocidos como ladino.
Tolerante a pastoreos intensos y frecuentes.	Adaptado a pastoreos laxos y frecuentes.	Tolerante a Pastoreos intensos e infrecuentes.
Apto para Ovinos y Camélidos.	Apto para bovinos de carne y leche.	Mayor adaptación para bovinos de leche.
Tolera periodos prolongados de sequía.	Baja tolerancia al déficit hídrico.	No tolera periodos secos.

Fuente: Adaptado de Demanet (2014).

El aporte del trébol blanco a la producción de materia seca de las mezclas con gramíneas puede ser muy variable (1% a 25%), el cual depende del tipo de cultivar, nivel de fertilidad del suelo, densidad de la pastura, frecuencia e intensidad de uso, estación del año y condiciones climáticas particulares del área (Brougham, 1960; Brougham *et al.*, 1976).

El aporte de *Trifolium repens* L. a la producción ganadera mundial ha sido fundamental. En la zona templada es capaz de aportar hasta 200 kilos de nitrógeno por hectárea a través de la fijación biológica (Clark *et al.*, 1979; Barr, 1996), contribuir hasta un 22% al incremento de la producción de leche bovina (Harris *et al.*, 1997), mejorar el estado de los animales e incrementar la ganancia de peso del ganado en engorda (Hyslop *et al.*, 2000).

En un periodo de siete años, se midió el aporte del trébol a la producción anual de una pastura de *Lolium perenne* L y *Trifolium repens* L.. Las evaluaciones se realizaron bajo pastoreo en la localidad de Futrono, sector precordillerano y circundante al lago Ranco. Los resultados evidenciaron que el aporte del trébol a la producción total anual fue de 13,3% (Figura 2.21).

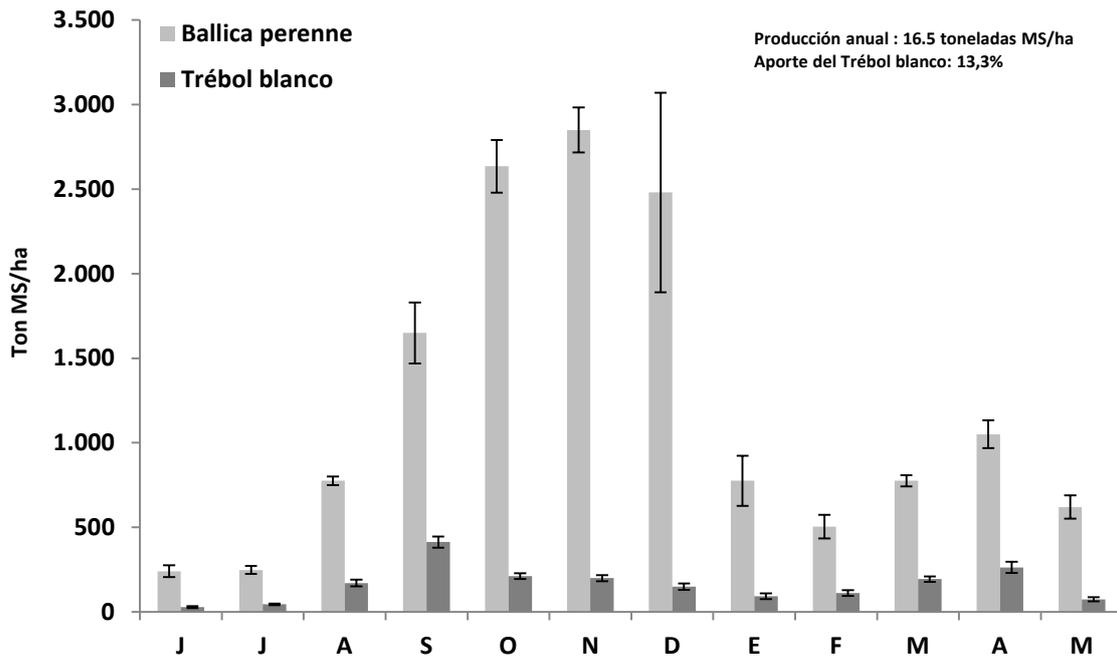


Figura 2.21. Distribución anual de la producción de *Lolium perenne* L + *Trifolium repens* L. en el secano de la zona templada. Futrono, Región de Los Ríos. Periodo 2006 – 2012. Coeficiente de variación: *Lolium perenne* L. 10,69%; *Trifolium repens* L. 12,61%.

En los meses de marzo, abril y septiembre, la contribución del trébol blanco a la composición botánica de la pastura supero el 20%, valor que, en general, puede causar problemas de meteorismo espumoso en los animales, alteración digestiva caracterizada por la distensión del retículo-rumen como consecuencia de la acumulación de gas proveniente de la fermentación microbiana del alimento, el cual es atrapado en pequeñas burbujas de gran estabilidad (Demanet, 2014).

En general el aporte del trébol blanco se encuentra limitado por condiciones de fertilidad de suelos (Mora & Demanet, 1995), manejo de pastoreo inadecuado (Teuber, 2009) y mala nutrición de las pasturas (Demanet, 2014).

### 2.7.1.6.- Mezclas Polifíticas

La alta ubicuidad de *Festuca arundinacea* Schreb y *Dactylis glomerata* L. en diferentes zonas agroecológicas se debe probablemente a la capacidad de estas especies de tolerar periodos prolongados de sequía y suelos hidromórficos (Reed, 1996), además de a tolerar el ataque de plagas (Milne & Maloney, 1991). Su establecimiento en pasturas solas o asociadas a leguminosas y gramíneas perennes se ha incrementado en el sur del país como resultado de la necesidad de tener una mayor rusticidad y diversidad en las praderas, para así obtener una distribución estable y persistente (Demanet *et al.*, 2005).

En la zona templada de Chile se utilizan mezclas de especies perennes que incluyen *Lolium perenne* L, *Festuca arundinacea* Schreb. y *Dactylis glomerata* L., con el objetivo

de generar una mayor tolerancia a condiciones climáticas adversas y lograr una persistencia respecto de sus componentes individuales. Este tipo de mezclas han incrementado su participación en el mercado y en la superficie de siembra en forma exponencial en los últimos 10 años, y se han transformado en marcas comerciales de alta aceptación (Demanet, 2009; Demanet, 2014).

Las mezclas polifíticas hoy poseen una razón comercial poderosa, dado que permite mejorar el margen de venta, equilibrar la baja oferta y alta demanda de cultivares nuevos y reducir las semillas de sobre stock. Como se les considera flexibles y adecuadas para una gama más amplia de condiciones de uso potencialmente posee un mercado mayor creándose marcas comerciales que atraen la lealtad de los clientes. En armonía con esto la percepción de los agricultores, que confiando en las empresas comercializadoras, definen a las mezclas como un producto con valor agregado, que le proporcionará mayor rendimiento y estabilidad bajo diferentes condiciones de ubicación y uso (Ingram, 1997).

La pertinencia, oportunidad de uso y rendimiento, son elementos que se consideran al desarrollar mezclas polifíticas. Simmonds (1962) menciona que las mezclas polifíticas siempre presentan rendimiento similar o superior a sus componentes separados, sin embargo, Woodford (1966), McBratney (1978) y Culleton, *et al.* (1986), reportan que el uso de mezclas de forrajeras no logran superar a los componentes separados y solo logran la producción del componente individual de mayor potencial de crecimiento. Por otra parte, Trenbath (1974) y Culleton *et al.* (1986) encontraron que las mezclas generaron una producción significativamente inferior a los componentes individuales sembrados en monocultivo.

Estudios realizados con mezclas de gramíneas y leguminosas, han demostrado que la asociación de este tipo de especies, genera una acción sinérgica, que permite incrementar en forma significativa el rendimiento de los componentes individuales (Kirwan *et al.*, 2007; Connolly *et al.*, 2009; Nyfeler *et al.*, 2009).

En el trabajo desarrollado en el periodo 2003 – 2012 (nueve años) en la Estación Experimental de la Universidad de la Frontera en Temuco, se evidenció que en promedio las mezclas polifíticas no lograron superar los máximos rendimientos logrados por sus componente individuales, pero si fueron capaces de soportar las condiciones de estrés de hídrico y temperatura, otorgando a la mezcla una mayor persistencia y estabilidad. En todas las opciones que incluyeron *Dactylis glomerata* L. esta especie dominó a partir de quinto año en adelante, con una contribución al total de la producción de materia seca superior a 80%.

El estudio de mezclas polifíticas incluyó sólo especies perennes, esto es, *Lolium perenne* L. *Festuca arundinacea* Schreb. y *Dactylis glomerata* L. en distintas proporciones y con diferentes cultivares. Como muestra la Tabla 2.33, el máximo

rendimiento se obtuvo el año 2004, con 12,77 toneladas MS/ha, aun cuando es estadísticamente similar al año 2003 que presento una producción de 11,71 toneladas MS/ha.

**Tabla 2.33. Rendimiento promedio anual de mezclas polifíticas en el secano de la zona templada de Chile. Periodo 2003 – 2012.**

Años	toneladas MS/ha
2004	12,77 a
2003	11,71 ab
2011	10,63 Bc
2009	9,88 Cd
2010	9,27 Cd
2005	9,11 Cde
2007	7,81 Ef
2012	6,79 Fg
2008	6,47 G

Cifras con distintas letras son diferentes según Prueba de Tukey ( $p > 0,05$ )  
Coeficiente de variación: 21,68%

La agrupación de los años a través del ranking BLUP, permitió predecir que en solo un 22% de los años se podría registrar una producción aceptable, esto es, superior a 10 toneladas MS/ha y que la probabilidad que la producción sea de un valor medio 44% (Tabla 2.34).

**Tabla 2.34. Clasificación de años según nivel de rendimiento de mezclas de polifíticas, según el ranking BLUP (*Best Linear Unbiased Prediction*), en el secano del área templada de Chile. Periodo 2003 – 2012.**

Nivel de producción	N° Años	toneladas MS/ha			Significancia de BLUP
		Promedio	Máximo	Mínimo	
Alta	2	12,24	12,77	11,71	$P \leq 0.05$
Media	4	9,72	10,63	9,11	$P > 0.05$
Baja	3	7,02	7,81	6,47	$P \leq 0.05$
<b>Total</b>	<b>9</b>				

Las mezclas evaluadas fueron 42, que fueron elaboradas con distintas especies y proporciones de estas. Las especies utilizadas fueron todas permanentes y los cultivares de similar periodo de floración, pero con diferente arquitectura. En los nueve años de mediciones, la mezcla que logró el mayor rendimiento fue la constituida por *Dactylis glomerata* L. cv Starly, *Lolium perenne* L. cv Quartet + *Trifolium repens* L. cv Will (Tabla 2.35). Los tres componentes de esta mezcla polifítica son de hábito de crecimiento erecto, y presentan una arquitectura globosa que permite mantener a las tres especies con un grado importante de participación en la mezcla.

La producción de esta mezcla fue estadísticamente similar a otras 23 que presentaban diferentes proporciones de las especies antes mencionadas. El 57% de las mezclas

presentaron una producción media similar y solo el 4,7% de las mezclas se escapa de la media y presentaron una producción mayor a 10 toneladas MS/ha (Tabla 2.36).

### **2.7.1.7.- Otras especies**

En la zona templada son diversas las especies con las que se intenta cubrir el déficit de forraje que se produce en la épocas de verano e invierno. Estas se conocen como especies o cultivos suplementarios. Tales pasturas son utilizadas como un complemento a las pasturas permanentes y su estudio en la zona templada ha permitido establecer el alto nivel de rendimiento y calidad que logran por unidad de superficie y el bajo costo que pueden alcanzar por kilo de materia seca, proteína y energía.

Entre las especies forrajeras más utilizadas se encuentran *Lolium multiflorum* Lam. var. *Westerwoldicum*, *Lolium multiflorum* Lam. var. *Italicum*, *Lolium multiflorum* Lam. x *Lolium perenne* L., *Trifolium pratense* L. y *Medicago sativa* L. En el ámbito de los cultivos suplementarios *Zea mays* L., *Avena sativa* L. y el conjunto de brasicas son las opciones de mayor distribución y ubicuidad.

***Lolium multiflorum* Lam. var. *Westerwoldicum*:** Especie denominada ballica anual, dada su persistencia de un año, se caracteriza por presentar rápido establecimiento, buena producción y excelente calidad de forraje. Genera sola, o asociada a cereales de grano pequeño, un buen volumen de forraje para utilización temprana de otoño e invierno. Logra un rendimiento superior a *Lolium perenne* L. en el total del año. Durante invierno es destinada a pastoreo y en primavera a conservación de forraje (Muslera & Ratera, 1991; Demanet, 2008; Demanet, 2014; Stewart *et al.*, 2014).

La producción de invierno es muy sensible a la época de siembra. El retraso en el establecimiento de verano - otoño, puede generar una reducción de la producción invernal superior 3 toneladas MS/ha (Tabla 2.22). En establecimientos asociados con *Avena sativa* L., el aporte de los componentes cambia según avanza la temporada, con niveles mínimos de aporte del cereal (< 5%) en primavera (Tabla 2.23).

**Tabla 2.35. Rendimiento promedio 42 mezclas de especies en el secano del área templada de Chile. Temuco. Periodo 2003 – 2012.**

<b>Mezcla de especies</b>	<b>toneladas MS/ha</b>
Starly + Quartet + Will	12,25 a
Quartet + Mylena + Starly	12,12 a
Quartet + Mylena + Starly + Will	11,81 ab
Super 9	10,85 abcd
Quartet + Will	10,70 abcd
Royal Q 100 + Omea	10,56 abcd
GFM22 + GPOO 01	10,29 abcd
Quantum + Quartet	10,10 abcd
Starly + Exella	10,04 abcd
GPOO 01 + FM	9,86 abcd
Exella + Banquet	9,63 abcdef
Luna + Royal Q100 + Omea	9,58 abcdef
GFTXQ + Royal Q 100	9,53 abcdef
GFTXQ + GFM 29	9,44 abcdef
Quantum + Banquet	9,43 abcdef
Exella + Quartet	9,39 abcdef
Royal Q 100	9,37 abcdef
Flexy + Quartet	9,23 abcdef
Luna + Omea	9,23 abcdef
GFT 02 + Fc	9,20 abcdef
Mylena + Will	9,10 abcdef
Exella + Will	9,07 abcdef
Flexy + Banquet	8,52 abcdef
Revolution + Advance + Vision	8,36 abcdef
GFT02 + GFM 22	8,33 bcdef
Exella + Advance	8,26 bcdef
Banquet + Exella	8,25 bcdef
Luna + Royal Q100	8,04 bcdef
GFTXQ + GRP01 + Royal Q 100 + Luna	7,94 bcdef
Advance + Visión	7,93 bcdef
Matrix + Advance + Vision	7,92 bcdef
GFM 22 + GRP01 + Flecha + Luna	7,27 cdef
Kora + Cannon + Amba	7,25 cdef
Advance + Will	7,18 cdef
Kora + Amba	6,83 cdef
Revolution + Advance	6,76 cdef
Banquet + Advance	6,70 def
GFM 29 + FM	6,66 def
GFM 22 + Flecha	6,64 ef
Matrix + Advance	6,48 ef
GFT 02 + FC	6,34 ef
Kora + Cannon	6,26 f

Cifras con distintas letras son diferentes según Prueba de Tukey (p> 0,05)

Coefficiente de variación: 25,72%

**Tabla 2.26. Clasificación de las mezclas de especies según nivel de producción, según el ranking BLUP (*Best Linear Unbiased Prediction*), en el secano del área templada de Chile. Periodo 2003 – 2012.**

Nivel de producción	N° Mezclas	toneladas MS/ha			Significancia de BLUP
		Promedio	Máximo	Mínimo	
Alta	6	11,38	12,25	10,56	$P \leq 0.05$
Media	24	9,09	10,29	7,93	$P > 0.05$
Baja	12	6,86	7,92	6,26	$P \leq 0.05$
<b>Total</b>	<b>42</b>				

Los cultivares que se comercializan en el mercado nacional, son en su mayoría tetraploides, con floración intermedia y buen contenido de carbohidratos solubles. En cinco años de evaluación en condiciones de secano, se midieron 16 cultivares. El mayor rendimiento de materia seca se obtuvo en el año 2002 con 15,51 toneladas MS/ha, estadísticamente similar a los años 2003 y 2012 (Tabla 2.27). El cultivar KLM 968 M alcanzó la mayor producción con 15,35 toneladas MS/ha, valor que fue estadísticamente similar a nueve cultivares, entre los cuales se encuentra el cultivar tetraploide Tama, que por más de 35 años ha permanecido en el mercado nacional y ha sido utilizado como testigo en los ensayos de evaluación de esta especie (Tabla 2.28).

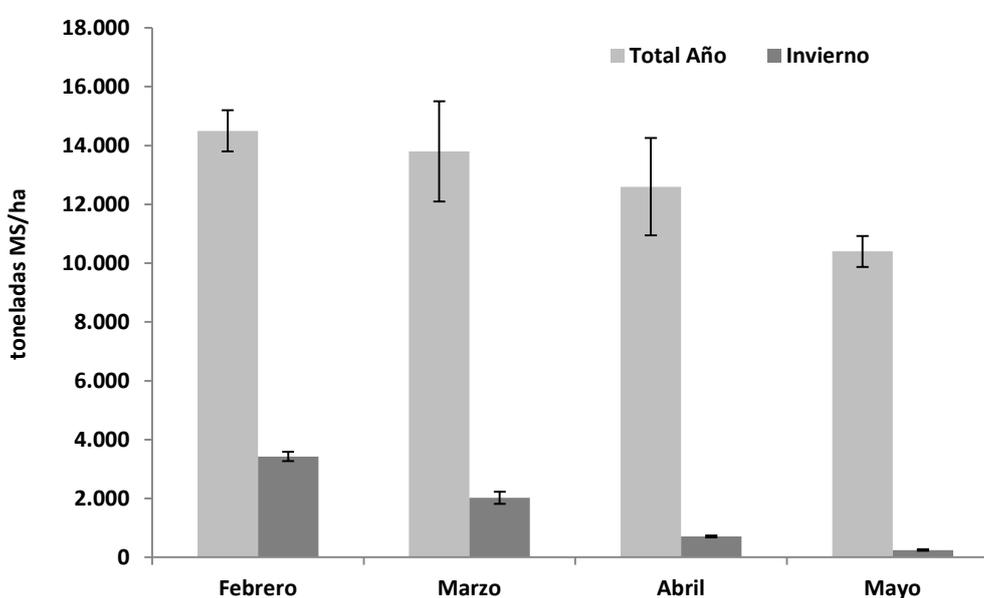


Figura 2.22. Efecto de la época de siembra en el rendimiento invernal de *Lolium multiflorum* Lam. var. *Westerwoldicum*.

Coefficiente de variación: 8,37%



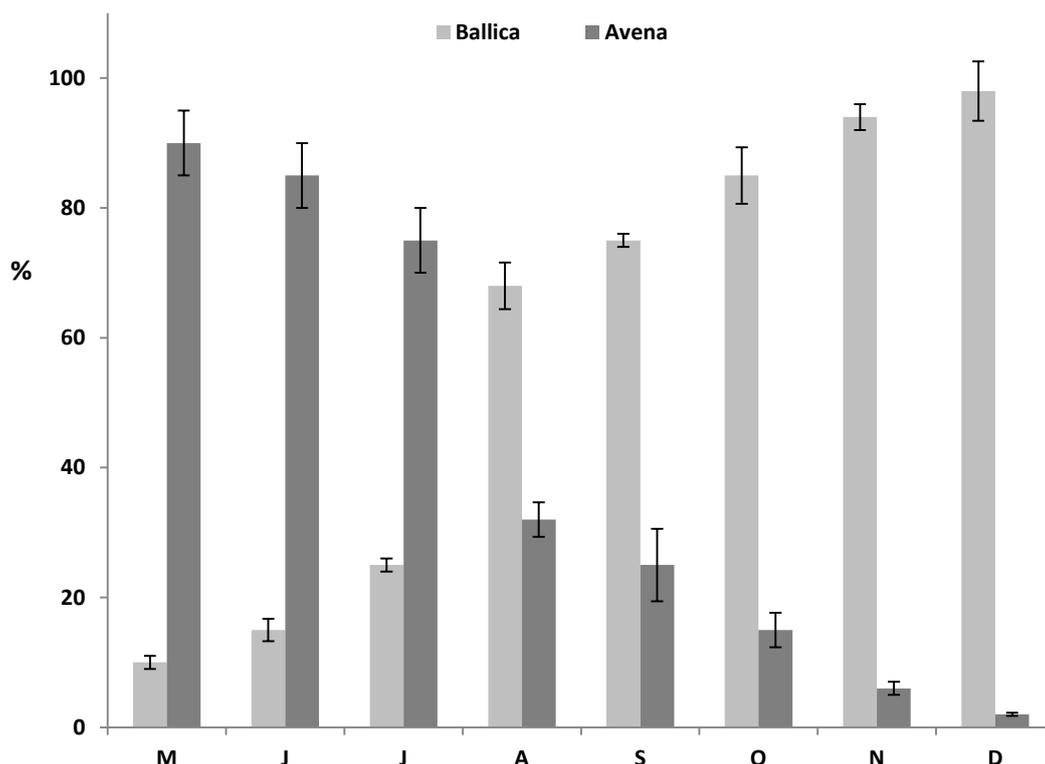


Figura 2.23. Aporte porcentual de los componentes de la mezcla *Avena sativa* L. - *Lolium multiflorum* Lam. var. *Westerwoldicum*.

Coefficiente de variación: 8,77%

**Tabla 2.27. Rendimiento promedio anual de *Lolium multiflorum* Lam. var. *Westerwoldicum* en el secado de la zona templada de Chile. Años 2001, 2001, 2003, 2009 y 2012.**

Año	toneladas MS/ha
2002	15,51 a
2012	14,36 ab
2003	13,54 ab
2009	11,90 bc
2001	10,85 c

Cifras con distintas letras son diferentes según Prueba de Tukey ( $p > 0,05$ )

Coefficiente de variación: 12,82%

***Lolium multiflorum* Lam. var. *Italicum*:** Especie de ciclo bianual que posee alta velocidad de crecimiento inicial y es utilizada en reemplazo de *Lolium multiflorum* Lam. var. *Westerwoldicum*, toda vez que cumplen el mismo objetivo productivo y ha logrado rendimientos similares que, en algunos casos, son superiores a los cultivares anuales en el año de establecimiento (Muslera & Ratera, 1991; Langer, 1994; Demanet, 1994; Demanet, 2014).

**Tabla 2.28. Rendimiento promedio 16 cultivares de *Lolium multiflorum* Lam. var. *Westerwoldicum* en el secano del área templada de Chile. Temuco. Años 2001, 2001, 2003, 2009 y 2012.**

Cultivares	toneladas MS/ha
KLM 968 M	15,35 a
Montblanc	15,00 ab
Domino	14,92 ab
Galaxy	14,72 abc
KLM 966 G	14,45 abcd
GRAE 11	13,63 abcde
Winter Star	13,23 abcde
GRAI 06	12,86 abcde
Tama	12,62 abcde
Bill Max	12,62 abcde
Andy	12,56 bcde
Pelotón	12,24 bcde
Adrenalina	12,23 bcde
Barturbo	12,12 bcde
Major	12,05 bcde
Winter Star II	11,12 e

Cifras con distintas letras son diferentes según Prueba de Tukey ( $p > 0,05$ )

Coefficiente de variación: 15,03%

Los cultivares que son utilizados en la zona templada de Chile corresponde a tipos de crecimiento erecto, diploides y tetraploides, y con floración precoz e intermedia (Demagnet, 1993; Demagnet, 2014).

En un periodo de 19 años (1993 – 2012), se evaluaron 67 cultivares de esta especie en el secano de la zona templada. La mayor producción se obtuvo en el año 2012 (14,48 toneladas MS/ha), estadísticamente similar a los años 2002, 2003 y 2006 (Tabla 2,29). Este rendimiento es superior al reportado por Demagnet (1992) y Demagnet (1994), antecedentes que comparables dado que corresponde a la misma zona agroecológica. La evolución genética de esta especie, permite hoy lograr rendimiento superiores a 16 toneladas MS/ha (Demagnet, 2014) e incluso superar las 20 toneladas MS/ha (Stewart *et al.*, 2014).

El ranking BLUP permitió agrupar los años por nivel de producción y en esta especie demuestra que existe un 61% de probabilidad que en la zona templada se registre un valor de producción media a alto (Tabla 2.30).

De los 67 cultivares evaluados en el periodo 1993 – 2012, 65 cultivares presentaron un rendimiento estadísticamente similar (96%) (Tabla 2.31). Este resultado demuestra que el material genético medido en estos años tuvo un comportamiento productivo similar, aun cuando su procedencia fue diversa.

La agrupación de cultivares según el ranking BLUP ratificó la similitud de rendimiento lograda por la mayoría de los cultivares, dado que el 95% de los cultivares se ubicaron en el rango de producción media y alta (Tabla 2.32).

**Tabla 2.29. Rendimiento promedio anual de *Lolium multiflorum* Lam. var. *Italicum* en el secano de la zona templada de Chile. Periodo 1993 – 2012.**

Año	toneladas MS/ha
2012	14,48 a
2003	14,23 ab
2006	13,66 abc
2002	13,39 abc
2009	12,39 bcde
1993	11,14 cdefghi
2004	11,13 Defghi
2005	11,08 Defghi
2008	10,77 Efghij
1998	10,60 Hij
1994	10,03 Hij
1997	9,93 Hij
1996	9,85 Hij
2010	9,72 Hij
1999	9,44 lj
2001	8,98 lj
2000	8,92 lj
1995	8,91 lj

Cifras con distintas letras son diferentes según Prueba de Tukey ( $p > 0,05$ )

Coefficiente de variación: 18,03%

**Tabla 2.30. Agrupación de años según nivel de rendimiento de *Lolium multiflorum* Lam. var. *Italicum*, utilizando el ranking BLUP (*Best Linear Unbiased Prediction*). Secano del área templada de Chile. Periodo 1993 – 2012.**

Nivel de producción	N° Años	toneladas MS/ha			Significancia de BLUP
		Promedio	Máximo	Mínimo	
Alta	5	13,63	14,48	12,39	$P \leq 0.05$
Media	6	10,79	11,14	10,03	$P > 0.05$
Baja	7	9,39	9,93	8,91	$P \leq 0.05$
<b>Total</b>	<b>18</b>				

**Tabla 2.31. Rendimiento promedio 67 cultivares de *Lolium multiflorum* Lam. var. *Italicum* en el secano del área templada de Chile. Temuco. Periodo 1993 – 2012.**

Cultivares	toneladas MS/ha	Cultivares	toneladas MS/ha
KLM 138	13,60 a	Mariner	10,94 abc
Warrior	12,92 ab	Fastyl	10,92 abc
Hurricane	12,69 ab	Maverick	10,91 abc
Barbara	12,64 ab	Tetrone	10,89 abc
Bolero	12,54 ab	Barspectra	10,89 abc
Prompt	12,51 ab	Flanker	10,84 abc
Tonyl	12,00 ab	AGRML 107	10,84 abc
Howard	11,92 ab	Mondelo	10,83 abc
Montblanc	11,91 ab	Rustyl	10,82 abc
Tabu	11,89 ab	Prospect	10,80 abc
NZA -911	11,81 abc	GRAEL 10	10,78 abc
Zorro	11,65 abc	Atlantis	10,74 abc
KLM 510	11,62 abc	Fortyl	10,74 abc
Domino	11,61 abc	GRAL 03	10,72 abc
NZA 901	11,61 abc	Selva	10,71 abc
Monarque	11,51 abc	Sikem	10,63 abc
Barmultra	11,46 abc	Ansyl	10,61 abc
Edison	11,46 abc	Jack	10,59 abc
AGRML 110	11,45 abc	Roberta	10,44 abc
Bartissimo	11,41 abc	Tribune	10,40 abc
Molisto	11,38 abc	Idyl	10,32 abc
Abercomo	11,36 abc	Galaxy	10,30 abc
Bartali	11,33 abc	Aberoscar	10,22 abc
Gypsil	11,24 abc	Adin	10,20 abc
Bartolini	11,22 abc	Conker	10,18 abc
Exalta	11,22 abc	Marbella	10,17 abc
Sabalan	11,20 abc	GRACR 08	10,15 abc
Ajax	11,19 abc	Geyser	10,09 abc
Energyl	11,11 abc	Etna	10,00 abc
Concord	11,11 abc	LM 151 T	9,57 abc
Barzini	11,05 abc	Avance	9,46 abc
Emerson	11,03 abc	Tonic	8,88 bc
Jeanne	10,96 abc	Crusader	8,23 c
Regitze	10,96 abc		

Cifras con distintas letras son diferentes según Prueba de Tukey ( $p > 0,05$ )

Coefficiente de variación: 20,98%

***Lolium multiflorum* Lam. x *Lolium perenne* L.:** Corresponde a un tipo híbrido que se ha desarrollado en las últimas décadas y que ha desplazado en el mercado a las especies gramíneas de rotación debido a la alta capacidad productiva, persistencia y arquitectura de sus plantas.

**Tabla 2.32. Clasificación de cultivares de *Lolium multiflorum* Lam. var. *Italicum* de acuerdo con el nivel de rendimiento, según el ranking BLUP (*Best Linear Unbiased Prediction*), en el secano del área templada de Chile. Periodo 1993 – 2012.**

Nivel de producción	N° cultivares	toneladas MS/ha			Significancia de Blup
		Promedio	Máximo	Mínimo	
Alta	2	13,26	13,60	12,92	P ≤ 0.05
Media	61	11,09	12,69	10,00	P > 0.05
Baja	4	9,04	9,57	8,23	P ≤ 0.05
<b>Total</b>	<b>67</b>				

Desde la introducción del cultivar Belinda (Feast II) esta especie superó en ventas a los cultivares de ballicas bianuales que habían sido utilizados por más de tres décadas como alternativa forrajera para pastoreo y conservación de forraje, solo o asociado a avena y trébol rosado.

La mayor persistencia de esta tipo de ballicas (mayor a dos años) y el nivel productivo alcanzado bajo las condiciones de la zona templada de Chile, hicieron de esta especie la opción para áreas de rotación, donde los sistemas ganaderos necesitan de un producto que cumpla con la condición de uso en pastoreo invernal y conservación de forraje de calidad en primavera y verano.

Esta especie ocupa un nicho productivo de alta importancia para la ganadería intensiva de la zona templada. Permite generar la rotación perfecta con cultivos suplementarios como brasicas y *Zea mays* L. con los que se han elaborado modelos productivos intensivos de alto rendimiento anual (Demanet, 2014).

En un periodo de 15 años (1998 - 2012) se evaluaron 33 cultivares de esta especie en el secano de la zona templada. El año 2002 fue en el que se evidenció el máximo rendimiento (14,78 toneladas MS/ha), aun cuando significativamente similar a otros cinco años. Este valor es cercano al presentado por las ballicas perennes y ballicas de rotación, resultado que era de esperar, dado el origen de esta hibridación (Tabla 2.33).

La probabilidad de que a través de los años se registre un nivel de rendimiento medio - alto, es de 73,3%, y sólo un 26,7% de los años tiene la posibilidad de presentar una baja producción (Tabla 2.34).

**Tabla 2.33. Rendimiento promedio anual de *Lolium multiflorum* Lam. x *Lolium perenne* L. en el secano de la zona templada de Chile. Periodo 1998 – 2012.**

Años	toneladas MS/ha
2002	14,78 a
2004	14,41 a
2003	14,15 a
2000	12,48 abc
1998	12,39 abc
2009	12,14 abc
1999	11,26 bcdef
2011	11,23 bcdef
2005	10,86 cdefg
2006	10,30 cdefg
2012	10,25 cdefg
2008	9,84 efg
2001	9,77 efg
2010	9,68 g
2007	8,16 h

Cifras con distintas letras son diferentes según Prueba de Tukey ( $p > 0,05$ )  
 Coeficiente de variación: 18,20%

**Tabla 2.34. Clasificación de años según nivel de rendimiento de *Lolium multiflorum* Lam. x *Lolium perenne* L., según el ranking BLUP (*Best Linear Unbiased Prediction*), en el secano del área templada de Chile. Periodo 1998 – 2012.**

Nivel de producción	N° Años	toneladas MS/ha			Significancia de BLUP
		Promedio	Máximo	Mínimo	
Alta	4	13,96	14,78	12,48	$P \leq 0.05$
Media	7	11,20	12,39	10,25	$P > 0.05$
Baja	4	9,36	9,84	8,16	$P \leq 0.05$
<b>Total</b>	<b>15</b>				

Los cultivares analizados no presentaron grandes diferencias de rendimiento. El 79% (26 cultivares) de los cultivares medidos, presentaron una producción estadísticamente similar, con un rendimiento máximo de 14,32 toneladas MS/ha (Tabla 2.35). La agrupación de cultivares según su nivel de rendimiento (Tabla 2.36) evidenció que el 84% de los cultivares presentaron una producción medio – alta (Tabla 2.36).

La penetración de esta especie en el mercado de la zona templada de Chile no es reciente, sin embargo, su utilización masiva data de no más allá de 12 años. Esto ha contribuido a que los materiales genéticos evaluados en el país sean homogéneos en relación a productividad, debido a las exigencias del mercado local y al interés que existe en el uso de este recurso forrajero.

**Tabla 2.35. Rendimiento promedio 33 cultivares de *Lolium multiflorum* Lam. x *Lolium perenne* L. en el secano del área templada de Chile. Temuco. Periodo 1998 – 2012.**

Cultivares	toneladas MS/ha
Tabu	14,32 a
KLM 138	13,45 abc
Bolero	13,14 abc
Tonyl	13,11 abc
Warrior	12,99 abcd
Flanker	12,62 abcd
Belinda	12,61 abcd
Horizon	12,49 abcd
KLM 510	12,29 abcdef
Greenstone	12,26 abcdef
Shogun	12,07 abcdef
Delicial	11,91 abcdef
Ohau	11,87 abcdef
Delish	11,77 abcdef
Bison	11,72 abcdef
Crusader	11,72 abcdef
Maverick	11,70 abcdef
Aberstorm	11,68 abcdef
Aberlinnet	11,46 abcdef
Maverick GII	11,37 abcdef
Aberexcel	11,27 abcdef
Supreme	11,25 abcdef
Sterling	11,21 abcdef
Galaxy	11,12 abcdefg
Marbella	11,07 abcdefg
Harper	10,75 abcdefg
Boxer	9,94 bcdefgh
HE 47AZ1	9,50 bcdefgh
Storm	9,46 defgh
Geysler	9,31 efgh
Solid	9,10 efgh
Modelo	9,00 gh
Brutus	8,21 h

Cifras con distintas letras son diferentes según Prueba de Tukey ( $p > 0,05$ )

Coefficiente de variación: 21,40%

**Tabla 2.36. Clasificación de cultivares de *Lolium multiflorum* Lam. x *Lolium perenne* L., de acuerdo con el nivel de rendimiento, según el ranking BLUP (*Best Linear Unbiased Prediction*), en el secano del área templada de Chile. Periodo 1998 – 2012.**

Nivel de producción	N° cultivares	toneladas MS/ha			Significancia de BLUP
		Promedio	Máximo	Mínimo	
Alta	3	13,64	14,32	13,14	$P \leq 0.05$
Media	25	11,67	13,11	9,5	$P > 0.05$
Baja	5	9,01	9,46	8,21	$P \leq 0.05$
<b>Total</b>	<b>33</b>				

***Trifolium pretense* L.:** Especie perenne de vida corta (trianual) que fue introducida en Chile desde Europa en 1869 por Guillermo Délano, quien la sembró en la provincia de

Maule, al norte de la zona templada. Su dispersión por el país fue rápida debido a su excelente adaptación y producción de forraje (Aguila, 1997).

Es una de las leguminosas más importantes en las zonas templadas del mundo, donde se reconoce la capacidad de producir gran cantidad de forraje de calidad. Tiene hábito de crecimiento erecto, con numerosos tallos, que nacen de una corona gruesa, alcanzando hasta 120 cm de altura. Sus hojas son trifoliadas y cubiertas de finos vellos. La inflorescencia es un capítulo globular con flores de color rosado a púrpura y la cantidad de semillas por gramo fluctúa entre 500 y 600. La raíz es pivotante y profunda, con muchas ramificaciones laterales que le confiere resistencia a los periodos de déficit hídrico. Las raíces laterales, se concentran en los primeros 15 centímetros de profundidad, y en ellas se encuentran nódulos inducidos por los rizobios [*Rhizobium leguminosarum* *BV. trifolii* (Frank)], donde ocurre la fijación biológica de nitrógeno (Muslera & Ratera, 1991; Ruiz, 1996; Stewart, 2014).

Se adapta a una amplia gama de suelos y climas, siendo óptimos los suelos fértiles, bien drenados pero con buena retención de agua y pH entre 5,8 y 6,7. Prospera relativamente bien en suelos ácidos (pH 5,2 a 5,8) y en situaciones de exceso de humedad invernal. Se desarrolla bien en climas templados con riego y mediterráneo húmedo. Presenta crecimiento con temperaturas entre 7 y 30°C. Existen dos tipos de tréboles rosado: el que permite un solo corte y el que soporta dos o más cortes. Los cultivares que se comercializan en el país se encuentran clasificados como de dos o más cortes (Speeding & Diekmahns, 1972; Teuber, 1980; Demanet, 2014).

*Trifolium pratense* L. es una especie versátil de alta productividad en el periodo estival, buena tolerancia de sus plantas a periodos de estrés hídrico, considerables niveles de fijación biológica de nitrógeno, alto nivel de proteína digestible y contenido elevado de mineral. Estas son algunas de las características de esta especie altamente difundida en la zona sur del país y que por décadas ha sido utilizada en sistemas de rotación para pastoreo invernal y conservación de forraje. En Chile es la única especie que posee un cultivar certificado y protegido, cuya semilla no sólo es producida para el consumo nacional sino para la exportación, principalmente, a países de América Latina y Estados Unidos.

Entre los años 1996/98 y 2002/04 se evaluaron 20 cultivares de *Trifolium pratense* L. en el secano de la zona templada. El mayor rendimiento se obtuvo en el año 2003 (15,84 toneladas MS/ha), significativamente diferente del resto de los años (Tabla 2.37). Estos valores se agruparon en dos categorías según el ranking BLUP y solo un año se ubicó en un nivel de producción alto (16,6%), situación que demostró la baja probabilidad que en esta zona se registren años con niveles de producción aceptables. La segunda categoría, denominada media, presentó una producción promedio de 8,57 toneladas MS/ha, valor considerado bajo, si se compara con los resultados de otras especies medidas en la zona templada (Tabla 2.38)

**Tabla 2.37. Rendimiento promedio anual de *Trifolium pratense* L. en el secano de la zona templada de Chile. Periodos 1996/98 y 20002/04.**

Años	toneladas MS/ha
2003	15,84 a
2004	10,36 b
2002	9,10 cd
1996	8,78 cd
1998	7,61 d
1997	6,98 e

Cifras con distintas letras son diferentes según Prueba de Tukey ( $p > 0,05$ )

Coefficiente de variación: 13,68%

**Tabla 2.38. Clasificación de años, de acuerdo con nivel de rendimiento de *Trifolium pratense* L., según el ranking BLUP (*Best Linear Unbiased Prediction*), en el secano del área templada de Chile. Periodos 1996/98 y 20002/04.**

Nivel de producción	N° Años	toneladas MS/ha			Significancia de BLUP
		Promedio	Máximo	Mínimo	
Alta	1	15,84	15,84	15,84	$P \leq 0.05$
Media	5	8,57	10,36	6,98	$P > 0.05$
<b>Total</b>	<b>6</b>				

El bajo nivel de rendimiento logrado por los cultivares de esta especie evidencio la reducida oferta de cultivares de alta producción que existe para la zona templada. La mayoría de los cultivares evaluados corresponden a materiales de origen nacional, los cuales no han tenido el desarrollo genético suficiente para superar la barrera de las 16 toneladas MS/ha, valor necesario para competir con el resto de las especies de corte. La mayor producción fue obtenida por el cultivar Quiñequeli PB (semilla pre básica), con 11,31 toneladas MS/ha, valor estadísticamente similar al 60% de los cultivares medidos en estos seis años (Tabla 2.39).

La clasificación en categorías de acuerdo al nivel de rendimiento, permitió observar que sólo el 10% de los cultivares se ubicaron en el nivel de rendimiento alto y el resto en los niveles medio y bajo (Tabla 2.40). Aun así los resultados obtenidos en esta investigación son similares a los presentados por Teuber (1980) y Ruiz (1996).

**Tabla 2.39. Rendimiento promedio 33 cultivares de *Trifolium pratense* L. en el secano del área templada de Chile. Temuco. Periodos 1996/98 y 20002/04.**

<b>Cultivares</b>	<b>toneladas MS/ha</b>
Quiñequeli PB	11,31 ab
Redqueli	11,15 ab
Redqueli INIA	10,99 abc
Toltén	10,82 abc
Redgold	10,75 abc
Tolten	10,41 abc
Cautin	10,31 abcd
Quiñequeli INIA Carillanca	9,84 abcde
Quiñequeli Anasac	9,75 abcde
Sureño	9,75 abcde
Concorde	9,69 abcde
Tolten 2	9,42 abcde
Quiñequeli INIA La Platina	9,33 abcde
Colenso	9,20 bcde
Estanzuela	9,17 bcde
Quiñequeli CG	9,10 cde
Tolten 1	9,10 cde
Palaversich	8,63 de
Violeta	8,47 e
Pawera	8,38 e

Cifras con distintas letras son diferentes según Prueba de Tukey ( $p > 0,05$ )

Coeficiente de variación: 13,68%

**Tabla 2.40. Clasificación de cultivares de *Trifolium pratense* L., de acuerdo con nivel de rendimiento, según el ranking BLUP (*Best Linear Unbiased Prediction*), en el secano del área templada de Chile. Periodos 1996/98 y 20002/04.**

<b>Nivel de producción</b>	<b>N° cultivares</b>	<b>toneladas MS/ha</b>			<b>Significancia de BLUP</b>
		<b>Promedio</b>	<b>Máximo</b>	<b>Mínimo</b>	
Alta	2	11,23	11,31	11,15	$P \leq 0.05$
Media	14	9,89	10,99	9,10	$P > 0.05$
Baja	4	8,65	9,10	8,38	$P \leq 0.05$
<b>Total</b>	<b>20</b>				

En los sistemas ganaderos existen dos opciones de siembra de esta especie, sola o asociada a especies gramíneas de rotación. En las evaluaciones desarrolladas en la Estación Experimental Maquehue, en el periodo 1993 – 2004, se logró alcanzar una producción máxima de 18,4 toneladas MS/ha, muy superior las reportadas anteriormente.

