



# **UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE**

Facultad de Ciencias Agrarias

Escuela de Agronomía

## **Variación estacional de la concentración de nutrientes minerales en cultivares de *Lolium perenne* L.**

Tesis presentada como parte de los  
requisitos para optar al grado de  
Licenciado en Agronomía

**Oscar Luis Hernández de Ferrari**

Valdivia Chile 2002

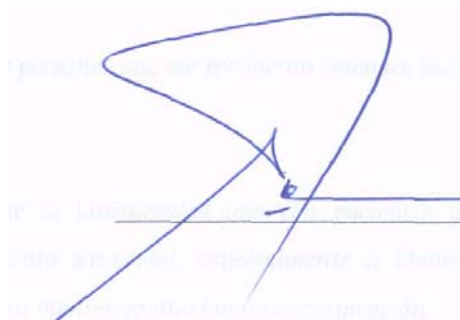
PROFESOR PATROCINANTE:

Dante Pinochet T.  
Ing. Agr, M.Sc., Ph.D.

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'D. Pinochet T.', written over a horizontal line.

PROFESOR INFORMANTE:

Oscar Balocchi L.  
Ing. Agr., M.Sc., Ph.D.

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Oscar Balocchi L.', written over a horizontal line.

PROFESOR INFORMANTE:

Ignacio López C.  
Ing. Agr., Ph.D.

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Ignacio López C.', written over a horizontal line.

INSTITUTO DE INGENIERIA AGRARIA Y SUELOS

## **AGRADECIMIENTOS**

*Este trabajo esta dedicado con gran cariño a mi madre, quien es la gran responsable de mi educación, y también la responsable de mi formación valorica como persona.*

*Agradezco también a mi familia, quienes fueron un pilar importante en este proceso de aprendizaje.*

*No puedo dejar de agradecer a las hermosas personas que me recibieron como un hijo y un hermano durante mi época de estudio.*

*A los profesores, técnicos y auxiliares de la Universidad que con paciencia y entusiasmo me fueron traspasando el conocimiento universal, especialmente a Dante Pinochet, a quien tengo un gran aprecio y con quien mantengo una buena comunicación.*

*A mis amigos, más que agradecerles les digo que soy un privilegiado en haberlos conocido, amigos que los siento de mi vida, con quienes comprendí por sobre todo el sentido de la amistad.*

*Finalmente, quiero agradecer a los Angeles que pasaron y volaron por mi vida.*

## INDICE DE MATERIAS

Capítulo		Página
1	INTRODUCCIÓN	1
2	REVISIÓN BIBLIOGRAFICA	3
2.1	Nutrientes esenciales	3
2.1.1	Criterios de esencialidad de los nutrientes	3
2.2	Ciclo de nutrientes en los agroecosistemas de pradera	3
2.3	Concentración mineral de las praderas	4
2.3.1	Concentración de nutrientes en ballicas perennes	4
2.4	Factores que afectan la concentración de los nutrientes	6
2.4.1	Influencia de la madurez vegetal	6
2.4.2	Influencias climáticas y factores estacionales	7
2.5	Concentración crítica de nutrientes	7
2.6	Nutrientes y elementos de importancia en praderas	8
2.6.1	Nitrógeno	8
2.6.1.1	Concentración de Nitrógeno	8
2.6.1.2	Concentración crítica de Nitrógeno	8
2.6.1.3	Influencia de la especie y variedad en la concentración de Nitrógeno	8
2.6.1.4	Influencia de la madurez en la concentración de Nitrógeno	9
2.6.1.5	Variación estacional de la concentración de Nitrógeno	9
2.6.2	Fósforo	9
2.6.2.1	Concentración de Fósforo	9
2.6.2.2	Concentración crítica de Fósforo	9
2.6.2.3	Influencia de la madurez en la concentración de Fósforo	9