En asociación con *Lolium multiflorum* Lam. var. *Italicum*, la producción máxima lograda fue 16,4 toneladas MS/ha, generada por el aporte de la gramínea a la producción de forraje. Esta asociación es una opción que cambia la distribución estacional de la producción del trébol, generando un mayor aporte la gramínea en el periodo donde le

trébol ofrece una baja contribución: Otoño, invierno e inicio de la primavera (Demanet, 2014).

***Medicago sativa* L.:** Leguminosa perenne que se utiliza en todo el país para el consumo animal como heno, henilaje y *soiling*. También es consumida en pastoreo en forma directa por los animales, sin embargo, esta opción está restringida a algunos periodos del año y estados fenológicos de las plantas, dada la alta posibilidad de ocurrencia de eventos de meteorismo en los animales. Otra de las formas de utilización de la alfalfa, es pellets, cubos o briquetas, todos productos compactados y deshidratados de alta densidad.

Es una especie de arraigamiento profundo que genera crecimiento en presencia de altas temperaturas, característica que le permite tener un gran desarrollo en el periodo estival, en suelos húmedos o con riego. Además, es capaz de soportar periodos prolongados de sequía y su crecimiento se detiene con temperaturas inferiores a 1°C (Soto, 1999; 2000).

La raíz pivotante que desarrolla de forma rápida en el año de establecimiento le permite explorar un gran volumen de suelo y acota su uso a suelos profundos (> 2 metros), bien drenados y sin presencia de capas impermeables, que impidan la penetración de las raíces. Las napas freáticas eventuales o permanentes, producen asfixia radical que provoca la muerte de las plantas. En suelos sometidos a riego, las sobre cargas de agua generan el mismo efecto de asfixia radical y además, permiten el desarrollo de especies no deseables para esta pastura como trébol blanco, romaza, hualcacho, maicillo, duraznillo, chépica, pasto miel, entre otras, todas fuertes competidoras por espacio y nutrientes con las plantas de alfalfa (Romero, 1992; Soto, 2000; Demanet, 2014).

Una limitante importante para el desarrollo de una pastura productiva de alfalfa es el nivel de fertilidad en el suelo. Sensible a la acidez de suelo y toxicidad por aluminio, su establecimiento se debe realizar una vez corregida la acidez a través de la aplicación de enmiendas. Además, su nivel productivo se reduce en forma drástica ante deficiencias de fósforo, potasio, azufre y magnesio en el suelo (Soto, 1999; Mora & Demanet, 1995).

En 13 años de evaluación (1996 – 2009) de 59 cultivares de alfalfa en condiciones de riego, el mayor rendimiento se obtuvo en el año 2004 con 25,02 toneladas MS/ha, significativamente diferente al resto de los años de medición (Tabla 2.41). Los resultados de la clasificación de los años en categorías, utilizando el ranking BLUP, determinó que la probabilidad que en el tiempo se presente un nivel de producción medio – alto sea 76,9% (Tabla 2.42).

**Tabla 2.41. Rendimiento promedio anual de *Medicago sativa* L. en el área de riego de la zona templada de Chile. Periodo 1996 - 2009.**

Años	toneladas MS/ha
2004	25,02 a
2003	19,53 b
2002	16,50 c
2001	14,65 cd
1997	14,37 cde
1998	13,86 de
1996	12,87 de
2000	12,28 def
2005	12,08 defg
2009	11,22 efg
1999	10,08 fgh
2008	9,52 fgh
2007	7,04 h

Cifras con distintas letras son diferentes según Prueba de Tukey ( $p > 0,05$ )

Coefficiente de variación: 21,34%

**Tabla 2.42. Nivel de producción de *Medicago sativa* L. en 13 años de medición, según ranking BLUP (*Best Linear Unbiased Prediction*), en el área de riego de la zona templada de Chile. Periodo 1996 - 2009.**

Nivel de producción	N° Años	toneladas MS/ha			Significancia de BLUP
		Promedio	Máximo	Mínimo	
Alta	2	22,28	25,02	19,53	$P \leq 0.05$
Media	8	13,48	16,50	11,22	$P > 0.05$
Baja	3	8,88	10,08	7,04	$P \leq 0.05$
<b>Total</b>	<b>13</b>				

En el análisis de los cultivares, 35 de ellos, esto es el 59% de los materiales evaluados, presentaron una producción estadísticamente similar (Tabla 2.43), valores concordantes con los obtenidos por Soto (1999) y Romero (1992).

La categorización en niveles de producción demostró que la mayoría de los cultivares medidos (91%) se ubicaron en los cuartiles superiores medio – alto, resultado que permite predecir que independiente del cultivar establecido, el rendimiento será aceptable y se ubicara dentro de un rango razonable (Tabla 2.44).

La producción de alfalfa en la zona templada siempre ha constituido una opción compleja, producto de los niveles de acidez de los suelos, bajo contenido de fósforo y falta de programas de rotación efectivos (Mora & Demanet, 1995). En estas condiciones, los alfalfares de la zona templada se han concentrado en productores ganaderos que mantienen sus animales y también en pequeños agricultores que a través de subsidios estatales, optan al establecimiento de esta especie en superficies pequeñas (< 1 ha).

**Tabla 2.43. Rendimiento promedio 59 cultivares de *Medicago sativa* L. en el área de riego de la zona templada de Chile. Periodo 1996 - 2009.**

Cultivares	toneladas MS/ha	Cultivares	toneladas MS/ha
Ana 5-10	20,43 a	California 52	14,99 abcdefghijklmn
Ana 6-26	20,28 ab	WL 326	14,67 abcdefghijklmn
Ana 5-8	19,91 abc	Agresiva	14,49 abcdefghijklmn
Ana 6-28	19,83 abcd	WL 458	14,05 abcdefghijklmn
Ana 5-15	19,72 abcde	Ana 300	13,70 abcdefghijklmnop
P-54Q53	19,50 abcdef	Criolla	13,11 cdefghijklmnop
Ana 5-13	19,43 abcdef	Joya	12,63 cdefghijklmnop
Ana 5-9	19,29 abcdefg	Anasac 6	12,59 cdefghijklmnop
Ana 5-7	19,28 abcdefg	Cis 200	12,49 cdefghijklmnop
Ana 5-11	19,22 abcdefg	WL-323	12,45 cdefghijklmnop
Ana 5-4	18,93 abcdefgh	Ana 100	12,22 cdefghijklmnop
Ana 5-3	18,77 abcdefghi	ZC 9646	12,04 cdefghijklmnop
Ana 5-14	18,60 abcdefghij	Anasac 5	11,99 efghijklmnop
WL 325 HQ	18,50 abcdefghij	Fortress	11,90 fghijklmnop
Ana 5-5	18,32 abcdefghij	Innovator + Z	11,68 efghijklmnop
Abi 9252	18,13 abcdefghijk	Ana 200	11,44 efghijklmnop
Ana 5-2	18,09 abcdefghijk	Joya II	11,21 efghijklmnop
Ana 5-12	17,98 abcdefghijk	Ana 400	10,81 ghijklmnop
Archer II	17,85 abcdefghijk	Alfalfa RR2	10,22 ijklmnop
Rebound	17,78 abcdefghijk	Alfalfa RR3	10,06 jklmnop
Ana 5-6	17,65 abcdefghijk	Alfalfa RR1	9,83 klmnop
Robust	17,33 abcdefghijk	Rebound 6	8,91 nop
P 54Q53	17,32 abcdefghijk	Rebound 5	8,44 op
Emperor	17,21 abcdefghijklmn	Rebound 4	8,09 p
DS-076	17,17 abcdefghijklmn	DS - 015	6,29 p
Exp FG4	16,90 abcdefghijklmn	DS-9705	5,54 p
DS-077	16,87 abcdefghijklmn	DS-9801	5,43 p
Anerigraze 401	16,71 abcdefghijklmn	WL 326 HQ	5,42 p
DS-075	16,65 abcdefghijklmn	DS-9809	5,12 p
P-5472	16,11 abcdefghijklmn		

Cifras con distintas letras son diferentes según Prueba de Tukey ( $p > 0,05$ )

Coefficiente de variación: 22,34%

**Tabla 2.44. Niveles de producción de cultivares de *Medicago sativa* L., según el ranking BLUP (*Best Linear Unbiased Prediction*), en el área de riego de la zona templada de Chile. Periodo 1996 - 2009.**

Nivel de producción	N° cultivares	toneladas MS/ha			Significancia de BLUP
		Promedio	Máximo	Mínimo	
Alta	27	18,53	20,43	16,87	$P \leq 0.05$
Media	27	12,35	16,71	8,09	$P > 0.05$
Baja	5	5,56	6,29	5,12	$P \leq 0.05$
<b>Total</b>	<b>59</b>				

***Zea mays* L.** Cultivo que está presente por más de sesenta años en la zona sur del país. En las últimas dos décadas ha ocurrido un importante incremento de la superficie de siembra, producto del desarrollo de sistemas de producción intensiva, donde el forraje y, en especial, la energía aportada por éste, cumplen un papel fundamental. Asociado a estas necesidades, en la zona se han introducido materiales precoces mejor

adaptados a las condiciones climáticas junto a lo cual se han mejorado las técnicas de siembra, cosecha y conservación (Demagnet, 2014).

En las regiones de La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos anualmente se establecen más de 10.000 hectáreas de maíz para ensilaje, con una tasa de incremento anual de 4%, con lo cual se proyecta que en el corto plazo la superficie de siembra superará las 12.000 hectáreas. A esta extensión hay que sumar una superficie aún no definida de siembra de maíz para grano húmedo, que esta *ad portas* de ocurrir, con la incorporación al mercado de híbridos extra precoces, capaces de lograr una humedad en el grano de 28% a 32% en menos de 200 días de siembra a cosecha (Demagnet, 2014).

En el periodo 1993 – 2012 (19 años) se evaluaron 182 híbridos de maíz para ensilaje en el área de riego de la Región de La Araucanía y secano de la Región de Los Lagos. La máxima producción se presentó el año 2011 (27 toneladas MS/ha), valor estadísticamente similar al obtenido en los años 2001 y 2009 (Tabla 2.45).

**Tabla 2.45. Rendimiento promedio anual de *Zea mays* L. en la zona templada de Chile. Periodo 1993 - 2012.**

Años	toneladas MS/ha
2011	27,26 a
2009	26,67 ab
2001	26,66 ab
1997	25,69 abcd
2012	25,33 bcd
2007	22,75 cde
2010	22,41 de
2008	22,22 e
1999	21,11 ef
2005	20,79 ef
1995	20,60 ef
2006	20,35 ef
2002	19,51 efg
2004	18,64 efg
1994	18,13 efg
1993	18,06 efg
2003	17,74 fg
1996	16,45 g
2000	16,33 g

Cifras con distintas letras son diferentes según Prueba de Tukey ( $p > 0,05$ )

Coefficiente de variación: 13,02%

La clasificación en categorías de rendimiento demostró que existe un 68% de probabilidad que esta especie presente una producción medio – alto, esto es superior a 19 toneladas MS/ha (Tabla 2.46).

**Tabla 2.46. Nivel de producción de *Zea mays* L en 19 años de medición, según ranking BLUP (*Best Linear Unbiased Prediction*), en la zona templada de Chile. Periodo 1993 - 2012.**

Nivel de producción	N° Años	toneladas MS/ha			Significancia de BLUP
		Promedio	Máximo	Mínimo	
Alta	5	26,32	27,26	25,33	$P \leq 0.05$
Media	8	21,22	22,75	19,51	$P > 0.05$
Baja	6	17,56	18,64	16,33	$P \leq 0.05$
<b>Total</b>	<b>19</b>				

El 75,2% de los híbridos evaluados (137 híbridos) presentaron un rendimiento estadísticamente similar (Tabla 2.47). Estos datos demuestran la madurez del mercado de los materiales de maíz en Chile, dado que aquellos, considerados en las mediciones como posible opción de desarrollo, presentan un buen nivel de rendimiento. La agrupación de híbrido según nivel de rendimiento evidenció que el 95,6% logró una producción superior a 17 toneladas MS/ha (Tabla 2.48).

La evolución de este cultivo en la zona templada estuvo determinada por la inclusión en el país de híbridos provenientes del norte de Europa, materiales precoces (FAO < 210), cuyo comportamiento productivo en las zonas templadas es adecuado. Junto al incremento de rendimiento se logró obtener altos contenidos de almidón y energía, elementos que son la razón de la siembra de este cultivo en los sistemas ganaderos pastoriles. Junto a lo anterior se desarrolló la tecnología de cosecha y conservación, que ha permitido realizar las operaciones en forma oportuna y rápida, generando un ensilaje con un porcentaje de materia seca superior a 32% y digestibilidad de la FDN mayor a 65%.

**Brasicas:** Corresponde a un grupo de especies de utilización anual, que son consumidas en pastoreo por los animales como forrajes suplementarios de verano, otoño e invierno. Se incluyen las especies *Brassica rapa* L. *subsp. Rapa* (Nabos forrajeros), *Brassica olearacea* L. (Coles), *Brassica napus* L. *var. Napobrassica* (Rutabaga o Colinabos), *Brassica napus* L. *var. Napus* (Raps forrajero).

Evaluaciones realizadas en diversas localidades de la zona templada, han demostrado que el nivel de rendimiento de las brasicas pueden superar las 20 toneladas MS/ha. En estudio desarrollado en Valdivia, se logró una producción máxima de 16 toneladas MS/ha en un periodo de 120 días de siembra a cosecha, valores esperados de acuerdo a las condiciones de humedad, temperatura y luminosidad de la zona (Figura 2.23).

Los resultados obtenidos en la zona templada de Chile, son similares a los logrados en Nueva Zelanda, y el objetivo del cultivo el mismo (Stewart, *et al.*, 2014).

**Tabla 2.47. Rendimiento promedio 182 híbridos de *Zea mays* L. en la zona templada de Chile. Periodo 1993 - 2012.**

Cultivares	toneladas MS/ha	Cultivares	toneladas MS/ha	Cultivares	toneladas MS/ha
Fernandez	27,64 ab	Ex - 007	22,36 abcdefgh	Amaretto	20,52 abcdefgh
4213	25,82 abcde	P-39M20	22,33 abcdefgh	Tracy 5	20,47 abcdefgh
DK 281	25,35 abcde	Ambrosini	22,32 abcdefgh	11-002	20,42 abcdefgh
LG 30.218	25,24 abcde	LG 2185	22,29 abcdefgh	DK - 220	20,42 abcdefgh
LG 2306	24,96 abcde	Aptitud	22,24 abcdefgh	VDH - 9010	20,40 abcdefgh
Subito	24,73 abcde	Fantastic	22,24 abcdefgh	LG 3227	20,38 abcdefgh
Cis 4615	24,73 abcde	LG 3216	22,24 abcdefgh	VDH - 310	20,36 abcdefgh
Thomas	24,71 abcde	Fanion	22,22 abcdefgh	Derric	20,33 abcdefgh
Anjou 247	24,66 abcdefgh	Daxxar	22,22 abcdefgh	LG 3385	20,31 abcdefgh
11W186	24,60 abcdefgh	116215	22,15 abcdefgh	Trauco	20,30 abcdefgh
40906	24,59 abcdefgh	LG 3190	22,06 abcdefgh	Cabrio	20,23 abcdefgh
Exp 2	24,31 abcdefgh	09-490	22,06 abcdefgh	LG 2195	20,21 abcdefgh
LG 30275	24,26 abcdefgh	NX 1480	22,06 abcdefgh	Kobol	20,20 abcdefgh
Graf	24,26 abcdefgh	Koloris	22,02 abcdefgh	Tripoli	20,18 abcdefgh
LG 3247	24,24 abcdefgh	LG 30225	22,01 abcdefgh	Tuniche	20,17 abcdefgh
LG 3285	24,00 abcdefgh	Anjou 287	21,96 abcdefgh	Sunaro	20,16 cdefgh
LG 3220	23,99 abcdefgh	Sudoku	21,95 abcdefgh	Ravenna	20,13 cdefgh
Monumental	23,86 abcdefgh	Lexxic	21,91 abcdefgh	LG 3226	20,10 cdefgh
Chatillon	23,83 abcdefgh	Silo 4205	21,90 abcdefgh	Domingo	19,98 cdefgh
11-011	23,81 abcdefgh	Exp 3	21,86 abcdefgh	11-015	19,89 cdefgh
P-37W05	23,78 abcdefgh	Ayrro	21,85 abcdefgh	Cyrano	19,87 cdefgh
LG 3264	23,77 abcdefgh	LG 2265	21,80 abcdefgh	Bixxas	19,75 cdefgh
T-100	23,72 abcdefgh	VDH - 7337	21,71 abcdefgh	Carlont	19,72 cdefgh
NX 1485	23,63 abcdefgh	LG 30280	21,63 abcdefgh	Isora	19,71 cdefgh
Solution	23,61 abcdefgh	Anjou 256	21,60 abcdefgh	Silo 4705	19,68 cdefgh
P- 39G12	23,60 abcdefgh	P- 3902	21,56 abcdefgh	11-017	19,63 cdefgh
DK - 485	23,60 abcdefgh	98-081	21,56 abcdefgh	LG 30211	19,62 cdefgh
Karacho	23,51 abcdefgh	DK - 255	21,56 abcdefgh	Tracy 11	19,40 cdefgh
LG 30.275	23,45 abcdefgh	NK Bull	21,54 abcdefgh	Frida	19,38 cdefgh
Nexxos	23,44 abcdefgh	VDH - 1306	21,53 abcdefgh	Manacor	19,36 cdefgh
LG 3234	23,43 abcdefgh	Secura	21,49 abcdefgh	Penelope	19,22 cdefgh
Ricardinio	23,37 abcdefgh	VDH - 2252	21,43 abcdefgh	Rival	19,10 cdefgh
124602	23,36 abcdefgh	DK 237	21,42 abcdefgh	Kilian	19,06 cdefgh
NX 0761	23,33 abcdefgh	Cardion	21,32 abcdefgh	11-005	19,06 cdefgh
NX 1494	23,30 abcdefgh	Tormento	21,21 abcdefgh	Tracy 96545	19,03 cdefgh
T-90	23,25 abcdefgh	VDH - 315	21,20 abcdefgh	P-3947	18,98 cdefgh
Eliot	23,19 abcdefgh	NX 1034	21,20 abcdefgh	Toronto	18,95 cdefgh
Cis 2-11	23,08 abcdefgh	Aaspeed	21,20 abcdefgh	DK - 221	18,90 cdefgh
Horus	23,08 abcdefgh	Agio	21,19 abcdefgh	Cargimach	18,81 cdefgh
Vincent	23,03 abcdefgh	LG 3303	21,15 abcdefgh	Prinval	18,80 cdefgh
VDH - 1296	22,98 abcdefgh	41906	21,11 abcdefgh	Baxxao	18,76 cdefgh
Sensation	22,95 abcdefgh	Jouvence	21,10 abcdefgh	Bexxin	18,65 cdefgh
Helmi	22,90 abcdefgh	Tango	21,10 abcdefgh	Bonny	18,61 defgh
Advantage	22,90 abcdefgh	Bentley	21,04 abcdefgh	MT - 106	18,60 defgh
Marleen	22,89 abcdefgh	LG 3277	20,99 abcdefgh	P-3957	18,46 defgh
LG 30250	22,89 abcdefgh	X8W325	20,97 abcdefgh	Koherens	18,46 defgh
Ansyl	22,89 abcdefgh	Es progress	20,91 abcdefgh	Santos	18,30 defgh
LG 3258	22,88 abcdefgh	Ayrton	20,89 abcdefgh	S - 2206	18,10 defgh
Andor	22,87 abcdefgh	Surprise	20,83 abcdefgh	Ilias	18,06 defgh
Marquis	22,86 abcdefgh	Torrente	20,81 abcdefgh	Tracy 3	18,05 defgh
Aabsolut	22,82 abcdefgh	Exp 4	20,81 abcdefgh	Atlet	18,00 defgh
P-3954	22,71 abcdefgh	P 39G12	20,79 abcdefgh	10-007	17,94 efg
VDH - 3169	22,70 abcdefgh	Tracy 10	20,69 abcdefgh	SL Devino	17,66 efg
Delitop	22,65 abcdefgh	LG 30218	20,68 abcdefgh	Silo 4005	17,59 efg
Benjamin	22,64 abcdefgh	08-121	20,67 abcdefgh	VDH - 4171	17,55 efg
Exp 1	22,56 abcdefgh	DK - 262	20,67 abcdefgh	11-016	17,54 efg
VDH - 1308	22,48 abcdefgh	Monroe	20,61 abcdefgh	DK - 473	17,30 efg
Dixmo	22,46 abcdefgh	Monitor	20,60 abcdefgh	Boston	16,98 efg
39906	22,46 abcdefgh	Exp 5	20,57 abcdefgh	Cis 1-11	16,87 efg
Anjou 277	22,44 abcdefgh	Aairton	20,55 abcdefgh	Nescio	15,10 h
Cis 4315	22,41 abcdefgh	Exp 108	20,53 abcdefgh		

Cifras con distintas letras son diferentes según Prueba de Tukey ( $p > 0,05$ )  
Coeficiente de variación: 14,22%

**Tabla 2.48. Niveles de producción de híbridos de *Zea mays* L., clasificados según ranking BLUP (*Best Linear Unbiased Prediction*), en la zona templada de Chile. Periodo 1993 - 2012.**

Nivel de producción	N° cultivares	toneladas MS/ha			Significancia de BLUP
		Promedio	Máximo	Mínimo	
Alta	15	24,94	27,64	24,24	$P \leq 0.05$
Media	159	21,29	24	17,94	$P > 0.05$
Baja	8	17,07	17,66	15,1	$P \leq 0.05$
<b>Total</b>	<b>182</b>				

***Avena sativa* L. y *Avena strigosa* Schreber:** Cultivos suplementarios de amplia distribución en la zona templada de Chile. Establecidas en verano y otoño, se utilizan para pastoreo durante el invierno y elaboración de ensilaje en primavera.

**Tabla 2.49 Rendimiento invernal y anual (toneladas MS/ha) de *Avena sativa* L. en tres localidades de la Región de La Araucanía.**

Área Agroecológica	Localidad	Producción Invierno	Producción Anual
Precordillera	Curacautín	1,1	8,5
Secano Interior	Traiguén	1,4	8,2
Secano Costero	Hualpín	2,3	14,7

No es habitual el establecimiento de *Avena sativa* L. y *Avena strigosa* Schreber solo para elaboración de ensilaje, debido a la baja calidad bromatológica que se obtiene al momento de la cosecha. El rendimiento obtenido puede alcanzar a 16 toneladas MS/ha.

## 2.8.- Consideraciones Generales

- ✓ Las praderas y pasturas de la zona templada presentan una marcada estacionalidad en la producción de forraje, factor que determina la necesidad de obtener forraje conservado para suplir con las deficiencias que se generan durante ciertas épocas del año.
- ✓ Los rendimientos obtenidos por las diferentes alternativas forrajeras se ubican en los niveles máximos e incluso han superado las producciones logradas en las diferentes áreas templadas del mundo.
- ✓ Las praderas naturales y naturalidades presentan una importante respuesta a los cambios de manejo, donde se incluye fertilización, nutrición vegetal, control de carga animal, manejo de frecuencia e intensidad de uso y ordenación del territorio (apotreramiento).

## 2.9.- Bibliografía

Águila, C.H., **1997**. Pastos y Empastadas. Editorial Universitaria. Octava Edición. Santiago, Chile. 314p.

Arachevaleta, M., Bacon, C.W., Hoveland, C.S. & Radcliffe, D.E., **1989**. Effect of the tall fescue endophyte on plant response to environmental stress. *Agronomy Journal* 81: 83-90.

Bacon C.W., Lyons P.C., Porter J.K. & Robbins J.D., **1986**. Ergot toxicity from endophyte-infected grasses: A Review. *Agron. J.* 78, 106-116.

Bacon C.W., Porter J.K., Robbins J.D. & Luttrell E.S., **1977**. *Epichloe typhina* from toxic tall fescue grasses. *Appl. Environ. Microbiol.* 34, 576-581.

Balocchi, L.O. & López, C.I., **1996**. Especies pratenses nativas y naturalizadas del sur de Chile. En: Latrille L. (ed). *Producción Animal. Serie B-19*. Universidad Austral de Chile, p. 65-80.

Barr, S., **1996**. A farmer's experience with high N fertilizer inputs on grass/clover pasture. *White Clover: New Zealand's Competitive Edge*. Agronomy Society of New Zealand Special Publication 11/New Zealand Grassland Association, Grassland Research and practice Series 6:103-106

Barría, B.K., Vera, O.B. & Cortés B.M., **2008**. Caracterización socioeconómica y productiva de un grupo de agricultores de Chiloé adscritos al programa plantel animal bajo control oficial. *AGRO SUR* 36: 27-42.

Besoain M., E. **1985**. Los Suelos. En: Tosso, T.J. (ed). *Suelos volcánicos de Chile*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Ministerio de Agricultura, Santiago Chile. pp: 25-108

Börgel, R. **1965**. Mapa geomorfológico de Chile. Descripción geomorfológica del territorio. Central de Publicaciones de Periodismo. Universidad de Chile. 35 p.

Bretschneider, G., **2010**. Una actualización sobre el meteorismo espumoso bovino. *Arch Med Vet* 42: 135-146

Brock J.L., Caradus, J.R. & Hay, M.J.M. **1989**. Fifty years of white clover research in New Zealand. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association* 50: 25-39

Brougham, R.W. **1960**. The effect of frequent hard grazing at different times of the year on the productivity and species yield of a grass-clover pasture. *NZ journal of agricultural research* 3: 125-36.

Brougham, R.W.; Ball, P.R.; Williams, W.M., **1976**. The ecology and management of white clover based pasture. In: Wilson, J.R. (ed.). Plant relations in pastures. CSIRO. Canberra, Australia: 309-324.

Carambula, M., **1997**. Producción y manejo de Pasturas Sembradas. Editorial Hemisferio Sur. Montevideo, Uruguay. 464 p.

Catford, A.J., Daehler, C.C., Murphy, T.H., Sheppard, W.A., Hardesty, D.B., Westcott, A.D., Rejmánek, M., Bellingham, J.P & Pergl, J. **2012**. The intermediate disturbance hypothesis and plant invasions: Implications for species richness and management. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 14: 231– 241.

Catrileo, S.A., **2005**. Producción y manejo de carne bovina en Chile. Colección libros INIA, N° 16. Instituto de Investigaciones agropecuarias, Ministerio de Agricultura. Imrenta Austral. Temuco, Chile. 649 p.

Charlton, J.F.L.; Hampton, J.G.& Scott, D.J., **1986**. Temperature effects on germination on New Zealand herbage grasses. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association* 47:165-172.

Clark, D.A., Causley, D.C., Brougham, R.W. **1979**. Nitrogen fixation in pasture VI. Manawatu Plains Kairanga. *New Zealand Journal of Experimental Agriculture* 7: 23-25.

Clark, D.A., Matthew, C., Crush, J.R. **2001**. More feed for New Zealand dairy systems. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association* 63: 283-288.

Connolly, J., Finn, J.A., Black, A.D., Kirwan, L., Brophy, C. and Lüscher, A. **2009**. Effects of multispecies swards on dry matter production and the incidence of unsown species at three Irish sites. *Irish Journal of Agricultural and Food Research* 48: 243–260.

Cuevas, E., Balocchi, L.O., Anrique, R. & Jorquera, M. **1982**. Valor nutritivo de las principales especies de una pradera permanente de la X Región. I. Proteína y pared celular. *Agro Sur* 10:79-83.

Culleton, N, Murphy, W.E. & O’Keeffe, W.F. **1986**. The role of mixtures and seeding rates in ryegrass productivity. *Irish Journal of Agricultural Research* 25: 229–306

Daehler, C.C., **1998**. The taxonomic distribution of invasive angiosperm plants: ecological insights and comparison to agricultural weeds. *Biological Conservation* 84: 167-180.

Dekker, J. & Duke, S.O., **1995**. Herbicide-Resistant Field Crops. *Advances in Agronomy* 54:69-116.

Demagnet, F.R. & Contreras, D.R. **1988**. Pradera naturalizada en la precordillera. *Investigación y Progreso Agropecuario-Carillanca (INIA), Temuco.* 7: 2-6.

- Demagnet, F.R. & Neira, R.L. **1996**. Zona de Pastizales de Chile. Publicación Docente N° 1. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales. Departamento de producción Agropecuario. Universidad de La Frontera. Temuco, Chile. 100 p.
- Demagnet, F.R. & Romero, Y.O. **1988**. La pradera en la precordillera andina de la Región de La Araucanía (IX Región). En: Ruiz, N.I. (Ed.). Praderas para Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Ministerio de Agricultura, Santiago. p: 539-550.
- Demagnet, F.R. **1993**. Ballicas Bianuales. Frontera Agrícola 1: 59-65
- Demagnet, F.R. **1994**. Variedades de ballicas bianuales. Frontera Agrícola 2: 47-49.
- Demagnet, F.R. **1994**. Variedades de ballicas perennes. Frontera Agrícola 2: 38-43.
- Demagnet, F.R. **2008**. Manual de especies Forrajeras y manejo de Pastoreo. Plan Desarrollo Lechero Watt's. Imprenta América, Valdivia, Chile. 199 p.
- Demagnet, F.R. **2009**. Praderas y Pasturas para Producción de Carne. En AASA (ed). Manual del Ganadero AASA. Plan de desarrollo de Empresas AASA. Santiago, Chile. pp: 112 – 137.
- Demagnet, F.R. **2014**. Manual de especies forrajeras. Plan Lechero Watt's. CORFO, Universidad de La Frontera. Imprenta América, Valdivia, Chile. 163 p.
- Demagnet, F.R., Contreras, D.R. & Campillo, R.R. **1991**. La pradera natural en el secano costero. Investigación y Progreso Agropecuario-Carillanca (INIA), Temuco. 10: 31-36.
- Demagnet, F.R., Mora M.L.M., Canseco, M.C. & cantero, M.E. **2005**. Producción de Lolium perenne, Festuca arundinacea, Dactylis glomerata asociados a Trifolium repens en el secano de la IX Región. En: López, I. y Sepúlveda, N., (Ed.). XXX Reunión Anual Sociedad Chilena de Producción Animal. Temuco, Chile. pp: 153 – 154.
- Devine, M, D & Shukla, A. **2000**. Altered target sites as a mechanism of herbicide resistance. XIVth International Plant Protection Congress. Crop Protection 19: 881–889.
- Díaz, C., Alcayaga, S., Avilés, C., Aranda, G., Ascui, P., Besoain, E., Funes, M., Narbona, M., Pesce, D. & Mella, A., **1958**. Estudio sobre habilitación de los Ñadis o suelos húmedos del Departamento de Puerto Varas (1954). Agricultura Técnica (Chile) 18:412-486.
- Díaz, G.I., Mansilla, M., Nahuelhual, L. & Carmona, A., **2010**. Caracterización de la subdivisión predial e la comuna de Ancud, Región de Los Lagos, Chile, entre los años 1999 y 2008. Agrosur (Chile) 38: 19-29.

Donald, C.M. **1963**. Competition among crop and pasture plants. *Advances in Agronomy* 15: 1–18.

Easton, H.S.; Lee, C.K.; Fitzgerald, R.D. **1994**. Tall fescue in Australia and New Zealand. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 37: 405-417.

Fuenteaba, V.P., **1998**. Comportamiento productivo de 23 cultivares de *Lolium perenne* L., en el secano de la Región de la Araucanía. Tesis Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad de La Frontera. Temuco, Chile. 106 p

Fuentes, B., Mora G.M.L., Bolan. S.N. & Naidu, R. **2008**. Assessment of phosphorus bioavailability from organic wastes in soil. In: Naui, R. (ed.) *Developments in Soil Science*, Volume 32, Chapter 16. pp: 363-411.

Garwood, E.A., Tyson, K.C., Sinclair, J. **1979**. Use of water by six grass species: I. Dry-matter yields and response to irrigation. *Journal of Agricultural Science* 93: 13-24.

Gastó C., J., Gallardo S., A. & Contreras T., D., **1985**. Caracterización de los pastizales de Chile. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 292p.

Gasto, C.J., Gallardo, S. & Contreras, D., **1985** Caracterizació de los pastizales de Chile. Proyecto 1085-84 Conicyt. Santiago, Chile. 139 p.

Gasto, J., Gallardo, S. & Contreras, D. **1987**. Caracterización de los pastizales de Chile. Reinos, Dominios y Provincias. *Sistemas en agricultura. Teoría - Avances*. Santiago, Chile. 282 p.

Gilliland T.J., Hennessy, D & Griffith, V. **2011**. Studies into the dynamics of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) seed mixtures. *Irish Journal of Agricultural and Food Research* 50: 99–112

Glenn, A.E., Bacon, C.W., Price R. & Hanlin R.T. **1996**. Molecular phylogeny of *Acremonium* and its taxonomic implications. *Mycologia* 88: 369-383.

Goic, M.L. & Matzner, K.M. **1977**. Distribución de la producción de materia seca y características de tres regiones de la zona de las lluvias. *Avances en Producción Animal* 1: 23-32.

Goic, M.L. & Teuber K.N. **1988**. La pradera en la precordillera andina de la X Región (Valdivia-Llanquihue). En: Ruiz, N.I. (Ed.). *Praderas para Chile*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Ministerio de Agricultura, Santiago. pp: 616 - 621.

Goic, M.L., Becker, F. & Matzner, K.M., **1977**. Pastoreo continuo y rotativo con ovejas en suelos arcillosos de la zona sur. *Avances en Producción Animal* 1: 33-36.

Gómez, H.E., **2001**. Efecto del encalado en la producción de cinco cultivares y nueve líneas de *Lolium perenne*, establecidos en un Andisol acidificado de la Región de La Araucanía. Tesis Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad de La Frontera. Temuco, Chile. 95 p

Guillet, M, **1984**. Gramíneas Forrajeras. Editorial Acribia. Zaragoza, España. 370 p.

Harris, S.L., Clark, D.A., Auld, M.J., Waugh, C.D., Laboyrie, P.G. **1997**. Optimum white clover for dairy pasture. *Proceeding of New Zealand Grassland Association* 59:29-33.

Harville, D. A., **1976**. Extension of the Gauss-Markov theorem to include the estimation of random effects, *The Annals on Statistics*, 4:384-395.

Henderson, C. R. **1963**. Selection index and expected genetic advance. In: W. D. Hanson and H. F. Robinson (Eds.). *Statistical Genetics and Plant Breeding* Washington, D. C: National Academy of Sciences and National Research Council publications N° 982. Washinton, USA. p: 141-163.

Hill, N.S., Stringer, W.C., Rottinghaus, G.E., Belesky, D.P., Parrott, W.A., Pope, DD. **1990**. Growth, morphological, and chemical component responses of tall fescue to *Acremonium coenophialum*. *Crop Science* 30: 156-161.

Hill, N. S., Belesky D. P. & Stringer W. C., **1998**. Encroachment of Endophyte-infected on Endophyte-free Tall Fescue. *Annals of Botany* 81: 483-488.

Hoffmann, A.J. **2005**. Flora silvestre de Chile, Zona Araucana: Arboles, Arbustos y Enredaderas Leñosas. Quinta Edición. Ediciones Fundación Claudio Gay- Santiago, Chile. 257 p.

Honorato, R. & Olmedo, N. **1985**. Caracterización evolutivas de cinco series de suelos rojos-arcillosos de la central sur de Chile. *Ciencia e Investigación Agraria*. 12: 90-104

Houdijka, J.G.M., Kyriazakis, I., Kidanea, A. & Athanasiadou, S. **2012**. Manipulating small ruminant parasite epidemiology through the combination of nutritional strategies. *Veterinary Parasitology* 186: 38– 50.

Hyslop, M.G., Fraser, T.J., Smith D.R., Knight, T.L., Slay, M.W.A., Moffat, C.A., **2000**. Liveweight gain of young sheep grazing tall fescue or perennial ryegrass swards of different white clover content. *Proceeding of the New Zealand Society of Animal Production*. 60:51-54.

IGM. Instituto Geográfico Nacional. **2008**. Atlas Mundial. Impreso en Instituto Geografico Nacional, Santiago, Chile. 156 p.

INE. Instituto Nacional de Estadísticas, **2008**. Resultados Censo Agropecuario Año 2007. <http://www.censoagropecuario.cl>.

INE. Instituto Nacional de Estadísticas, **2011**. Producción Pecuaria. Informe Anual 2005 – 2010. Santiago, Chile. 61p.

Ingram, J. **1997**. Some theoretical aspects of mixtures. In: "Seeds of Progress" (ed. J.R. Weddell), British Grassland Society Occasional Symposium No. 31, 1997, ISBN 0905944496, p: 176–188.

IREN-CORFO. Instituto de Investigaciones de Recursos Naturales – Corporación de Fomento, **1970**. Estudio integrado de los recursos naturales. Provincia de Cautín. Informe 29, Tomo II. Descripción de Suelos. Santiago, Chile. 190 p.

Kareiva, P.M. & Bertness, M. D., **1997**. Re-examining the role of positive interactions in communities. *Ecology* 78, 1945.

Kirwan, L., Lüscher, A., Sebastia, M.T., Finn, J.A., Collins, R.P., Porqueddu, C., Helgadottir, A., Baadshaug, O.H., Brophy, C., Coran, C., Dalmansdottir, S., Delgado, I., Elgersma, A., Fothergill, M., Frankow-Lindberg, Golinski, B.E., Grieu, P., Gustavsson, A.M., Hoglind, M., Huguenin- Elie, O., Iliadis, C., Jorgensen, M., Kadziuliene, Z., Karyotis, T., Lunnan, T., Malengier, M., Maltoni, S., Meyer, V., Nyfeler, D., Nykanen-Kurki, P., Parente, J., Smit, H.J., Thumm, U. and Connolly, J. **2007**. Evenness drives consistent diversity effects in intensive grassland systems across 28 European sites. *Journal of Ecology* 95: 530–539.

Kopecky, D., Lukaszewski, A.J. & Dolezel. **2008**. Cytogenetics of *Festulolium* (*Festuca* x *Lolium*). *Cytogenetics and Genome Research* 120:370-383.

Lambrechtsen, N.C., **1992**. What grass is That?. Information Series N° 87. New Zealand Department of Scientific and Industrial Research. GP Publication. Fourth Edition. Wellington, New Zealand. 149 p.

Langer, R. **1981**. Las pasturas y sus plantas. Hemisferio Sur. Montevideo, Uruguay. 518 p.

Langer, R.H.M. **1994**. Pasture their ecology and management. Oxford University Press. Auckland, New Zealand. 499 p.

Littel, R.C., Miliken, G.A., Stroup, W.W. & Wolfinger, R.D. **2008**. SAS © System for mixed models, Cary, NC: Sas Institute Inc, USA. 663 p.

Martin, R.J., Knight, T.L., Gillespie, R.N., Riddle, M.U., Fraser, T.J. **2008**. Growth and water use of perennial ryegrass and tall fescue under different irrigation treatments. *Proceedings of the XXI International Grasslands Congress* 1: 835.

McBratney, J.M. **1978**. Production of perennial ryegrass cultivars of different maturity types when grown as pure swards and in certain combinations. *Grass and Forage Science* 33: 283–288.

McCallum, D.A., Thomson, N.A., Thom, E.R. **1992**. The place of tall fescue in intensive dairying. Proceedings of the Ruakura Farmers' Conference. 44: 93-97.

Mella L., A. & Khüne G., A., **1985**. Sistemática y descripción de las familias, asociaciones y series de suelos derivados de materiales piroclásticos de la zona central sur de Chile. En: Tosso, T.J.(ed). Suelos volcánicos de Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Ministerio de Agricultura, Santiago. pp: 549 - 712

Meza, V.P., **2009**. Producción de siete cultivares de *Lolium perenne* L. en el secano de la IX Región de La Araucanía. Tesis Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad de La Frontera. Temuco, Chile. 48 p.

Mills, A., Moot, D.J. & McKenzie, B.A. **2006**. Cocksfoot pasture production in relation to environmental variables. Proceeding of the New Zealand Grassland Association 68:89-94.

Milne, G.D. & Maloney, S.C., **1991**. Demonstration of dryland species on ninety farms on the east coast of the North Island. Proceeding of the New Zealand Grassland Association. 53: 39-44.

Milne, G.D., Shaw, R., Powell, R., Pirie, B., Pirie, J., **1997**. Tall fescue use on dairy farms. Proceedings of the New Zealand Grassland Association 59: 163-167.

Montaldo B.P. **1974**. Regiones Ecológicas del Cultivo de la Papa (*Solanum tuberosum*) en Chile. Agro Sr 2: 25-27.