Capitulo	Página	
2.6.2.4	Variación estacional de la concentración de Fósforo	10
2.6.3	Azufre	10
2.6.3.1	Concentración de Azufre	10
2.6.3.2	Concentración crítica de Azufre	10
2.6.3.3	Influencia de la especie y variedad en la concentración de Azufre	10
2.6.3.4	Influencia de la madurez en la concentración de Azufre	10
2.6.3.5	Variación estacional de la concentración de Azufre	11
2.6.4	Cationes macronutrientes K, Ca, Mg	11
2.6.4.1	Concentración de cationes macronutrientes	11
2.6.4.2	Concentración crítica de cationes macronutrientes	13
2.6.4.3	Influencia de la especie y variedad en la concentración de cationes macronutrientes	13
2.6.4.4	Influencia de la madurez en la concentración de cationes macronutrientes	13
2.6.4.5	Variación estacional de la concentración de cationes macronutrientes	14
2.6.5	Cationes micronutrientes Fe, Cu, Zn, Mn	14
2.6.5.1	Concentración de cationes micronutrientes	14
2.6.5.2	Concentración crítica de cationes micronutrientes	15
2.6.5.3	Toxicidad debido a micronutrientes cationes	16
2.6.5.4	Influencia de la madurez en la concentración de cationes micronutrientes	16
2.6.5.5	Variación estacional de la concentración de cationes micronutrientes	16
2.6.6	Boro	17
2.6.6.1	Concentración de Boro	17
2.6.6.2	Concentración crítica de Boro	17
2.6.6.3	Influencia de la madurez en la concentración de Boro	17

Capítulo		Página
2.6.6.4	Variación estacional de la concentración de Boro	18
2.6.7	Aluminio	18
2.6.7.1	Concentración de Aluminio	18
3	MATERIAL Y METODO	19
3.1	Ubicación del ensayo	19
3.2	Duración del ensayo	19
3.3	Antecedentes climáticos y edáficos	19
3.4	Material experimental	22
3.5	Establecimiento de las parcelas	22
3.6	Parámetros evaluados	22
3.7	Diseño experimental y análisis estadístico	24
4	PRESENTACION DE RESULTADOS	26
4.1	Variación de la concentración mineral a través del año en cultivares de ballica perenne	26
4.1.1	Nitrógeno	26
4.1.2	Fósforo	28
4.1.3	Potasio	31
4.1.4	Calcio	33
4.1.5	Magnesio	35
4.1.6	Azufre	38
4.1.7	Fierro	40
4.1.8	Cobre	42
4.1.9	Zinc	45
4.1.10	Manganeso	47
4.1.11	Boro	49
4.1.12	Aluminio	51
Capítulo		Página

4.2	Evaluación del efecto temporada	53
5	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	55
5.1	Análisis del crecimiento de la pradera de ballica perenne	55
5.1.1	Tasa de crecimiento de la pradera de ballica perenne	55
5.1.2	Condiciones climáticas	56
5.1.3	Relación entre la tasa de crecimiento y las condiciones climáticas	58
5.2	Concentración de nutrientes de los cultivares evaluados	59
5.2.1	Nitrógeno, Fósforo, Azufre y Boro	59
5.2.2	Cationes macronutrientes	63
5.2.3	Cationes micronutrientes	65
5.2.4	Aluminio	66
5.3	Disponibilidad de nutrientes para el ganado bovino desde praderas de ballica perenne	68
5.4	Relaciones entre nutrientes de importancia agrícola	72
6	CONCLUSIONES	76
7	RESUMEN	80
	SUMARY	80
8	BIBLIOGRAFIA	82
9	ANEXOS	89

**INDICE DE CUADROS**

Cuadro		Página
1	Promedios y rangos de concentración de nutrientes en praderas de Pensilvania, Nueva York, Finlandia y Reino Unido	5
2	Rangos de concentración típica de 15 nutrientes presentes en el follaje de ballicas perennes	5
3	Promedio y rango de concentración de Ca, Mg, K en Lolium perenne	12
4	Valores de concentración crítica (%MS) de cationes macronutrientes en ballicas perennes	13
5	Concentración de micronutrientes cationes en Ballicas perennes	15
6	Valores de la concentración crítica de micronutrientes cationes en gramíneas	15
7	Concentración de Al (mg/kg) en Ballica inglesa con distintos niveles de Al en solución	18
8	Análisis químico del suelo	20
9	Dosis y productos aplicados al ensayo	20
10	Temperaturas, Precipitaciones y Humedad relativa registradas en Valdivia. Período abril de 1999 a mayo de 2001	21
11	Ploidia y lugar de origen de los cultivares analizados	22
12	Producción de materia seca de los nueve cultivares (kg MS/ha)	23