Mora, M.L., & Demanet, F.R. **1995**. Efecto de las relaciones Ca/P y Ca/K en el establecimiento de pasturas en suelos acidificados. Frontera Agrícola 3: 28-35.

Morgan-Jones G. & Gams W., **1982**. Notes on Hyphomycetes. XLI. An endophyte of *Festuca arundinacea* and the anamorph of *Epichloe typhina*, new taxa in one of two new sections of *Acremonium*. Mycotaxon 15: 311-318.

Moss R.A. & Vlassoff, A., **1993**. Effect of herbage species on gastro-intestinal roundworm populations and their distribution. New Zealand Journal of Agricultural Research 36: 371-375.

Muslera. P.E. & Ratera G.C., **1991**. Praderas y Forrajes. Producción y Aprovechamiento. Ediciones Mundi – Prensa. Segunda Edición. Madrid, España. 674 p.

Myers, N., Mittermeier A.R., Mittermeier, G.C., Da Fonseca, G.A.V. & Kent, J., **2000**. Biodiversity hotspots for conservation priorities. Nature 403: 853-858.

Nyfefer, D., Huguenin-Elie, O., Suter, M., Frossard, E., Connolly, J. and Lüscher, A., **2009**. Strong mixture effects among four species in fertilized agricultural grassland led

to persistent and consistent transgressive overyielding. *Journal of Applied Ecology* 46: 683–691

Ortega, K.F., Torres, B.A., Moscoso, J.C., Santana, R.G. & Melo M.H., **2013**. Gramíneas forrajeras perennes para el sur de Chile. Evaluación de cultivares 2010 – 2013. Boletín INIA 226. Imprenta América, Osorno, Chile. 62 p.

Paterson, J., Forcherio C., Larson B., Samford M. & Kerley M., **1995**. The effects of fescue toxicosis on beef cattle productivity. *J. Anim. Sci.* 73, 889-898.

Pérez, C. F., **2000**. Comportamiento productivo de siete cultivares de *Lolium perenne* L. en el secano de la Región de La Araucanía. Tesis Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad de La Frontera. Temuco, Chile. 87 p

Rawnsley, R.P., Donaghy, D.J., Stevens, D.R., **2007**. What is limiting production and consumption of perennial ryegrass in temperate dairy regions of Australia and New Zealand? pp. 256-274. In: *Proceedings of the Australasian Dairy Science Symposium*. Melbourne. Ed. Chapman, D.F.; Clark, D.A.; Macmillan, K.L.; Nation, D.P. National Dairy Alliance.

Reed, K.F.M., **1996**. Improving the adaptation of perennial pasture grasses. *New Zealand Journal of Agriculture Research*. 39: 457-464.

Richardson M.D., Allsopp, N., D'antonio, MC., Milton, J.Z. & Rejmánek, M., **2000**. Plant invasions - the role of mutualisms. *Biol. Rev.* 75: 65-93.

Roberts, R.C. & Díaz, C., **1960**. Los grandes grupos de suelos de Chile. *Agricultura Técnica (Chile)*. Años XIX – XX: 7-36

Romero, Y.O. & Demanet, F.R., **1987**. La pradera de secano de los suelos rojo-arcillosos de la IX Región. *Investigación y Progreso Agropecuario-Carillanca (INIA)*, Temuco. 6: 2-4.

Romero, Y.O., **1992**. Seminario Alfalfa y su Utilización en la Zona Sur. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Estación Experimental Carillanca. Serie Carillanca N° 31. ISSN 0716 – 7679. Temuco, Chile. 224p.

Rouanet M. J.L, **1982**. Áreas agroecológicas determinantes del sistema de producción agropecuario. *Investigación y Progreso Carillanca (INIA)*. 1: 17-21.

Rouanet, M.J.L., Romero, Y.O. & Demanet F.R., **1988**. Áreas agroecológicas de la IX Región. Descripción. *Investigación y Progreso Agropecuario-Carillanca (INIA)*, Temuco. 7: 18-23.

Ruiz, I., **1988**. Praderas para Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Ministerio de Agricultura, Primera Edición. Santiago, Chile. 723 p.

Ruiz, I., **1996**. Praderas para Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Ministerio de Agricultura. Segunda Edición. Santiago, Chile. 734 p.

Rumbal, W., Keog, R.G., Lane, G.E., Miller, J.E. & Claydon, R.B., **1997**. "Grassland Lancelot". New Zealand J. of Agric. Research, 40:373-377.

Segarra, F. & Rayo, G., **1990**. Situación actual y perspectivas del sector campesino en Chiloé. Agraria. Santiago. 99 p.

SERNAGEOMIN. Servicio Nacional de Geología y Minería, **2003**. Mapa Geológico de Chile: Versión digital. Publicación geológica digital, No. 4, 2003. CD-ROM, versión 1.0, 2003. Base Geológica escala 1:1.000.000. Santiago, Chile.

Siebold, Sch. E., **2001**. Mejoramiento de Praderas Naturalizadas. En: Opazo, R.L.; Torres, B.A. & Siebold, Sch.E. Hacia un Nuevo Estilo Productivo. Seminario de Praderas. Serie de Actas N° 9. Centro Regional Remehue INIA, Ministerio de Agricultura. Osorno, Chile. pp: 2-9.

Simmonds, N.W., **1962**. Variability in crop plants, its use and conservation. Biological Review of the Cambridge Philosophical Society 37: 442-465.

Soto, O.P., **1999**. Seminario Producción y Utilización de Alfalfa. Zona Centro Sur y Sur. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Estación Experimental Quilamapu. Serie Quilamapu N° 24. ISSN 0716-6265. Chillán, Chile. 308p.

Soto, O.P., **2000**. Alfalfa en la Zona centro Sur de Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Ministerio de Agricultura. Centro Regional de Investigación Quilamapu. Colección libros INIA N° 4. ISSN 0717-4713. Chillán, Chile. 266p.

Speeding, C.R.W. & Diekmahns, E.C., **1972**. Grasses and Legumes in British Agriculture. Bulletin 49. Commonwealth Bureau of Pasture and Field Crop. 511 p.

Stewart, A., Kerr, G.; Lissaman, W. & Rowarth, J., **2014**. Pasture and forage plants for New Zealand. Grassland Research and Practice Series N° 8. New Zealand Grassland Association. Taieri, Fairfield, Dunedin, New Zealand. 139 p.

Stewart, V.A., **1996**. Plantain (*Plantago lanceolata*) a potencial pasture species. Proceedings of the New Zealand Grassland Association 58:77-86.

Teuber, K.N., **1980**. Especies y variedades forrajeras para la X Región. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Estación Experimental Remehue. Osorno, Chile. Boletín Divulgativo N° 27 (37 Ref). 11 p.

Teuber, K.N., **1988**. La pradera de los suelos Ñadi de la X Región. En: Ruiz, N.I. (Ed.). Praderas para Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Ministerio de Agricultura, Santiago. pp: 546 - 553.

Teuber, K.N., **1996**. La pradera en la costa de la X Región (Valdivia Llanquihue). En: Ruiz, N.I. (Ed.). Praderas para Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Ministerio de Agricultura, Santiago. pp: 580 - 589.

Teuber, K.T., **2009**. Praderas permanentes en las zonas lecheras de Chile. Curvas de crecimiento, distribución y producción. Consorcio Lechero, Inia. Osorno, Chile. 62p

Thom, E.R., **2000**. How much pasture can we really grow? Proceedings of the South Island Dairying Event: 72-79.

Thomson, N.A.; Lagan, J.F.; McCallum, D.A.; Prestidge, R., **1988**. An evaluation of Grasslands Roa tall fescue and Grasslands Maru phalaris for dairying. Proceedings of the New Zealand Grassland Association 49: 187-191.

Torres, A., Goic, L., Navarro, H. & Siebald, E., **1992**. Curvas de crecimiento de la pradera naturalizada y mejorada de los suelos Ñadi. Sociedad Chilena de Producción Animal (SOCHIPA). XVII Reunión Anual, Chillan, Chile pp: 12.

Trenbath, B.R., **1974**. Biomass productivity of mixtures. Advances in Agronomy 26: 177–210.

Universidad de Chile, **1980**. Atlas de potencialidades. Estudio de potencialidades de desarrollo de la IX Región. Laboratorio de Geografía, Universidad de Chile, Temuco, Chile. 189p

White, J. & Hodgson, J., **1999**. New Zealand. Pasture and Crop Science. Oxford University Press. Auckland, New Zealand. 323 p.

Woodford, E.K., **1966**. The need for a fresh approach to the place and purpose of ley. Journal of the British Grassland Society 21: 109–115.

Wright, C.H.A., **1965**. The volcanic ash soil of Chile. report to the government of Chile. FAO (Roma. Rep. N° 2017. 201p

Yannicari, M., Istilart, C., Giménez, D.A. & Castro, A.M., **2012**. Effects of glyphosate on the movement of assimilates of two *Lolium perenne* L. populations with differential herbicide sensitivity. Environmental and Experimental Botany 82: 14-19.

Zunino, H. & Borie, F., **1985**. Materia Orgánica y procesos en suelos alofánicos. En: Tosso, J. (ed.) Suelos Volcánicos de Chile. Ministerio de Agricultura, Edición del Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Capítulo 5. Santiago, Chile. pp: 435-490.

## **Capítulo III**

### ***Análisis de la productividad y calidad de los pastizales permanentes de la zona templada de Chile***

## **Capítulo III: Análisis de la productividad y calidad de los pastizales permanentes de la zona templada de Chile: Descripción de un estudio modelo, base de una propuesta para el manejo sustentable y productivo del pastizal.**

### **3.1.- Introducción**

En este Capítulo se elabora un modelo de crecimiento de la pradera templada, con información colectada mensualmente, durante once años (2002 – 2012), en un predio de la pre-cordillera de Los Andes. En este sitio el bosque nativo templado fue intervenido y transformado en un pastizal exótico (pastura), con el objetivo de desarrollar un sistema de producción de carne bovina intensivo, bajo pastoreo. Este estudio se presenta como una propuesta de manejo sustentable y productivo del pastizal.

Concretamente, la investigación de campo, objeto de estudio experimental de este trabajo de Tesis Doctoral, se realizó en el predio Cerro Azul, ubicado en la cuenca del Lago Ranco, Región de Los Ríos, provincia del Ranco, entre los paralelos 39°58' y 40°36'LS y meridianos 72°39' y 71°42'LO. El predio es una unidad productiva conformada por cuatro áreas bien definidas: San Huberto, Cerro Azul, Folilco y Collico. La superficie total de este predio es 5.252 hectáreas.

La información obtenida se basó en las muestras colectadas mensualmente, durante once años, tanto en suelo como en las plantas, aunque fundamentalmente, en estas últimas. Concretamente, en las muestras de planta se determinó la producción de materia seca (productividad) y el contenido en proteínas y fibra (calidad), así como el contenido en nutrientes minerales. En las muestras de suelo se determinó el contenido de nutrientes.

Para conformar el presente Capítulo la información analítica obtenida se sistematizó de la forma siguiente: con los datos de producción de materia seca, proteínas y fibra en planta se elaboró un artículo científico que fue publicado en una Revista incluida en el Citation Index. Esta publicación, con el título **“Seasonal variation of the productivity and quality of permanent pastures in Adisols of temperate regions”**, se incluye, en inglés, a continuación y constituye la Parte A de este Capítulo. Posteriormente, se presenta la Parte B, donde se exponen los datos correspondientes al **“Contenido de nutrientes en el suelo y la planta”**.

En ambos bloques de información, A y B, se describe la metodología utilizada, se exponen los resultados, avalados con análisis estadísticos de vanguardia, que posteriormente se discuten, a la luz de las publicaciones relacionadas, más relevantes. Así mismo, se extraen las conclusiones operativas correspondientes.

### **3.2.- Primera Parte: Seasonal variation of the productivity and quality of permanent pastures in Adisols of temperate regions**

Rolando Demanet<sup>1</sup>, María de la Luz Mora<sup>2</sup>, Miguel Ángel Herrera<sup>3</sup> Horacio Miranda<sup>1</sup> and José-Miguel Barea<sup>4</sup>.

1 Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales. Universidad de La Frontera, Casilla 54-D, Temuco, Chile.

2 Center of Plant, Soil Interaction and Natural Resources Biotechnology, Scientific and Technological Bioresource Nucleus, Universidad de La Frontera, Casilla 54-D, Temuco, Chile.

3 Departamento de Ingeniería Forestal, E.T.S.I.A.M., Campus de Excelencia Internacional Agroalimentario (ceiA3), Universidad de Córdoba, 14071 Cordoba, Spain.

4 Departamento de Microbiología del Suelo y Sistemas Simbióticos, Estación Experimental del Zaidin, CSIC, Profesor Albareda 1, 18008 Granada, Spain

#### **Abstract**

With the aim of evaluating the productivity (dry matter yield) and quality (protein and fiber) of pastures in temperate regions of Chile a long-term monitoring experiment was carried out in a representative farm in these regions. The study was carried during the years 2002 - 2012 in a farm located at Region of Los Ríos, Chile. The study area was split into fifteen pasture sites, which were evaluated dry matter production by means of the standardized methodology, which considers the location on each pasture site a grazing exclusion cage. With the information generated during the 11 years of measurements, a trend pattern interpolation was developed by a polynomial regression model using fifth grade and centering the independent variable from the second grade on. Each result was classified according to the ranking provided by the BLUP methodology, comparing the results obtained with the average. The analysis of variance mixed model, determined by the variance components, indicated that 60% of the total variation in dry matter production is attributed to seasonality. Only 2.6% of the variation was attributable to the year while a 0.9% was due to differences between pastures sites, during the eleven years of study, with no significant data ( $p > 0.05$ ). The seasonal distribution of production, concentrated its performance in spring and highest performing months were November, December, January. The quality measured as protein and fiber content of the pasture, does not present statistical differences between years and only differences were determined by seasonality.

**Keywords:** dry matter production, pasture quality and productivity, grazing systems, growth models

## 1. Introduction

Permanent pastures are the main source of food for cattle in temperate regions of the World, being the lowest-cost food for grazing animals (Pembletona *et al.*, 2012).

In Chile, the permanent pastures of the temperate regions are situated in a wide area located in between the parallels 35° and 42°. These pastures are developed in soils with a volcanic origin, including Andisols and Ultisols. Such a temperate climate included a characteristic winter rainfall.

Productivity of a permanent pasture area, having a homogeneous soil and climate, is usually expressed by means of growth models. The produced curves can provide basic information for modeling the use of forage in grazing systems (Delagarde and O'Donovan, 2005). Seasonal variations determined by the weather, plant nutrition and management, define the availability and quality of forage throughout the year. These curves are in fact the primary tool to build predictive models of performance and handling of feed resources in livestock production systems (Fy, *et al.*, 2011).

In the temperate zone of Chile different curve models have been developed to represent the growth of pastures in different sites and with different levels of intervention and management (Teuber, 2009). However, all of these curves shown results achieved in a short time period and fail to represent a yearly effect.

All predictive models require long-term field information, and at many points within the study area. Obviously, the level of complexity of a particular model curve depends on the amount and quality of information available for building the model (Corson *et al.*, 2007). The complexity or simplicity of a model curve of plant growth is a subjective concept. Complex models incorporate several variables, such as photosynthetic efficiency and mesophyll conductance and leaf water potential effects on metabolic processes (Vico and Porporato, 2008). Simple models predict and estimate growth through indirect field measurements with instruments of easy access and use: rising plate meter, sward height measuring ultrasonic distance sensor with An - radiometric and spectral reflections and visually (Fricke and Wachendorf, 2013).

In addition to changes in the productivity, basically dry matter production, pastures in temperate areas exhibit also changes in the quality of the produced forage, changes which are related to the growth stage, nutrition, frequency and intensity of pasture use throughout the year, and season (Beecher *et al.*, 2013). Elaborating quality forage production curves, which represent protein, fiber, and energy in the forage, is critical to define the nutritional value of pastures and build balanced diets for grazing animals (Owens *et al.*, 2008). In temperate zones, production and protein ratio in pastures have a seasonal change, whose size and trends is needed to know to develop efficient and productive farming systems (Wang and Schjoerring, 2012).

The protein content of the pasture is dependent on genetic and environmental conditions while the absorption efficiency of nitrogen available from the soil depends on the plant species and their genetic characteristics. Protein production is related to soil organic matter content (Cartes *et al.*, 2009), level of humidity, temperature and supply generated by the applied organic and inorganic fertilization during the production period (Cameron *et al.*, 2013). Various strategies have been followed to increase both the efficient use of the available nitrogen in the soil and the true protein content in pastures (Giller *et al.*, 2004). Among these strategies it has been investigated a reduced use of synthetic nitrogen fertilizers, splitting their annual application rate, use of slow release fertilizer (Adams *et al.*, 2013), adjustment of supply the current demand, use of urease and/or nitrification inhibitors (Zaman *et al.*, 2009), application of organic fertilizers, increased intervals between defoliation (Kennedy *et al.*, 2006), and use of plants can take up and use nitrogen captured from soil. All these practices comply with the objective of increasing the efficiency of nitrogen use, reduce air pollution and increase the protein content of the plants (Andrews *et al.*, 2007).

It can be also considered that pasture use efficiency of nitrogen available in the soil is reduced as much of this nitrogen is lost in the soil - plant, through processes of ammonia volatilization, nitrification, denitrification or leaching, and by erosion and surface runoff (Agouridis *et al.*, 2005).

Another component of interest is the content of fiber, either the Neutral Detergent Fiber (NDF) or Acid Detergent Fiber (ADF) fractions, in the forage. These parameters are inversely related to forage digestibility and define the consumption capacity of grazing animals. The fiber content is depending on the growth stage, the proportion of plant components, species and cultivar (Beecher *et al.*, 2013). The tetraploid plants have a proportionally lower fiber content and higher digestibility, because of their larger epidermal and mesophyll cells and their higher ratio of cell wall to cell contents (Stewart and Hayes, 2011).

Information on pasture production and quality is therefore a useful tool in predicting and preparing balanced diets, which are the basis for making timely and effective decisions, and that achieve optimum use of forage resources in a system pastoral (Stewart *et al.*, 2014)

With the aim of evaluating the productivity (dry matter yield) and quality of pastures in temperate regions of Chile a long-term monitoring experiment was carried out in a representative farm in these regions. This was in fact the main objective of this research, but ascertaining the factors affecting pasture productivity and quality was also a part of the targets. Accordingly, two alternative hypotheses were formulated: (a) the productivity and quality of permanent pastures in volcanic soils (Andisols) in the

temperate regions of Chile is determined by the single effect of the year, seasonality or the pasture location, or (b) by the combined effect of these variables.

## 2. Materials and methods

The study was carried during the years 2002 – 2012 in a farm called “Cerro Azul”, located at the Lake Ranco basin, Region of Los Ríos, Chile, situated in between the parallels 39°58´ and 40°36´LS, and the meridians 72°39´ y 71°42´LO. This farm has 4,500 ha, where silvo-agropastoral activities are being developed.

### 2.1. Characteristics of the Study Area

The landscape of the test basin characteristically has a high proportion of the native forest, which represents a 51% of its surface area. The most representative trees, all of them evergreen, are *Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst., *Nothofagus alpina* (P. et E.) Oerst., *Nothofagus dombeyi* (Mirb.) Oerst. y *Nothofagus dombeyi* (Mirb.) Oerst., *Nothofagus alpina* (P. et E.) Oerst., *Laureliopsis philippiana* (Looser).

The study area has a glacial origin and is predominantly hill-shaped where the sloped planes are exposed to hydraulic erosion processes.

The target soil is an Andisol, serie Piedras Negras, originated by volcanic ashes depositions on lacustrine planes situated in the pre-Andean range. Is a deep soil and its texture is silty loam in surface, having a black color, while is clay loam and brownish in depth. The substrate consists in cemented glacial-fluvial sediments.

The climate is characteristically temperate and rainy (Cfsb, after Köppen) which the rains concentrated in winter. The average temperature is maintained less than 12°C with an annual rainfall of 2.200 mm.

In the period 2002 - 2012, the study area provided an average annual rainfall of 2,066 mm, with 231 days of occurrence of rainfall, concentrated in the period from March to September (Table 1).

**Table 1: Climatic variables in the study area (2002 – 2012)**

Parameter	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Annual
Rainfall (mm).	92,8	45,7	89,0	167,0	215,6	293,5	253,1	332,4	300,0	98,5	131,8	47,3	2.066,7
Cumulative rainfall (mm)	92,8	138,5	227,5	394,5	610,1	903,6	1156,7	1489,1	1789,1	1887,6	2019,4	2066,7	
Number days with rain	13	12	22	26	26	22	21	26	23	17	15	8	231,0
Average temperatura (°C)	14,2	14,8	12,1	9,4	7,8	6,4	5,6	5,7	7,8	8,6	11,1	13,6	
Minimum temperature. °C	4,9	4,6	2,5	1,4	-1,8	-2,4	-1,4	-0,6	0,3	1,3	2,8	2,4	
Maximum temperature°C	28,5	31,6	25,1	23,3	16,4	16,7	14,5	15,9	17,4	24,1	23,4	25,8	

## 2.2. Pasture management

The study area was split into fifteen pasture sites, which were evaluated for eleven years (2002-2011). Annually, all pastures were fertilized with 60 kg P/ha, 30 kg N/ha, 22 kg 2O, MgO 18 kg, 22 kg S/ha. In years 1, 4 and 8, was also applied in March 1 toneladas/ha of dolomite. During the study period the pastures were grazed by beef cattle and subjected to a system of rotational grazing management, with an annual average stocking rate of 2.2 animal units per hectare. The average botanical composition of pastures was 78% of perennial grasses, legumes 3% and 19% of naturalized architecture of different species and growth habit.

## 2.3. Nutrient Content in Soil

The soil analysis was performed according to the methodology proposed by Sadzawka *et al.* (2006) and updated by the National Accrediting Commission of the Chilean Society of Soil Science.

**Table 2: pH and nutrient concentration in the target soil**

Parameters	Average	Maximum	Minimum
pH H <sub>2</sub> O	5,73	5,79	5,69
Organic matter (%)	24,80	25,60	24,00
Olsen P (mg kg <sup>-1</sup> )	15,75	17,68	14,00
S (mg kg <sup>-1</sup> )	8,86	13,48	4,08
K (cmolc kg <sup>-1</sup> )	0,51	0,62	0,40
Na (cmolc kg <sup>-1</sup> )	0,12	0,40	0,06
Ca (cmolc kg <sup>-1</sup> )	8,79	9,16	8,05
Mg (cmolc kg <sup>-1</sup> )	3,13	3,28	3,02
Al (cmolc kg <sup>-1</sup> )	0,20	0,23	0,17
CEC (cmolc kg <sup>-1</sup> )	12,83	13,31	12,20
Al saturation %	2,43	2,93	1,93
Al Ext. (mg kg <sup>-1</sup> )	1406	1637	1190
B (mg kg <sup>-1</sup> )	0,44	0,48	0,38
Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	4,18	4,65	3,47

The pH was determined in a suspension of ground calcium chloride (0.01 M), in a ratio soil: solution 1:2.5 OM content was determined by wet combustion with a mixture of sodium dichromate (0.5 M) and sulfuric acid (96%) acid was measured by colorimetry after chromate reduction.

Phosphorus was measured by the technique of Olsen based on an extraction with a solution of 0.5 M sodium bicarbonate at pH 8.5. The bases of the soil were estimated from the removal of the exchangeable cations (Ca, Mg, Na, K) with ammonium acetate (1 M) at pH 7.0. The available sulfur was measured by extraction with Ca (H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>) 0.01 mol/L. Cation exchange capacity was determined from the amount of Ca+Mg+Na+K+Al

interchangeable. The results showed that pastures evaluated in this study were developed in a representative Andisol temperate with high organic matter, acid pH, phosphorus intermediate and 2.43% aluminum saturation (Table 2).

#### **2.4. Evaluations**

Evaluation of dry matter production was conducted by means of the methodology described by Soto and Teuber (1982), which considers the location on each pasture site a grazing exclusion cage (0.85 m<sup>2</sup>), which were rotated in each pasture site at each forage sampling, that was done every 30 days. Monthly shoot biomass growing inside the exclusion grazing cages was cut with scissors, as already did on a similar surface outside the exclusion cage. The difference between the production of forage growing inside the cage and that growing outside during the previous month, corresponds to the monthly growth of each pasture site. The grazing exclusion cages are moved around every month, in order to maintain the system of nutrient recycling performed by grazing animals.

The green forage produced inside and outside the grazing exclusion cages was weighed in the field with a 0.005 precision balance, where a sub- sample for the evaluation of dry matter content, proportion of species extracted and their nutrient content, was carried out in the Laboratory of meadows and pastures and Chemical Analysis of Soils and Plants, University of La Frontera, Temuco. Multiplying the green matter production value by the dry matter content, divided by 100, gives the final parameter of “production of dry matter per hectare per month”. Obviously, each year had a total of 12 pasture evaluations. The sum of the yield of each evaluation, gave rise to the annual yield. The daily growth rate was obtained from the division of the monthly production by the number of days in each month. The dry matter content in the sub-sample of green material from the inside of the grazing exclusion cages was determined by a standard procedure, as follows. The samples were homogenized in the laboratory and weighed on 0.005 precision balance and introduced in a previously paper to be subjected to drying in a forced air oven at 65°C for a maximum of 48 hours until constant weight. The dry matter content was expressed as a percentage value.

The botanical composition was determined in forage sub-samples taken from the exclusion cages. The constituent species of each sample were separated manually into grasses, legumes and other. The proportion of species was expressed as a percentage.

The quality parameters of the pastures were evaluated from leaf samples taken from inside the grazing exclusion cages. The sub-samples were subjected to a drying process at 100 ° C in vacuum oven (1.3 x 10<sup>4</sup> Pa) for 5 hours.

The leaf nitrogen content was determined using the Kjeldahl method. The conversion factor used from nitrogen to protein was 6.25, as it is assumed that in temperate pasture nitrogen level of proteins is 16%.

Fiber Content: The acid detergent fiber (ADF) and neutral detergent fiber (NDF) were determined through the method Van Soest (1994), which through the acid detergent extraction isolates cellulose cutting lignin insoluble minerals and other components, by solubilization of the hemicellulose and cell wall proteins. The neutral detergent fiber (NDF) has been obtained from the methodology developed by Van Soest (1994) and Goering and Van Soest (1994), a method by extracting with a neutral detergent insoluble or determines the total fiber.

## **2. 5. Statistical analyses**

With the information generated during the 11 years of measurements, a trend pattern interpolation was developed by a polynomial regression model using fifth grade and centering the independent variable from the second grade on. From the prediction residuals regression, outlier identification values were discarded through multivariate Mahalanobis distance (Varmuza and Filzmoser, 2009).

In order to identify the factors most influential on dry matter yield and quality, data were subjected to a mixed model in order to estimate the variance components of the random effects of year, month, pasture site and their interactions on pastures by REML (Restricted Maximum Likelihood). Finally the method BLUP (best linear predictor unbiased) was applied to predict and rank the levels of random factors in the order of high, medium and low and statistical significances were estimated relative to the overall average of each variable under study.

## **3. Results and discussion**

### **3.1. Pasture growth**

The mathematical expression of the growth of temperate pastures is represented in this study by means of polynomial fitted curves. These curves try to predict the growth rate and performance of pastures in the target region at a given period. The results of this study indicated that the growth of temperate pasture fits a quintic polynomial with all coefficients resulting statistically significant ( $p \leq 0.0001$ ).

The analysis of variance of the mixed model, determined by the variance of components, indicated that 60% of the total variation in dry matter production can be attributed to seasonality. Only 2.6% of the variation was attributable to the year and 0.9% to differences between pastures sites during the eleven years of study, which showed no significant values ( $p > 0.05$ ). The only statistically significant interaction was month per year, with 10.35% of explained variance.

In assessing daily growth rates, the months were clustered according to the ranking BLUP which showed that there are three categories during the year. The highest rate of growth was generated in the months of November, December and January with an

average of 72 Kg DM/ha/day, which corresponds to spring and summer. At the intermediate level, the average was 37 Kg DM/ha/day and corresponded to autumn and early spring, i.e., February, March, April, September and October. The lower rate of daily growth (10 Kg DM/ha/day), was recorded in late fall and winter, i. e., May, June, July and August (Table 3).

**Table 3. Month clustering of pasture growth according to BLUP ranking**

Months	Kg DM/ha/day			Significance BLUP
	average	Máximo	mínimo	
November, December, January	72	79	66	P ≤ 0.05
February, March, April, September, October	37	59	14	P > 0.05
May, June, July, August	10	18	5	P ≤ 0.05

The same trend was found when data were subjected to the polynomial fitting test as recorded in Figure 1 in form of curves predicting the mean tendency of the production rate over time. Actually, Figure 1 summarizes the dry matter yield of permanent pasture expressed either by month (A) or by day (B). Obviously, environmental conditions in spring and early summer (see also Table 2) enhance pasture productivity.

In developing a balanced diet of pastoral systems is necessary to know the size and growth trends and forage quality throughout the year. The polynomial fit of the data collected in eleven years at 15 sites pastures allowed to generate a predictive model of growth, where the incident is the seasonality factor and not the location of the pasture production and botanical composition. A similar trend, as the model shown in Figure 1, was obtained in other evaluation done in Chile and in another temperate region (Teuber, 2009). However, the scale of the changes is different, because of the high level of achievements by the productive pastures in the study site.

With the mathematical expression of forage production it is possible to predict the growth of pastures in the different periods of the year, and thereby develop feed balances, adjusting diets to regulate demand and supply processes conservation program surpluses. The optimization of the production processes of pasture and grazing management requires available results over time, which can be used in a permanent form in livestock systems to order the animal movement and define areas of use in different seasons. The seasonal pastures, shows the difficulty possessing pastoral livestock systems, in adjusting stocking addition to the continuing need to adjust diets due to the heterogeneity of grass growth.

With the polynomial model it was possible to quantify the trend of monthly average, daily growth and dry matter from pasture, over time, with a level of significance ( $p \leq 0.0001$ ). The variations in the seasonal growth of pasture use determine the frequency of grazing (Holmes *et al.*, 2002). Under optimal conditions of use, rotation lengths vary between 15 and 35 days in spring and 25 and 90 days, in autumn and winter (Holmes

*et al.*, 2002). The results indicate that periods without grazing pastures can be maintained only if availability to the sustainability of the system is adjusted.

Measuring the growth of pastures in grazing systems is a complex issue that relates the climate variations between seasons and the interaction soil - plant - animal, dynamics of water and nutrients from soil, changes in botanical composition, and seasonal variations in the stocking rate, grazing intensity and frequency. Models representing the growth of pastures in temperate regions have a timescale that prevent visualize changes generated in the long term, including the impact of changes in climate and grazing management. The assessment made in eleven years, allowed defining the long-term changes in climatic conditions throughout the year determined the growth model, providing a temporal dimension, which generates group of months, where November, December and January include with higher average growth rate and June, July and August with growth rates below 10 K DM/ha/day (Figure1).

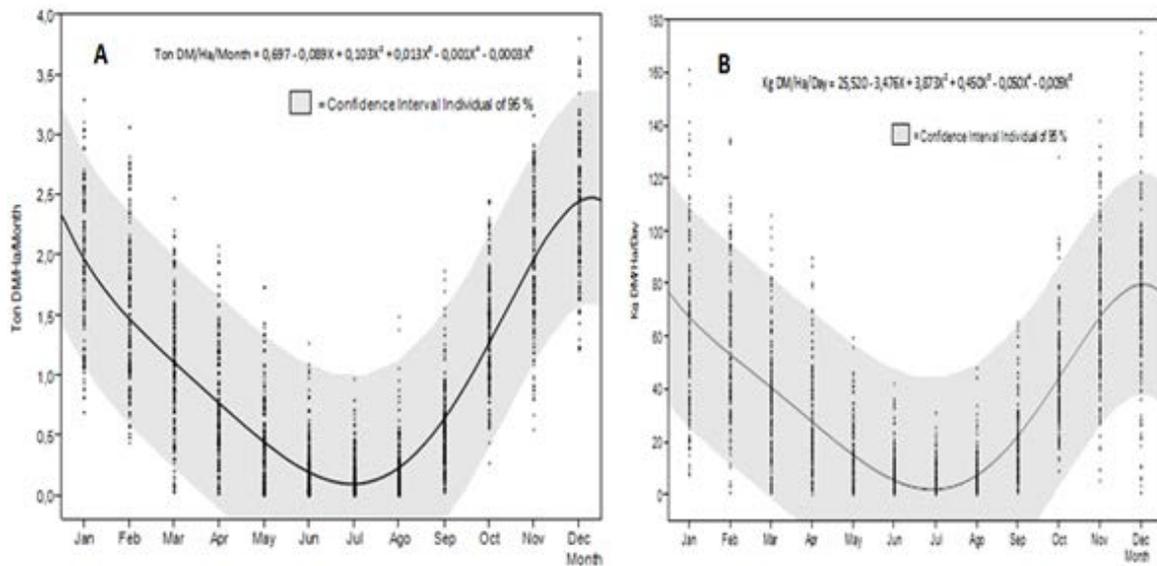


Figure 1: Polynomial fit and confidence interval 95% of the monthly dry matter yield (A), and pasture growth rate (B) in the target temperate area of Chile (2002 – 2012).

### 3.2. Seasonal distribution

The growth model showed the concentration of dry matter, 50.3% annual yield occurred in spring-summer, 27.6%, 17.6%, in autumn and only 4.5% in winter. These results were generated by the high growth rate presented pasture in the months of November and December that was greater than 95 kg DM/ha/day. Humidity, temperature and radiation determining growth of pastures (Mc Calla, 2003) and, in temperate zones, the best relationship between these factors are generated in the

period of spring (Skinner *et al.*,2009), as found in this research when the highest production was obtained in spring (Figure 2).

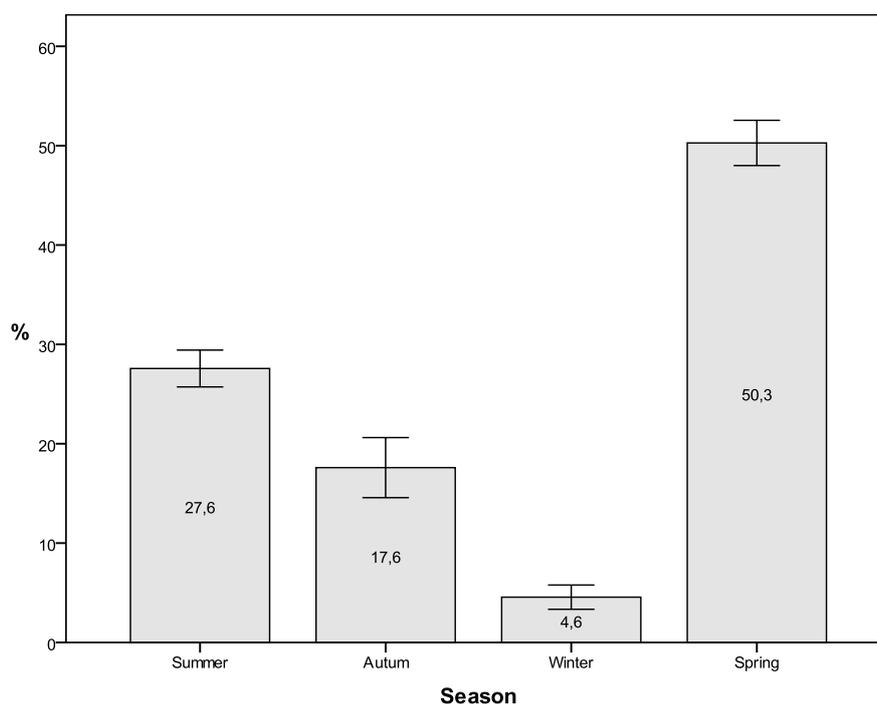


Figure 2: Seasonal distribution of dry matter production (%) in the target temperate area of Chile (2002 – 2012).

### 3.3. Annual production

The annual dry matter production showed a variation from 9.80 toneladas DM/ha to 17 toneladas DM/ha with an average of 13.5 toneladas DM/ha (Figure 3). The annual yield was grouped according to BLUP, which provided three categories, high, medium and low, giving each level the probability of occurrence over time. According to these results there is 18% of chance that pastures of this area have a high production level, this is, higher than 15.9 toneladas DM/ha. The, probability of occurrence of such a medium value, which means achieving an average production of 13.49 toneladas DM/ha, is 64%. The possibility of having years with a low yield, which means to reach a pasture production 10.55 toneladas DM/ha, was 18% (Table 4).

In the temperate zone of Chile, there is no information on the probability of occurrence of different production levels over time, there are only results that show a high variability of yields in permanent pastures: 6 toneladas DM/ha to 12 toneladas DM/ha, depending on latitude, climate, soil fertility management, plant nutrition and use systems: cutting or grazing. The values obtained in this study are located in the range of performance that show other temperate areas of the world (Stewart *et al.*, 2014), but are low expectations in countries possessing livestock grazing, as New Zealand, which aims to achieve a level of performance above 22 toneladas DM/ha.

The annual production variations are the result of various factors influencing the performance of a pasture being the most important the variations in humidity and temperature, over grazing and insect attack (Bell *et al.*, 2001). Since this occurred in a period of 11 years gives strength to the results of this research considering that they were achieved during several years, with different levels of dry matter production, and having a remarkable level of probability of occurrence.

### 3.4. Forage quality

Plant quality is predominantly controlled by genetic and physiological factors. However, external factors such as climate and soil fertility, pest pressure, cultivation, fertilization, utilization and conservation methods, can significantly change the quality of plant (Wang *et al.*, 2008; Martínez-Ballesta *et al.*, 2010).

The nutritional value of pastures is determined by the species composition of the pastures and plant growth stage at the time of use. Changes in forage quality are determined by several factors, including the increasing maturity, season, soil nutrient content, frequency and intensity of grazing and utilization system. This investigation determined dry matter, protein, neutral detergent fiber, acid detergent fiber and metabolic energy throughout the year.

*Dry matter content:* This value is not an indicator of quality but its determination allows linking all quality attributes, which are measured on the basis of dry matter forage. The analysis of variance mixed model, determined by the components of variance, indicated that 75% of the total variation in the percentage of dry matter forage is attributed to seasonality. The year and the different types of pastures did not generate significant differences ( $p > 0.05$ ).

**Table 4: Cluster of years by level of dry matter production according to BLUP ranking.**

Production level	No. Years	toneladas DM/Ha/Day			Significance BLUP
		average	maximum	minimum	
High	2	16,45	17,00	15,90	$P \leq 0.05$
Medium	7	13,49	14,20	12,20	$P > 0.05$
Low	2	10,55	11,30	9,80	$P \leq 0.05$
<b>Total</b>	<b>11</b>				

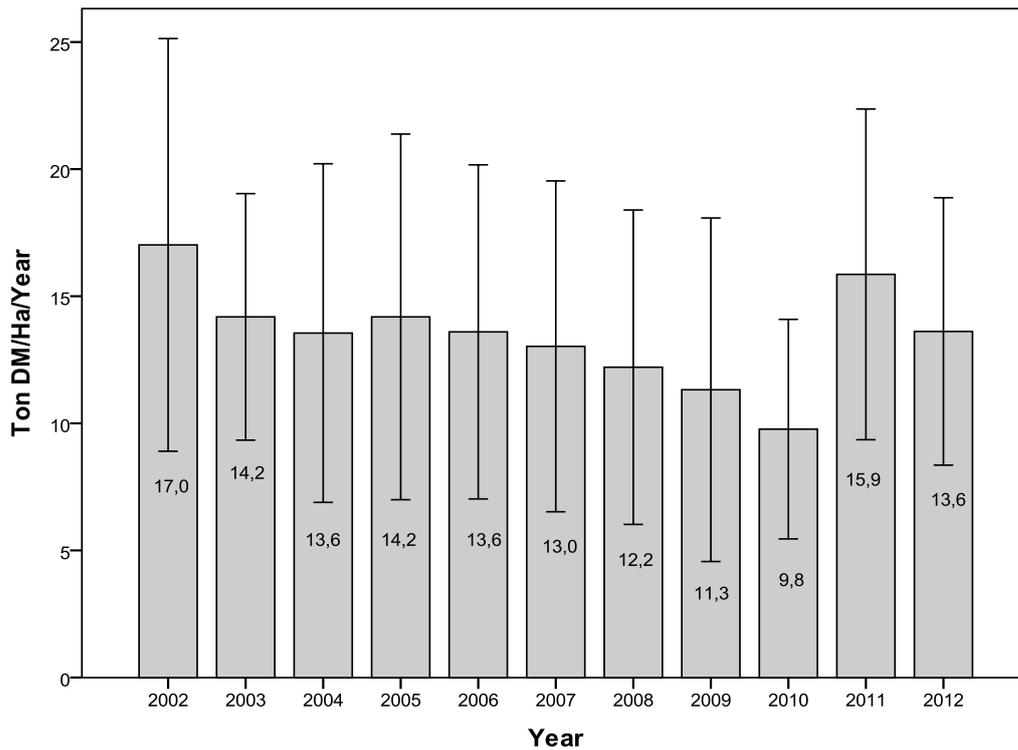


Figure 3: Annual dry matter production (toneladas DM/ha) in the target temperate area of Chile (2002 – 2012).

The results were fitted to a polynomial curve fifth grade (Figure 4), with a significance level ( $p \leq 0.0001$ ), while months were grouped according to the ranking BLUP at three levels (Table 5). Two summer months, like January and February, had the highest dry matter content which averaged 22.34%. On a medium level were located the months of July, August, September, December, March and May, averaging 18.2%. The months of lower dry matter content were October, November, April and June.