Cuadro		Página
13	Fechas de los cortes realizados	23
14	Análisis a evaluar y métodos aplicados	24
15	Concentración de N de los cultivares (%)	27
16	Valores promedios de N (%)	27
17	Concentración de P de los cultivares (%)	29
18	Valores promedios de P (%)	30
19	Concentración de K de los cultivares (%)	31
20	Valores promedios de K (%)	32
21	Concentración de Ca de los cultivares (%)	33
22	Influencia del tipo de ploidia sobre la concentración de Ca	34
23	Concentración de Mg de los cultivares (%)	36
24	Valores promedios de Mg (%)	37
25	Concentración de S de los cultivares (%)	38
26	Valores promedios de S (%)	39
27	Concentración de Fe de los cultivares (ppm)	41
28	Valores promedios de Fe (ppm)	41
29	Concentración de Cu de los cultivares (ppm)	43
30	Valores promedios de Cu (ppm)	44
31	Concentración de Zn de los cultivares (ppm)	45
32	Valores promedios de Zn (ppm)	46
33	Concentración de Mn de los cultivares (ppm)	47
34	Valores promedios de Mn (ppm)	48
35	Concentración de B de los cultivares (ppm)	49
36	Valores promedios de B (ppm)	50
37	Concentración de Al de los cultivares (ppm)	51
38	Valores promedios de Al (ppm)	52
39	Análisis por período de los elementos analizados	54
40	Relaciones entre los valores máximos y mínimos de N, P, S y B	61

Cuadro		Página
41	Requerimientos nutricionales para vacas lecheras con una producción de (20 kg leche día <sup>-1</sup> )	68

**INDICE DE FIGURAS**

Figura		Página
1	Variación estacional de la concentración de N	28
2	Variación estacional de la concentración de P	30
3	Variación estacional de la concentración de K	32
4	Graficos de concentración de Ca según tipo de ploidia	35
5	Variación estacional de la concentración de Mg	37
6	Variación estacional de la concentración de S	39
7	Variación estacional de la concentración de Fe	44
8	Variación estacional de la concentración de Cu	46
9	Variación estacional de la concentración de Zn	48
10	Variación estacional de la concentración de Mn	50
11	Variación estacional de la concentración de B	53
12	Variación estacional de la concentración de Al	55
13	Curva de crecimiento de la pradera de ballica evaluada	57
14	Variación de la temperatura y precipitación en las temporadas en que se realizo el ensayo	73
15	Relación N:S, durante el crecimiento de la pradera	75
16	Relación K:Mg, durante el crecimiento de la pradera	

**INDICE DE ANEXOS**

Anexo		Página
1	Concentración de Nitrógeno de los cultivares evaluados	90
2	Concentración de Fósforo de los cultivares evaluados	91
3	Concentración de Potasio de los cultivares evaluados	92
4	Concentración de Calcio de los cultivares evaluados	93
5	Concentración de Magnesio de los cultivares evaluados	94
6	Concentración de Azufre de los cultivares evaluados	95
7	Concentración de Hierro de los cultivares evaluados	96
8	Concentración de Cobre de los cultivares evaluados	97
9	Concentración de Zinc de los cultivares evaluados	98
10	Concentración de Manganeso de los cultivares evaluados	99
11	Concentración de Boro de los cultivares evaluados	100
12	Concentración de Aluminio de los cultivares evaluados	101

## 1. INTRODUCCION

En los sistemas agropecuarios de la zona Sur de Chile, la pradera permanente es el recurso más utilizado en el abastecimiento de nutrientes para el ganado bovino. Las principales especies que forman parte de praderas permanentes son el trébol blanco (*Trifolium repens* L.) y ballica inglesa (*Lolium perenne* L.), siendo esta última especie, dominante en la asociación.

Existe una variación del contenido de nutrientes durante el crecimiento y desarrollo de los cultivos vegetales. En estados tempranos, se presenta una mayor concentración de macronutrientes N, P y K, la cual disminuye a través de la ontogenia del cultivo, coincidiendo con las estaciones de crecimiento. Sin embargo, estudios sobre la variación de otros macronutrientes como Ca, Mg, S son escasos y, prácticamente inexistentes, en el caso de los micronutrientes. Además, durante los últimos años han aparecido en el mercado nuevos cultivares de ballicas inglesas y no existen estudios comparativos sobre la concentración de nutrientes, entre los distintos cultivares. Por eso se hace necesario obtener información sobre la variación de la composición nutricional, para lograr un manejo más eficiente de los sistemas agropecuarios del Sur de Chile.

La importancia adicional de un trabajo sobre la concentración de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S), de micronutrientes (Fe, Cu, Zn, Mn, B) y de Al, es que describe el comportamiento estacional de la concentración de nutrientes, bajo cortes o simulando pastoreos regulares. Ello permitirá identificar períodos del crecimiento en que la concentración de nutrientes pueda ser

deficiente y/o no logran suministrar los requerimientos del ganado bovino. De esta forma, se espera que esta información permitirá realizar manejos agronómicos con el fin de optimizar el uso de nutrientes minerales, en la alimentación animal.

La hipótesis de este trabajo es que existen diferencias significativas en la concentración de nutrientes en los cultivares de ballica inglesa y que éstas variaciones son definibles en patrones regulares, a través de las estaciones de crecimiento.

El objetivo general del trabajo es comparar la calidad nutricional mineral de siete nuevos cultivares de *Lolium perenne* con dos cultivares tradicionalmente utilizados en la zona sur de Chile.

Los objetivos específicos fueron:

- Determinar la concentración de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg; S) de cada cultivar a través de los diferentes pastoreos en dos años de utilización.
- Determinar la concentración de micronutrientes (Fe, Cu, Zn, Mn, B) y de Al de cada cultivar a través de los diferentes pastoreos en dos años de utilización.
- Identificar si existe un patrón dependiente de la especie vegetal en el comportamiento de la concentración de nutrientes o si el patrón depende de la madurez de la planta o de los parámetros climáticos o de ambos.
- Identificar variaciones en la concentración de nutrientes de acuerdo al tipo de ploidia que presentan los distintos cultivares.

## **2. REVISION BIBLIOGRAFICA**

### **2.1 Nutrientes esenciales.**

Las plantas y los animales están compuestos principalmente de carbono, hidrógeno y oxígeno. Adicionalmente un gran número de otros elementos, nutrientes esenciales, son necesarios como componentes de sus tejidos o como participantes de reacciones biológicas. Los nutrientes que son esenciales para las plantas son nitrógeno, fósforo, azufre, potasio, calcio, magnesio, cloro, hierro, manganeso, zinc, cobre, boro y molibdeno (WHITEHEAD, 2000).

**2.1.1 Criterios de esencialidad de los nutrientes.** WILD y JONES (1988) de acuerdo a los principios establecidos por Arnon indican que un elemento es esencial para las plantas si:

- Su deficiencia imposibilita a la planta para completar su ciclo de vida vegetativo o reproductivo.
- La deficiencia es específica al elemento en cuestión y puede ser prevenida o corregida solo con el suministro de ese elemento.
- El elemento está directamente relacionado en la nutrición de la planta y no está corrigiendo simplemente alguna condición desfavorable del suelo o medio de cultivo

### **2.2 Ciclo de los nutrientes en los agroecosistemas de pradera**

El ciclo y el reciclaje de los nutrientes entre el suelo, la planta y el animal es particularmente importante en los sistemas de praderas. En los sistemas ganaderos para suplir sus requerimientos nutricionales basados principalmente en pastoreo, los animales rumiantes dependen principalmente de forraje producido en la pradera, incluyendo heno y silo. Además, debe considerarse

que los animales retornan en sus excretas grandes proporciones de los elementos que ellos consumieron. De esta forma, en el manejo nutricional de los animales en pastoreo, el óptimo manejo de la nutrición animal requiere que cada nutriente esté presente en una cantidad adecuada, en una cierta concentración, en un adecuado balance entre nutrientes y en la época adecuada (UNDERWOOD y SUTTLE, 1999).

### **2.3 Concentración mineral de la pradera.**

La concentración de los nutrientes en la pradera muestra amplias variaciones, tanto en especies individuales, como entre áreas geográficas. WHITEHEAD (2000), recopiló información (Cuadro 1) de los promedios y rangos registrados de la concentración de nutrientes en más de 9000 muestras de gramíneas y leguminosas de los estados de Pensilvania y Nueva York, además de más de 2000 muestras tomadas en Finlandia y los promedios de más de 1400 muestras de forraje del Reino Unido.