Variations in dry matter content were determined by the season and the progress in the growth stage of the plants. In summer a significant proportion of plants grasses, the main component of the botanical composition, were affected by their tillers spiky factor that determines the lower water content. In early spring periods, dry matter levels decrease, since the plants are in vegetative state and actively growing. These seasonal variations generate significant differences in consumption of animals, resulting from changes in digestibility and palatability of forage.

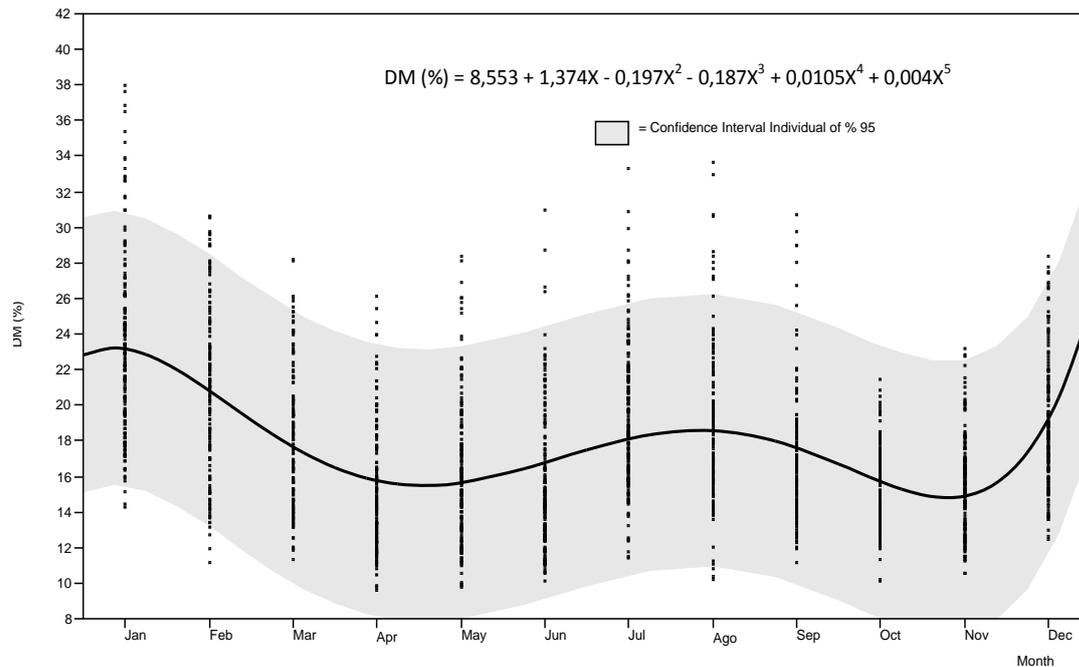


Figure 4: Polynomial fit and confidence interval 95% of the dry matter content (%) in the target temperate area of Chile (2002 – 2012).

**Table 5: Month clustering of the percentage of dry matter forage according to BLUP ranking**

Dry matter level	No. Months	% DM			Significance BLUP
		average	maximum	minimum	
High	2	22,34	23,22	21,46	P ≤ 0.05
Medium	6	18,12	19,39	16,20	P > 0.05
Low	4	15,43	15,64	15,24	P ≤ 0.05
<b>Total</b>	<b>12</b>				

In the winter period it is common that plants have low dry matter content, because they are in a vegetative state, but in the months of July and August, the percentage of dry matter of the pasture was found here to be higher than 19% intermediate value in the range of dry matter pasture grazing. The highest percentage of dry matter was recorded in these two months, and can be related to diversity and genetic variability of species in pastures and reduced cold tolerance that have experienced some cultivars of *Lolium perenne* L. species, principal component of pastures (Hulke *et al.*, 2008). In a scenario of changing in the climate conditions, where plants grasses are subjected to higher temperatures during the growing season, species and cultivars reduce their ability to withstand cold conditions, which generate in stress but induce an increased cold resistance by increasing the cell walls, and thereby, the dry matter production (Thorsen and Höglind, 2010).

*Protein content:* The analysis of variance mixed model, determined by the components

of variance, indicated that 95% of the total protein content area variation in forage is attributed to seasonality. The year and the different types of pastures did not generate significant differences ( $p > 0.05$ ).

The protein content of pastures throughout the year produced a polynomial curve fifth grade (Figure 5) with a level of significance ( $p \leq 0.0001$ ), while months were grouped according to the ranking BLPU in three categories. The months of August and September showed higher protein levels throughout the year, with an average of 26.81%. In autumn, winter and spring portions corresponding to the months of March, April, May, June, July, October and November, the values were placed in a medium level with an average 22.64%, and late spring and early summer (January, February and March) showed the lowest percentages averaging 16.92%.

These results showed that pastures exhibited a high nutritional value throughout the year, because the average content area fluctuated between 16.15% and 27.90%, all higher than those reported by Anrique (2014) for temperate pastures of Chile. The differences between this study and measurements made in other areas of the temperate zone are related to the frequency and intensity of use of the pasture because in the our study area, grazing management was based on an infrequent and intense use, which allowed the animals consume adequate level of forage dry matter with high content of protein. This type of use aims to achieve greater efficiency in the use of the pasture, in contrast to the individual production of the animals, but allows a greater production per hectare (Peyraud and Delagarde, 2013) These results were maintained in all the years during this research.

Protein levels are presented related plant nitrogen content available soil fertilization and generated from organic matter mineralization, absorption capacity of plants, temperature and humidity, in addition to the frequency and intensity of grazing (Mora *et al.*, 2007; Nuñez *et al.*, 2007, Marschner, 2012). All these factors relate to the season and specifically, with the month. The results showed that in the period of increased mineralization, coinciding with the application of nitrogen fertilizer, high protein levels in plants were observed, specifically in the autumn and early spring, period in which plants have been growing low level of dry matter and fiber.

Protein levels are presented related to plant nitrogen content (available from soil fertilization and generated from organic matter mineralization), absorption capacity of plants, temperature and humidity, in addition to the frequency and intensity of grazing (Mora *et al.*, 2007; Nuñez, *et al.*, 2007, Marschner, 2012). All these factors relate to season, and specifically, with the months of the year. The results showed that in the period of increased mineralization coincides with the application of nitrogen fertilizer. High protein levels were observed in plants, specifically in the autumn and early spring period, when the plants have vegetative state with low level of dry matter and fiber, which transforms the forage in a high nutritional feed and a good digestibility value.

Nitrogen nutrition is largely considered as the main factor affecting protein concentration in plants. In general, the concentration of crude protein continues to increase with N applied in amounts beyond those needed to obtain the maximum growth (Marschner, 2012). This is the reason why in this research high protein values were achieved in pastures receiving considerable levels of nitrogen fertilization (average 120 kg N / ha), with a high rate of organic matter mineralization. The lowest values were recorded in the months of December, January and February, due to advances in the state of maturity of the plants, because the climatic conditions of that period, the increased temperature and radiation induces the plant to generate floral stems and spikes, increasing fiber levels and reducing the cell and thus the protein content level.

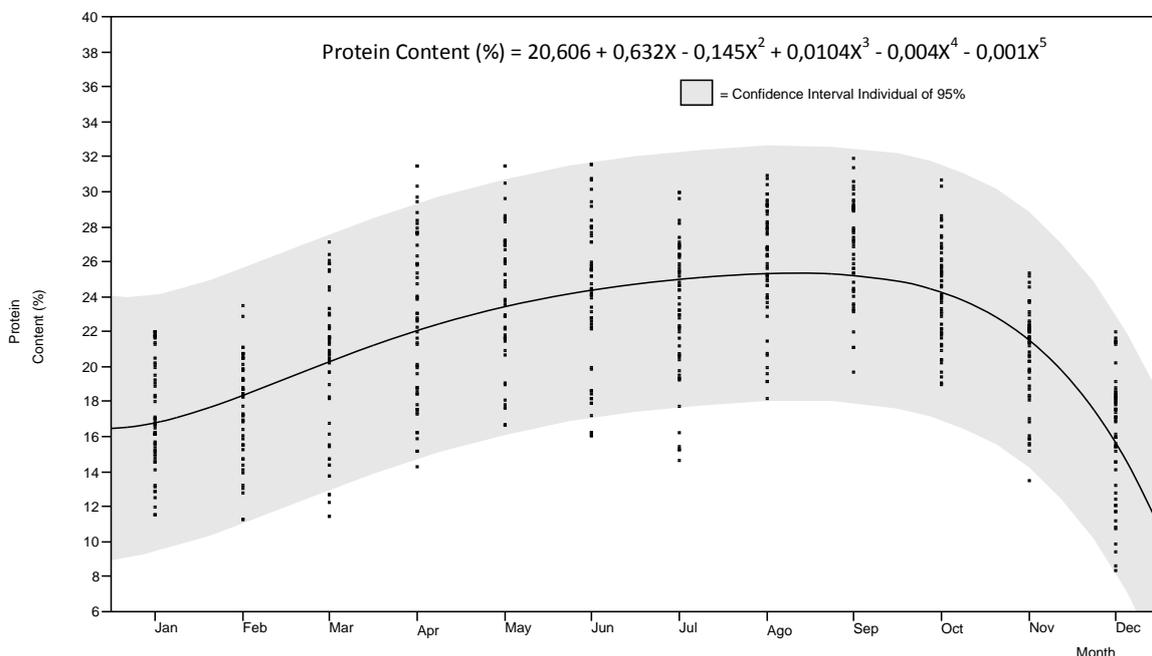


Figure 5: Polynomial fit and confidence interval 95% of the protein content in the target temperate area of Chile (2002 – 2012).

**Fiber content:** The analysis of variance mixed model, determined by the components of variance, indicated that 82% of the total variation in the percentage of ADF and 88% of the total variation of the NDF is attributed to seasonality. The year and the different sites of pastures did not generate significant differences ( $p > 0.05$ ). The results from fiber content indicate the importance that this parameter has for pastures affected by changes in climate, humidity, temperature and nutrient availability in the soil. The results of ADF and NDF were modeled in a polynomial curve fifth grade (Figures 6 and 7) with a level of significance ( $p \leq 0.0001$ ), while months were grouped according to the ranking BLUP into three categories: high, medium and low (Tables 6 and 7).

Plant fibers include cellulose, hemicellulose, pectin, lignin and phenolic acids. These compounds vary in the level and speed that are degraded, lignin being the only compound that is entirely indigestible in the digestive tract of ruminants. The NDF constituted by total cell wall cellulose, hemicellulose and lignin, is an important value in the feeding of grazing animals, since it determines the level of intake. Increases in the values of NDF indicated a reduction in intake and consequently a reduction of animal production (Holmes *et al.*, 2002). The values fibers in pastures of the temperate area of Chile are between 34% and 55% (Anrique, 2014).

Fiber levels obtained in this research relate to the content portion of pasture dry matter and consequently the maturity stage of the plants, a process that is determined by the grazing system and the season. The highest levels of NDF were obtained during the months of January, February, March, April, November, December and June, with an average of 56.71% NDF, when the plants are in advanced stages of maturity or are subject process temperature stress. A medium level (53.08% NDF) was produced during the months of May, July, August and October, when the plants are in a vegetative state. Significantly different from the rest of the month was September with 48.6% of NDF period in which plants are initiating the explosive growth of spring. The values obtained are situated in the upper range reported by Anrique (2014).

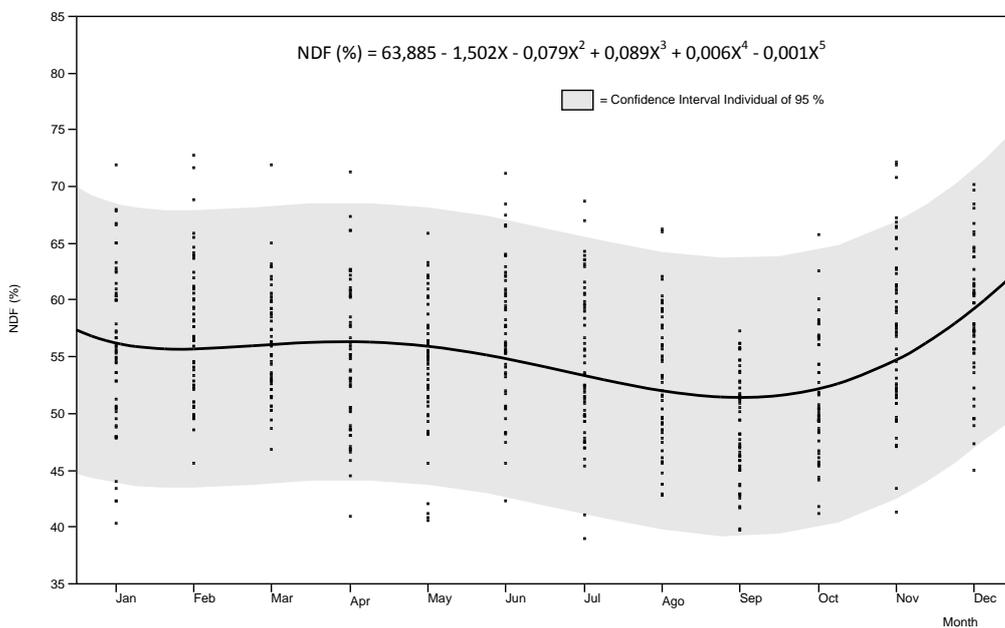


Figure 6: Polynomial fit and confidence interval 95% of the content of NDF (%) in the target temperate area of Chile (2002 – 2012).

**Table 6: Month clustering according to of percentage of NDF in the forage according to BLUP ranking.**

Level	No. Months	% NDF			Significance BLUP
		average	maximum	minimum	
High	7	56,71	58,44	55,30	P ≤ 0.05
Medium	4	53,08	53,94	51,22	P > 0.05
Low	1	48,62	48,62	48,62	P ≤ 0.05
<b>Total</b>	<b>12</b>				

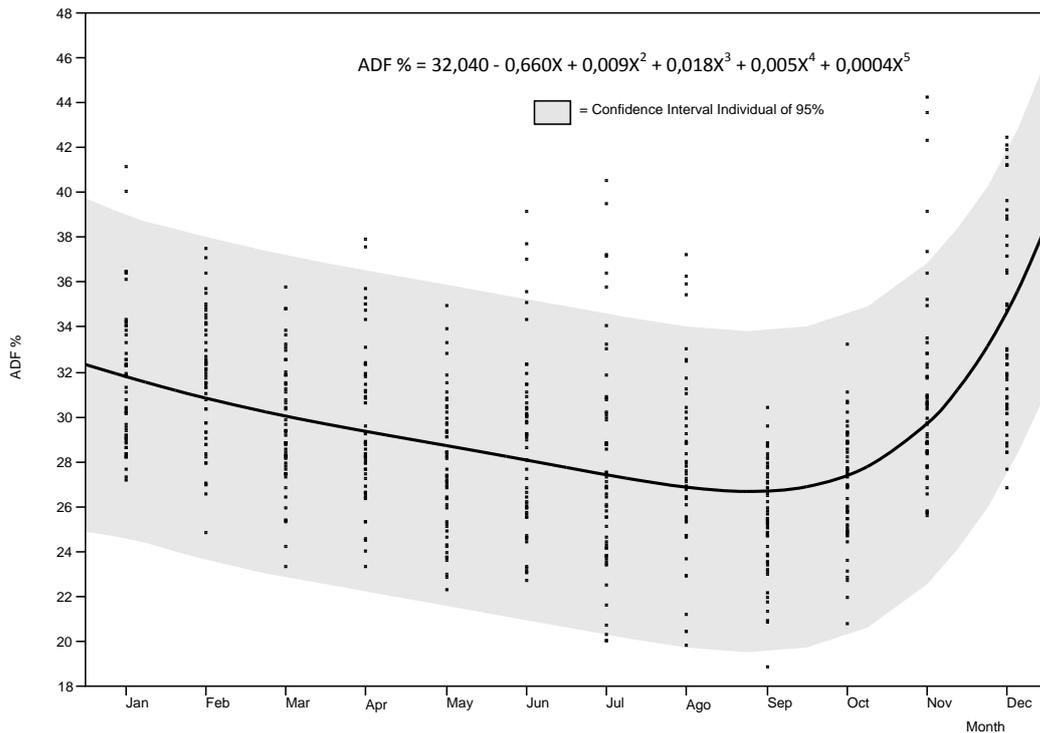


Figure 7: Polynomial fit and confidence interval 95% of the content of ADF (%) in pastures grown in the target temperate area of Chile (2002 – 2012).

The ADF fiber fraction, consisting of cellulose and lignin, as previously indicated, is related to forage digestibility and the capacity to produce animal milk and meat (Holmes *et al.*, 2002). The value of ADF in the temperate pasture ranges in between 22% and 40%, as reported by Anrique (2014). The high levels were found in the present study during the months from November, December, January and February, corresponding to a part of spring and summer. The largest proportion of the months were in the medium level with an average of 28.25% ADF, is March, April, May, June, July, August. With the lower value of ADF September was achieved with 25.39% ADF. All results were in an intermediate range, according to the information reported by Anrique (2014).

**Table 7: Month clustering of the percentage of ADF in the forage according to BLUP ranking.**

Level	No. Months	% ADF			Significance BLUP
		average	maximum	minimum	
High	4	32,18	34,07	30,84	P ≤ 0.05
Medium	7	28,25	29,58	27,14	P > 0.05
Low	1	25,39	25,39	25,39	P ≤ 0.05
<b>Total</b>	<b>12</b>				

Variations in fiber content of temperate pasture area in Chile indicated that the forage supply not only conditions differences in production between seasons, but also quality, which determines the need to maintain a permanent adjustment the quantities and qualities offered to animals throughout the year.

The general trend indicated that pastures maintained through the years the changes that occur in the levels of fiber (ADF and NDF), as affected by season. This means that in addition to adjusting the stoking rate adjustment is needed also in diets, since variations in quality and quantity remain constant over the years.

### Conclusions

The annual dry matter production in permanent pastures showed a variation from 9.80 To toneladas n DM / ha / year to 17 toneladas DM/ha/year, with an average of 13.5 toneladas DM/ha/year, where the probability of occurrence of a year with high production (16.45 toneladas DM / ha / year) was 18%, 64% medium production (13.49 toneladas DM/ha/year), and low production 18% (10.55 toneladas DM/ha/year). The seasonal distribution of production, concentrated its performance in spring, and the highest performing months were November, December, January, with average growth per day 72 kg DM/ha. The months of January and February showed the highest percentages of dry matter (22.34%). The quality measured as protein and fiber, does not present statistical differences between years. Statistically significant differences were found only in the case of the effect of seasonality. The months where pastures have the highest protein content were August and September, while the lowest NDF concentration, significantly different from the rest, it was September with a 48.6%, while the ADF concentration reached a 25.39%. In production of significant differences between years were presented. The seasonal distribution showed a concentration in spring. Variations in dry matter content and quality based on protein, NDF and ADF generated only seasonal differences. The general trend indicated that pastures maintained throughout the years seasonal changes. This means that, in addition to adjusting the stoking rate, adjustment is also needed for diets, since variations in pasture quality and quantity remain constant over the years.

## References

- Agouridis, T.C.; Workman, R.S.; Warner, C.R and Jennings, D.G., **2005** Livestock grazing management impacts on stream water quality: A review. *Journal of the American Water Resources Association*. June (2005):591 – 606.
- Andrews, M., Scholefield, D.; Abberton, M.T.; McKenzie, B.A.; Hodge, S. and Raven, J.A., **2007**. Use of white clover as an alternative to nitrogen fertiliser for dairy pastures in nitrate vulnerable zones in the UK: productivity, environmental impact and economic considerations. *Annals of Applied Biology* 151: 11–23.
- Adams, C.; Frantz, J. and Bugbee, B., **2013**. Macro- and micronutrient-release characteristics of three polymer-coated fertilizers: Theory and measurements. *Journal Plant Nutrition Soil Science*. 176: 76–88
- Anrique, G.R.; **2014**. Composición de alimentos para el ganado bovino. Universidad Austral de Chile, Consorcio Lechero, INÍA Ministerio de Agricultura. Imprenta América, Valdivia, Chile.
- Beecher, M.; Hennessy, D.; Boland, T.M.; McEvoy, M.; O'Donovan, M. and Lewis. E., **2013**. The variation in morphology of perennial ryegrass cultivars throughout the grazing season and effects on organic matter digestibility. *Grass and Forage Science* (aun en prensa)
- Bell, N.L.; Townsend, R.J.; Popay, A.J.; Mercer, C.F. and Jackson, T.A., **2011**. Black beetle: lessons from the past and options for the future. *Pasture Persistence Symposium. Grassland Research and Practice Series*. 15: 119-124.
- Cameron, K.C. Di., H.J. and Moir J.L., **2013**. Nitrogen losses from the soil/plant system: a review. *Annals of Applied Biology* 162: 145–173
- Cartes, P.; Jara, A.; Demanet, R. and Mora, M.L., **2009**. Urease activity and nitrogen mineralization kinetics as affected by temperature and urea input rate in southern Chilean Andisols. *Journal Soil Science Plant Nutrition* 9 (1): 69-82
- Corson, M.S., Rotz, C.A., Skinner, R.H., Sanderson, M.A., **2007**. Adaptation and evaluation of the Integrated Farm System Model to simulate temperate multiple-species pastures. *Agricultural Systems* 94: 502–508.
- Delagarde, R & O'Donovan, M., **2005**. Modelling of herbage intake and milk production by grazing dairy cows. In.: Murphy, J.J. (ed.). *Utilisation of grazed grass in temperate animal systems. Proceeding of a satellite workshop of the XXth International Grassland Congress, July, 2005. Cook, Ireland. Wageningen Academic Publishers. Wageningen, Netherland*.p:89-104.

Varmuza, K. and Filzmoser, P., **2009**. Introduction to multivariate statistical analysis in chemometrics. CRC Press, London England. 336 p.

Fricke, T. & Wachendorf, M., **2013**, Combining ultrasonic sward height and spectral signatures to assess the biomass of legume–grass swards. *Computers and Electronics in Agriculture* 99: 236–247

FY Li, VO Snow, V.O. & DP Holzworth D.P., **2011**. Modelling the seasonal and geographical pattern of pasture production in New Zealand. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 54(4): 331 -352

Giller KE, Chalk P, Dobermann A, Hammond L, Heffer P, Ladha JK, Nyamudeza P, Maene L, Ssali H, Freney J., **2004**. Emerging technologies to increase the efficiency of use of fertilizer nitrogen. In: Mosier AR, Syers JK, Freney JR, (eds). *Agriculture and the nitrogen cycle: assessing the impacts of fertilizer use on food production and the environment*. Washington, DC: Island Press. p. 35-51.

Holmes C. W.; Brookes I.M.; Garrick D. J; Mackenzie D.D.S.; Parkinson T.J. and Wilson G.F., **2002**. *Milk production from pasture: Principles and practice*. Palmerton North, New Zealand Massey University Press. 480 p.

Hulke, B.S.; Watkins, E.; Wyse, D.L. and Ehlke, N.J., **2008**. Freezing tolerance of selected perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) accessions and its association with field winterhardiness traits. *Euphytica* 163: 131–141.

Kennedy, E; O’Donovan, M.; Murphy, J.P.; O’Mara, F.P. and Delaby, L., **2006**. The effect of initial spring grazing date and subsequent stoking rate on the grazing management, grass dry matter intake and milk production of dairy cows in summer. *Grass and Forage Science* 61(4): 375 -384.

Marschner, P., **2012**. *Marschner’s Mineral Nutrition of Higher Plants*. Third Edition Academic Press, Elsevier. San Diego, USA. 482 p.

Martínez-Ballesta, M. C.; Dominguez-Perles, R.; Moreno, D. A.; Muries, B.; Alcaraz-López, C.; Bastías, E.; García-Viguera, C. and Carvajal, M., **2010**. Minerals in plant food: effect of agricultural practices and role in human health. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 30, 295–309.

Mc Calla D.G. & Bishop-Hurley, G.J., **2003**. A pasture growth model for use in a whole-farm dairy production model. *Agricultural Systems* 76: 1183–1205.

Mora, M. L., Cartes, P., Núñez, P., Salazar, M. and Demanet, R., **2007**. Movement of NO<sub>3</sub> - -N and NH<sub>4</sub> + - N in an Andisol and its influence on ryegrass production in a short term study. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 7: 46-63.

Núñez, P.; Demanet, R.; Matus, F. and Mora, G.M., **2007**. Grazing management, ammonia and nitrous oxide emissions: A general view. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 7(3): 61-99.

Owens, D.; McGee, M. and Boland, T., **2008**. Intake, rumen fermentation, degradability and digestion kinetics in beef cattle offered autumn grass herbage differing in regrowth interval. *Grass and Forage Science*, 63, 369–379

Pembletona, K.G.; Rawnsleya, R.P. y Burkittb, L.L., **2012**. Environmental influences on optimum nitrogen fertiliser rates for temperate dairy pastures. *European Journal of Agronomy* 45: 132 – 141.

Peyraud, J. L., and Delagarde. R., **2013**. Managing variations in dairy cow nutrient supply under grazing. *Animal* 7(Suppl. s1):57–67.

Sadzawka, R.A.; Carrasco, R.M.A.; Grez, Z.R.; Mora, G.M.; Flores P.H. y Neaman, A., **2006**. Métodos de análisis recomendados para los suelos de Chile. Revisión 2006. Centro Regional de Investigación La Platina INIA. Serie Actas INIA N° 34. Santiago, Chile. 164 p.

Skinner, R.H.; Corson M.S. & Rotz, C.A., **2009**. Comparison of two pasture growth models of differing complexity. *Agricultural Systems* 99: 35–43

Soto, P. and Teuber, N., **1982**. Evaluación de la disponibilidad de forraje bajo pastoreo. En: Soto, P. (ed.) Seminario de metodología de evaluación de praderas. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Santiago, Chile. pp: 132-147.

Stewart A. and Hayes R., **2011**. Ryegrass breeding – balancing trait priorities. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*, 50: 31–46.

Stewart, A.; Kerr, G.; Lissaman, W. & Rowarth, J., **2014**. Pasture and forage plants for New Zealand. *Grassland Research and Practice Series* N° 8. New Zealand Grassland Association. Taieri, Fairfield, Dunedin, New Zealand. 139 p.

Teuber, K.T., **2009**. Praderas permanentes en las zonas lecheras de Chile. Curvas de crecimiento, distribución y producción. Consorcio Lechero, Inia. Osorno, Chile. 62p

Thorsen, S.M. and Höglind, M., **2010**. Assessing winter survival of forage grasses in Norway under future climate scenarios by simulating potential frost tolerance in combination with simple agroclimatic indices. *Agric. Forest Meteorol.* 150: 1272–1282.

Van Soest, P.J., **1994**. Nutritional Ecology of the Ruminant. Second Edition. Comstock Publishing Associates. Ithaca, United States. 488 p.

Vico, G., Porporato, A., **2008**. Modeling C3 and C4 photosynthesis under waterstressed conditions. *Plant Soil*. doi:10.1007/s11104-008-9691-4.

Wang L., Schjoerring J.K., **2012**. Seasonal variation in nitrogen pools and  $^{15}\text{N}/^{13}\text{C}$  natural abundances in different tissues of grassland plants. *Biogeosciences*, 9, 1583–1595.

Wang, Z.-H.; Li, S.-X. and Malhi, S., **2008**. Effects of fertilization and other agronomic measures on nutritional quality of crops. *J. Sci Food Agric.* 88, 7–23.

Zaman M., Saggar S., Blennerhassett J.D., Singh J., **2009**. Effect of urease and nitrification inhibitors on N transformation, gaseous emissions of ammonia and nitrous oxide, pasture yield and N uptake in grazed pasture system. *Soil Biology and Biochemistry*, 41, 1270–1280.

### **3.3.- Segunda Parte: Variación estacional del contenido de nutrientes en el suelo y planta de pasturas permanentes en un Andisol de la zona templada.**

#### **3.1.- Introducción**

En los sistemas pastoriles de la zona templada de Chile la relación entre disponibilidad de nutrientes en el suelo y el contenido en la planta está relacionado del material parental, temperatura, humedad y actividad biológica del suelo, además de los aportes de nutrientes externos provenientes de la fertilización inorgánica y orgánica. Así mismo, depende de la composición botánica de las pasturas y sistema de utilización, que determina los niveles extracción y reciclaje de nutrientes (Mora, 1993a; Mora, 1994, Mora & Demanet, 1995; Hodgson & Brookers, 1999; Matthews *et al.*, 1999; Demanet, 2014). Además, la expresión del potencial productivo de las pasturas está asociado al desarrollo de pastoreos equilibrados que permiten el rebrote de las plantas y producción de la fitomasa a partir de las reservas energéticas y del aporte de los nutrientes del suelo (Langer, 1994; Kemp *et al.*, 1999; Cornforth, 2010).

Las variaciones en el contenido de nutrientes en el suelo y en la planta, están determinados no sólo por la fertilización o la naturaleza de los suelos, sino que también por el sistema de pastoreo que determina el reciclaje de nutrientes, generando una reubicación de estos en las pasturas y modificando los ciclos de los nutrientes y las tasas de mineralización (Jarvis & Macduff, 1989; Chaneton *et al.*, 1996; Dawson *et al.*, 2000; Dahlin, 2005).

En la zona templada de Chile la productividad de las pasturas es baja respecto a otras zonas del mundo debido a la falta de fertilización y escaso manejo de pastoreo que promueva el reciclaje de nutrientes en forma homogénea en las pasturas. Habitualmente, en los potreros se producen concentraciones elevadas de nutrientes en las áreas de descanso del ganado, así como en los sectores de bebederos, caminos y puertas de acceso (Teuber *et al.*, 2007). Esto conduce a concentraciones exageradas de nutrientes en una proporción inferior al 40% de la superficie de pastoreo (Ruz-Jerez *et al.*, 1991; Haynes & Williams 1993) lo que ocasiona el crecimiento heterogéneo de la pastura y modificaciones en las concentraciones de calcio, magnesio, fósforo y potasio en el suelo (Haynes & Williams, 1992; Sakadevan *et al.*, 1993; Cayley *et al.*, 2002).

En esta investigación, junto con determinar el nivel productivo de las pasturas del área templada (Primera Parte de este Capítulo), se evaluaron las variaciones en el contenido de nutrientes del suelo y la planta, con el objetivo de determinar el impacto de las variaciones estacionales de los principales nutrientes y relacionar esta información con el rendimiento de materia seca obtenido a través de los años de

medición así como definir el nivel de extracción de nutrientes en las pasturas de alta producción de la zona templada.

### 3.2.- Metodología

El contenido de nutrientes en el suelo y la planta se evaluó mensualmente durante once años en 15 sitios de pasturas. Esta medición se realizó en las mismas pasturas donde se evaluó la producción de materia seca y calidad bromatológica (Primera Parte de este Capítulo).

Las muestras de suelos fueron extraídas cada 30 días en las 15 pasturas a profundidad de 0 a 10 centímetros y fueron procesadas en el laboratorio de Suelos y Plantas del Instituto de Agroindustria de la Universidad de La Frontera donde utilizaron los siguientes métodos de extracción: fósforo Olsen a pH 8,5, azufre disponible con extracción con  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)$  0,01 mol/L, calcio, magnesio, potasio y sodio intercambiables extracción con  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  1 mol/L a pH 7,0, Al intercambiable: extracción con KCl 1 mol/L; CICE:  $\text{Ca}+\text{Mg}+\text{K}+\text{Na}+\text{Al}$  intercambiables; saturación de Al:  $(\text{Al intercambiable} \times 100)/\text{CICE}$ , todas técnicas analíticas hechas según las normas de la CNA de la Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo y descritas por Sadzawka *et al.* (2006).

Las muestras de planta fueron extraídas del exterior de las jaulas de exclusión para la determinación del contenido de nutrientes. Las muestras fueron procesadas y los nutrientes extraídos en el laboratorio de Suelos y Plantas del Instituto de Agroindustria de la Universidad de La Frontera donde utilizaron los siguientes métodos de extracción: para la determinación de las concentraciones totales de Aluminio, Boro, Calcio, Potasio, Magnesio, Manganeso, Sodio, Fosforo y Zinc, el tejido vegetal fue calcinado a 500°C con posterior dilución con  $\text{HCL}_2\text{M}$ ; para determinación de azufre se realizó calcinación a 500°C con nitrato de magnesio y la medición de nitrógeno se determinó utilizando el método de Kjeldahl, todas metodologías descritas por Sadzawka *et al.* (2007).

Para determinar el nivel de extracción de nutrientes de las pasturas se relacionó el contenido foliar promedio de las pasturas con el nivel de rendimiento, valor que fue expresado en kilos de nutrientes por hectárea. Los valores de rendimiento fueron los obtenidos en cada pastura a través del método de metodología descrita por Soto & Teuber (1982), que basada en ubicar en cada pastura una jaula exclusión de exclusión (0,85 m<sup>2</sup>), que fue establecida al azar en cada sitio y rotada cada 30 días. La biomasa de la parte aérea que creció en el interior de las jaulas de exclusión se cortó con tijeras, proceso que se hizo en el exterior de la jaula de exclusión en igual superficie a la medida en el interior. La diferencia entre la producción de forraje que crece dentro de la jaula y que crece fuera durante el mes anterior, corresponde con el crecimiento mensual de cada sitio de pastizal. Las jaulas de exclusión de pastoreo se desplazaron

en la superficie del potrero cada mes, como se indicó anteriormente, con el fin de mantener el sistema de reciclaje de nutrientes realizado por los animales en pastoreo.

Los resultados obtenidos fueron analizados estadísticamente, a través del software estadístico JPM y los resultados que presentaron diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ), fueron analizados mediante la Prueba de Comparación Múltiple de Tukey, a un nivel de 5 %. Las agrupaciones de meses por producción, se realizaron utilizando el BLUP (Best Linear Unbiased Prediction), que corresponde al mejor predictor lineal insesgado, metodología descrita por Littel *et al.* (2008).

**Tabla 3.1. Variación mensual del contenido de nutrientes en el suelo, promedio de 15 pasturas medidas durante 11 años (2002 – 2012) en la zona templada de Chile.D**

Meses	Materia Orgánica	pH	Saturación Al	Fósforo	Azufre	Potasio	Calcio	Magnesio	Sodio		
	%		%	mg/kg	mg/kg	cmol+/kg	cmol+/kg	cmol+/kg	cmol+/kg		
Ene	24 ±0,717	5,72 ±0,051	2,30 ±0,370	15 ±1,981	12 ±3,048 a	199 ±49,857	8,88 ±0,517	3,20 ±0,190	0,13 ±0,0276 a		
Feb	26 ±1,296	5,69 ±0,038	2,79 ±0,536	14 ±2,223	12 ±2,774 ab	241 ±47,102	8,05 ±0,420	3,02 ±0,150	0,12 ±0,0109 ab		
Mar	25 ±1,033	5,70 ±0,040	2,44 ±0,364	16 ±2,471	12 ±3,006 ab	234 ±47,196	9,04 ±0,457	3,09 ±0,129	0,12 ±0,014 ab		
Abr	25 ±0,942	5,72 ±0,026	2,30 ±0,261	15 ±1,891	13 ±4,216 a	195 ±34,365	9,04 ±0,339	3,28 ±0,080	0,10 ±0,010 abc		
May	25 ±1,157	5,77 ±0,023	1,93 ±0,295	16 ±1,700	10 ±2,945 abc	193 ±38,518	9,04 ±0,351	3,17 ±0,100	0,09 ±0,005 abc		
Jun	25 ±0,869	5,75 ±0,027	2,49 ±0,311	18 ±1,785	9 ±1,727 abc	236 ±38,682	8,78 ±0,506	3,10 ±0,164	0,09 ±0,008 abc		
Jul	25 ±1,070	5,79 ±0,021	2,17 ±0,242	17 ±1,588	5 ±1,151 bc	200 ±49,184	8,87 ±0,521	3,04 ±0,100	0,08 ±0,008 bc		
Ago	25 ±1,078	5,78 ±0,020	2,12 ±0,380	16 ±1,655	4 ±0,461 c	177 ±17,796	9,16 ±0,314	3,21 ±0,196	0,09 ±0,010 abc		
Sep	26 ±0,745	5,74 ±0,043	2,93 ±0,666	17 ±1,941	4 ±0,743 c	169 ±22,253	9,15 ±0,381	3,03 ±0,171	0,06 ±0,008 c		
Oct	24 ±0,535	5,72 ±0,025	2,40 ±0,282	16 ±1,095	7 ±2,168 abc	158 ±16,262	8,88 ±0,477	3,04 ±0,122	0,06 ±0,008 c		
Nov	24 ±0,714	5,72 ±0,027	2,88 ±0,550	15 ±1,453	9 ±1,204 abc	193 ±49,676	8,39 ±0,594	3,20 ±0,239	0,09 ±0,013 abc		
Dic	24 ±0,939	5,71 ±0,042	2,37 ±0,307	15 ±1,299	9 ±1,780 abc	215 ±45,942	8,22 ±0,523	3,16 ±0,255	0,08 ±0,017 bc		
<b>Promedio</b>	<b>25</b>	<b>5,73</b>	<b>0,013</b>	<b>2,43</b>	<b>0,240</b>	<b>16</b>	<b>9</b>	<b>201</b>	<b>8,79</b>	<b>3,13</b>	<b>0,09</b>
<b>Máximo</b>	<b>26</b>	<b>5,79</b>	<b>2,93</b>	<b>18</b>	<b>13</b>	<b>241</b>	<b>9,16</b>	<b>3,28</b>	<b>0,13</b>		
<b>Mínimo</b>	<b>24</b>	<b>5,69</b>	<b>1,93</b>	<b>14</b>	<b>4</b>	<b>158</b>	<b>8,05</b>	<b>3,02</b>	<b>0,06</b>		

### 3.3.- Contenido de nutrientes en el suelo

La disponibilidad de nutrientes para las plantas depende del tipo de suelo, humedad, temperatura, actividad biológica, reciclaje y aporte de nutrientes a partir de procesos de fertilización orgánica e inorgánica. En la zona templada de Chile, existe predominio de suelos de origen volcánico, en especial Adisoles, que se caracterizan por presentar un alto porcentaje de materia orgánica (< 12%) y que por su naturaleza son suelos ácidos que presentan una capacidad variable de retener las bases del suelo. En circunstancias donde el pH disminuye, se produce la lixiviación de las bases situación que genera la solubilización de aluminio que se encuentra en la superficie de las arcillas o formando complejos con la materia orgánica, generando problemas de toxicidad en las plantas (Mora, 1993a; Mora, 1994; Mora & Demanet, 1995).

**Tabla 3.2. Variación mensual del contenido de nutrientes en el suelo, promedio de 15 pasturas medidas durante 11 años (2002 – 2012) en la zona templada de Chile.**

Meses	Aluminio cmol+/kg	Suma Bases cmol+/kg	CICE cmol+/kg	Boro mg/kg	Zinc mg/kg
Ene	0,20 ±0,033	13,11 ±0,787	13,08 ±0,678	0,45 ±0,027 ab	4,65 ±0,564
Feb	0,23 ±0,036	12,00 ±0,574	12,20 ±0,520	0,44 ±0,031 ab	4,09 ±0,452
Mar	0,20 ±0,023	12,84 ±0,563	13,12 ±0,552	0,47 ±0,028 ab	4,32 ±0,408
Abr	0,20 ±0,014	12,97 ±0,364	13,17 ±0,350	0,45 ±0,033 ab	4,35 ±0,759
May	0,17 ±0,013	13,00 ±0,489	13,19 ±0,435	0,40 ±0,025 ab	4,37 ±0,632
Jun	0,20 ±0,017	12,92 ±0,516	13,31 ±0,477	0,43 ±0,020 ab	4,48 ±0,735
Jul	0,18 ±0,007	12,54 ±0,823	12,68 ±0,602	0,44 ±0,029 ab	3,98 ±0,519
Ago	0,17 ±0,017	12,96 ±0,542	13,08 ±0,536	0,38 ±0,033 b	3,90 ±0,452
Sep	0,21 ±0,036	12,75 ±0,630	12,90 ±0,541	0,47 ±0,028 a	4,50 ±0,660
Oct	0,19 ±0,008	12,58 ±0,740	12,63 ±0,586	0,43 ±0,029 ab	4,08 ±0,474
Nov	0,21 ±0,026	12,11 ±0,987	12,38 ±0,922	0,41 ±0,029 ab	3,47 ±0,304
Dic	0,19 ±0,018	11,56 ±0,788	12,20 ±0,721	0,48 ±0,037 a	4,00 ±0,640
<b>Promedio</b>	<b>0,20</b>	<b>12,61</b>	<b>12,83</b>	<b>0,44</b>	<b>4,18</b>
<b>Máximo</b>	<b>0,23</b>	<b>13,11</b>	<b>13,31</b>	<b>0,48</b>	<b>4,65</b>
<b>Mínimo</b>	<b>0,17</b>	<b>11,56</b>	<b>12,20</b>	<b>0,38</b>	<b>3,47</b>

El conocimiento de los niveles de nutrientes disponibles para las plantas en el suelo, permite desarrollar programas de nutrición vegetal asertivos, que acceden lograr niveles de rendimiento superior al promedio y generar un forraje de buena calidad bromatológica (Holmes & Wilson, 1984; White & Hodgson, 1999). En esta investigación se determinaron los principales nutrientes presentes en el suelo y en especial aquellos que intervienen en el desarrollo de pasturas de alta productividad (Tabla 3.1 y 3.2).

**Materia orgánica.** El contenido de materia orgánica en suelo evidenció un nivel comprendido entre 24% y 26% (Tabla 3.1). Este Andisol, ubicado en el área de precordillera de la zona templada, de la serie Piedras Negras, se caracterizó por presentar una profundidad mayor a dos metros, textura franco limosa con buena infiltración, drenaje imperfecto en sectores planos y baja densidad aparente. El área de estudio de origen boscoso, donde desarrolla ganadería de leche y carne, esta constituida por especies exóticas, donde dominan *Lolium perenne* L. y *Trifolium repens* L y los animales utilizan las pasturas durante todo el año bajo un sistema de pastoreo infrecuente intenso.

**pH:** El análisis de varianza de modelo mixto, determinada por los componentes de la varianza, evidenció que los valores de pH no presentaron diferencias estadísticamente significativas en los años, meses y pasturas. El promedio fue 5,73, que corresponde a un pH ácido en la escala general de los suelos, pero en el ámbito de los suelos volcánicos, es un suelo intervenido y donde la corrección con enmiendas calcáreas es evidente. La variación registrada entre meses fue de 5,79 a 5,69 (Tabla 3.1)

El pH es un indicador químico que sugiere el estado de salud del suelo. Con pH inferiores a 5,8, los suelos presentan un descenso en la capacidad de retención de bases generando un proceso creciente de acidificación que deprime la actividad microbiológica y microbiana del suelo, disminuyendo el aporte de nutrientes provenientes de la mineralización (Mora, 1993a; Mora, 1994). En los sitios de pasturas medidos en esta investigación la acidificación de los suelos es un proceso natural permanente, debido a la alta precipitación anual a que es sometido, con una importante concentración en invierno y a la aplicación de fertilizantes amoniacales. Sin embargo, este proceso es contrarrestado con el uso de enmiendas de carbonato de calcio y magnesio, que generan una neutralización de los factores antes mencionados a través del incremento de las sumas de bases y reducción del porcentaje de saturación de aluminio.

En las pasturas las raíces provocan cambios en las propiedades de la rizósfera que afectan la solubilidad de los nutrientes y la absorción de estos por las raíces. Esta modificación se puede generar por absorción desbalanceada de aniones y cationes, secreción de ácidos orgánicos y aumento de la actividad microbiana (Marschner, 2012). Los resultados indican que los cambios en el suelo fueron muy reducidos (Tabla 3.1), debido a la buena neutralización que generó la aplicación de enmiendas. Los cambios importantes de este parámetro a nivel de la rizósfera no se detectaron en el análisis por la dilución de los efectos generados por la toma de muestra general del suelo y no específica del área de la rizósfera.

**Porcentaje de saturación de aluminio:** La relación entre las bases del suelo y el aluminio de intercambio es, junto al pH, el parámetro más importante para evaluar la acidez. El aumento de la concentración de aluminio en los espacios que ocupa las bases en el complejo de intercambio del suelo se mide a través del porcentaje de saturación de aluminio, que indica el nivel de competencia que se establece los sitios de absorción de las raíces y en consecuencia con la nutrición del calcio y magnesio elementos esenciales en la nutrición de las plantas forrajeras (Marschner, 2012).

En los suelos de pasturas medidos en esta investigación, este valor no evidenció diferencias estadísticas significativas entre pasturas, años y meses (Tabla 3.1). El valor promedio fue 2,43 %, considerado bajo en el ámbito de los suelos volcánicos de la zona templada. Los valores obtenidos a través del año fluctuaron entre 1,93% (mayo) y 2,93% (septiembre), que coincidió coincide con las aplicaciones de enmienda de otoño y el fin de invierno, momento de mayor pérdida de bases por lixiviación.

La corrección anual de la acidez, efectuada por la aplicación de carbonato de calcio y magnesio, permitió, que durante el transcurso de esta investigación, los suelos mantuviesen los niveles de pH y saturación de aluminio constantes en el tiempo por lo que estos parámetros no constituyen una limitante para el desarrollo productivo de las pasturas. La aplicación de enmienda permitió mantener las bases de intercambio en el

suelo, cuya pérdida es atribuida al exceso de pluviometría, uso de suelos sin reposición de bases y aplicación de fertilizantes amoniacales (Mora *et al.*, 1993).

**Fósforo:** El contenido de fósforo en el suelo no presentó diferencias estadísticamente significativas entre pasturas, años y meses. En promedio a través del año, los suelos presentaron un nivel de 16 mg/kg con un máximo de 18 mg/kg y mínimo de 14 mg/kg (Tabla 3.1). Estos valores se ubican en un nivel de disponibilidad intermedia para las condiciones de la zona templada de Chile, pero muy bajos para otras condiciones como es el caso de Nueva Zelanda, donde los valores en los suelos fluctúan entre 20 y 45 mg/kg de fósforo Olsen (Kemp *et al.*, 1999).

El incremento de los niveles de aluminio en el suelo disminuye la eficiencia en el uso del fósforo aportado a través de la fertilización, ya que el aluminio provoca una disminución del desarrollo radical, lo que se traduce en una escasa exploración del suelo y en una baja probabilidad de captar fósforo, dada la baja movilidad de este elemento en el suelo. Además, con una alta concentración de aluminio en el suelo se produce un incremento en la capacidad del mismo para fijar el fósforo, ya que forma enlaces con el aluminio lo que impiden la absorción de fósforo por las plantas (Mora, 1994; Sims & Sharpley, 2005). La acidez de los suelos de las pasturas que se evaluaron en este estudio no fue una limitante para el desarrollo productivo de las mismas ni para la disponibilidad de fósforo, dado que los niveles disponibles permitieron lograr rendimientos superiores al promedio de la zona templada.

En los sitios de praderas evaluados el mantenimiento de un buen nivel de fósforo en el suelo, se atribuye a la aplicación de este elemento todos los años en el mes de marzo y el uso de enmiendas, que según Mora *et al.* (1993) además de mejorar la capacidad de intercambio catiónico, la actividad microbiana del suelo y fertilidad total, permite disminuir la capacidad de retención de fósforo y con ello permitir una mayor disponibilidad de este nutriente para las plantas.

**Azufre:** A diferencia de la mayoría de los elementos determinados en el suelo, el contenido de azufre presentó diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ) entre los meses del año pero no entre pasturas y años. Estas diferencias se relacionaron con la actividad biológica del suelo, que permite liberar y disponer para las plantas a este elemento.

La mayor disponibilidad de azufre en el suelo se presentó en el mes de abril, 13 mg/kg, cifra que fue similar a los meses de enero, febrero, marzo, mayo, junio, octubre, noviembre y diciembre. Solo los meses de julio, agosto y septiembre fueron estadísticamente diferentes (Tabla 3.1). Todos los valores encontrados en el suelo son considerados bajos dado que para el buen desarrollo de las pasturas el suelo debe contener al menos 20 mg/kg de azufre (Mora *et al.* 1995; Matthews *et al.*, 1999).

Al agrupar los meses de acuerdo al ranking BLUP, se acreditaron tres niveles. En el nivel alto (13 mg/kg) se determinaron los meses de verano e inicio de otoño: enero, febrero, marzo y abril. En nivel medio (9 mg/kg), fueron agrupados los meses de mayo, junio, noviembre y primavera y en el nivel bajo (5 mg/kg), los meses de invierno e inicio de primavera: julio, agosto, septiembre y octubre (Tabla 3.3).

**Tabla 3.3.- Clasificación estacional del contenido de azufre en el suelo según el ranking BLUP (Best Linear Unbiased Prediction), de 15 pasturas medidas durante 11 años (2002 – 2012) en la zona templada de Chile.**

Nivel foliar	Meses	mg/kg			Significancia de BLUP
		Promedio	Máximo	Mínimo	
Alta	enero, febrero, marzo, abril	12	13	12	$P \leq 0.05$
Media	mayo, junio, noviembre diciembre	9	10	9	$P > 0.05$
Baja	julio, agosto, septiembre, octubre	5	7	4	$P \leq 0.05$

El bajo nivel de azufre en los suelos evaluados está relacionado con la naturaleza ácida de los Andisoles y la baja capacidad de retención que poseen. Asociado a lo anterior, las constantes aplicaciones de enmiendas de carbonato de calcio y magnesio y la presencia de fósforo, reducen la fijación de sulfatos en el suelo y generan la liberación de este ion permitiendo su rápida lixiviación (Probert, 1976). Esto se evidenció en forma muy clara en esta investigación donde los menores valores de azufre en el suelo se encontraron en el periodo mayor precipitación (julio – octubre).

El ciclo del azufre está ligado al de la materia orgánica del suelo y en consecuencia al ciclo del nitrógeno. Una parte importante del azufre disponible para las plantas proviene de la mineralización de la materia orgánica, proceso donde intervienen factores tales como descomposición, temperatura, humedad y actividad microbiana (Marschner, 2012). En Andisoles, que poseen altos niveles de materia orgánica, como son los suelos evaluados en esta investigación, por lo general poseen un 70% de azufre orgánico que se inmoviliza con facilidad y cuya presencia aun es más deficitaria, cuando estos suelos provienen de la habilitación a partir de bosques y matorrales (Muslera & Ratera, 1991). Esta son las razones por las cuales en los suelos medidos los niveles de azufre fueron bajos y no presentaron los niveles razonables para un buen desarrollo de las pasturas (> 20 mg/kg).

**Potasio:** El contenido de potasio en los suelo no presentaron diferencias entre pasturas, años y meses. El promedio del suelo fue 201 mg/kg con un máximo 241 mg/kg (Tabla 3.1) valor considerado adecuado para el desarrollo de pasturas permanentes (Mora & Demanet, 1995; Demanet *et al.* 1999).

En suelos con riesgo de acidificación y derivados de cenizas volcánicas la pérdida de bases a través de la lixiviación, incluido el potasio, es consecuencia de la débil unión que se produce entre los cationes y la superficie de los coloides. La corrección de la

acidez de estos suelos con el uso de enmiendas calcáreas resulta en un aumento del calcio a niveles que es capaz de desplazar el potasio de los sitios de intercambio, generando deficiencias de este elemento que pueden reducir la productividad de las pasturas (Mora & Demanet, 1995).

En pasturas, donde los sistemas de utilización generan una extracción permanente de este elemento, provocan una rápida reducción en el suelo por esta razón es necesario mantener una buena relación entre las bases, cuyo valor de acuerdo a los resultados evidenciados por Demanet *et al.* (1999) debe ser 3,6 en las relaciones Ca/K y Ca+Mg/K. Los valores obtenidos en este estudio están sobre lo presentado por estos autores, dado que la relación Ca/K fue 17,44 y la de Ca+Mg/K 14,98. La diferencia registrada en este estudio se relaciona con la aplicación de enmiendas de carbonato de calcio y magnesio, que contribuyeron a generar un valor de calcio promedio de 8,79 cmol+/kg y magnesio 3,13 cmol+/kg en el suelo.

**Calcio:** El calcio es la base que se encuentra en mayor abundancia en el suelo. En las últimas décadas, esta base se ha incrementado en los suelos de la zona templada, debido al mayor conocimiento que existe sobre la importancia de corregir y neutralizar la acidificación de los suelos y los programas de subsidios de aplicación de enmiendas en praderas y pasturas. Este incremento ha sido paulatino y aun no logra alcanzar en diversos sectores de la zona el valor de 6 cmol+/kg de calcio en el suelo, considerado adecuado para cumplir con los requerimientos de las pasturas y cultivos (Mora & Demanet, 1999).

En esta investigación, los niveles de calcio en el suelo no presentaron diferencias estadísticas entre pasturas, años y meses. El promedio de las mediciones fue 8,79 cmol+/kg con un máximo de 9,16 cmol+/kg y mínimo de 8,05 cmol+/kg (Tabla 3.1). Los valores obtenidos fueron superiores en al menos un 34% respecto al valor de 6 cmol+/kg considerado mínimo para el logro de una apropiada suma de bases.

En la zona templada, y específicamente en los suelos con riesgo de acidificación donde se realizan aplicaciones de enmiendas, es necesario considerar la relación de nutrientes dada la alta capacidad que tienen las bases de intercambio y en especial el calcio de desplazar al resto de las bases y reducir la posibilidad de absorción de dichos nutrientes (Mora, 1993a).

En los Andisoles de la zona templada la relación Ca/Mg presenta valores que fluctúan entre 4 y 6 (Mora *et al.* 1993), sin embargo cuando se aplican enmiendas calcáreas esta relación puede cambiar a niveles de 10 a 20 (Mora *et al.* 1993). En este estudio la relación Ca/Mg fue en promedio 2,8.

**Magnesio:** En los sistemas pastoriles de la zona templada la principal fuente de alimentación son las pasturas que por baja disponibilidad de bases del suelo o disminución de su efectividad debido a la competencia por aluminio, resultan en

deficiencias minerales que a su vez se presentan en el ganado (Mora *et al.* 1993). Una deficiencia importante derivada de la acidificación es la carencia de magnesio situación que puede producir en los animales deficiencias de este elemento que produce la sintomatología característica que se manifiesta en severas convulsiones y posterior muerte, condición que se conoce como tetania de las praderas o hipomagnesemia (Sánchez, 2000).

Los resultados de este estudio evidencian que el contenido de magnesio no presentó diferencias estadísticamente significativas entre pasturas, años y meses. El promedio de este elemento en el suelo fue 3,13 cmol+/kg, con un máximo de 3,28 cmol+/kg y mínimo de 3,02 cmol+/kg (Tabla 3.1), lo que generó una relación Ca/Mg 2,8 y K/Ca+Mg 3,19.

La disponibilidad de magnesio en el suelo en esta investigación está sobre el promedio de la zona templada que habitualmente posee niveles inferiores a 2 cmol+/kg (Mora *et al.* 1993). Estos valores se relacionan con la aplicación de enmiendas de carbonato de calcio y magnesio, que impide que se reduzcan los niveles de magnesio por el incremento exagerado de calcio en el suelo.

**Sodio:** El sodio en el suelo no presentó diferencias estadísticamente significativas entre las pasturas y años de evaluación (Tabla 3.1). Las variaciones fueron estacionales y el ranking BLUP definió dos niveles: alto con promedio 0,10 cmol+/kg y medio 0,07 cmol+/kg (Tabla 3.4).

**Tabla 3.4.- Clasificación estacional del contenido de sodio en el suelo según el ranking BLUP (Best Linear Unbiased Prediction), de 15 pasturas medidas durante 11 años (2002 – 2012) en la zona templada de Chile.**

Nivel foliar	Meses	cmol+/kg			Significancia de BLUP
		Promedio	Máximo	Mínimo	
Alta	enero, febrero, marzo, abril, mayo, junio, agosto, noviembre	0,10	0,13	0,09	P ≤ 0.05
Media	julio, septiembre, octubre, diciembre	0,07	0,08	0,06	P > 0.05

El sodio es un elemento que difícilmente es deficitario en los sistemas naturales y no constituye un factor limitante en el desarrollo de las pasturas, sin embargo su presencia en la planta es de alta importancia por su participación en el proceso de fotosíntesis (Salisbury & Ross, 2000). Existe evidencia de que el sodio y el azufre se complementan en la nutrición de las plantas, en especial, en los sistemas intensivos con pasturas templadas (Chiy & Phillips, 1991; Chiy & Phillips 1993) y la presencia de sodio en las plantas mejora la nutrición de los animales dado que estos poseen altos requerimientos de este elemento (Chiy & Phillips, 1995; Hemingway, 1995).

Los niveles de sodio que se obtuvieron en esta investigación fueron bajos lo cual no es apropiado para los sistemas de producción ganaderos, dado que la presencia de este

elemento en el suelo desplaza la absorción de potasio y aumenta la concentración de  $\text{Na}^+$  en las plantas. La mayor presencia de sodio en las plantas permite un incremento en el consumo de materia seca, aumento en la producción de leche, grasa y lactosa, además de mejorar el ritmo de consumo de los animales y el tiempo de pastoreo (Chiy & Phillips, 1991; Chiy *et al.*, 1999).

**Aluminio:** La toxicidad por presencia de aluminio en el suelo es un importante factor que limita el crecimiento de las plantas en suelos ácidos con un pH inferior a 5, sin embargo, esta toxicidad puede ocurrir a niveles de pH superiores a 5.5 (Poot-Poot & Hernández-Sotomayor, 2011). Esto es particularmente importante en áreas de agricultura intensiva, donde es habitual el uso de fertilizantes nitrogenados de origen amoniacal y donde el uso de enmiendas calcáreas es difícil de realizar (Doss & Lund, 1975).

La presencia de aluminio en los suelos ácidos genera en las plantas una reducción de la capacidad de profundización de las raíces en el suelo, incrementa la susceptibilidad de las plantas a la sequía, disminuye el uso de nutrientes del subsuelo, inhiben la elongación radical y disminuye el crecimiento de las planta (Matsumoto, 2000). Las plantas sometidas a estrés por aluminio, presentan una mayor sensibilidad a los cambios ambientales (Poot-Poot & Hernández-Sotomayor, 2011).

Las plantas que crecen en suelos con altos contenidos de aluminio en el suelos tienden a acumular este elemento en las raíces, específicamente en el ápice, generando un aumento de la división y expansión celular (Vitorello *et al.*, 2005; Yamamoto *et al.*, 2003), sin embargo, hay muchas especies de plantas que acumulan cantidades considerables de aluminio en la parte aérea (Jansen *et al.*, 2002).

La presencia de aluminio de intercambio afecta el desarrollo radical de las plantas limitando la nutrición y productividad de las pasturas (Mora *et al.*, 1993). Como consecuencia del incremento de la acidez de los suelos, la capacidad de retención de los cationes de intercambio, como potasio, calcio, magnesio y sodio, disminuye, debido al aumento de carga positiva de los coloides. Esta menor capacidad de retención de cationes y la concentración de las precipitaciones generan un aumento de la lixiviación de las bases del suelo favoreciendo la hidrólisis del aluminio, pasando a ser este elemento un constituyente importante en el complejo de intercambio y desplazando a nutrientes tan importantes para las plantas como son el calcio, magnesio y potasio (Mora, 1993b).

En esta investigación los niveles de aluminio en el suelo no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre pasturas, año y meses de evaluación. El promedio de aluminio en el suelo fue 0,2  $\text{cmol}^+/\text{kg}$  con un máximo de 0,23  $\text{cmol}^+/\text{kg}$  y mínimo de 0,17  $\text{cmol}^+/\text{kg}$  (Tabla 3.2).

El ion aluminio, en especial  $Al^{+3}$ , en la solución del suelo genera problemas de fitotoxicidad. Al ingresar al sistema radical se acumula en las células e interviene en la división celular, con lo cual interfiere en la nutrición de las plantas y deprime el desarrollo normal de raicillas y pelos radicales. Este efecto produce una reducción de la capacidad de las raíces de explorar el suelo y con ello de absorber nutrientes cuya consecuencia es la reducción de la producción vegetal (Mora, 1993b).

Los niveles de aluminio de intercambio que se evidenciaron en esta investigación son normales para la zona de Andisoles y la mantención a través del tiempo fue posible por las aplicaciones de enmiendas calcáreas que son las principales responsables del incremento del pH y reducción del aluminio de intercambio en el suelo (Mora, 1993a).

**Suma de bases:** Este parámetro corresponde a la sumatoria de las bases de intercambio: calcio, potasio, magnesio y sodio. Los resultados de este estudio evidenciaron que no se produjeron diferencias estadísticamente significativas de este parámetro entre pasturas, años y meses (Tabla 3.2). El promedio fue 12,61 cmol+/kg con un máximo de 13,11 cmol+/kg y mínimo de 11,56 cmol+/kg.

Los valores de suma de bases fueron altos respecto a los habituales de la zona templada (< 8 cmol+/kg) y buenos respecto al esperado para suelos de origen volcánico (Mora, 1993a; Mora & Demanet, 1995), valores que permitieron la expresión de la producción sin limitantes de fertilidad.

En el valor de suma de bases el catión de mayor importancia es el calcio que en este estudio correspondió al 70,2% del total del valor de suma de bases. Segundo en importancia fue el magnesio (25,0%) y el potasio solo fue el 4,1% y sodio 0,7%.

**Capacidad de intercambio catiónico:** La capacidad de intercambio catiónico (CICE) corresponde a la capacidad que tiene un suelo para retener y liberar iones positivos, a partir de las arcillas y materia orgánica. El valor de la CICE es más alto en la medida que aumenta el contenido de materia orgánica del suelo (Mora, 1993a). En este estudio al igual que la suma de bases del suelo, en este parámetro no se evidenciaron diferencias entre pasturas evaluadas, años y meses. El promedio de la CICE fue 12,83 cmol+/kg con un máximo de 13,31 cmol+/kg y mínimo 12,20 cmol+/kg (Tabla 3.2).

**Boro:** El boro es un elemento esencial para el desarrollo de las plantas y es responsable de la actividad metabólica, síntesis de hormonas, formación de la pared celular (Marschner, 2012). Un adecuado nivel de boro en las plantas permite obtener una mayor tolerancia a patógenos (Dordas, 2008). Bajos niveles de boro en el suelo y en las plantas reduce el crecimiento vegetativo y la floración. El papel de este elemento en la producción animal no es muy evidente pero se supone que participa en el metabolismo del calcio fosforo y magnesio (Cornforth, 2010).

En este estudio el nivel de boro en el suelo no presentó diferencias entre pasturas, años y meses de medición. El promedio 0,44 mg/kg con un máximo de 0,48 mg/kg y mínimo de 0,38 mg/kg, valores considerados deficitarios en los suelos de la zona templada.

Los suelos de la zona templada presentan bajos niveles de boro y la no fertilización con este elemento aumenta la deficiencia en el suelo y las plantas. Las pasturas evaluadas en este estudio no fueron fertilizadas con boro y el contenido en el suelo se mantuvo bajo durante todos los años de estudio. La deficiencia en el suelo no se manifestó a nivel foliar dado que la mayoría de las pasturas presentaron valores superiores considerados suficientes para el desarrollo de las plantas.

**Zinc:** Este elemento se encuentra involucrado en el metabolismo del nitrógeno, en la síntesis de proteínas, metabolismo de las auxinas y producción de triptófano. Además, participa en el metabolismo de los carbohidratos, fotosíntesis y formación de almidón (Marschner, 2012). Las deficiencias de zinc son comunes en suelos con pH básico y sólo se puede inducir la disminución de este elemento en suelos con pH ácido cuando se someten a procesos de corrección de acidez con enmiendas calcáreas.

El contenido de zinc que se obtuvo en esta investigación no generó diferencias estadísticamente significativas entre pasturas, años y meses de medición. El promedio de zinc disponible en el suelo fue 4,18 mg/kg con un máximo de 4,65 mg/kg y mínimo 3,47 mg/kg, todos valores altos que se relacionan con el contenido de materia orgánica que posee el suelo (> 22%).

### **3.4.- Contenido de nutrientes en la Planta**

El contenido de nutrientes en la planta fue evaluado con el material externo de las jaulas de exclusión, establecidas con el objetivo de medir el forraje que efectivamente fue consumido por el ganado en pastoreo. Del material vegetal obtenido se evaluaron los contenidos de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, manganeso, boro, zinc, aluminio y azufre (Tablas 3.5 y 3.6).

**Nitrógeno:** Este elemento es el más requerido por las plantas para su crecimiento y desarrollo después del carbono y cumple funciones vitales en el metabolismo de las proteínas, ácidos nucleicos, clorofila, entre otros (Marschner, 2012).

En esta investigación, el contenido de nitrógeno en la planta presentó diferencias estadísticamente significativas sólo entre meses y no entre años ni sitio de pastura (Tabla 3.5). El cambio estacional del contenido de nitrógeno estuvo relacionado con la disponibilidad de nitrógeno del suelo, fertilización nitrogenada y estado de madurez de las plantas.

La categorización en niveles de nitrógeno presentes en las pasturas según el ranking BLUP evidenció que los meses con mayor contenido de este nutriente en las plantas, fueron mayo, agosto y septiembre (Tabla 3.7), periodo en que las plantas en estado vegetativo se encuentran sometidas a pastoreo intenso frecuente, presentando baja disponibilidad de materia seca y escasa acumulación de fibra.

**Tabla 3.5. Contenido foliar de nutriente (%) de 15 pasturas permanentes evaluadas durante once años (2002 – 2012) en la zona templada de Chile.**

Meses	Nitrógeno	Fósforo	Azufre	Potasio	Calcio	Magnesio
Ene	2,70 ±0,079 f	0,30 ±0,017 f	0,28 ±0,014 bcd	2,19 ±0,079 cdef	0,56 ±0,029	0,29 ±0,014
Feb	2,80 ±0,065 e	0,31 ±0,016 f	0,28 ±0,023 bcd	2,25 ±0,159 bcdef	0,55 ±0,038	0,29 ±0,011
Mar	3,19 ±0,129 de	0,35 ±0,016 ef	0,31 ±0,020 abc	2,70 ±0,163 abcd	0,52 ±0,047	0,28 ±0,011
Abr	3,65 ±0,146 c	0,43 ±0,021 bc	0,32 ±0,021 ab	2,75 ±0,196 abc	0,61 ±0,070	0,29 ±0,017
May	3,90 ±0,087 bc	0,49 ±0,020 a	0,33 ±0,016 a	2,61 ±0,098 abcde	0,50 ±0,052	0,28 ±0,015
Jun	3,80 ±0,123 bc	0,48 ±0,019 ab	0,32 ±0,017 ab	2,22 ±0,183 cdef	0,56 ±0,047	0,28 ±0,017
Jul	3,68 ±0,099 c	0,42 ±0,013 cd	0,29 ±0,011 bcd	2,07 ±0,145 ef	0,47 ±0,025	0,25 ±0,016
Ago	4,08 ±0,119 ab	0,43 ±0,011 bcd	0,32 ±0,009 ab	2,13 ±0,151 def	0,48 ±0,026	0,24 ±0,012
Sep	4,34 ±0,085 a	0,45 ±0,010 abc	0,30 ±0,016 abc	2,67 ±0,102 abcd	0,53 ±0,026	0,28 ±0,009
Oct	3,84 ±0,100 bc	0,41 ±0,011 cd	0,32 ±0,020 ab	2,97 ±0,109 a	0,51 ±0,012	0,27 ±0,007
Nov	3,24 ±0,079 d	0,38 ±0,011 de	0,32 ±0,020 ab	2,81 ±0,150 ab	0,50 ±0,037	0,28 ±0,021
Dic	2,51 ±0,145 f	0,31 ±0,012 f	0,27 ±0,023 d	1,82 ±0,305 f	0,46 ±0,030	0,26 ±0,020
<b>Promedio</b>	<b>3,48</b>	<b>0,40</b>	<b>0,30</b>	<b>2,43</b>	<b>0,52</b>	<b>0,27</b>
<b>Máximo</b>	<b>4,34</b>	<b>0,49</b>	<b>0,33</b>	<b>2,97</b>	<b>0,61</b>	<b>0,29</b>
<b>Mínimo</b>	<b>2,51</b>	<b>0,30</b>	<b>0,27</b>	<b>1,82</b>	<b>0,46</b>	<b>0,24</b>

Cifras con distintas letras son diferentes según Prueba de Tukey ( $p > 0,05$ )

**Tabla 3.6. Contenido foliar de nutriente (mg/kg) de 15 pasturas permanentes evaluadas durante once años (2002 – 2012) en la zona templada de Chile.**

Meses	Boro	Zinc	Aluminio	Manganeso
Ene	10 ±0,907 d	54 ±6,781 e	236 ±55,504 d	110 ±7,984 de
Feb	9 ±0,425 d	77 ±6,419 cde	270 ±29,075 d	133 ±10,380 cde
Mar	9 ±0,689 d	81 ±4,239 cde	394 ±47,919 cd	140 ±16,858 cde
Abr	11 ±1,944 cd	112 ±11,745 c	636 ±133,453 cd	132 ±11,573 cde
May	12 ±1,297 cd	163 ±18,428 b	1.144 ±197,380 bc	158 ±10,315 cd
Jun	21 ±4,683 ab	236 ±14,921 a	2.575 ±345,477 a	224 ±18,715 a
Jul	17 ±2,771 bc	162 ±13,843 b	2.594 ±369,907 a	226 ±14,879 a
Ago	27 ±6,129 a	163 ±19,868 b	2.642 ±523,109 a	217 ±17,297 a
Sep	13 ±1,336 cd	94 ±6,829 cd	1.681 ±416,993 b	167 ±13,475 bc
Oct	11 ±1,114 cd	84 ±8,355 cde	723 ±116,884 cd	118 ±5,307 cde
Nov	9 ±0,732 d	77 ±7,213 cde	414 ±84,799 cd	117 ±7,222 cde
Dic	9 ±0,723 d	59 ±4,374 de	225 ±22,917 d	104 ±9,422 e
<b>Promedio</b>	<b>13</b>	<b>114</b>	<b>1.128</b>	<b>154</b>
<b>Máximo</b>	<b>27</b>	<b>236</b>	<b>2.642</b>	<b>226</b>
<b>Mínimo</b>	<b>9</b>	<b>54</b>	<b>225</b>	<b>104</b>

Cifras con distintas letras son diferentes según Prueba de Tukey ( $p > 0,05$ )

Esta alta disponibilidad de nitrógeno en las pasturas, genera problemas en la nutrición de los animales, debido al aumento proporcional de este elemento en las dietas y reducción de la ingesta de alimentos energéticos, situación que conduce a la ocurrencia de problemas de salud en el ganado, en especial, aquellos relacionados con riñones, hígado y patas, además de problemas ambientales debido a la excreción del

nitrógeno excedentario a través de la orina (Azcón-Bieto & Talón, 2001; Holmes & Wilson, 1894; García *et al.*, 2008; Islam & García, 2011)

A nivel medio se ubicaron los meses de marzo, abril, junio, julio, octubre y noviembre, que corresponde a parte de otoño, invierno y plena primavera, momento en que las plantas se encuentran en estado vegetativo y poseen un nivel de materia seca superior a 12%. Los meses en los que se obtiene un menor contenido de nitrógeno son diciembre, enero y febrero, periodo en que las pasturas se encuentran en pleno proceso de madurez con estados avanzados de desarrollo reproductivo.

**Tabla 3.7. Clasificación estacional del contenido de nitrógeno foliar según el ranking BLUP (Best Linear Unbiased Prediction), de 15 pasturas medidas durante 11 años (2002 – 2012) en zona templada de Chile.**

Nivel foliar	Meses	%			Significancia de BLUP
		Promedio	Máximo	Mínimo	
Alta	mayo, agosto, septiembre	4,11	4,34	3,90	$P \leq 0.05$
Media	marzo, abril, junio, julio, octubre, noviembre	3,57	3,84	3,19	$P > 0.05$
Baja	diciembre, enero, febrero	2,67	2,80	2,51	$P \leq 0.05$

Todos los valores obtenidos en esta investigación son considerados bajos, según Jones *et al.* (1991), para el desarrollo de las plantas gramíneas de zonas templadas. Sin embargo, antecedentes proporcionados por García *et al.* (2011); Bargo (2013) y Anrique (2014), evidencian que el contenido de nitrógeno obtenido en todos los niveles corresponde a valores suficientes para las plantas y los animales en pastoreo.

**Fósforo:** El fósforo es un nutriente esencial (Mkhabela & Warman, 2005) porque es un constituyente de las estructuras celulares y macromoleculares que permite el crecimiento de las plantas. Aun cuando en la naturaleza este elemento es de amplia distribución, en los suelos de origen volcánico es deficiente en forma natural, al igual que ocurre en una amplia gama de suelos del mundo (An *et al.*, 2003; Vassilev *et al.*, 2001). El fósforo es un elemento estructural en los ácidos nucleicos y desempeña un papel clave en la transferencia de energía como un componente de fosfatos de adenosina. También es esencial para la transferencia de hidratos de carbono en células de las hojas (Marschner, 2012).

Los resultados de esta investigación evidenciaron que fueron más importantes los cambios estacionales que los evidenciados entre años y pasturas (Tabla 3.5). Sólo se registraron diferencias significativas entre los meses.

La agrupación de los meses de acuerdo al ranking BLUP (Tabla 3.8) demostró que en parte del periodo de otoño e invierno (mayo y junio) el fósforo presentó los valores más altos en la planta (> 0.48%). En el nivel medio se ubicaron los meses de abril, julio, agosto, septiembre, octubre y noviembre (0.42%) y bajo 0.35%, los meses de verano y fines de primavera (enero, febrero, marzo y diciembre). Estos valores no son del todo

coincidentes con los presentados por Anrique (2014) quien menciona que en praderas y pasturas de la zona templada los valores más altos de fósforo se encuentran en el periodo de primavera (0.37%) y los más bajos (0.15%) en verano.

**Tabla 3.8. Clasificación estacional del contenido de fósforo foliar según el ranking BLUP (Best Linear Unbiased Prediction), de 15 pasturas medidas durante 11 años (2002 – 2012) en la zona templada de Chile.**

Nivel foliar	Meses	%			Significancia de BLUP
		Promedio	Máximo	Mínimo	
Alta	mayo, junio	0,48	0,49	0,48	$P \leq 0.05$
Media	abril, julio, agosto septiembre, octubre, noviembre	0,42	0,45	0,38	$P > 0.05$
Baja	enero, febrero, marzo, diciembre	0,32	0,35	0,30	$P \leq 0.05$

Los resultados de esta investigación muestran que los contenidos de fósforo en planta se ubicaron en la mayoría de los meses en el nivel suficiente y alto, según la clasificación realizada por Jones *et al.* (1991), que mencionan como valores deficientes aquellos menores a 0.34%. Como se observa en la Tabla 3.4., el 75% de los meses del año presentaron valores de contenido en fósforo superiores a 0,34%, demostrando el buen manejo de fertilización que se realizó durante los años que duró la investigación en este tipo de pasturas. En la zona templada es habitual encontrar contenidos de fósforo en la planta inferiores a 0.30% debido a deficiencias en la fertilización fosforada y falta de corrección de los parámetros de acidez de los suelos (Mora, 1993a; Mora, 1994; Mora & Demanet, 1995). Sin embargo, en las pasturas evaluadas en este estudio, no se encontraron dichas deficiencias en las plantas, debido al uso constante de fertilización fosforada y la permanente corrección de los parámetros de acidez de los suelos a través del uso de enmiendas de carbonato de calcio y magnesio (dolomita).

**Azufre:** El azufre y el nitrógeno son dos de los elementos que se encuentran en mayor proporción en el material vegetal. La relación N/S en la biomasa vegetal es alrededor de 20, que se mantiene en las moléculas de proteína. El azufre es parte de aminoácidos esenciales para los vegetales como son la cisteína y metionina. A diferencia de las plantas, los animales no son capaces de usar formas inorgánicas de este elemento por lo cual requieren ingerir formas orgánicas, principalmente, proteínas (Azcón-Bieto & Talón, 2001; Marschner, 2012).

El contenido de azufre en las pasturas evaluadas en esta investigación no presentó diferencias entre pasturas y años, solo se generaron diferencias estadísticas significativas entre meses. La diferencia fue muy ajustada y los niveles en la planta fluctuaron entre 0,33% y 0,27% (Tabla 3.5). Al someter estos resultados al ranking BLUP, se detectaron dos grupos, aquellos considerados de nivel alto en el contenido de azufre, que se presentaron en los meses de marzo, abril, mayo, junio, julio, agosto,

septiembre, noviembre, octubre y un nivel medio que se presentó en los meses de diciembre, enero y febrero (Tabla 3.9). Este ranking demuestra que el contenido de azufre de las plantas depende de la disponibilidad de sulfatos que poseen los suelos, forma en que es absorbido por las plantas y que es consecuencia de la actividad biológica que se genera en el suelo en cada época del año. En periodos de baja actividad (verano), la absorción de este elemento disminuye y en consecuencia la concentración en las plantas.

**Tabla 3.9.- Clasificación estacional del contenido de azufre foliar según el ranking BLUP (Best Linear Unbiased Prediction), de 15 pasturas medidas durante 11 años (2002 – 2012) en la zona templada de Chile.**

Nivel foliar	Meses	%			Significancia de BLUP
		Promedio	Máximo	Mínimo	
Alta	marzo, abril, mayo, junio, agosto, septiembre, octubre, noviembre	0,32	0,33	0,30	$P \leq 0.05$
Media	enero, febrero, julio, diciembre	0,28	0,29	0,27	$P > 0.05$

Al igual que en el caso del nitrógeno, las pasturas presentaron a lo largo del año valores de azufre considerados suficientes a altos, según la escala desarrollada por Jones *et al.* (1991), que muestra niveles suficientes en la planta a partir de 0.27% y altos sobre 0.32%.

**Potasio:** El potasio es un elemento esencial para las plantas y su principal función es su participación de la osmorregulación que es determinante en el desarrollo celular y movimientos estomático (Marschner, 2012). Actúa en la fotosíntesis, translocación de fotosintatos, síntesis de proteínas, activación de enzimas, nodulación de las leguminosas, metabolismo del nitrógeno, almacenamiento de nutrientes y aumenta la resistencia a condiciones adversas como sequías o presencia de enfermedades (Roberts & Morton, 1999; Kayser & Isselstein, 2005; Cornforth, 2010; Marschner, 2012).

La concentración de este elemento en la planta cambia de acuerdo a los niveles de disponibilidad en el suelo, actividad de la rizósfera, estado fenológico, época del año entre otras. Este elemento es absorbido por las plantas en cantidades similares al nitrógeno y es el catión más importante respecto a su concentración en el tejido vegetal siendo esencial para lograr un alto rendimiento y calidad de las pasturas (Kayser & Isselstein, 2005).

El contenido foliar de potasio no presentó diferencias estadísticamente significativas entre pasturas y años. Sólo se evidenciaron diferencias estacionales y el mes de mayor concentración de potasio en la planta fue octubre, aunque fue estadísticamente similar a marzo, abril, mayo, septiembre y noviembre (Tabla 3.5)

**Tabla 3.10.- Clasificación estacional del contenido de potasio foliar según el ranking BLUP (Best Linear Unbiased Prediction), de 15 pasturas medidas durante 11 años (2002 – 2012) en la zona templada de Chile.**

Nivel foliar	Meses	%			Significancia de BLUP
		Promedio	Máximo	Mínimo	
Alta	marzo, abril, mayo, septiembre, octubre, noviembre	2,75	2,97	2,61	$P \leq 0.05$
Media	enero, febrero, junio	2,22	2,25	2,19	$P > 0.05$
Baja	Julio, agosto, diciembre	2,01	2,13	1,82	$P \leq 0.05$

La agrupación de meses según el ranking BLUP, generó tres niveles (Tabla 3.10) donde en el nivel alto el promedio de potasio foliar fue 2,75%, nivel medio 2,22% y nivel bajo 2,01. Según Roberts & Morton (1999) estos valores se ubican en la categoría de óptimos para sistema pastoriles. Jones *et al.* (2001) los considera suficientes y Cornforth (2010), habituales en pasturas de la zona templada del mundo.

El reciclaje de nutrientes que se generó en todas las pasturas, evaluado durante los once años que duró este estudio, no modificó en forma significativa los niveles de potasio en el suelo ni la cantidad absorbida por las plantas. Este sistema mantuvo los niveles en suelo y planta, diferente a los mencionado por Watson *et al.* (2002) y Fortune *et al.* (2004), que indican que en sistemas donde no se incluye fertilización potásica es habitual la reducción de este nutriente en el suelo y por consiguiente en la planta.

**Calcio:** Elemento esencial que se localiza extracelularmente en la pared celular y que proporciona estabilidad a la membrana. Participa en la osmorregulación y como transportador permitiendo que las plantas regulen sus procesos de desarrollo en respuesta a estímulos ambientales. Actúa sobre la permeabilidad diferencial de la membrana plasmática, es activador de la fosforilización de algunas proteínas y regulador de algunas enzimas (Marschner, 2012).

En este estudio no se encontraron diferencias significativas en el contenido foliar de calcio, entre pasturas, años y estacional. El contenido promedio de calcio en las plantas fue 0,52% con un máximo de 0,61% y mínimo de 0,46% (Tabla 3.5).

Los valores evidenciados en esta investigación corresponden a concentraciones altas en la planta, según lo reportado por Jones *et al.* (1991) y Roberts & Morton, (1999), habituales en pasturas de acuerdo a Cornforth (2010) y bajos según Anrique (2014), que en pasturas de la zona templada reporta niveles foliares entre 0,51% y 1,15%. Estos resultados de concentración de calcio en las plantas son consecuentes con el nivel de calcio en el suelo y la concentración de la enmienda calcárea aplicada a las pasturas.

**Magnesio:** El magnesio es un elemento importante en los sistemas pastoriles. La deficiencia de este elemento en las plantas se traduce en una reducción de la actividad fotosintética y de síntesis de proteínas (Marschner, 2012). En los animales la falta de magnesio en las plantas aumenta las probabilidades de generar hipomagnesemia, desbalance metabólico que se caracteriza por la reducción de los niveles de magnesio en la sangre condición que compromete la función neuromuscular generando una reducción drástica de la síntesis de grasa y disminución de la producción de leche (Goff, 1998; Sánchez, 2000). La presencia del ión aluminio en el suelo genera la carencia de este elemento en las plantas, pero además, el pH ácido del suelo no permite el desarrollo de las bacterias que transforman el ion amonio en nitrato, aumentando la absorción de amonio por las plantas y por los animales, con lo cual a nivel ruminal la presencia excesiva de amonio, interviene en la asimilación de magnesio (Mora *et al.*, 1993).