El Cuadro 1 muestra que la variación de los nutrientes es amplia, pero dentro de rangos similares dependiendo del lugar geográfico de colecta y dependiendo del tipo de nutriente.

Los macronutrientes se expresan en concentraciones porcentuales, dada su mayor presencia por unidad de forraje, en tanto, los micronutrientes en concentraciones expresadas en partes por millón (HAVLIN et al., 1999)

**2.3.1 Concentración de nutrientes en la ballica perenne.** La concentración típica de los nutrientes esenciales de *Lolium perenne* según WHITEHEAD (2000) se muestra en el Cuadro 2.



**CUADRO 1 Promedios y rangos de concentración de nutrientes en praderas de Pensilvania, Nueva York, Finlandia y Reino Unido.**

Nutriente	Pensilvania y Nueva York		Finlandia		Reino Unido
	Rango	Promedio	Rango	Promedio	Promedio
N%	1,0-5,3	-	-	-	-
P%	0,05-0,81	0,26	0,12-0,98	0,28	0,35
S%	0,04-0,43	0,23	-	-	-
K%	0,21-4,93	2,06	0,76-4,26	2,36	2,59
Na%	0,00-0,39	0,02	0,001-0,03	0,004	0,25
Ca%	0,03-2,73	0,86	0,10-0,67	0,26	0,60
Mg%	0,03-0,79	0,20	0,03-0,45	0,13	0,17
Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	10-2600	208	8-800	44	-
Mn(mg kg <sup>-1</sup> )	6-1200	53	8-500	67	99
Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	3-300	27	15-120	32	45
Cu(mg kg <sup>-1</sup> )	2-214	13	0,4-20	4	8
Co (mg kg <sup>-1</sup> )	-	-	0,0-0,6	0,06	0,13
B (mg kg <sup>-1</sup> )	1,94	19	1,4-3,4	4,9	-
Mo (mg kg <sup>-1</sup> )	-	-	<0,02-17	0,5	1,22
I (mg kg <sup>-1</sup> )	-	-	-	-	0,22

**CUADRO 2 Rangos de concentración típica de 15 nutrientes presentes en el follaje de ballicas perennes.**

N%	2,0-3,5	Ca%	0,4-0,8	Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	3-15
P%	0,2-0,6	Mg%	0,10-0,30	Co (mg kg <sup>-1</sup> )	0,03-0,20
S%	0,2-0,5	Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	100-200	B (mg kg <sup>-1</sup> )	2-8
K%	1,5-3,5	Mn(mg kg <sup>-1</sup> )	30-300	Mo (mg kg <sup>-1</sup> )	0,1-4,0
Na%	0,05-0,4	Zn(mg kg <sup>-1</sup> )	15-60	Cl (mg kg <sup>-1</sup> )	0,2-2,5

El Cuadro 2 muestra solamente los rangos de concentración de los nutrientes; sin embargo, se ha señalado que las concentraciones de los nutrientes presentan un patrón de variación a través del tiempo, debido a la

madurez vegetal y a factores estacionales. Sin embargo, hay pocos estudios que hayan establecido los patrones definitivos del comportamiento estacional de los distintos nutrientes. (WHITEHEAD, 2000).

## **2.4 Factores que afectan la concentración de los nutrientes.**

Se ha indicado que la concentración de nutrientes por si misma presenta variaciones dependientes de la influencia de la madurez vegetal y de las influencias climáticas y factores estacionales.

**2.4.1 Influencia de la madurez vegetal.** La concentración de nutrientes cambia con el avance en la madurez, pero los patrones de cambio varían con los elementos y con la especie. Para muchos, pero no para todos los nutrientes, la concentración tiende a ser más alta en los tejidos jóvenes que en los viejos. El nitrógeno muestra una marcada reducción con el avance en la madurez, particularmente en gramíneas, pudiendo lograr una reducción cercana al 70% desde principios de primavera a mediados de verano. Similarmente, la concentración de P y S también declina con el avance en la madurez, siendo a menudo la reducción de un 40-60% desde principio de primavera a mediados de verano. Por su parte, la concentración de K, Ca, Mg y Na en gramíneas son más altas en hojas jóvenes que en hojas maduras, pero algunas veces los valores más altos ocurren en los estados intermedios de madurez. Por otra parte, en el caso de los micronutrientes, los cambios con el avance de la madurez en gramíneas son inconsistentes y a menudo presentarían un comportamiento errático (WHITEHEAD, 2000). A su vez, cuando los efectos en el avance de la madurez son evitados por una defoliación a intervalos regulares, durante el período de crecimiento, los cambios en el patrón de la concentración de muchos nutrientes son a menudo pequeños e inconsistentes (CRUSH *et al.*, 1989). A pesar de ello, se ha reportado que Ca y Mg tienden a alcanzar valores mayores hacia mediados y final del verano (CRUSH *et al.*, 1989).