**Tabla 3.11. Clasificación estacional del contenido de magnesio foliar según el ranking BLUP (Best Linear Unbiased Prediction), de 15 pasturas medidas durante 11 años (2002 – 2012) en la zona templada de Chile.**

Nivel foliar	Meses	%			Significancia de BLUP
		Promedio	Máximo	Mínimo	
Alta	enero, febrero, marzo, abril, mayo, junio, septiembre, noviembre	0,28	0,29	0,28	P ≤ 0.05
Media	julio, agosto, octubre, diciembre	0,26	0,27	0,24	P > 0.05

Los resultados de esta investigación evidenciaron que no ocurrieron diferencias entre pasturas, años y meses (Tabla 3.5). La agrupación del ranking BLUP, permitió separar dos grupos de meses alto y medio. En el nivel alto se ubicaron la mayoría de los meses del año con un valor promedio de 0,28% de magnesio en la planta y con nivel medio se agruparon los meses de julio, agosto, octubre y diciembre con un promedio de 0,26% de magnesio (Tabla 3.10). Ambos grupos presentaron valores elevados de magnesio en la planta, de acuerdo a Jones *et al.* (1991) y Mora *et al.* (1993), lo cual es el resultado de las aplicaciones anuales de dolomita a las pasturas.

En suelos acidificados a fines de invierno es habitual encontrar niveles de aluminio de intercambio superiores a 2.000 mg/kg, lo que se traduce en una reducción de los niveles de magnesio en la planta a valores inferiores a 0,1% (Mora *et al.*, 1993). Esta relación no se evidenció en esta investigación, dado que en los meses de junio, julio y agosto, los niveles de aluminio superaron los 2.000 mg/kg de aluminio y los valores de magnesio se mantuvieron sobre 0,2% (Tablas 3.5 y 3.6). Hay que considerar que la relación Ca/Mg en los suelos evaluados fue en promedio 2,8, considerada excelente para suelos con riesgo de acidificación, dado que la mayoría de suelos posee relaciones entre 4 y 6 (Mora, 1993a; Mora *et al.*, 1993; Mora & Demanet, 1995).

Los altos niveles de potasio se relacionan con la incidencia de la hipomagnesemia e hipocalcemia en vacas lecheras (Grunes *et al.*, 1992; Haynes y Williams, 1993; Horst *et al.*, 1997). En las pasturas evaluadas en este estudio fueron habituales los casos de hipomagnesemia en el ganado. La causa de este desbalance se encontró al evaluar la relación K/Ca + Mg, que en promedio fue 3,1 superior a 2,0, valor considerado límite en pasturas para la no ocurrencia de hipomagnesemia en el ganado (Muslera & Ratera, 1991). El incremento en los valores de potasio en la planta produce una reducción proporcional de calcio y magnesio, que se traduce en una carencia de este elemento y con ello la ocurrencia de casos de hipomagnesemia en el ganado.

**Boro:** La concentración de boro foliar cambia considerablemente entre especies, las dicotiledóneas contiene más boro que las gramíneas. La concentración de boro en gramíneas fluctúa entre 1 mg/kg y 17 mg/kg y en las leguminosas puede alcanzar niveles superiores a 120 mg/kg (Jones *et al.*, 1991; Roberts & Morton, 1999; Cornforth, 2010).

En esta investigación los resultados evidenciaron diferencias estacionales donde los meses con mayor concentración en boro fueron julio y agosto (Tabla 3.5).

La agrupación de meses según el ranking BLUP (Tabla 2.12) generó tres niveles. En el nivel alto se ubicaron los meses de junio, julio y agosto con una concentración promedio de 21,8 mg/kg que es considerado alto para el desarrollo de las pasturas según Roberts & Morton (1999). En nivel intermedio los meses de enero, abril, mayo, septiembre, octubre presentaron una concentración foliar de boro de 11,33 mg/kg, suficiente según Jones *et al.* (1991) y con un nivel foliar bajo, los meses de febrero, marzo, noviembre y diciembre, considerado bajo por los mismos autores.

**Tabla 3.12.- Clasificación estacional del contenido de boro foliar según el ranking BLUP (Best Linear Unbiased Prediction), de 15 pasturas medidas durante 11 años (2002 – 2012) en la zona templada de Chile.**

Nivel foliar	Meses	mg/kg			Significancia de BLUP
		Promedio	Máximo	Mínimo	
Alta	junio, julio, agosto	21,80	27,11	16,80	P ≤ 0.05
Media	enero, abril, mayo, septiembre, octubre	11,33	13,04	9,76	P > 0.05
Baja	febrero, marzo, noviembre, diciembre	8,92	9,50	8,59	P ≤ 0.05

**Zinc:** El zinc se encuentra involucrado en el metabolismo del nitrógeno de las plantas, influyendo directamente sobre la síntesis de proteínas. Esto sucede por tres vías de acción, activando la RNA polimerasa, incidiendo en la integridad estructural de los ribosomas y promoviendo la degradación del RNA (Marschner, 2012). La deficiencia de zinc en la planta genera una reducción de las tasas de crecimiento y la capacidad de producir macollos.

En este estudio el contenido foliar de zinc de las plantas no presentó diferencias entre años y pasturas. Las diferencias estadísticamente significativas se evidenciaron a nivel estacional. El mes de mayor contenido foliar de zinc fue junio (invierno), con 236 mg/kg, valor estadísticamente diferente al resto de los meses del año (Tabla 3.6).

**Tabla 3.13. Clasificación estacional del contenido de zinc foliar según el ranking BLUP (Best Linear Unbiased Prediction), de 15 pasturas medidas durante 11 años (2002 – 2012) en zona templada de Chile.**

Nivel foliar	Meses	mg/kg			Significancia de BLUP
		Promedio	Máximo	Mínimo	
Alta	junio	236	236	236	$P \leq 0.05$
Media	mayo, julio, agosto	163	163	162	$P > 0.05$
Baja	enero, febrero, marzo, abril, septiembre, octubre, noviembre, diciembre	80	112	54	$P \leq 0.05$

La mayor presencia de zinc en las pasturas evaluadas se registró en los meses de invierno: junio, julio y agosto, donde los valores fueron superiores a 160 mg/kg (Tabla 2.13). Con bajo contenido el índice BLUP, agrupó a los meses de primavera, verano y otoño, con nivel promedio de 80 mg/kg. Todos los resultados obtenidos son superiores a los valores ubicados en el límite superior para las plantas forrajeras por Jones *et al.* (1991) y Cornforth (2010).

**Aluminio:** El aluminio libre es abundante en los suelos ácidos, se estima que en el mundo existen alrededor de 37,8 millones de kilómetros cuadrados de superficie terrestre con suelos de este tipo que corresponde al 50% de los suelos potencialmente cultivables del mundo (Granados *et al.*, 1993; An *et al.*, 2014), donde la presencia de aluminio puede generar toxicidad y producir limitaciones en la producción agrícola (Kochian *et al.*, 2005).

Las plantas tienen diversos mecanismos de desintoxicación de aluminio entre los que se encuentran la exclusión a desde los ápices de las raíces y otros internos que permite la tolerancia de las plantas a la presencia de aluminio (Kochian, 1995; Ma, 2005). En ambos mecanismos las evidencias indican que los ácidos orgánicos participan activamente y permiten la desintoxicación del aluminio, reduciendo los episodios de toxicidad (Ryan *et al.*, 2001; Kochian *et al.*, 2004).

Los resultados de esta investigación evidenciaron que el contenido de aluminio en las plantas no presentó diferencia entre años y pasturas, solo se registraron diferencias estacionales (Tabla 3.14). La mayor concentración de aluminio en la planta se registró, principalmente, en los meses de invierno: junio, julio, agosto y septiembre. La menor concentración se registró en los meses de noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo, coincidente con el periodo de menor humedad en el suelo.

**Tabla 3.14. Clasificación estacional del contenido de aluminio foliar según el ranking BLUP (Best Linear Unbiased Prediction), de 15 pasturas medidas durante 11 años (2002 – 2012) en la zona templada de Chile.**

Nivel foliar	Meses	mg/kg			Significancia de BLUP
		Promedio	Máximo	Mínimo	
Alta	junio, julio, agosto, septiembre	2.373	2.642	1.681	$P \leq 0.05$
Media	abril, mayo, octubre	834	1.144	636	$P > 0.05$
Baja	enero, febrero, marzo, noviembre, diciembre	308	414	225	$P \leq 0.05$

De acuerdo a Mora (1994), la concentración de aluminio en las plantas debe ser menor a 200 mg/kg, valores superiores resultan tóxicos para los animales. En esta investigación todos los meses presentaron niveles superiores a 200 mg/kg, alcanzando a un máximo de 2.642 mg/kg, que representa un riesgo para la salud de los animales que consuman dichas pasturas. Sin embargo, las mayores concentraciones de aluminio en la planta se presentaron en el periodo de menor disponibilidad de forraje, situación que atenúa las posibles acciones tóxicas del aluminio consumido.

La mayor concentración de aluminio coincide con la menor concentración de magnesio, situación que permite vincular la deficiencia de este nutriente con la captura de aluminio por las plantas.

**Manganeso:** Este elemento es esencial para el crecimiento de las plantas. Cumple funciones en el sistema enzimático, conversión del nitrógeno en nitratos y síntesis de clorofila (Marschner, 2012). El contenido foliar en pasturas presenta un amplio rango 20 a 250 mg/kg, según Cornforth (2010), y es considerado un nivel alto cuando las plantas presentan valores superiores a 60 mg/kg (Jones *et al.*, 1991).

Las deficiencias de manganeso se presentan en hojas juveniles de las plantas dada la baja capacidad de translocación que tiene este elemento en el interior de la planta. Las deficiencias ocurren con mayor frecuencia en suelos de pH básico, con alta materia orgánica y humedad. La toxicidad es más frecuente en suelos ácidos.

En este estudio la concentración de manganeso en las plantas no presentó diferencias significativas entre años y pasturas, las diferencias sólo fueron estacionales, donde los meses de junio, julio y agosto, evidenciaron un nivel significativamente superior al resto de los meses del año (Tabla 3.6).

La agrupación de los meses según el ranking BLUP presentó la misma tendencia evidenciada por el ANOVA y los meses de invierno fueron los que presentaron el mayor contenido de manganeso en las plantas, todos valores considerados altos en las plantas según los resultados de Jones *et al.* (1991) y Cornforth (2010).

**Tabla 3.15.- Clasificación estacional del contenido de manganeso foliar según el ranking BLUP (Best Linear Unbiased Prediction), de 15 pasturas medidas durante 11 años (2002 – 2012) en zona templada de Chile.**

Nivel foliar	Meses	mg/kg			Significancia de BLUP
		Promedio	Máximo	Mínimo	
Alta	junio, julio, agosto	222	226	217	P ≤ 0.05
Media	febrero, marzo, abril, mayo, septiembre	146	167	132	P > 0.05
Baja	enero, octubre, noviembre, diciembre	112	118	104	P ≤ 0.05

La mayor concentración de manganeso en las plantas durante el periodo de invierno coincide con el momento de mayor humedad en el suelo, donde las plantas presentan un lento crecimiento debido a las bajas temperaturas de suelo y ambiente.

### 3.5.- Extracción de nutrientes

La relación entre el contenido de nutrientes en las plantas y la producción anual de materia seca, permite calcular el nivel de extracción de nutrientes que realizan las pasturas.

**Tabla 3.16.- Extracción de nutrientes de 15 pasturas medidas durante 11 años (2002 – 2012) en la zona templada de Chile.**

Meses	N	K	Ca	P	S	Mg	Al	Zn	B
kg/ha									
Enero	56,04	45,5	11,54	7,64	5,84	5,97	0,489	0,11	0,02
Febrero	46,54	37,31	9,05	6,51	4,65	4,88	0,448	0,13	0,01
Marzo	37,02	31,29	6,04	4,64	3,58	3,29	0,457	0,09	0,01
Abril	30,31	22,8	5,09	3,38	2,68	2,42	0,527	0,09	0,01
Mayo	16,79	11,24	2,16	1,95	1,41	1,19	0,493	0,07	0,01
Junio	8,64	5,04	1,27	1,06	0,74	0,63	0,585	0,05	0,00
Julio	6,09	3,42	0,78	0,68	0,48	0,42	0,429	0,03	0,00
Agosto	8,56	4,47	1,01	0,93	0,66	0,51	0,554	0,03	0,01
Septiembre	24,01	14,78	2,93	2,79	1,63	1,53	0,93	0,05	0,01
Octubre	54,66	42,19	7,28	6,94	4,48	3,83	1,028	0,12	0,02
Noviembre	69,03	59,9	10,56	9,85	6,75	5,91	0,882	0,16	0,02
Diciembre	61,44	44,62	11,31	9,8	6,65	6,34	0,55	0,15	0,02
<b>Total</b>	<b>419,12</b>	<b>322,57</b>	<b>69,03</b>	<b>56,17</b>	<b>39,56</b>	<b>36,93</b>	<b>7,37</b>	<b>1,09</b>	<b>0,14</b>

En esta investigación la extracción neta de nutrientes neta fue calculada considerando la concentración promedio de nutrientes de cada elemento y una producción de materia seca de 13.69 toneladas MS/ha/año que corresponde al promedio de años y pasturas medidas en esta investigación (Tabla 3.16).

Los resultados evidenciaron un nivel de extracción de nitrógeno, fósforo, magnesio y calcio superior al obtenido por Campillo *et al.* (2005), en Andisoles de la zona templada

de Chile. Esta diferencia está relacionada con el mayor rendimiento y mayor disponibilidad de nutrientes en el suelo logrado en esta investigación.

### **3.6.- Consideraciones generales**

- ✓ Durante 11 años y en 15 sitios de pasturas se evaluó mensualmente el contenido de nutrientes en el suelo y en la planta. En todas las mediciones no se evidenciaron diferencias estadísticamente significativas entre pasturas y años, sólo hubo diferencias estacionales que determinan variaciones en el aporte de nutrientes de las pasturas a los animales que las consumen.
- ✓ Las pasturas de la zona templada que corresponde al pastizal exótico de máxima artificialización tienen un potencial de producción que supera las 20 toneladas MS/ha, pero al igual que los praderas naturales y naturalizadas, concentran su producción en el periodo de primavera y mantienen una alta concentración de nutrientes en el periodo septiembre – noviembre.
- ✓ El desarrollo de pasturas permanentes en área del bosque templado lluvioso de Chile, son parte de un modelo de desarrollo sustentable en que la canalización antrópica se combina con la conservación de los recursos naturales y donde el paisaje cultural resultante es estable y armónico.

### 3.3.7.- Bibliografía

An, Y., Zhou, P., Xiao, Q. & Shi, D., **2014**. Effects of foliar application of organic acids on alleviation of aluminum toxicity in alfalfa. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 177: 421–430.

Anrique, G.R., **2014**. Composición de alimentos para el ganado bovino. Universidad Austral de Chile, Consorcio Lechero, INÍA Ministerio de Agricultura. Imprenta América, Valdivia, Chile.

Azcón-Bieto, J & Talón J., **2001**. Fundamentos de fisiología vegetal. McGraw – Hill, Interamericana. Barcelona, España. 522 p.

Bargo, F., **2013**. Eficiencia de utilización del nitrógeno en sistemas lecheros pastoriles. En: Arias, R.I. & Alfaro, M.V., XXXVIII Congreso anual de la sociedad chilena de producción animal. Series simposios y compendios. Volumen 19. Imprenta Austral. Temuco, Chile. pp: 37-45

Campillo, R.R., Bener, V.R & Undurraga, D.P., **2005**. Manejo de fertilización y enmiendas en pradera para producción e carne en la zona sur. En: Catrileo S.A. (Ed) Producción y manejo de carne bovina en Chile. Colección de libros INIA N° 16. Ministerio de agricultura. Imprenta Austral. Temuco, Chile. pp: 115 - 146

Cayley, J.W.D., McCaskill, M.R. & Kearney, G.A., **2002**. Available phosphorus, sulphur, potassium, and other cations in a long-term grazing experiment in south-western Victoria. *Australian Journal of Agricultural Research* 53: 1349–1360

Chaneton. E.J., Lemcoff, J.H. & Lavado, R.S., **1996**. Nitrogen and phosphorus cycling in grazed and ungrazed plots in temperate sub-humid grassland in Argentina. *Journal of Applied Ecology* 33: 291–302.

Chiy, P.C. & Phillips C.J.C., **1991**. The effects of sodium chloride application to pasture, or its direct supplementation, on dairy cow production and grazing preference. *Grass and Forage Science*, 46, 325–331.

Chiy, P.C. & Phillips C.J.C., **1993**. Sodium fertilizer application to pasture. 1. Direct and residual effects on pasture production and composition. *Grass and Forage Science*, 48, 189–202.

Chiy, P.C. & Phillips C.J.C., **1995**. Sodium in forage crops. In: Chiy, P.C. & Phillips C.J.C. (eds.) *Sodium in Agricultural Production*. Chalcombe Publications, Canterbury, Kent, UK. pp 43 - 69

Chiy, P.C., Avezinius, J.A. & Phillips C.J.C., **1999**. Sodium fertilizer application to pasture 9. The effects of combined or separate applications of sodium and sulphur fertilizers on herbage composition and dairy cow production. *Grass and Forage Science* 54: 312-321.

Cornforth, I., **2010**. Practical soil management. Astra Print. Wellington, New Zealand. 254 p.

Dahlin, A.S., Emanuelsson, U. & McAdam J.H., **2005**. Nutrient management in low input grazing-based systems of meat production. *Soil Use and Management* 21: 122–131.

Dawson, L.A., Grayston, S.J. & Paterson, E., **2000**. Effects of grazing on the roots and rhizosphere of grasses. In: Lemaire, G.; Hodgson, J., De Moraes, A., Carvalho, P.C. & Nabinger, C. (eds.). *Grassland ecophysiology and grazing ecology*, CABI Publishing Wallingford, UK. pp: 61–84.

Demagnet, F.R., **2014**. Manual de especies forrajeras. Plan Lechero Watt's. CORFO. Universidad de La Frontera. Imprenta América. Valdivia, Chile. 163 p.

Demagnet, F.R., Schenettler, M.B. & Mora, G.M., **1999**. Efecto del encalado y su relación con los nutrientes sobre la producción de pasturas en suelos ácidos. *Frontera Agrícola (Chile)* 5: 95 – 110.

Dordas, C., **2008**. Role of nutrients in controlling plant diseases in sustainable agriculture. *Agronomy Sustainable Dev.* 28:33–46.

Doss, B. D. & Lund, Z. F., **1975**. Subsoil pH effects on growth and yield of cotton. *Agronomy Journal*. 67: 193–196.

Fortune, S., Hollies, J. & Stockdale, E.A., **2004**. Effects of different potassium fertilizers suitable for use in organic farming systems on grass/clover yields and nutrient offtakes and interactions with nitrogen supply. *Soil Use and Management*, 20: 403–409.

García S.C., Fulkerson W.J. & Brookes S.U., **2008**. Dry matter production, nutritive value and efficiency of nutrient utilization of a complementary forage rotation compared to a grass pasture system. *Grass and Forage Science*, 63, 284–300.

Goff, J.P. **1998**. Ruminant hypomagnesemic tetanias. En; Howard, W.B. (ed.) *Current Veterinary Therap:Food Animal Practice*. 4th Ed. Philadelphia, USA. pp: 1 - 9.

Granados, G.; Pandey, S. & Ceballos, H., **1993**. Response to selection for tolerance to acid soils in a tropical maize population. *Crop Sci.* 33: 936–940.

Grunes D.L., Huang J.W., Smith F.W.; Joo P.K. & Hewes D.A. **1992** Potassium effects on minerals and organic acids in three cool-season grasses. *Journal of Plant Nutrition*, 15: 1007–1025.

Haynes, R.J. & Williams, P.H. **1992**. Long-term effect of superphosphate on accumulation of soil phosphorus and exchangeable cations on a grazed, irrigated pasture site. *Plant and Soil* 142: 123–133.

- Haynes, R.J. & Williams, P.H., **1993**. Nutrient cycling and soil fertility in the grazed pasture ecosystem. *Advances in Agronomy*, 49: 119–199.
- Hemingway, R. G. **1995**. Requirements for sodium by livestock and dietary allowances. In: Chiy, P.C. & Phillips C.J.C. (eds.) *Sodium in Agricultural Production*. Chalcombe Publications, Canterbury, Kent, UK. pp: 145 - 161.
- Hodgson, J. & Brookes, I.M. **1999**. Nutrition of grazing animals. En: White, J. & Hodgson, J., (ed.). *New Zealand pasture and crop science*. Oxford University Press. Auckland, New Zealand. pp: 133-152.
- Holmes, C. W: & Wilson G.F. **1984**. Milk production from pasture. Butterworths, Agriculture Books. Wellington, New Zealand. 319 p.
- Horst, R.L., Goff, J.P., Reinhardt, T.A. & Buxton D.R. **1997**. Strategies for preventing milk fever in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 80: 1269–1280.
- Islam M. R. & García S. C. **2011**. Effects of sowing date and nitrogen fertilizer on forage yield, nitrogen- and water-use efficiency and nutritive value of an annual triple-crop complementary forage rotation. *Grass and Forage Science*, 67, 96–110
- Jansen, S., Broadley, M. R., Robbrecht, E. & Smets, E. **2002**. Aluminum hyperaccumulation in angiosperms: a review of its phylogenetic significance. *Bot. Rev.* 68: 235–269.
- Jarvis, S.C. & Macduff J.H. **1989**. Nitrate nutrition of grasses from steady state supplies in flowing solution culture following nitrate deprivation and/or defoliation. *Journal of Experimental Botany* 40: 965–975.
- Jones, J.B., Wolf, B. & Mills, H.A. **1991**. *Plant analysis handbook*. Micro - Macro Publishing, Inc. Georgia, USA. 213 p.
- Kayser, M. & Isselstein, J., **2005**. Potassium cycling and losses in grassland systems: a review. *Grass and Forage Science*, 60: 213–224.
- Kemp, P.D, Condron, L.M. & Matthew, C, **1999**. Pasture and soil fertility. En: White, J. & Hodgson, J., (ed.). *New Zealand pasture and crop science*. Oxford University Press. Auckland, New Zealand. pp: 67 – 82.
- Kochian, L. V., Piñeros, M. A. & Hoekenga, O. A. **2005**. The physiology, genetics and molecular biology of plant aluminum resistance and toxicity. *Plant Soil* 274: 175–195.
- Kochian, L.V. **1995**. Cellular mechanism of aluminum toxicity and resistance in plants. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.*, 46: 237-260.

- Kochian, L.V., Hoekenga, O.A. & Piñeros, M.A. **2004**. How to crop plants tolerate acid soils? Mechanisms of aluminum tolerance and phosphorous efficiency. *Annu. Rev. Plant Biol.*, 55: 459-493.
- Langer, R.H.M. **1994**. Pastures their ecology and management. Oxford University Press. Auckland, New Zealand. 499 p.
- Littel, R.C., Miliken, G.A., Stroup, W.W. & Wolfinger, R.D. **2008**. SAS © System for mixed models, Cary, NC: Sas Institute Inc, USA. 663 p.
- Ma, J.F. **2005**. Physiological Mechanisms of Al Resistance in Higher Plants. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 61: 609-612.
- Marschner, P. **2012**. Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants. Third Edition Academic Press, Elsevier. San Diego, USA. 482 p.
- Matsumoto, H., **2000**. Cell biology of aluminum toxicity and tolerance in higher plants. *Int. Rev. Cytol.* 200: 1-46.
- Matthews, N. P., Harrington K. C. & Hampton, J. G. **1999**. Management of grazing systems. En: White, J. & Hodgson, J., (ed.). *New Zealand pasture and crop science*. Oxford University Press. Auckland, New Zealand. pp: 153-174.
- Mella, L.A. & Kühne, G.A. **1985**. Sistemática y descripción de las familias, asociaciones y series de suelos derivados en materiales piroplásticos de la zona central sur de Chile. En Tosso T.J. (ed). *Suelos volcánicos de Chile*. Primera edición. INIA, Ministerio de Agricultura. Santiago, Chile. pp: 548 – 716.
- Mkhabela, M.S. & Warman, P.R., **2005**. The influence of municipal solid waste compost on yield, soil phosphorus availability and uptake by two vegetable crops grown in a Pugwash sandy loam soil in Nova Scotia. *Agric. Ecosys. Environ.* 106, 57-67.
- Mora, G.M. & Demanet, F.R. **1995**. Efecto de las relaciones Ca/P y Ca/K en el establecimiento de pasturas en suelos acidificados. *Frontera Agrícola (Chile)* 3: 28 – 35.
- Mora, G.M. & Demanet, F.R. **1999**. Uso de enmiendas calcáreas en suelos acidificados. *Frontera Agrícola (Chile)* 5: 43 - 58
- Mora, G.M., **1993a**. Nivel de fertilidad de los suelos de la IX Región y su relación con la acidificación. *Frontera Agrícola (Chile)* 1: 5-12.
- Mora, G.M. **1993b**. La acidificación de los suelos y la producción vegetal. En: Crovetto, C. (ed.). *Segundas jornadas nacionales de cero labranza*. Sociedad de conservación de suelos de Chile. Chuequén, Florida. Chile. pp: 20 – 34.

Mora, G.M. **1994**. Efecto del uso de enmiendas sobre las propiedades químicas del suelo. En: Borie, B.F. Alternativas de manejo de suelos con riesgo de acidificación. Boletín N° 1 Fondef 2-88. Instituto de Agroindustria, Universidad de La Frontera. Imprenta Páginas. Temuco, Chile. pp: 6–22.

Mora, G.M; Venegas, V.C.; Lobos, A.W. & Demanet, F.R. **1993**. Dolomita una nueva alternativa para suelos ácidos. Frontera Agrícola (Chile) 1: 54 – 62.

Muslera, P.E & Ratera, G.C., **1991**. Praderas y forrajes. Producción y aprovechamiento. 2° edición. Ediciones Mindi-Prensa. Madris España. 674 p.

Poot-Poot, M. & Hernández-Sotomayor, S.M.T., **2011**. Aluminum Stress and its Role in the Phospholipid Signaling Pathway in Plants and Possible Biotechnological Applications. Life, 63: 864–872.

Probert, M.E. **1976**. Studies of available and isotopically exchangeable sulphur in some North Queensland soils. Plant and soil 45: 461 – 475.

Roberts A.H.C. & Morton J.D. **1999**. Fertiliser on New Zealand dairy farms. The principals and pactice of soil fertility and fertilizer use in New Zealand daury farms. Dairing research corporation, AgResearch and fert Research. New Zealand fertilizer manufacturers association. Auckland, New Zealand. 36 p.

Ruz-Jerez, B.E., Balls, P.R. & White, R.E. **1991**. Dynamics of mineral nitrogen in topsoil during regrowth of pastures in two contrasting grassland systems. Proceedings of the New Zealand Grassland Association 53: 203–208.

Ryan, P.R., Delhaize, E. & Jones. D.L. **2001**. Function and mechanism of organic anion exudation from plant roots. Annual. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol., 52: 527-560.

Sadzawka, R.A., Carrasco, R.M.A., Demanet, F.R., Flores P.H., Grez, Z.R., Mora, G.M. & Neaman, A. **2007**. Métodos de análisis de tejidos vegetales. Segunda Edición. Centro Regional de Investigación La Platina INIA. Serie Actas INIA N° 40. Santiago, Chile. 140 p.

Sadzawka, R.A., Carrasco, R.M.A., Grez, Z.R., Mora, G.M., Flores P.H. & Neaman, A. **2006**. Métodos de análisis recomendados para los suelos de Chile. Revisión 2006. Centro Regional de Investigación La Platina INIA. Serie Actas INIA N° 34. Santiago, Chile. 164 p.

Sakadevan, K. Mackay, A.D. & Hedley, M.J. **1993**. Influence of sheep excreta on pasture uptake and leaching losses of sulfur, nitrogen and potassium from grazed pastures. Australian Journal of Soil Research 31:151–162.

Salisbury, F.B. & Ross, C.W. **2000**. Fisiología de las plantas. Células: agua, soluciones y superficie. Thomson Editores. Madrid España. 305 p.

Sánchez, J.M.I. **2000**. Hipomagnesemia. Un desbalance metabólico subestimado en la producción de ganado lechero en Costa Rica. *Nutrición Animal Tropical* 6: 75 – 95.

Sims, T. J. & Sharpney, A.N. **2005** Phosphorus: Agriculture and the environment. American Society of Agronomy, Inc, Crop Science Society of American, Inc, Soil Science Society of America, Inc, Madison, Wisconsin, USA. 1.121 p.

Soto, P. & Teuber, N. **1982**. Evaluación de la disponibilidad de forraje bajo pastoreo. En: Soto, P. (ed.) Seminario de metodología de evaluación de praderas. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Santiago, Chile. pp: 132-147.

Teuber, K.N., Balocchi, L.O. & Parge M.J. **2007**. Manejo de pastoreo. FIA, Ministerio de Agricultura. Imprenta América, Osorno, Chile. 129p.

Vassilev, N., Vassileva, M., Fenice, M. & Federici, F. **2001**. Immobilized cell technology applied in solubilization of insoluble inorganic (rock) phosphates and P plant acquisition. *Biores. Technol.* 79, 263–271.

Vitorello, V. A.; Capaldi, F. R. & Stefanuto, V. A, **2005**. Recent advances in aluminum toxicity and resistance in higher plants. *Braz. J. Plant Physiol.* 17: 129–143.

Watson, C.A., Bengtsson, H., Ebbesvik, M., Loes, A.-K., Myrbeck, A.; Salomon, E., Schroder, J. & Stockdale, E.A., **2002**. A review of farm-scale nutrient budgets for organic farms as a tool for management of soil fertility. *Soil Use and Management*, 18: 264–273.

White, J. & Hodgson, J., **1999**. New Zealand pasture and crop science. Oxford University Press. Auckland, New Zealand. 323 p.

Yamamoto, Y., Kobayashi, Y., Devi, S. R., Rikiishi, S. & Matsumoto, H., **2003**. Oxidative stress triggered by aluminum in plant roots. *Plant Soil.* 255: 239–243.

## **Capítulo IV**

### ***Modelo de Cambio del Bosque al Pastizal Templado***

## **Capítulo IV: Modelo de Cambio del Bosque al Pastizal Templado del Sur de Chile**

### **4.1.- Introducción**

La expansión horizontal del hombre en ambientes de la zona templada de Chile, superó la capacidad de resiliencia natural del ecosistema de bosque original. La extracción de madera y la consecuente fragmentación del paisaje, desarrolló un nuevo paisaje que representa el desorden y la actitud inorgánica de la colonización del área.

La idea de colonizar nuevas tierras y generar un beneficio para el hombre desarrollando agricultura, no tuvo la armonía lógica de un proceso de desarrollo. El avance del hombre en los ecosistemas prístinos de bosque, fue avasallador, sin control y sólo tuvo como meta establecer asentamientos humanos que respondieran a la soberanía de la época.

En este escenario de destrucción se generó un paisaje muy fragmentado donde la primera etapa de intervención tuvo su origen en la extracción de madera y en un segundo paso, la habilitación para la cultivación del terreno.

El cultivo de la tierra trajo al área objeto de estudio una tecnología rudimentaria de siembra de cereales y el uso de los pastizales en ganadería para producción de carne y leche. La falta de respeto a las leyes naturales del ecosistema, indujo a un creciente proceso de degradación de los recursos naturales, que se tradujo en la necesidad de incorporar nuevas tecnología de alto costo energético, para lograr niveles productivos adecuados a la creciente necesidad del hombre por generar alimentación y energía.

### **4.2.- Objetivos**

Elaborar un modelo de cambio del bosque templado lluvioso al pastizal templado artificial de la zona templada de Chile.

Generar una hipótesis sistemogénica que permita describir el cambio del paisaje cultural del bosque a la pradera templada de alta producción de forraje.

### **4.3.- Hipótesis**

Los fenómenos naturales y la expansión antrópica generaron una modificación del paisaje cultural y transformó el bosque prístino en un pastizal artificial productivo de beneficio para el hombre.

### **4.4.- Metodología**

Utilizar las descripciones disponibles de los diferentes cambios que se han generado en los últimos dos siglos en la zona templada de Chile, junto con la cuantificación reciente

de las praderas y pasturas de la zona de estudio, para elaborar una hipótesis que muestra la génesis del ecosistema actual y la probable secuencia de cambios que se han generado y los que podrían ocurrir bajo condiciones extremas de manejo.

#### **4.5.- Deterioro del ecosistema templado**

##### **4.5.1.- Procesos de deforestación en el mundo**

La historia de la civilización está ligada a los procesos de deforestación y degradación de los recursos naturales. Pocas son las sociedades que han logrado manejar en forma sostenible sus bosques y ecosistemas de pastizales, dado que desde la época prehistórica el hombre ha requerido de los árboles para generar energía y de la tierra para producir alimentos (Armesto *et al.*, 2010; FAO, 2012).

Los bosques han cumplido una función destacada en la historia de la humanidad, y milenio tras milenio el crecimiento demográfico y el desarrollo han venido acompañados en todo el mundo por la deforestación periódica. El clima, la cultura, la tecnología y el comercio han ejercido gran influencia en la aceleración del ritmo de deforestación (FAO, 2012).

Se estima que en 5.000 años el mundo ha deforestado más de 1.800 millones de hectáreas de bosques, a razón de 360.000 hectáreas por año (Williams, 2006). En la actualidad el mundo cuenta con 4.000 millones de hectáreas de bosques, que en un proceso dinámico están siendo intervenidos a una tasa de deforestación de hasta 5,2 millones de hectáreas por año, producto de la presión de la población que demanda alimentos, fibra y combustible (FAO, 2009). Es evidente que la deforestación en el mundo se relaciona con el crecimiento demográfico y la presión de la población por expandir las ciudades y los sectores de cultivo para hacer agricultura, sin embargo, este estilo de crecimiento se basa en la socialización de los costos y privatización de los beneficios, situación que favorece el crecimiento económico pero aumenta la insostenibilidad de los ecosistemas.

Existe una relación directa entre el crecimiento económico de las sociedades y la devastación de los ecosistemas boscosos. En el mundo sólo en los países cuyas sociedades han alcanzado un cierto nivel de riqueza, los procesos de devastación, en especial de los ecosistemas boscosos, han disminuido e incluso estancados (FAO, 2012). Pero este cambio siempre ha estado relacionado con la devastación de los ecosistemas de los países emergentes y en vías de desarrollo que basan sus economías en la venta de sus recursos naturales sin procesar (Douglas & Simula, 2010).

En los últimos 50 años el mundo generó un incremento en el movimiento económico sin precedente en la historia de la humanidad que fue impulsado por las economías emergentes donde la sostenibilidad fue marginada y no considerada en el proceso de cambio y la distribución de la riqueza concentrada. Esto significó que la desigualdad en

los últimos decenios haya presentado un incremento en más de dos tercios en la mayoría de los países sobre los que hay datos disponibles, alcanzando su máximo nivel a fines de los años ochenta en el siglo pasado. La proporción de ingresos que gana el 1% más rico de la población ha aumentado en la mayoría de las economías avanzadas y de mercados emergentes. En Estados Unidos, el 1% más rico de la población recibe hoy alrededor del 18% del ingreso nacional, frente a aproximadamente 8% hace 50 años (Alvaredo *et al.*, 2014).

Bajo este escenario los bosques en el mundo seguirán siendo objeto de deforestación indiscriminada aun cuando la comunidad internacional por primera vez ha hecho el intento de cambiar las reglas y construir un mecanismo mundial que reconozca los valores no comerciales de los bosques, pagando por su contribución a la mitigación del cambio climático a través de la captación de carbono. El mercado no valora este concepto pero esta reglamentación constituye un esfuerzo y un hito dirigido a mitigar el cambio climático y a financiar el manejo forestal sostenible (Douglas & Simula, 2010).

El foro intergubernamental sobre los bosques patrocinado por las Naciones Unidas ha mencionado que la deforestación es un proceso que se relaciona con el incremento de la pobreza, inseguridad en la tenencia de la tierra, legislación inadecuada, falta de gobernanza y políticas que distorsionan los mercados y fomentan la conversión de las tierras forestales a otros usos. Si el libre mercado sigue dominando la economía mundial, la transformación de los bosques autóctonos en sitios de bosques exóticos y terrenos de cultivos y pastizales seguirá siendo promovido, en especial en los países que basan su economía en la extracción de recursos naturales. Es por ello que este proceso que juega en contra de la sostenibilidad de los ecosistemas debe ser enfrentado a escala local, nacional e internacional, con liderazgo en aspectos ecológicos, políticos y administrativos (FAO, 2012).

La economía mundial ha atravesado un período de grandes transformaciones en el último siglo. Como resultado del progreso tecnológico y la integración internacional ha surgido una verdadera aldea mundial, donde los países están mucho más cercanos entre sí gracias a sistemas de comunicación más veloces y mejores, y vínculos comerciales y financieros más sólidos de lo que podría haberse imaginado 50 años atrás. La economía mundial pasó de ser bipolar a multipolar, donde las economías de mercados emergentes concentran ahora la mayor parte del crecimiento mundial. Se ha logrado elevar bastante los niveles de vida en muchos rincones del mundo, pero aun es preciso avanzar en el mejoramiento de las políticas macroeconómicas y financieras y permitir así una mejor respuesta a las crisis financieras y reducir la pobreza y la desigualdad (Kose & Oztuk, 2014).

Las transformaciones de los bosques en el mundo son el reflejo de los cambios que se han generado en la sociedad, hoy los países han intentado preservar la diversidad

florística en pequeños reductos denominados parques naturales o reservas forestales y de la biosfera, pero no han logrado dar cuerpo a políticas de manejo sostenible, que permitan en la totalidad de los ecosistemas boscosos del mundo, en especial en los países emergentes, mantener un equilibrio entre extracción y repoblación. Esta diferencia es la que ha generado los mayores desequilibrios y las más importantes transformaciones en los ecosistemas boscosos cuya superficie se reduce a una velocidad mayor a la que es posible recobrar.

#### **4.5.2.- Transformaciones del bosque templado lluvioso en Chile**

Previo a la colonización europea en el siglo XVI, las transformaciones del bosque templado lluvioso estaban circunscritas a fenómenos naturales y pequeñas intervenciones generadas por la población indígena que habitaba la zona templada de Chile (Armesto *et al.*, 2010).

Durante el período indígena, 10.000 años atrás, hasta mediados del siglo XVI, los efectos humanos sobre el bosque templado lluvioso se limitaron a las áreas costeras y valle central, donde la capacidad de quema y modificación del bosque estuvo limitada a la falta de instrumentos de metal para desarrollar el corte de árboles. Al sur del paralelo 36° LS el suelo estuvo cubierto por bosques y los habitantes de esta zona estimados en un millón habitaban las áreas costeras y valles fluviales en forma aislada y no concentrada en ciudades o pequeños villorrios (Armesto *et al.*, 2010).

A partir del siglo XVI y hasta mediados del siglo XIX, la acción de los españoles sobre los bosques estuvo limitada hasta el norte de Concepción, producto de la guerra de Arauco que impedía la intervención de los bosques al sur del río Bío Bío (Pinto, 2003). También hubieron intervenciones temporales al sur del río Toltén (paralelo 39°LS), dado que este territorio era ocupado por mapuches, a los cuales se les intentaba expulsar con la quema del bosque (Armesto *et al.*, 1994).

Paralelamente la ocupación de lugares como Valdivia, Calbuco y Chiloé permitió a los colonizadores desarrollar el proceso de tala del bosque templado lluvioso donde una de las especies más cotizadas por los colonizadores españoles fue *Fitzroya cupressoides* (Molina) I.M.Johnst. (Alerce), cuya madera durante los siglos XVII y XVIII fue exportada a las colonias españolas y Europa. Esta especie es para el Chile el más importante ejemplo de tala insostenible, se inició su tala selectiva en el siglo XVII y durante el siglo XIX y mitad del siglo XX, fue devastada por la tala indiscriminada y quema, donde la extracción de madera de los bosques no consideró ninguna preocupación por la renovación del recurso, situación que determinó que en el año 1976 el estado de Chile prohibiera su extracción y comercialización (Veblen & Ashton, 1982; Fraver *et al.*, 1999).

Diversas especies autóctonas maderables del bosque templado lluviosos fueron devastadas en los últimos trescientos años, entre las cuales se encuentra *Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst., *Nothofagus alpina* (Poepp. & Endl.) Oerst. y *Persea lingue* Miers ex Bertero Nees, que en la actualidad ya no presentan superficies importantes con rodales maderables y cuyos renovales fueron talados para producción de leña o habilitación de terrenos para agricultura (Wilson *et al.*, 2005; Echeverría *et al.*, 2008).

Entre los siglos XVII y XIX se produjo la mayor pérdida de los bosques autóctonos cuyo objetivo fue la extracción de madera para las operaciones mineras del norte de Chile y del oeste de América del Norte. Contribuyeron a este proceso el desarrollo del ferrocarril a fines del siglo XIX y la incorporación de aserraderos móviles que se desplazaban entre la costa y la cordillera transformando todo en madera cuyo destino era la minería, construcción y exportación (Pinto, 2003; Armesto *et al.*, 2010). Asociado a lo anterior, el bosque templado lluvioso fue intervenido con grandes quemas con el objetivo de habilitar terrenos para la agricultura y ganadería (Pinto & Ordenes, 2012).

En Chile las leyes de protección forestal se remontan a 1872 y las primeras reservas de bosques nacionales se crearon en 1907, sin embargo esto no fue suficiente, la tala de bosques autóctonos, la intensificación de la producción agrícola, el desarrollo de agricultura de subsistencia junto a la expansión de los centros urbanos generaron un cambio en el paisaje y redujeron la superficie del bosque templado lluvioso (Aguayo *et al.*, 2009).

La intensificación agrícola relacionada con la necesidad de satisfacer la demanda interna de alimentos y posterior exportación de productos agropecuarios, obligaron al país a expandir la frontera agropecuaria, generando procesos de desertificación que fueron controlados, con la forestación de bosques exóticos incentivados por el estado a través de subsidios que permitió incluso la introducción de este tipo de bosques a sectores de renovales de bosque autóctono (Armesto *et al.*, 2010). Todo esto configuró el actual paisaje que es consecuencia del desarrollo forestal inorgánico, el mantenimiento de sistemas agrícolas y ganaderos intensivos y de subsistencia, además de la expansión urbana e industrial. La reducción actual de los pocos sectores que permanecían con bosques autóctonos se debe, principalmente, a la expansión de las plantaciones forestales hacia los cordones montañosos andinos y costeros (Aguayo *et al.*, 2009).

En la actualidad, el bosque templado presenta un grado de intervención, caracterizados por el desorden y por la falta de regulación, donde el hombre, confundió los valores de libertad de uso de los recursos naturales con los de libertinaje, clásico del sub desarrollo mental y falta de conocimiento científico del ordenamiento natural de los recursos biológicos. La recuperación de las áreas boscosas naturales es un proceso complejo que está relacionado con la cultura, política y comportamiento social de los asentamientos humanos.

El desarrollo de las políticas de forestación y de reforestación consideró la plantación de especies exóticas de corta rotación, que han contribuido al desarrollo forestal centralizado en empresas de mando vertical y que sólo han permitido la concentración de la riqueza en el área central del país y no han contribuido al desarrollo local y regional, sino al contrario, han creado círculos de pobreza en pueblos tradicionalmente prósperos como Traiguén, Victoria, Collipulli. Esto es relatado por Levy (2000) y Arancibia & Novoa (2006), bajo la mirada histórica de las familias colonas "Levy Widmer" y "Saenz Terpelle", de la zona de La Araucanía, específicamente de Traiguén, localidad abastecedora y exportadora de grano más importante de Chile durante la primera mitad del siglo XX.

#### **4.6.- Expansión del hombre en el ecosistema templado lluvioso**

La población indígena que vivía en los bosques templados lluviosos de Chile hasta antes de la colonización española es difícil de precisar. Armesto *et al.* (2010), mencionan que los habitantes de esta área eran aproximadamente un millón y cuyo hábitat se limitaba al borde costero y valles fluviales.

A partir de la colonización en el siglo XVI la expansión del hombre y la modificación del paisaje de la zona templada de Chile se verificaron en forma acelerada y sistemática. Los primeros reportes de 1778 indicaban que la zona central de Chile tenía una población que no superaba los 195.646 habitantes, en el obispado de Concepción 105.846 habitantes y en Castro, Chacao y Calbuco 26.703 habitantes: 15.076 españoles y 11.627 indios, cifras que aproximan la población censada a un poco más de 328.000 habitantes. No es antes de 1813 que es posible saber la población aproximada de Chile, año del cual se tiene el primer registro confiable debido a que fue en esa fecha que se realizó el primer censo nacional levantado por Juan Egaña por orden de la junta de gobierno formada por Francisco Antonio Pérez, José Miguel Infante y Agustín de Eyzaguirre. Con diversas inexactitudes el censo logró definir que en 1813 en el país vivían 586.848 habitantes y donde no estaban incluidos los habitantes de las comunidades indígenas de la zona templada del país (Archivo Nacional, 1953).

A partir de la creación de la Oficina de Estadística en 1843 a petición de Claudio Gay, se inicia la medición sistemática de la Población en Chile, que en el siglo XIX presentó diversas omisiones debido a la imposibilidad de ingresar a censar en el área de Arauco, Malleco y Cautín, además de las desconfianzas propias de la población que asociaban el censo con acciones de pérdida de terrenos o pago de tributos al estado (Archivo Nacional, 1953; Pinto, 2010). En 1854, el censo indicaba que el país tenía una población de 1.439.120 habitantes, que fue aumentando en forma progresiva hasta alcanzar en el año 2012 una población de 17.094.275 habitantes. Notable es la evolución de la ruralidad que en estos dos últimos siglos se redujo de 71,4% en 1865, periodo desde que se tiene información, a sólo 13% en el año 2010 (Tabla 4.1) que

demuestra el fenómeno mundial de la atracción que han ejercido los centros urbanos en la población rural.

**Tabla 4.1. Evolución de la población total, rural y densidad poblacional de Chile.**

Año	Población Total	Población Rural	% Población rural	Habitantes/km <sup>2</sup>
1813	586.848			0,8
1835	1.010.336			1,3
1843	1.083.801			1,4
1854	1.439.120			1,9
1865	1.819.223	1.298.925	71,4	2,4
1875	2.075.971	1.351.457	65,1	2,7
1885	2.507.005	1.499.189	59,8	3,3
1895	2.695.625	1.469.116	54,5	3,6
1907	3.231.531	1.828.505	56,6	4,3
1920	3.730.235	1.991.335	53,4	4,9
1930	4.287.445	2.168.224	50,6	5,7
1940	5.023.539	2.384.228	47,5	6,6
1952	5.932.995	2.359.873	39,8	6,6
1960	7.374.115	2.346.055	31,8	9,7
1970	8.884.115	2.209.696	24,9	11,7
1982	11.329.736	2.013.609	17,8	15,0
1992	13.348.401	2.207.996	16,5	17,6
2002	15.116.435	2.025.602	13,4	20,0
2010	17.094.275	2.222.255	13,0	21,9

Fuente: Adaptado de Pinto, 2010; INE 2003, 2008, 2010 y Archivo Nacional, 1953. La información del año 2010 es una estimación realizada por INE.

En el área templada la evolución de la población siguió la misma tendencia que a nivel nacional. La población fijó como residencia preferida el sector urbano y la población del sector rural se redujo a sólo un 31% (Tabla 4.2).

**Tabla 4.2. Evolución de la población total y rural en la zona templada de Chile.**

Año	Población Total	% Nacional	Población rural	% Población Rural
1907	658.935	20,4	313.195	47,5
1920	841.745	22,6	576.283	68,5
1930	984.093	23,0	676.992	68,8
1940	1.044.968	20,8	754.568	72,2
1952	1.332.351	22,5	740.567	55,6
1960	1.239.655	16,8	611.150	49,3
1970	1.348.500	15,2	679.495	50,4
1982	1.546.931	13,7	656.349	42,4
1992	1.730.051	13,0	671.341	38,8
2002	1.942.670	12,9	619.883	31,9
2010	2.186.400	12,8	678.313	31,0

Fuente: Adaptado de Pinto, 2010; INE 2003, 2008, 2010 y Archivo Nacional, 1953. La información del año 2010 es una estimación realizada por INE.

La creciente urbanización del territorio chileno ha llevado a que para el año 2010 el 87% del total de la población viviera en áreas urbanas (INE, 2010). La urbanización no solo ha tenido efectos en el porcentaje de población urbana, sino también, en la expansión física casi incontrolada de las ciudades. En el periodo 1993 – 2003, la superficie ocupada de las ciudades de más de 15.000 Habitantes, presentaron un crecimiento promedio de 28.7 %, sin embargo, la población en el mismo periodo creció 15,97%, lo que supuso que la densidad de población media de las ciudades se redujera en 9,97%, esto es de 82,2 habitantes/hectárea a 74 habitantes/hectárea que muestra el crecimiento horizontal de las ciudades, donde las viviendas sociales han ocupado extensas superficies del perímetro urbano con casas de una planta (Maturana & Muñoz, 2007).

El arribo del hombre al ecosistema templado lluvioso produjo la modificación del paisaje, el cual antes del siglo XVI era un ecosistema maduro dentro de la sucesión ecológica, con bajo flujo de energía, productividad neta reducida, alta persistencia de la biomasa y del carbono y donde los nutrientes presentaban ciclos biogeoquímicos cerrados. El ecosistema que enfrentaron colonizadores e indígenas era de alta estabilidad y diversidad de especies y complejo en sus estructuras, niveles y pisos de vegetacionales, capas de suelos y redes tróficas.

La presión humana, representada en el incremento demográfico y expansión de las zonas urbanas e industriales, transformo en menos de 200 años a los ecosistemas de bosque templado lluvioso en sistemas productivos de gran artificialización con flujos energéticos intensos, baja persistencia de la biomasa, ciclos biogeoquímicos abiertos y gran simplicidad cuyo objetivo fue generar espacios y alimento para la creciente población.

Sin embargo, esta expansión del hombre en la zona templada contribuyó a la inestabilidad de los sistemas, que se transformaron en ecosistema frágiles, simples e inmaduros ecológicamente, donde el hombre tiene el papel fundamental en el control de los aportes energéticos, fertilidad, laboreo, eliminación de bioantagonistas y cosecha de la biomasa producida. El proceso de expansión y expansión humana del territorio generó en el hombre la necesidad de ser más eficiente y eficaz en todos los procesos de canalización antrópica buscando nichos y simplificando en forma extrema la matriz natural de los ecosistemas. Así, la expansión de la frontera del hombre en el ecosistema del bosque templado lluvioso evolucionó desde un sistema natural de extracción donde el uso de sus elementos o parte de ellos no dañaba la integridad del ecosistema, a un sistema de explotación donde la retrogradación extrema condujo a procesos de pérdida de diversidad y estabilidad, típicos de ecosistemas frágiles y simples.

En un poco más de dos siglos, la brutal evolución que generó la colonización europea en la zona templada de Chile, transformo a sus habitantes de recolectores a

interventores y donde la colecta natural de vegetales y animales sin alteración mayor de la dinámica de los sistemas evolucionó a sistemas artificializados con explotaciones de grandes superficies, con paisajes homogéneos, donde la mecanización reemplaza las labores del hombre y la producción de excedentes y residuos se transforma en un problema ambiental de compleja solución.

Las economías desarrolladas en el área que fue ocupada por el bosque templado lluvioso intentaron generar la máxima eficiencia y productividad de los ecosistemas intervenidos. De otro lado, la agricultura familiar campesina fuente de diversidad, estabilidad y germoplasma autóctono fue relegada a sitios de difícil intervención, baja productividad y escasa canalización antrópica, situación que ha generado una justa demanda por territorio, pero inapropiada solución.

El ambiente donde el hombre expandió su frontera y donde hoy se desarrolla es diverso y posee distintos niveles de vulnerabilidad y receptividad. La sostenibilidad de este ecosistema está directamente relacionada con la capacidad de respetar las relaciones de identidad local y la vulnerabilidad de cada ecosistema. No es posible que en una superficie importante del ecosistema del bosque templado lluvioso el hombre, en su afán de generar riqueza, haya transformado el paisaje prístino y armónico en agonizante. También es necesario considerar que los requerimientos de la creciente población son mayores, por eso tampoco es lícito que lugares con baja vulnerabilidad y alta potencialidad productiva no se utilicen en la generación de recursos de canalización antrópica.

La expansión del hombre en el ecosistema del bosque templado lluvioso generó una transformación que se basó en la socialización del gasto y la privatización de los ingresos, transformando a la población en una sociedad en permanente conflicto que impide el desarrollo de ambientes armónicos y donde las demandas sociales crecieron a un nivel que los tributos son incapaces de solventar.

En el ecosistema templado la expansión del hombre continúa en un ambiente irreconciliable y que no favorece el desarrollo de programas de desarrollo armónicos con la naturaleza donde prevalezca la cultura de mantención de un ambiente templado hermoso, próspero y partidario del desarrollo sostenible.

#### **4.7.- Habilitación de suelos para la agricultura**

La agricultura chilena nace antes de la llegada de los españoles. Los Incas que habitaban la parte norte del país habían creado una agricultura muy avanzada asociada al maíz, papa, quínoa y ají. Con la conquista se introdujo el trigo y árboles frutales, que se adaptaron con gran facilidad, constituyendo algunos de ellos verdaderos bosques en el sur, como fue el manzano. Con el desarrollo de la minería de metales preciosos el Virreinato del Perú comenzó su enriquecimiento, situación que generó una inesperada demanda de productos agrícolas, que fue suplida con la importación desde Chile. De esta forma, el país a fines del siglo XVI e inicios del siglo XVIII se transformó en exportador de cereales, frutos secos, vino y aguardiente (Martínez, 1848; León, 2015)

Un inesperado acontecimiento transformaría la producción de cereales de Chile. El terremoto del año 1687 en Lima y la aparición de enfermedades en el trigo en Perú, generó un incremento de la demanda de cereales, que fue asumida por Chile y así en el siglo XVII el país se transformó en exportador de trigo y se inicia el primer gran proceso de desertificación que se extendió de Copiapó hasta Concepción. La devastación del bosque y el cultivo en laderas se transformó en una práctica usual para los productores de la época. Con este prospero desarrollo comercial se afianzó el concepto de propiedad que antes no existía y además apareció la figura del inquilino que era un arrendatario puesto por el dueño de un fundo para resguardo de sus linderos. La vida chilena de fines del siglo XVIII giró en torno a la hacienda y el trigo, que fueron básicamente los elementos que más ganancias aportaron a los habitantes del territorio. En el campo se refugió la mayor parte de la población, encabezada naturalmente por el hacendado, que vivía y se preocupaba de todos los sectores que convivían en la hacienda. Asociado a este desarrollo del cultivo de trigo, se establecieron molinos procesadores siendo el primero el de Bartolomé Flores protegido de Pedro de Valdivia y quien había recibido tierras en Talagante ciudad próxima a Santiago. Sin embargo este proceso no se desarrolló por muchos años y la actividad ganadera volvió a ser parte principal del trabajo en el campo (Villalobos, 2002; León, 2015).

Nuevamente, en el siglo XIX la agricultura de la zona central paso de un sistema pastoril con limitadas exportaciones de cereal a Perú a un periodo de prosperidad causado por la fiebre del oro de California y Australia (1850) que fue acompañado por el desarrollo de la industria molinera que permitió la extensión del cultivo del trigo. En el periodo de mayor actividad exportadora, Chile envió a California 277.000 quintales de trigo y 221.000 quintales de harina y a Australia 324.000 quintales de trigo y 202.000 quintales de harina (Tabla 4.3). Esta tendencia se hizo más importante cuando Gran Bretaña inició el proceso de importación de granos chilenos en el año 1865 (Bauer, 1970). El registro de exportaciones del año 1867 muestra que entre los puertos de Valparaíso, Constitución, Tomé y Talcahuano se exportaron 14.775 toneladas de

harina y 84.950 toneladas de trigo y cuyos principales destinos fueron Inglaterra, Francia, Perú, Río de La Plata, Brasil y Cabo de Buena Esperanza (Menadier, 1867).

**Tabla 4.3. Exportaciones de trigo y harina a California y Australia (qqm x 1.000)**

Año	Trigo			Harina		
	USA	Australia	Total	USA	Australia	Total
1848	3		3	3		3
1849	87		87	69		69
1850	277		277	221		221
1851	175		175	140		140
1852	145		145	111		111
1853	166	11	177	124		124
1854	63	127	190	50		50
1855	15	324	339	12	202	214
1856		155	155		81	81
1857		15	15		9	9
1858		1	1		1	1
1859		33	33		20	20

Fuente: Adaptado de Arancibia & Yávar (1994).

En el valle central de Chile se desplazó el ganado por el trigo y en corto tiempo este cultivo se extendió al lomaje de la cordillera de la costa y La Frontera (Figura 4.4). Sin embargo, siendo el país un productor marginal, respecto al mundo, el desarrollo del cultivo de cereales en Minnesota, Hungría, Rusia, Australia y Argentina, terminó con la prosperidad de este cultivo en el 1880. El trigo producido en Chile no estaba en condiciones de competir con los mercados norteamericanos y europeos e incluso tuvo problemas para mantener la exportación a Perú y el consumo interno de Atacama (Bauer, 1970).

**Tabla 4.4. Consumo interno, Exportación y aporte de La Frontera a la producción de trigo en el siglo XIX (Toneladas).**

Años	Consumo	Exportación	Total	Aporte de La Frontera
1841-45	90.000	12.500	102.500	
1846-50	97.000	27.500	124.500	
1851-55	114.000	37.500	151.500	
1856-60	127.500	29.100	156.600	
1861-65	140.000	68.500	208.500	
1866-70	147.500	128.000	275.500	
1871-75	155.000	152.400	307.400	
1876-80	163.000	110.000	273.000	
1881-85	175.000	135.200	310.200	70.000
1886-90	175.000	88.200	263.200	75.000
1891-95	195.000	145.500	340.500	120.000
1896-00	195.000	73.900	268.900	60.000
1901-05	200.000	38.500	238.500	70.000

Fuente: Adaptado de Bauer, 1970

La depresión del valor del trigo condujo al valle central a retomar la ganadería y los pastizales y el lomaje de la costa fue abandonado a la erosión y el deterioro. Esta fue la razón por la cual el cultivo de trigo fue desplazado a La Frontera donde se suponía existían condiciones de clima y suelo que permitirían producir a un menor costo (Bauer, 1970).

La independencia de Chile y la ocupación de los terrenos indígenas de La Araucanía en el siglo XIX, extendió la explotación de los bosques nativos y la habilitación de los terrenos para desarrollar agricultura y ganadería. Tan profusa era la extracción de madera que a fines del siglo XIX el comercio de madera representaba el 15% del comercio exterior (Camus, 2006). Junto a la tala de bosques proliferaron los sectores afectados por la erosión en todo el país, la extracción minera de los recursos naturales terminó por inquietar a la opinión pública y a la clase política que en un esfuerzo por contener los procesos erosivos decidieron buscar opciones de mitigación, para lo cual el gobierno de Chile contrató a Federico Albert a fines del siglo XIX para iniciar un programa de evaluación de especies forestales que pudiesen proteger las fuentes de agua y reducir el avance de terrenos erosionados (Armesto *et al.*, 2010).

El siglo XIX tuvo un gran impacto en el ecosistema del bosque templado lluvioso del sur de Chile, ya que además de la creciente explotación de su madera, ocurre una incipiente habilitación de terrenos para desarrollar agricultura y ganadería. Concretamente, en el año 1883 se produce el fin de la ocupación de La Araucanía (Bengoa, 1996) y se inicia el proceso migratorio más importante de la historia de naciente de república de Chile. En 1845 se promulgó la primera Ley de Colonización, para incentivar el poblamiento del territorio, que hasta entonces solo estaba ocupado entre Copiapó y Concepción por población no indígena. En 1846 arriba un grupo reducido de alemanes que se estableció cerca de La Unión. En 1850 llega a Valdivia Vicente Pérez Rosales como agente de colonización situación que incentivó la venida de colonos. En 1851 un grupo mayor de alemanes se estableció en isla Teja y en forma paulatina se logró extender el poblamiento hasta el lago Llanquihue, Melipulli (Puerto Montt) y Puerto Varas. Así, los colonos alemanes se instalaron en Osorno, Puerto Octay, Puerto Varas, Frutillar, La Unión y Río Bueno donde entre 1851 y 1860 llegaron más de tres mil alemanes (Couyoumdjian & Rebolledo, 1984).

Al mismo tiempo, en La Araucanía sucedía un proceso similar y entre 1883 y 1887 arribaron alrededor de 1.750 familias de origen alemán, suizo, francés que se establecieron en diversos lugares de la provincia de Malleco y Cautín. Al margen de las pequeñas superficies de terrenos que se entrega a cada colono (40 ha), el estado de Chile remató terrenos fiscales a grandes empresarios extranjeros que se habían enriquecido en la explotación minera del salitre y carbón, Federico Varela y Luis Cousiño (Levy, 2000).

Los colonos iniciaron un arduo proceso de tala del bosque, destronque y labranza de la tierra en la parte central de las regiones, mientras grandes empresa madereras se instalaron en montes y quebradas desde donde extrajeron la mayor cantidad de árboles maderables, con los cuales alimentaron las necesidades de la creciente minería y el desarrollo de las ciudades del centro del país (Levy, 2000; Armesto *et al.*, 2010).

Según Levy (2000), la colonización vino a cumplir un papel estratégico de ocupación, dado el abandono en que se encontraba La Araucanía. Ocurrió una reducción de la población indígena, generada por las enfermedades traídas por los colonizadores y que afectaron a los indígenas, tales como difteria, tuberculosis, sarampión, cólera entre otras. Colonos y chilenos que compraron sus tierras al fisco desarrollaron agricultura de cereales en la zona templada, a tal punto, que la provincia de Malleco se transformó en el granero de Chile. Con la llegada del ferrocarril a Traiguen en 1889, esta ciudad se convirtió en un punto de atracción y las empresas comercializadoras de granos construyeron grandes bodegas y Don José Bunster construyó dos molinos que elaboraban harina no sólo para el consumo nacional sino también para la exportación a las costas occidentales de México, Estados Unidos y Canadá.

Al inicio del siglo XX los ecosistemas de bosque templado lluvioso se encontraban en su mayoría devastado, solo sectores de difícil acceso se escapaban a la acción del hombre, y la agricultura, de ser una actividad secundaria, se transformó en la más importante (Pinto & Ordenes, 2012), aunque causaba estragos en todas las áreas donde se desarrollaba. La erosión y la pérdida de fertilidad de los suelos iban mermando la productividad de la tierra e iba transformando el paisaje desde un bosque denso a sectores desprovisto de vegetación y con fuertes indicios de desertificación. Como se ha señalado anteriormente, en 1910 el biólogo Federico Albert había determinado que para reducir las pérdidas de suelos y tapan la erosión dejada por la producción agrícola el *Pinus radita* D. Don y *Eucalyptus spp.* eran la solución para proteger las cuencas y evitar las formaciones de dunas en las costas del país (Armesto *et al.*, 2010).

En el siglo XX la expansión de la superficie agrícola en el área, antes cubierta por el bosque templado lluvioso, continuó, como muestra el incremento permanente de la producción de trigo durante todo el siglo XX (Tabla 4.5). Además, en el cultivo de cereales esta zona fue ganando en importancia a nivel nacional, hasta llegar a fin de siglo con un aporte superior al 40% de la producción de trigo del país. Sin embargo también hay que consignar que en general los cereales perdieron participación en la agricultura nacional, debido al incremento de la fruticultura, hortalizas y cultivos industriales. Es interesante destacar que los cambios políticos que se fueron sucediendo en ese siglo y los conflictos mundiales generaron diversos desajustes económicos, culturales y técnicos que afectaron el desarrollo de la agricultura, pero no

así al trigo, que se mantuvo en alza elevando también su cuota de participación en la producción nacional.

**Tabla 4.5. Producción y aporte porcentual al total nacional de Trigo en la Zona Templada de Chile, Regiones de La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos. Periodo 1908 - 2013.**

Año	qqm	% producción nacional
1908	1.115.166	25,7
1918	536.790	8,5
1928	1.225.157	15,2
1938	1.946.000	23,6
1948	2.632.912	24,4
1958	2.553.550	24,7
1968	3.245.321	26,7
1978	6.032.830	44,4
1988	7.262.070	41,9
1998	7.526.742	44,7
2008	5.112.249	44,6
2013	6.032.830	44,4

Fuente: Adaptado de Pinto & Ordoñez (2012); INE 1998; INE 2008; INE 2013; Banco Central 2001.

Sin embargo, la expansión de superficie que se observó hasta la década de los 70 (Tabla 4.6) no se relacionó con la productividad dado que en un periodo de 60 años el rendimiento sólo tuvo un incremento de 10 a 15 qqm/ha. En este estancamiento mucha responsabilidad tuvieron los agricultores que no invirtieron en la tierra, no cambiaron las técnicas de cultivo y no se informaron de los nuevos procesos técnicos disponibles en el mundo. Por su parte el estado no generó las condiciones para que la agricultura familiar campesina tuviese las condiciones técnicas y económicas para desarrollar procesos productivos eficientes. En síntesis, en el país los productores se conformaron con cosechar lo que la naturaleza les brindaba.

**Tabla 4.6. Superficie de siembra y rendimiento de Trigo en la Zona Templada de Chile, Regiones de La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos. Periodo 1908 -2013.**

Año	ha	qqm/ha
1908	111.535	10,0
1918	53.340	10,1
1928	112.720	10,9
1938	194.700	10,0
1948	237.199	11,1
1958	225.978	11,3
1968	242.188	13,4
1978	391.742	15,4
1988	226.990	32,0
1998	159.355	47,2
2008	123.442	41,4
2013	110.934	54,4

Fuente: Adaptado de Pinto & Ordoñez (2012); INE 1998; INE 2008; INE 2013; Banco Central 2001.

A partir de 1982 se inicia un importante cambio a nivel nacional y regional promovido por el estado que desarrolla un agresivo programa de transferencia tecnológica y que considero la activa participación de investigadores estatales en conjunto con los productores organizados en grupos, cuyo objetivo primordial fue incorporar mayores conocimientos a los agricultores, generar una vinculación entre ellos y las fuentes creadoras de tecnologías. La tarea que fue encomendada al Instituto de Investigaciones Agropecuarias tuvo efectos inmediatos en la productividad que se demuestra en el incremento de rendimiento que hubo a partir de 1988 (Tabla 4.6). Según muestra el sitio web [www.gtt.cl](http://www.gtt.cl), el programa alcanzó tal éxito que en menos de cuatro años de existencia había adscritos más de 2.000 agricultores en 120 grupos, que mensualmente se reunían en torno a temas de su interés en el campo.

La transformación del ecosistema de bosque templado lluvioso para desarrollar agricultura llevó al ecosistema a tal desequilibrio que hoy los procesos de cambio son de alto costo social, ecológico y económico que la sociedad no está dispuesta a revertir. Es por ello que la pérdida de diversidad, suelo, fertilidad, equilibrio y del paisaje sólo ha tenido soluciones parciales que no se ajustan a las necesidades de las futuras generaciones y menos a la sostenibilidad de los ecosistemas. La carencia de prácticas adecuadas de cultivo por más de 200 años, como son la incorporación de residuos, reducción de laboreo en pendiente, uso de fertilizantes orgánicos, incorporación de abono verde, ordenación territorial entre otras, generaron el incremento de la desertificación que avanza de norte a sur del país. El desarrollo de una agricultura extractiva en 200 años ha causado la pérdida del equilibrio, forjando procesos erosivos de alta magnitud (Peralta, 1985). Estos impactos negativos han sido paliados con la forestación de especies exóticas de rápido crecimiento, produciendo un paisaje monotemático de baja diversidad y estabilidad.

Los desequilibrios en el territorio tienen su origen en el desarrollo de planes económicos que buscan la maximización del beneficio económico como fin primordial con predominio del interés privado por sobre el interés público y de largo plazo y con una mala planificación sectorial incapaz de integrar las dimensiones del territorio y del paisaje cultural (Gasto, 1980). Es por ello que la expansión de la agricultura en el ecosistema del bosque templado lluvioso generó cambios que los habitantes originales jamás podrían haber imaginado, transformó los equilibrios en desequilibrios y la estabilidad en fragilidad.

## 4.8.- Desarrollo ganadero

La conquista de América por los españoles permitió el ingreso de una ganadería doméstica no existente en el continente. A partir del segundo viaje de Cristóbal Colón a América en 1493, el traslado de caballos, vacas, ovejas y cerdos se hizo constante situación que permitió distribuir este tipo de ganado a toda América Latina.

El primer español en descubrir Chile fue Diego de Almagro, sin embargo, el que efectivamente conquistó el país fue Pedro de Valdivia en el siglo XVI quien con sus hombres ingresaron a caballos y con un grupo de vacas, y fueron la fuente inicial de diseminación de la ganadería en el país. Tras la conquista de terrenos, Pedro de Valdivia fue el promotor de la agricultura y la ganadería entre caballeros y soldados (Villalobos, 2002)

El ganado ingresado al país: caballos, vacas, cerdo, ovejas, cabras y gallinas, se adaptó y reprodujo con facilidad generando una población importante, en especial el caballo, que fue el elemento fundamental para la expansión de la conquista. El enriquecimiento del virreinato del Perú a fines del siglo XVI y XVII, generado por el desarrollo de la minería de plata en Potosí, produjo una alta demanda desde Chile no sólo de productos agrícolas sino especialmente ganaderos: cueros, carne deshidratada salada (charqui), sebo, vellones, cordobanes y jarcias. La industria del cuero fue durante todo el siglo XVII una industria en alza. De esta forma el país se transformó en un exportador de productos ganaderos y el comercio y la producción ganadera en grandes estancias permitieron formar las primeras grandes fortunas del Reino Santiago (Contreras *et al.*, 1986; Villalobos, 2002).

**Tabla 4.7. Exportaciones chilenas en el periodo 1660 -1779, expresadas en moneda de la época.**

Año	Sector ganadero		Sector Agrícola		Sector Minero		Total
	\$	%	\$	%	\$	%	
1660	74.877	90	8.162	10	0	0	83.039
1680	118.309	89	12.174	9	2.577	2	133.060
1693	150.386	54	124.686	45	4.270	2	279.342
1744	108.000	27	290.300	72	5.000	1	403.300
1764	74.212	18	307.169	75	29.336	7	410.717
1779	152.500	31	226.135	45	120.000	24	498.635

Fuente: Adaptado de Arancibia y Yávar, (1994).

La importancia adquirida por la ganadería no sólo se percibía por el volumen de exportación de productos generada por ella (Tabla 4.7), sino que esta actividad le otorgó identidad a la sociedad colonial chilena cuya significación trascendió su importancia económica. La ganadería definió la fisonomía de una sociedad eminentemente rural y las labores legadas a esta actividad contribuyeron a definir los rasgos más significativos del carácter e imagen del país. La estancia, propiedades de

gran tamaño, se adueñaron del paisaje y con sus personajes la vida cotidiana del tiempo colonial. Las descripciones del medio rural y de la matanza y faena de ganado están presentes en todos los relatos de los cronistas y viajeros, como una forma de expresar la identidad y personalidad de la sociedad chilena de la época (Arancibia & Yávar, 1994).

Un importante competidor de la ganadería fue la producción de trigo y sus crecientes exportaciones a Perú. Así lo demuestran las exportaciones realizadas desde el puerto de Concepción en el siglo XVII (Tabla 4.8). La consolidación de este rubro permitió el predominio de las exportaciones de productos provenientes del sector norte del área templada de Chile (Arancibia & Yávar, 1994; Armesto *et al.*, 2010).

**Tabla 4.8. Exportaciones chilenas en el periodo 1683 -1791, desde el puerto de Concepción, expresadas en moneda de la época.**

Año	Sector ganadero		Sector Agrícola		Sector Minero		Total
	\$	%	\$	%	\$	%	
1683	41.242	99	0	0	625	1	41.867
1751	17.430	58	11.594	39	900	3	29.924
1778	7.956	6	122.756	93	1.034	1	131.746
1791	5.300	6	79.500	94	0	0	84.800

Fuente: Adaptado de Arancibia & Yávar, (1994).

Hasta la irrupción del estado la economía de la zona templada de Chile se sustentaba en la ganadería. El tráfico de ganado bovino con las “malocas” mapuches desde la pampa argentina, generaba el ingreso de una cantidad no definida de ganado que pasaba por la región templada en tránsito a Concepción y área central del país. A este tráfico se sumó el desarrollo de la crianza del ganado lanar que fue clave para la incipiente industria textil y que convirtió a la manta (poncho) en uno de los productos industriales más importantes de exportación en el siglo XIX (Pinto & Ordenes, 2012).

En el siglo XIX con la transformación de la estructura política iniciada en 1810, la formación de un Chile independiente y republicano, la guerra de independencia y la desestabilización política que duró hasta 1830, la economía ingresó a un periodo de crisis que afectaron a todas las áreas de la economía y en especial a la agricultura y ganadería que habían sido el sostén de la economía colonial (Arancibia & Yávar, 1994; Villalobos, 2002).

Con el ingreso de los colonos y las políticas que favorecieron a la agricultura y la extracción de madera, la ganadería inició un proceso de descenso en su actividad a mediados del siglo XIX, recuperándose en forma importante a inicios del siglo XX. Paralelamente en la zona central del país las haciendas volvieron su mirada nuevamente a la ganadería desarrollando importantes planteles de ganado bovino y ovino, donde la producción de carne fresca, charqui, grasa, lenguas, sebos y cuero, generaban importantes réditos a los hacendados de la época, todo avalado por el

estado que intentaba desarrollar una política de impuestos a las importaciones desde Argentina (Martínez, 1848; Villalobos, 2002).

A partir del siglo XX la ganadería en la zona templada lluviosa de Chile tuvo dos polos de desarrollo, la producción ovina en La Araucanía y la producción bovina de leche y carne de Valdivia al sur. Pero este desarrollo se vio frenado durante este siglo por los mismos factores que se afectó la producción de cereales. Reducción de los precios internacionales y nacionales de los productos agrícolas, disminución de los niveles de fertilidad de los suelos asociados a altos índices de erosión y serios problemas de transporte. Junto a lo anterior, se suma la formación de grandes haciendas que no permitieron la explotar la tierra en forma intensa y eficiente, además de los conflictos internos y mundiales que siempre afectaron el desarrollo agropecuario (Pinto, 2011).

El estancamiento de la ganadería también puede ser atribuido en este siglo a las políticas centralistas del estado que postergaron a la actividad agrícola y ganadera en beneficio del modelo industrial. Este hito en la historia de la agricultura de Chile supuso la marginación de esta actividad y la población y el estado exigió la reducción de los precios con el objetivo de incrementar la capacidad de consumo. Aun así el desarrollo de la ganadería y del cultivo de cereales aumentaba en la zona templada, tanto que en el año 1930 personajes importantes de la zona pensaban que el sur era una promesa y que en La Frontera faltaba todo por hacer (Almonacid, 2009).

Fue distinto el desarrollo de la ganadería en los suelos habilitados a partir del bosque templado lluviosos. En La Araucanía la ganadería estaba relegada a un segundo lugar por debajo de la agricultura, sin embargo en las regiones de Los Ríos y Los Lagos, producto de la colonización alemana, la ganadería era la fuente de riqueza y prosperidad (Couyoumdjian & Rebolledo, 1984; Pinto & Ordenes, 2012). A inicios del siglo XX el aporte de la zona templada a la producción era ya muy importante: leche 23%, quesos 28% y mantequilla 38% (Tabla 4.9).

**Tabla 4.9. Aporte de la región templada lluviosa a la producción láctea de Chile. Leche, queso y mantequilla. Año 1910.**

Provincias	Leche (L)	Queso (kg)	Mantequilla (kg)
Malleco	1.822.217	84.064	35.418
Cautín	2.348.280	103.225	10.913
Valdivia	4.722.742	946.260	114.644
Llanquihue	18.439.510	205.830	397.381
Chiloé	255.160	0	3.950
<b>Total Zona templada</b>	<b>27.587.909</b>	<b>1.339.379</b>	<b>562.306</b>
<b>Total País</b>	<b>117.937.114</b>	<b>4.868.125</b>	<b>1.482.111</b>
<b>% Nacional</b>	<b>23</b>	<b>28</b>	<b>38</b>

Fuente: Adaptado de Pinto (2011)

En la región se desarrollaron las primeras empresas lácteas de importancia, Loncoleche (1942), Colun (1949) y Copalca (1960) y el aporte de la región se fue incrementando

respecto al total nacional (Pinto, 2011). Ello se debe a que en el área central de Chile se generaron programas de desarrollo en áreas de riego (frutales, semillas y hortalizas), por lo que la ganadería se desplazó a sectores marginales de baja productividad, lo que desencadenó el desarrollo lechero y ganadero bovino en el sur del país (Arancibia & Yávar, 1994). Esto se verifica al observar las Tablas 4.10 y 4.11, donde se muestra que los bovinos incrementaron su importancia en 10 años en 4,9 puntos porcentuales.

**Tabla 4.10. Número de cabezas de ganado en la zona templada y total del país. Año 1997**

Especie	Nacional	Zona Templada	% nacional
Bovinos	4.098.438	2.371.893	57,9
Ovinos	3.695.062	636.438	17,2
Cerdos	1.716.881	321.892	18,7
Caballares	408.186	79.656	19,5
<b>Total</b>	<b>9.918.567</b>	<b>3.409.879</b>	<b>34,4</b>

Fuente: Adaptado de INE, 1997

**Tabla 4.11. Número de cabezas de ganado en la zona templada y total del país. Año 2007**

Especie	Nacional	Zona Templada	% nacional
Bovinos	3.718.532	2.336.932	62,8
Ovinos	3.888.485	709.231	18,2
Cerdos	2.928.606	313.688	10,7
Caballares	304.252	68.050	22,4
<b>Total</b>	<b>10.839.875</b>	<b>3.427.901</b>	<b>31,6</b>

Fuente: Adaptado de INE, 2007

Mayor es la importancia relativa que tiene esta región en la producción de leche (Tabla 4.12). Entre La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos las plantas lecheras recibieron el 81% de la producción total del país.

**Tabla 4.12. Plantas lecheras y volumen total de recepción de leche. Año 2012**

Región	N° Plantas Lecheras	Litros (x10 <sup>6</sup> )
La Araucanía	15	193,7
Los Ríos	28	650,5
Los Lagos	35	1.118,5
<b>Total Zona templada</b>	<b>78</b>	<b>1.962,7</b>
<b>Total País</b>	<b>147</b>	<b>2.434,6</b>
<b>% Nacional</b>	<b>53</b>	<b>81</b>

Fuente: Adaptado de INE, 2012

La expansión ganadera entre el siglo XVI y fines del siglo XIX tuvo como principal fuente de alimentación pastizales naturales y naturalizados, compuestos principalmente por especies gramíneas y latifoliadas, que producían de acuerdo a las condiciones de fertilidad de los suelos y las condiciones climáticas particulares de cada

área. No existe un informe confiable que indique la fecha exacta del inicio del establecimiento de pasturas en la zona templada, sólo se conoce el periodo de introducción de ciertas especies, periodo en el cual las pasturas pueden haber sido establecidas con el objetivo de alimentar el ganado (Tabla 4.13). A partir de la segunda mitad del XIX, con el inicio de programas de desarrollo ganadero, comenzó en forma profusa el establecimiento y el desarrollo de tecnologías de establecimiento, fertilización y manejo de pastoreo, que permitió alcanzar en la zona templada rendimientos superiores a 18 toneladas MS/ha en pasturas permanentes y mayores a 20 toneladas MS/ha en pasturas de rotación corta (Demagnet, 2008; 2014).

**Tabla 4.13. Periodo de ingreso a Chile de algunas especies componentes de las pasturas de alto rendimiento.**

<b>Especie</b>	<b>Fecha de Introducción al País</b>
<i>Lolium multiflorum</i> Lam.	Inicio del siglo XIX
<i>Lolium perenne</i> L.	Inicio siglo XIX
<i>Dactylis glomerata</i> L.	Fin del siglo XIX
<i>Festuca arundinacea</i> Schreb.	1904
<i>Phalaris aquatica</i> L.	1917
<i>Arrhenaterum elatius</i> Beauv.	Fin del siglo XIX
<i>Medicago sativa</i> L.	Siglo XVI - XVII
<i>Trifolium pratense</i> L.	1869
<i>Trifolium fragiferum</i> L.	1950
<i>Lotus corniculatus</i> L.	Inicio siglo XX
<i>Trifolium subterraneum</i> L.	1955
<i>Trifolium incarnatum</i> L.	1930 - 1940
<i>Trifolium repens</i> L.	1869

Fuente: Adaptado de Águila (1997)

#### **4.9.- Cambio en el paisaje cultural**

Desde la llegada de los españoles a Chile en 1541, el país inicio un proceso de transformaciones culturales, políticas, étnicas y ecológicas jamás consideradas por los indígenas que habitaban esta sección de América del Sur. Pedro de Valdivia conquistó Chile y logró avanzar en un corto periodo desde Perú hasta el sur llegando a hasta el río Bio Bio, donde mantuvo una fuerte lucha contra el pueblo mapuche en la denominada guerra de Arauco, relatada por Alonso de Ercilla en 1576 en su libro La Araucana. Pedro de Valdivia se internó en la zona templada de Chile y fundó diversas ciudades en territorios indígenas como fueron Concepción de María Purísima del Nuevo Extremo, con nombre actual Concepción (1550), La Imperial (1552), Santa María la Blanca de Valdivia, denominada hoy día con el nombre de Valdivia (1552), Villarrica (1552), y Los Confines con nombre actual Angol (1553). (Pinto, 2003)

La guerra de Arauco conflicto que tuvo una duración de aproximadamente tres siglos, entre 1536 y 1818, pero con diferentes grados de intensidad enfrentó a las fuerzas militares de la Capitanía General de Chile pertenecientes a la monarquía española

católica y aliados indígenas, contra facciones mapuches y algunos aliados pertenecientes a los pueblos Huilliche, Pehuenche y Picunche. Este conflicto se mantuvo desde la Región del Maule hasta la Región de Los Lagos, presentando los mayores grados de conflictividad en el área de Arauco y La Araucanía. Con el proceso de pacificación de La Araucanía este conflicto detuvo su intensidad pero no sanó las heridas dejadas en los pueblos indígenas que hasta el día de hoy liberan una lucha por su reconocimiento cultural, político y geográfico, además de una la demanda de sus tierras ancestrales (Pinto, 2003).

La mirada histórica extraída de los escritos de Jorge Pinto Rodríguez, premio nacional de historia 2012, permite entender que la actuación del hombre en el territorio de bosque templado lluvioso fue hostil y de permanente conflicto, situación que provocó el desarrollo de un paisaje desordenado con escasa armonía y en muchas ocasiones agonizante.

La actuación del hombre en un territorio genera un paisaje cultural con una condición definida por el estado actual en relación al estado ideal. Se reconocen cinco categorías de condición del paisaje cultural: armónico, estresado, agonizante, cimarrón y relictual (Gastó, *et al.*, 2002). Todas estas categorías se encuentran en la zona templada de Chile (Figuras 4.1., 4.2., 4.3., 4.4. y 4.5.), en diferente proporción de difícil cuantificación pero donde la intervención antrópica no ha sido capaz en los últimos 500 años de alcanzar la armonía que permita generar una coherencia entre la sociedad, su cultura y las condiciones naturales.

Es por ello que la zona del bosque templado lluvioso sufre una enfermedad crónica con la cual los actores que hoy permanecen en su dominio deben convivir asumiendo sus desequilibrios.