En general, cuando el material foliar de ballica perenne es analizado a intervalos durante el período de crecimiento, pero en hojas nuevas o en material de similar edad de crecimiento, se ha encontrado que la concentración de P decrece, el Ca aumenta y hay pequeños cambios en la concentración de N, K, Mg, Fe, Mn, Zn y Cu (REAY y MARSH, 1976).

**2.4.2 Influencias climáticas y factores estacionales.** Los cambios estacionales en la concentración de nutrientes en gramíneas y leguminosas, estarían relacionados a factores climáticos, como la temperatura, el abastecimiento de agua y la intensidad luminosa, a pesar de que son pocos los estudios que han analizado estos factores individualmente (WHITEHEAD, 2000). Los efectos de los factores climáticos, a su vez, están asociados con la ontogenia del cultivo. Así al aumentar la temperatura del ecosistema, también aumenta la ontogenia del cultivo (VAN KEULEN, 1986). Una situación similar ocurre con la intensidad luminica, pero relacionada más con el crecimiento y con la emisión floral (WILD y JONES, 1988). No obstante, el parámetro que tiende a influir más en forma independiente es el abastecimiento de agua. De esta forma, las diferencias en el suministro de agua parecen afectar más al P que a otros nutrientes, disminuyendo su concentración en épocas de sequía (WHITEHEAD, 2000).

## **2.5 Concentración crítica de los nutrientes.**

La concentración crítica de un nutriente en particular en los tejidos de las plantas, se define como la concentración bajo la cual el suministro de nutriente es levemente menor que el requerido para su máxima tasa de crecimiento, estando todos los demás nutrientes en una concentración adecuada (WHITEHEAD, 2000).

## 2.6 Nutrientes y elementos de importancia en praderas

A continuación se presenta información de la concentración e importancia de los nutrientes considerados en este estudio.

**2.6.1 Nitrógeno.** La importancia de este nutriente radica en ser constituyente esencial de proteínas, ácidos nucleicos, clorofila y de varios compuestos presentes en los vegetales (WHITEHEAD, 2000).

2.6.1.1 Concentración de Nitrógeno. La concentración de N en la cosecha de pastos y leguminosas oscila entre 1 y 5%. La concentración es influenciada según WHITEHEAD (2000), por tres factores:

- El suministro de N disponible desde el suelo, que es a menudo influenciado por la fertilización aplicada.
- Diferencias fisiológicas entre gramíneas y leguminosas.
- El estado de madurez de la pradera.

2.6.1.2 Concentración crítica de Nitrógeno. La concentración crítica de N en el follaje es dependiente del estado de madurez y del tipo de tejido vegetal cosechado, y una propuesta de la concentración crítica debe ser relacionada a la porción específica cosechada de las plantas y a su edad al momento del muestreo (WHITEHEAD, 2000).

2.6.1.3 Influencia de la especie y variedad en la concentración de Nitrógeno. WHITEHEAD (2000), indica que las diferencias en la concentración de N en gramíneas son usualmente pequeñas. WILKINS *et al.* (2000), encontró solo pequeñas diferencias en la concentración de N en ocho variedades de *Lolium perenne*, y en general, señala que a igual época de muestreo, las variedades tardías tienen una mayor concentración, que las variedades tempranas.

2.6.1.4 Influencia de la madurez en la concentración de Nitrógeno. En gramíneas la concentración de N declina marcadamente con el incremento de la madurez, esto es debido al incremento de la pared celular y a la relativa disminución del citoplasma (WHITEHEAD, 2000).

2.6.1.5 Variación estacional de la concentración de Nitrógeno. Con la defoliación a intervalos durante el crecimiento, los cambios en la concentración de N son menos marcados que aquellos durante un crecimiento primario prolongado, siendo menor en verano que en primavera y otoño (WHITEHEAD, 2000).