El actual paisaje y la ordenación territorial fueron consecuencia de una inadecuada planificación inicial de sus estructuras fundamentales, situación que condujo al desequilibrio. Sin duda los factores que favorecieron la modificación inorgánica del paisaje fue que las decisiones a nivel país fueron tomadas en base a las circunstancias, más que a una visión holística que privilegiara el bien común y el desarrollo futuro. La permanente inestabilidad política y social, condujeron a un problema estructural que en la actualidad posee pocas opciones de solución.

La información contenida en esta tesis muestra que para lograr el desarrollo orgánico de la ordenación del territorio es necesaria una visión holística que permita lograr un estado de armonía ecosistémica, entendiéndose esta afirmación como el equilibrio de los distintos elementos que lo componen. Esto no sucedió en los últimos siglos en Chile y, en especial, en la zona templada



Figura 4.1. Paisaje armónico generado a partir de la coherencia entre la sociedad, su cultura y las condiciones naturales.



Figura 4.2. Paisaje estresado donde la intensidad de uso del territorio es mayor a su capacidad receptiva, presión constante que deteriora el paisaje.



Figura 4.3. Paisaje agonizante en un estado avanzado de deterioro con baja capacidad endógena de recuperación



Figura 4.4. Paisaje cimarrón que tiende a regresar a su estado original luego que originalmente fue artificializado



Figura 4.5. Paisaje relictual que conserva al ecosistema original y se inserta dentro de un entorno de paisaje cultural

Todas las estrategias de desarrollo se basaron en la generación de áreas industriales y administrativas centralizadas impulsadas por el sector público que eran aprovechadas por grandes empresas privadas, que se beneficiaban de las franquicias tributarias y del poder de compra de insumos.

Este modelo no sólo no resolvió los problemas del país y la zona templada sino que los agravó, de lo cual emergieron grandes crisis políticas y económicas, que terminaron por retrasar el desarrollo del país y de la zona templada.

Hoy desde el poder legislativo y ejecutivo el país intenta desarrollar nuevos programas de desarrollo que pretenden aprovechar en forma racional y eficaz los recursos naturales para potenciar las diferentes zonas del país, fomentando sus particularidades, diversificando sus producciones y afirmando su identidad propia frente a otras áreas. El subsidio ha sido la base del desarrollo de los programas de recuperación de los ecosistemas en los cuales las instituciones estatales: Servicio Agrícola y Ganadero, Instituto de Investigaciones Agropecuarias y algunas universidades. Las ayudas del estado han permitido avances en el desarrollo de pasturas, siendo este proceso incipiente pero que ha generado un cambio en la mentalidad de los propietarios de la tierra, quienes han entendido que las pasturas son ecosistemas que deben ser analizados y tratados en forma holística y donde antes de

iniciar un proceso de siembra se deben considerar aspectos como es la habilitación de agua de bebida (abrevaderos), caminos, cercos y cercados.

La modificación del paisaje se puede medir evaluando los cambios en la estructura y en la modificación de sus componentes. Además, en la zona del bosque templado lluvioso, es posible medir el nivel de impacto del cambio analizando la modificación del uso de los suelos y el nivel de intervención del bosque (Tabla 4.14).

**Tabla 4.14. Superficie regional (ha), bosque nativo, área intervenida y porcentaje de aporte a la superficie total en la zona de bosque templado lluvioso. Año 2011.**

Regiones	Total	Bosque Nativo	Área Intervención	% Área Intervenida
La Araucanía	3.083.993	966.264	2.117.729	69
Los Ríos	1.661.976	860.611	801.365	48
Los Lagos	4.224.256	2.741.698	1.482.558	35
<b>Total</b>	<b>8.970.225</b>	<b>4.568.573</b>	<b>4.401.652</b>	<b>49</b>

Fuente: Adaptado de CONAF (2011). Área intervenida incluye terrenos agrícolas, pastizales y área urbana.

Considerando que a la llegada de los colonizadores en el siglo XVI, la superficie de las regiones estaba cubierta por bosque, exceptuando nieves y glaciares, se supone que las tres regiones tenían una superficie de bosque templado lluvioso de 8,9 millones de hectáreas. De acuerdo a la última medición realizada por CONAF (2011), el área de bosque nativo se redujo a 4,5 millones de hectáreas. La intervención antrópica de cinco siglos transformó el 49% del paisaje de bosque templado lluvioso, en áreas de producción agrícola, pastizales y zonas urbanas. El grado de intervención fue mayor en la zona de La Araucanía, donde la reducción del bosque templado lluvioso fue 69%.

Es importante considerar que a la intervención antes mencionada, es necesario adicionar una superficie no determinada de las 4,5 millones de hectáreas de bosque autóctono, el cual hoy es en su mayoría corresponde a renoval del bosque nativo original.

La tasa de cambio de bosque autóctono a terrenos modificados íntegramente por el hombre fue en 500 años a razón de 8.803 hectáreas por año. Con esta información se puede predecir que en los próximos 200 años el bosque templado lluvioso de la zona templada va a reducir su superficie en 1,7 millones de hectáreas, si se mantiene la tendencia histórica de intervención.

#### **4.10.- La desertificación un proceso incipiente en la zona templada.**

Los antecedentes presentados en los acápite anteriores muestran que el proceso de desertificación que ha afectado a la zona templada lluviosa de Chile es consecuencia de la actividad humana desarrollada en los últimos cinco siglos. La intervención del ecosistema, disminución de la diversidad y la pérdida de estabilidad y resiliencia de los ecosistemas hoy constituye una preocupación permanente no solo de científicos sino también de la ciudadanía que ha entendido la importancia que tiene para su calidad de

vida y la sobrevivencia de las futuras generaciones, el respeto a la naturaleza y a la conservación de los recursos naturales.

El entusiasmo productivo y exportador de los siglos XVI a XIX condujo al país a desarrollar sistemas de productivos extensivos y extractivos que se desarrollaron y crecieron en el valle central del país y en toda el área templada de Chile, que a fines del siglo XIX se encontraba colonizada por europeos. Sin embargo este proceso se realizó en base a la destrucción indiscriminada de los recursos naturales situación que condujo a una modificación drástica del paisaje de bosques densos y estables a un paisaje agonizante con grandes superficies de tierras erosionadas y bosques quemados. Bengoa (1988), menciona a que entre los siglos XVIII y XIX más de cuatro millones de hectáreas de la zona central y sur del país, registraron un proceso severo de desertificación como consecuencia de la apertura agrícola, provocando un daño ecológico irreparable en la zona mediterránea y templada lluviosa de Chile.

La expansión de la frontera del cultivo de cereales desde el área mediterránea a la zona templada y el ingreso al mercado exportador, no generaron la modernización y tecnificación de la agricultura chilena en el siglo XIX. La mayoría de los hacendados producían para la exportación porque su expansión era relativamente simple y modernizar hubiese significado la reorganización de los terrenos y una riesgosa apuesta, dado que en sí la producción triguera sólo necesitaba personal y caballos para sembrar y trillar (Bauer, 1970; Bengoa, 1988).

Hasta el siglo XIX, la agricultura mantuvo un sistema de producción extensivo basado en la explotación directa de los recursos naturales donde la producción estuvo supeditada a una mayor disponibilidad de terrenos y no al incremento de la eficiencia de uso de los recursos. De esta manera la explotación extensiva del periodo colonial hasta fines del siglo XIX fue posible por el aumento significativo de la disponibilidad de terrenos de siembra, transformación de los terrenos de secano en áreas de riego y el ingreso al sistema comercial de zonas aisladas a través del desarrollo del transporte y las comunicaciones (Bauer, 1970; Bengoa, 1988; Arancibia & Yávar, 1994).

El ecosistema de la zona templada evolucionó en 500 años hacia estados de mala condición debido a la mantención de una política equivocada, en la cual se privilegió el crecimiento por sobre el desarrollo. No se consideró que la política en relación a la agricultura y los recursos naturales debió haber considerado implícita o explícitamente la necesidad de mantención de un sistema de ecosistemas con excelente condición, de manera de optimizar sus beneficios. Es por ello que el país hoy en el siglo XXI se ve enfrentado a la necesidad urgente de revocar sus antiguas políticas de crecimiento, por políticas de desarrollo armónico que debe establecer normas y acciones tendientes al mejoramiento de la condición de los ecosistemas.

Este avance debe considerar que todos los procesos productivos sean estables y sostenibles. Para ello en el ámbito de los bosques, agricultura y ganadería, se debe enfocar su accionar bajo el principio de uso múltiple donde los recursos terrestres renovables se manejen en forma sistemática y simultánea. El uso múltiple de la tierra se presenta como respuesta a la imperiosa necesidad de disponer mayores recursos provenientes de la tierra, tanto de sus usos tradicionales como aquellos que se refieren a la vida silvestre, recreación y ocio (Gastó *et al.*, 1986)

El proceso de transformación del bosque templado lluvioso a pastura permanente de alto rendimiento, ha tenido implícito la desertificación. Este ecosistema se encuentra después de 500 años incoherentemente organizado y sus componentes no presentan un balance armónico entre sus atributos de funcionamiento, es por esta razón que en esta tesis se plantea que la desertificación es un proceso que ha existido y que es incipiente pero cuyo avance se acelera en la medida que la intervención antrópica se hace cada día más indolente. La presión del hombre sobre el ecosistema no permite el desarrollo armónico, dado que la organización política de la sociedad se basa en soluciones de corto plazo, que otorgan respuesta a temas urgentes pero no importantes para la mantención de ecosistemas sostenibles y sustentables.

#### **4.11.- Hipótesis Sistemogénica**

Con anterioridad a la presencia del hombre desarrollado, no existían territorios ni paisajes antrópicos, sino que escenarios naturales con procesos de sucesión ecológica y evolución natural de las especies y procesos donde las sucesiones ecológicas conducían al ecosistema hacia estados más desarrollados y complejos. Las actividades antrópicas siempre tienen un efecto sobre el medio, ya sea por la extracción de recursos, territorio utilizado o los residuos que se generen. La agricultura surge como un mecanismo generalizado de actuación que permite transformar la naturaleza como paisaje primitivo en paisaje cultural. La agricultura es una tecnología que articula la relación sociedad-naturaleza, surge en diversos lugares y acontece en épocas relativamente recientes, hace diez mil años atrás (Gastó *et al.*, 2006).

El funcionamiento de un ecosistema, que se encuentra en determinado estado, implica necesariamente un cambio de arquitectura, que se produce por aumento o disminución en el contenido de materia, energía o información. Al proceso ordenado de los cambios de arquitectura se le denomina sistemogénesis. Los cambios en la arquitectura están acompañados de cambios en el comportamiento y funcionamiento ecosistémico (Nava *et al.*, 1996).

Las relaciones existentes entre la biocenosis, parte biótica del ecosistema, y el ecotopo, la parte abiótica, determina la evolución de éste. Esto ocurre al interactuar dinámica y progresivamente, a través del traspaso de información, materia y energía, pasando de ecosistemas en estado de mayor madurez llegando finalmente a un

equilibrio dinámico llamado clímax. Esta evolución es llamada sucesión ecológica, o sistemogénesis (Gastó, 1980)

La sistemogénesis es el proceso natural mediante el cual el ecosistema de un lugar determinado y en un instante dado se modifica endógenamente en forma organizada, gradual y direccional en todos sus componentes hasta alcanzar un estado de equilibrio en su arquitectura y funcionamiento. Este proceso establece una relación ecosistémica circular de causa efecto entre ecotopo y biocenosis. El desarrollo cada vez más avanzado de la biocenosis hace que un mismo territorio sea ocupado por comunidades diferentes que se reemplazan (sucesión) hasta alcanzar una etapa de madurez o clímax. En el proceso sucesional, algunas poblaciones constantemente invaden, y otras desaparecen. La diferencia entre ambas define la diversidad de la biocenosis. Cada etapa sucesional provoca modificaciones en el ambiente que a su vez inducen a un nuevo cambio en la composición de especies (Gastó *et al.* 2002).

La sucesión es el proceso de sustitución de especies que sucede al desarrollarse un ecosistema, es el proceso mediante el cual un ecosistema de un lugar determinado y en un momento dado se modifica gradual, direccional e internamente en el tiempo, en todos sus componentes hasta alcanzar un estado de equilibrio funcional y arquitectónico con el medio (Gastó, 1980). De esta manera, la sucesión consiste en cambios que se extienden sobre decenios, siglos o milenios y que se superponen a fluctuaciones y ritmos más breves (Erlwein & Gastó, 2002). La sistemogénesis considera los procesos de cambio de estímulos que operan simultáneamente con la arquitectura propia en cada instante, y los cambios morfogénicos, esto es, los cambios relativos a la arquitectura del ecosistema, considerándolos como un proceso ordenado y cuyo resultado es consecuencia del estado y funcionamiento anteriores (Nava, *et al.*, 1996).

Basado en los antecedentes compilados en esta investigación, se elaboró una hipótesis sistemogénica (Figura 4.6), que corresponde al proceso de cambio del ecosistema de bosque templado lluvioso a pastura permanente de alto rendimiento, durante un periodo de 500 años. El cambio fue continuo y cíclico donde la estabilidad y armonía estuvieron ausentes debido a una equivocada intervención antrópica.

A través de los siglos los estilos de agricultura fueron cambiando. Antes del siglo XVI hubo un predominio de un estilo recolector donde los indígenas en forma organizada cosechan en forma selectiva alimentos y parte del bosque para elaborar viviendas y pequeños botes que utilizan para la pesca en ríos y mar.

Con la llegada de los colonizadores a mediados del siglo XVI se inicia el estilo de agricultura de cultivo de plantas anuales, cuya tecnología vino junto a los españoles. Con ello se inicia en forma masiva la destrucción de la vegetación original por medio del fuego o en forma mecánica y cuyo objetivo era disponer de suelos con alto

desarrollo, contenido de materia orgánica, fertilidad y libre de competencia de organismos originales del sistema. Ese estilo que predomina hasta el siglo XXI, es por naturaleza destructiva pues basa su permanencia en la migración constante hacia lugares no destruidos, que se habilitan para continuar con el cultivo.

Es así como en la Figura 4.6, se muestra que la destrucción del bosque original y sus renovales conducen a la habilitación de terrenos para cultivar cereales, oleaginosas y establecer pasturas de alto rendimiento y que muestra que la agricultura de cereales se desarrolló en ambientes originalmente ocupados por ecosistemas en estado cercanos al clímax.

La agricultura de cultivos y ganadería tuvo su origen en los ecosistemas naturales que fueron intervenidos por el hombre. Esta intervención continua permitió la creación de estados cada vez más alterados que con el paso del tiempo y la adopción de nuevas tecnologías como son la tracción animal y la tecnología de metales se transformó en una agricultura de alta artificialización.

Con el ingreso de *Medicago sativa* L. se inició en el siglo XVII el establecimiento de las primeras pasturas en la Chile, pero en la zona templada el ingreso de especies forrajeras exóticas se desarrolló a partir del siglo XIX, cuando se introdujeron *Lolium perenne* L. y *Lolium multiflorum* Lam., que formaron la primeras pasturas en diversas áreas colonizadas de la zona templada.

Desde el inicio de la transformación del bosque la agricultura y ganadería fueron la base de la alimentación del hombre y sustento de la población, por lo cual o fue ignorada por la sociedad sino potenciada su actividad a través de los siglos. Sin embargo, representó la mayor causa de deterioro y degradación de los recursos naturales.

Desde fines del siglo XIX y en todo el siglo XX, debido a los diversos conflictos mundiales, regionales y particulares del área templada, en el país hubo un predominio de un estilo de agricultura intermitente o rotativa, donde se desarrollaron secuencias cíclicas con periodos de producción intensiva seguida de otro de descanso.

Característica fue en la zona templada la secuencia cultivo – pastizal, que en el primer periodo se establecían especies de alta productividad que utilizaban la fertilidad acumulada del suelo seguido de un segundo espacio con pastizales naturalizados o exóticos, que además de aportar fertilidad al suelo, permitían alimentar al ganado y generar un proceso de reciclaje a través de las deyecciones.

A partir de la década del 60 en el siglo XX, la zona templada presenta una importante evolución, coincidente con los cambios que suceden en el mundo (revolución verde). Se desarrolla en forma masiva la agricultura tecnoestructural, donde los procesos

productivos se realizaron en ambientes artificializados en su grado máximo y donde el hombre intentó optimizar los recursos y generar la máxima productividad.

Este estilo de hacer agricultura y ganadería condujo al sistema a ser dependiente dado que para su funcionamiento necesitó estímulos externos como energía, fertilizantes, alimentos concentrados para el ganado, construcciones, maquinarias, entre otros, todos los cuales poseen un alto costo ecológico.

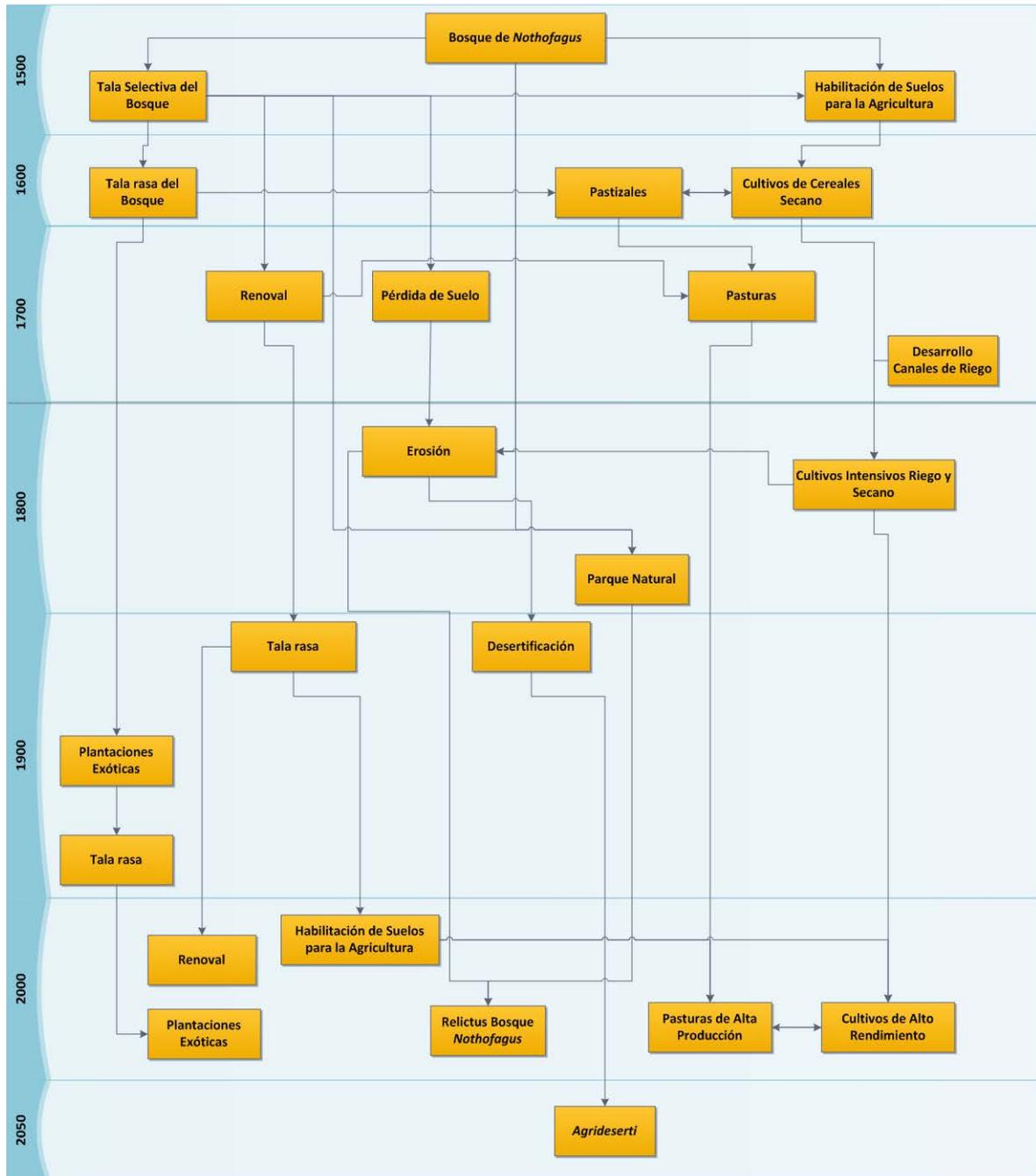


Figura 4.6. Hipótesis sistemogénica del cambio del bosque templado lluvioso a pasturas permanentes de alto rendimiento.

En el siglo XXI, la agricultura y ganadería son fuente de permanente conflicto entre las sociedades culturalmente desarrolladas y el mundo global, que requiere alimentos y necesita abastecer a una población que no detiene su crecimiento.

Por esta razón, la evolución de la agricultura y ganadería es relegada a los ambientes, condiciones y restricciones compatibles con la conservación de los recursos naturales, de manera de no generar deterioro de la actividad humana y de sus requerimientos materiales sobre la base sostenida de productividad.

Esta hipótesis plantea que en el siglo XXI el hombre tiene la responsabilidad de equilibrar los procesos productivos con los de conservación y preservación de los recursos naturales. Deben convivir en perfecto equilibrio los cultivos y pasturas de alto rendimiento, los bosques de especies exóticas junto al desarrollo del renoval del bosque templado lluvioso. Además, en la preservación de los recursos naturales el estado tiene la obligación de mantener los parques naturales donde se ubican los relictus y renovales de bosque autóctono.

Es trascendente considerar que para cumplir con las demandas de alimentación, conservación y preservación de los recursos naturales, el hombre debe esta zona debe respetar las normas básicas de conservación de suelos, agua y ambiente, con el objetivo de evitar el desastroso proceso ocurrido en la zona mediterránea, donde una parte importante del bosque autóctono se transformó en menos de 500 años en un *Agri deserti*.

#### **4.12.- Desarrollo sostenible**

Los ecosistemas agrícolas y ganaderos son considerados desde un punto de vista estructural más jóvenes que los ecosistemas naturales. La mayor diferencia entre éstos es que los sistemas jóvenes maximizan producción, crecimiento y cantidad, en tanto que los maduros lo hacen con protección, estabilidad y calidad (Gastó, 1983).

En el territorio rural la agricultura y la ganadería generan un paisaje cultural resultante de la actuación del hombre con o sin una intención definida, forjando en cada caso un paisaje diseñado o residual respectivamente. En este sentido hacer agricultura no es solo producir bienes y servicios en territorio rural, sino que también es generar un paisaje ecológicamente sostenible y socialmente aceptable, donde sea posible una buena calidad de vida para el hombre (Gastó *et al.*, 2006).

En 1983 fue creada la Comisión Mundial del Medio Ambiente de la ONU y en 1987 definió el desarrollo sostenible como "un desarrollo que satisfaga las necesidades del presente sin poner en peligro la capacidad de las generaciones futuras para atender sus propias necesidades". El desarrollo sostenible de la tierra a nivel regional y mundial se encuentra entre los más grandes desafíos de la humanidad. Es el prerrequisito necesario para que el mayor número de personas pueda vivir en condiciones de mayor

libertad y autodeterminación y es una cuestión de calidad de vida, equidad y libertad (Gastó *et al.*, 2006).

El desarrollo sustentable de la zona templada de Chile, tiene diversas premisas sin las cuales las acciones que se desarrollen no van a mitigar los efectos catastróficos que ha tenido la irracional intervención antrópica. Algunas de las premisas que se deben cumplir y que son parte del modelo de cambio se mencionan a continuación:

- ✓ Desarrollo de un modelo educativo rural donde los habitantes del medio rural se encuentren identificados con su cultura, su territorio y que cada área sienta que el desarrollo endógeno es parte de la sostenibilidad de la región. Con esta visión política, el ciudadano local y el país podrían acceder a una economía más equitativa donde las estrategias de desarrollo podrán adquirir una dimensión sociocultural e institucional que respete la cultura rural y específicamente del lugar donde viven las personas.
- ✓ Generar un cambio sustantivo en los programas de educación del área rural, donde los profesores entiendan la importancia del desarrollo rural y del ecosistema donde educan, con el objetivo de generar identidad en los alumnos y prepararlos para el desarrollo de una vida plena en lo rural, reduciendo la mirada centralista y mal conducida de la sociedad actual.
- ✓ Modificar las subvenciones forestales en el sentido de favorecer el desarrollo de bosques polifíticos autóctonos que permitan el desarrollo de cuencas sostenibles en armonía con la agricultura y los poblados rurales.
- ✓ Promover la diversidad de los ecosistemas donde participen en conjunto el bosque exótico monofítico con el autóctono polifítico, junto al desarrollo de una agricultura amigable con el medio ambiente que permita la generación de paisajes armónicos que insten a los seres humanos a volver su mirada a la ruralidad y reduzcan la presión de los cordones periféricos de las ciudades donde se generan los grandes focos de pobreza del país.
- ✓ Fomentar el enfoque multicultural de las sociedades modernas, donde la tolerancia y el respeto formen parte del crecimiento y desarrollo de los sectores rurales pilar fundamental para la promoción de sistemas sostenibles, donde la conservación de los recursos naturales y la relación cultural entre la gente y su ecosistema constituya la estabilidad del área rural
- ✓ La modificación del paisaje en forma armónica es sólo posible cuando se respetan las normas de conservación de la diversidad y estabilidad de los ecosistemas. La armonía entre el uso y la conservación es algo que la sociedad actual valora y que es objeto de discriminación del mercado moderno, por ello el paisaje rural debe mantener la productividad y la armonía que permita a las personas sentir que viven en un área amigable y no destruida por la explotación irracional.

El desarrollo de una agricultura y ganadería sostenible en el tiempo implica en la zona del bosque templado lluvioso la elaboración de políticas estructurales que consideren la educación de todos los actores involucrados y la ordenación del territorio, sin estos dos aspectos no es posible sostener ecosistemas armónicos que permitan desarrollar en forma estable procesos productivos de canalización antrópica y paisajes donde el ser humano pueda realizar actividades recreativas y de ocio.

El ciudadano mundial medio es hoy más rico que nunca gracias al crecimiento registrado por la economía mundial en los últimos 50 años. Sin embargo, los beneficios de este crecimiento no se han distribuido en forma igualitaria y la consecuencia es una persistente pobreza y desigualdad (Kose & Ozturk, 2014). Esta pobreza y desigualdad se refleja en el ambiente rural de la zona templada, donde la ganadería y agricultura están subyugadas a la expansión de las ciudades, centros de recreación y empresas forestales y agro ganaderas de alta complejidad y mando vertical, que impiden el desarrollo rural armónico.

La extracción de los recursos naturales de las zonas rurales a centros de procesamiento en las grandes ciudades y su posterior comercialización centralizada en grandes empresas ha generado una miseria rural superior a la nunca antes registrada, razón por la cual, las nuevas generaciones no ven en la ruralidad una alternativa de vida.

Los antecedentes logrados en esta tesis permiten demostrar que la productividad de los pastizales de la zona templada se podría incrementar en un 50%, sólo desarrollando prácticas de manejo y fertilidad de pastizales, con lo cual se podría incrementar la actual dotación ganadera: 1.129.899 unidades animales a 2.905.804 unidades animales, con lo cual se podría producir más del doble de la producción de carne y leche de la zona. Sin embargo, este cálculo técnico está supeditado al cambio cultural, que está por sobre la tecnología que se puede desarrollar en una zona determinada.

Lo anterior indica que un programa de desarrollo sustentable sólo es factible cuando se une la tecnología con la educación. Sin la conjunción de estos dos aspectos no es posible lograr la estabilidad de los ecosistemas y la mantención de sistemas sostenibles y sustentables.

#### **4.13.- Consideraciones generales**

- ✓ El cambio del paisaje cultural corresponde a un proceso histórico que se inició hace 500 años en los cuales la intervención del hombre ha generado un cambio del bosque templado lluviosos a áreas de producción agrícola y ganadera de alta canalización antrópica.

#### 4.14.- Bibliografía

Aguayo, M., Pauchard, A. Azócar, G. & Parra, O. **2009**. Cambio del uso del suelo en el centro sur de Chile a fines del siglo XX. Entendiendo la dinámica espacial y temporal del paisaje. *Revista Chilena de Historia Natural*. 82: 361-374

Águila, C.H. **1977**. Pastos y Empastadas. Editorial Universitaria. Santiago, Chile. 314 p.

Almonacid, Z.F., **2009**. La agricultura chilena discriminada (1910 -1960). Una Mirada a las políticas estatales y el desarrollo sectorial desde el sur. Consejo superior de investigaciones científicas. Ministerio de Ciencia e Innovación. CSIC. Sociedad Anónima de Fotocomposición. Madrid, España. 479 p.

Alvaredo, F., Atkinson, T., Piketty, T. & Saez, E. **2014**. The World Top Incomes Database. <http://topincomes.g-mond.parisschoolofeconomics.eu>.

Arancibia, C.P & Yávar, M.A. **1994**. La agronomía en la agricultura chilena. Colegio de Ingenieros agrónomos de Chile – FAO. Santiago, Chile. 265 p.

Arancibia, C.P. & Novoa, M.A, **2006**. Una mujer de la frontera. Carmen Sáenz Terpelle. Editorial Biblioteca Americana. Santiago, Chile. 187 p.

Archivo Nacional, **1953**. Censo 1813. Imprenta Nacional, Santiago, Chile. 372 p.

Armesto, J., Villagrán, C. & Donoso, C. **1994**. Desde la era glacial a la industrial: La historia del bosque templado chileno. *Ciencia y Ambiente (Chile)*: 66-72.

Armesto, J.J., Manushevich, D., Mora, A., Smith-Ramirez, C., Rozzia, R., Abarzúa, A.M. & Marquet P. **2010**. From the Holocene to the Anthropocene: A historical framework for land cover change in southwestern South America in the past 15,000 years. *Land Use Policy* 27: 148–160

Banco Central de Chile, **2001**. Indicadores económicos de Chile 1960 – 2000. Informe Banco Central de Chile. Santiago, Chile 969 p.

Bauer, A.J. **1970** Expansión económica en la sociedad tradicional: Chile central en el siglo XIX. Instituto de Historia N° 9. Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. pp: 137-235.

Bengoa, J. **1988**. El poder y la subordinación. Historia social de la agricultura chilena. Ediciones Sur. Santiago de Chile. 324 p.

Bengoa, J. **1996**. Historia del pueblo Mapuche. Siglo XIX y XX. Ediciones Sur, Colección Estudios Históricos. Tercera Edición. Santiago, Chile. 425 p.

Camus, P. **2006**. Ambiente, bosques y gestión forestal en Chile, 1541–2005. LOM Ediciones, Santiago, Chile. 390 p.

CONAF, 2011. Catastro de los recursos vegetacionales nativos de Chile. Monitoreo de cambios y actualizaciones. Período 1997 – 2011. Corporación nacional Forestal. Lom Ediciones Ltda. Santiago, Chile. 25 p.

Contreras, T.D., Gastó, C.J. & Cosío G.F. **1986**. Ecosistemas pastorales de la zona mediterránea de Chile. I Estudio de las comunidades agrícolas de Carquindaño y Yerba Loca en el secano costero de la Región de Coquimbo. Ofician Regional de Ciencia y Tecnología de la Unesco para América Latina. Montevideo, Uruguay. 475 p.

Couyoumdjian B. R. & Rebolledo, H.A. **1984**. Bibliografía sobre el proceso inmigratorio en Chile, desde la Independencia hasta 1930. Instituto Panamericano de Geografía e Historia, Santiago de Chile. pp.: 121-187.

Demagnet, F.R. **2008**. Manual de especies forrajeras y manejo de pastoreo. Plan de desarrollo lechero Watt's – CORFO. Imprenta América, Valdivia. 199 p.

Demagnet, F.R. **2014**. Manuel de especies forrajeras. Plan Lechero Watt's - CORFO. Imprenta América. Valdivia, Chile. 163 p.

Douglas, J. & Simula, M. **2010**. The Future of the World's Forests. Springer Netherlands. 211 p.

Echeverría, C.; Coomes, D.A.; Halld, M. & Newton, A.C. **2008**. Spatially explicit models to analyze forest loss and fragmentation between 1976 and 2020 in southern Chile. *Ecol. Model.* 212: 439–449.

Erlwein, A & Gastó, J., **2002**. El tiempo en el ecosistema predial y comunal. En: Gastó, C.J.; Rodrigo, P. & Aránguiz, I. (eds.) Ordenación Territorial. Desarrollo de Predios y Comunas Rurales. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Pontificia Universidad católica de Chile. LOM Ediciones. Santiago, Chile. pp: 235 -248.

FAO, **2009**. Criteria and indicators for sustainable woodfuels. Case studies from Brazil, Guyana, Nepal, Philippines and Tanzania Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Montes N° 160. Rome, Italy. 261 p.

FAO, **2012**. El estado de los bosques en el mundo. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Roma, Italia. 50 p.

Fraver, S., Gonzales, M.E., Silla, F., Lara, A. & Gardner, M. **1999**. Composition and structure of remnant Fitzroya cupressoides forests of southern Chile's central depression. *J. Torrey Bot. Soc.* 126: 49–57.

Gastó, C.J., **1980**. Ecología. El hombre y la transformación de la naturaleza. Editorial Universitaria. Santiago, Chile. 300 p.

Gastó, C.J., **1983**. Ecosistema: Componentes y Atributos Relativos al Desarrollo y Medio Ambiente. Bases Ecológicas de la Modernización de la Agricultura. Informe de Investigaciones. Sistemas de Agricultura. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile, 170 p.

Gastó, C.J., Rodrigo, P & Aránguiz, I. **2002**. Ordenación Territorial. Desarrollo de predios y comunas rurales. Monografías de Ecología y Territorio. Primera Edición. LOM Ediciones. Santiago, Chile. 995 p.

Gastó, C.J., Vieli, L & Vera L., **2006**, Paisaje cultural, de la silva al ager, Revista Agronomía y Forestal. Pontificia Universidad Católica de Chile. 28:29-33.

Gastó, C.J., Contreras, T.D., Cosio, F.G. & Demanet, F.R., **1986**. Bases y planteamientos resolutivos. En: Contreras, T.D., Gastó, C.J. & Cosio, G.F. (eds.) Ecosistemas pastorales de la zona mediterránea árida de Chile. I. Estudio de las comunidades agrícolas de Carquindaño y Yerba Loca del secano costero de la Región de Coquimbo. UNESCO. Montevideo Uruguay. pp: 335 – 453.

INE, 1997. VI Censo Nacional Agropecuario, **1997**. Instituto Nacional de Estadísticas. Santiago, Chile. 222 p.

INE, **1998**. Estadísticas agropecuarias. Año agrícola 1997/1998. Instituto Nacional de Estadísticas. Santiago, Chile. 75 p.

INE, **2003**. Censo 2002. Síntesis de resultados. Empresa Periodística La Nación S.A. Santiago, Chile. 50 p.

INE, 2007. Censo Agropecuario y Forestal, **2007**. Instituto Nacional de Estadísticas. [http://www.ine.cl/canales/chile\\_estadistico/censos\\_agropecuarios](http://www.ine.cl/canales/chile_estadistico/censos_agropecuarios)

INE, **2008**. Agropecuarias. Informe Anual 2008. Instituto Nacional de Estadísticas. Santiago, Chile. 149 p.

INE, **2008**. Población y Sociedad. Aspectos demográficos. Instituto Nacional de Estadísticas. Publicación Especial. Santiago, Chile. 49 p.

INE, **2010**. Compendio estadístico. 1.2. Estadísticas demográficas. Instituto Nacional de Estadística. Santiago, Chile. p: 93-140

INE, **2012**. Producción Pecuaria 2007 – 2012. Instituto de Estadísticas de Chile. Santiago, Chile. 60 p.

INE, **2013**. Agropecuarias. Informe Anual 2013. Instituto Nacional de Estadísticas. Santiago, Chile. 160 p.

Kose, M.A. & Oztuk, E.O. **2014**. Un mundo de cambios. Balance del último medio siglo. Revista Finanzas y Economía (USA). FMI, Septiembre 2014: 6-11.

León, L. **2015**. Plebeyos Y Patricios. La Gesta Innoble En Chile Colonial, 1750-1772. Editorial Universitaria. Santiago, Chile. 436 p.

Levy, W.A., **2000**. Falso dilema : ¿bosques de especies exóticas o nativas? Imprenta Salesianos. Santiago, Chile. 127 p.

Magel, H. **2001**. Sustainable land development and land management in urban and rural areas - about surveyors' contribution to building a better world. International Conference on Spatial Information for Sustainable Development. 2–5 October 2001. Nairobi, Kenya. p: 1-9.

Martínez, M., **1848**. Memoria histórica sobre la revolución de Chile: desde el cautiverio de Fernando VII, hasta 1814. Disponible en <http://www.libros.uchile.cl/40>

Maturana, M.F. & Muñoz, A.P. **2007**. Medición de la superficie ocupada por las ciudades de Chile de más de 15.000 habitantes: 1993 – 2003. Observatorio urbano. Ministerios de Vivienda y Urbanismo de Chile. Santiago, Chile. 63 P.

Menadier, J. **1867**. La cosecha de Trigo en Chile. Oficina de Estadística Comercial. 30 de Septiembre de 1867. Valparaíso, Chile. 25 p.

Nava, R, Armijo, R. & Gastó, J., **1996**. El Ecosistema, la unidad de la naturaleza y el hombre. Segunda Edición. Editorial Trillas, Ciudad de Mexico, México. 287 p.

Peralta, P.M. **1985**. Acciones del hombre sobre el medio ambiente: desertificación. Ciencias Forestales (Chile) 4: 9-29.

Pinto, **2003**. La formación del estado y la nación, y el pueblo Mapuche. Ediciones de la Dirección de Bibliotecas, Archivos y Museos. Santiago, Chile. 319 p.

Pinto, R.J. & Ordenes D.M. **2012**. Chile, una economía regional en el siglo XX. La Araucanía, 1900 -1960. Ediciones Universidad de La Frontera. Temuco, Chile. 317 p.

Pinto, R.J. **2011**. Ganadería y empresarios ganaderos de La Araucanía, 1900-1960. Historia (Chile) 44: 369-400.

Pinto, R.J., **2010**. Los censos chilenos en el siglo XX. Imprenta Primus S.A. Osorno, Chile. 217 p.

Veblen, T.T. & Ashton, D.H. **1982**. The regeneration status of *Fitzroya cupressoides* in the Cordillera Pelada, Chile. Biol. Conserv. 23: 141–161.

Villalobos, S. **2002**. Chile y su historia. Undécima Edición. Editorial Universitaria. Santiago, Chile. 461 p.

Williams, M. **2006**. *Deforesting the Earth. From Prehistory to Global Crisis, An Abridgment*. University Chicago Press. Chicago, United State. 561 p.

Wilson, K., Newton, A., Echeverría, C., Weston, C. & Burgman, M. **2005**. A vulnerability analysis of the temperate forest of south central Chile. *Biol. Conserv.* 122: 9–21.

## **Capítulo V**

### ***Conclusiones Generales***

## Capítulo V: Conclusiones Generales

- ✓ La transformación del bosque templado lluvioso en pastizales de alta productividad fue la consecuencia de un proceso histórico que involucró una sucesión de cambios que partieron con la colonización extranjera y que transformaron un sistema recolector donde la dinámica del ecosistema no se alteraba mayoritariamente a la artificialización máxima donde la canalización antrópica es la base de la transformación del ecosistema.
  
- ✓ La expansión del hombre en el ecosistema del bosque templado lluvioso se realizó a través de procesos que contribuyeron a desordenarlo y devastarlo más que a organizarlo y desarrollarlo. Desde la colonización, la expansión del hombre estuvo basada en la extracción que siempre consideró como premisa básica la socialización de los gastos y la privatización de los beneficios.
  
- ✓ La gobernabilidad y sustentabilidad del territorio está fuera de control debido a que la percepción global está subyugada a intereses particulares y los programas de desarrollo de largo plazo restringido a políticas temporales que no son capaces de resolver la fragilidad e inestabilidad de los actuales sistemas agrícolas y ganaderos.
  
- ✓ La ordenación territorial constituye la herramienta primaria para la generación de sistemas sostenibles en la zona templada de Chile. El incremento de la diversidad, desarrollo de programas armónicos y coexistencia del bosque autóctono, cultivo de cereales y mantención de pastizales para la ganadería son el requisito fundamental para lograr el equilibrio y el mantenimiento del ecosistema. Obviar parte de los componentes significa una reducción de la capacidad de resiliencia y conservación de los componentes del modificado y actual ecosistema de pastizales.

- ✓ La sostenibilidad de los sistemas agrícolas y ganaderos de la zona templada, requieren de la educación y comprensión de la sociedad en su conjunto que significa identidad y valoración de las actividades y entendimiento de los procesos de conservación de los recursos que es fundamental para la prosperidad de la sociedad.
- ✓ El cambio del bosque templado a pastizal de alta productividad generó una modificación de un sistema de bajo flujo energético a otro de alta canalización antrópica que requiere la incorporación permanente de estímulos externos para sobrevivir y mantener la estabilidad biológica y productiva.
- ✓ El desarrollo de pasturas permanentes en área del bosque templado lluvioso de Chile, son parte de un modelo de desarrollo sustentable en que la canalización antrópica se combina con la conservación de los recursos naturales y donde el paisaje cultural resultante es estable y armónico.
- ✓ El paisaje cultural actual es la resultante de las actuaciones de los indígenas y colonos, que desarrollaron durante más de 500 años diversos procesos de intervención: colecta, tala, habilitación, siembra, reforestación y que en cada modificación se redujo la capacidad de recuperación, estabilidad y productividad del ecosistema.

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y de Montes  
Departamento de Ingeniería Forestal  
UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA  
Junio, 2015  
Córdoba, España