**2.6.2 Fósforo.** Este nutriente es particularmente importante en la transferencia de energía a través del ADP y ATP, además de ser esencial en los procesos de división celular, el P también forma parte de los fosfolípidos, los que constituyen las estructuras de las membranas citoplasmáticas (WHITEHEAD, 2000).

2.6.2.1 Concentración de Fósforo. El rango usual de concentración de P en gramíneas y leguminosas varía entre 0.1 - 0.6% (WHITEHEAD, 2000).

2.6.2.2 Concentración crítica de Fósforo. La concentración crítica de P para *Lolium perenne*, según SMITH *et al.* (1985), es de 0,30% con un 95% de producción máxima y de 0,44% con un 99% de producción máxima y de 0,21 % con un 90% de producción máxima. Además, WHITEHEAD (2000), señala que la concentración crítica de P declina con el incremento de la madurez.

2.6.2.3 Influencia de la madurez en la concentración de Fósforo. En gramíneas, la concentración de P declina marcadamente con el avance en la madurez. Generalmente, la magnitud de la declinación es ligeramente menor que la del N (REID, 1980).

2.6.2.4 Variación estacional de la concentración de Fósforo. Cuando una pradera es cortada o forrajada a intervalos durante el período de crecimiento, los cambios en la concentración de P son inconsistentes. A menudo, la concentración de P es baja a mediados de verano (REID, 1980); sin embargo, algunas veces la concentración es menor a principios de verano que a mediados y final de verano (THOMPSON y WARREN, 1979).

**2.6.3 Azufre.** El S es un constituyente esencial de proteínas y de ciertos componentes relacionados con procesos de oxido-reducción (WHITEHEAD, 2000).

2.6.3.1 Concentración de Azufre. La concentración de S que está en la pradera oscila entre un 0,15 - 0,60% y esta concentración declina invariablemente con el avance en la madurez (WHITEHEAD, 2000).

2.6.3.2 Concentración crítica de azufre. SYERS *et al.* (1987) sugiere que la concentración crítica de S en gramíneas jóvenes es de 0,20 - 0,21% y la relación crítica N: S es de 14:1 - 15:1. Sin embargo, no existe acuerdo entre los investigadores. Por su parte, GILBERT y ROBSON (1984), señalan que la concentración crítica de S es de 0,10% y la relación N:S es de 20:1.

2.6.3.3 Influencia de la especie y variedad en la concentración de Azufre. Hay pocos datos comparativos de la concentración de S en gramíneas individuales, pero las diferencias serían generalmente pequeñas (WHITEHEAD y JONES, 1978).

2.6.3.4 Influencia de la madurez en la concentración de azufre. La concentración de S en gramíneas disminuye con el avance de la madurez; sin embargo, sería menor a la disminución en la concentración de N. También la relación N:S declina con el avance de la madurez (WHITEHEAD, 2000).

2.6.3.5 Variación estacional de la concentración de Azufre. Los cambios estacionales en la concentración de S son a menudo pequeños e inconsistentes. En un estudio hecho en Nueva Zelandia por METSON y SAUNDERS (1978), se observó que existe una tendencia a que la concentración de S sea menor en verano y mayor a final de otoño e invierno.

**2.6.4 Cationes macronutrientes K, Ca, Mg.** Los cationes macronutrientes son los encargados de mantener el potencial osmótico, además se relacionan con la mantención del pH de las plantas neutralizando ácidos orgánicos. El K cumple un rol específico en la abertura y cierre de los estomas, el Ca, por su parte, es un importante constituyente de la lamela media de la pared celular y el Mg tiene un rol fundamental en la fotosíntesis ya que es constituyente de la clorofila (WHITEHEAD, 2000).

2.6.4.1 Concentración de cationes macronutrientes. Según WHITEHEAD (2000) la concentración promedio de K, Ca, Mg, Na registrada en las praderas de varios países son extremadamente parecidos. No obstante, para cada elemento es posible que la concentración a través del tiempo varíe ampliamente. Así la concentración más baja de K ha sido señalada por HEMINGWAY (1963), quien indica un valor de 0,40% y la más alta de 5,20% (SMITH y MIDDLETON, 1978), oscilando el rango usual para K entre 1,0 - 3,5%.

Para el Calcio, la concentración en praderas oscila entre un 0,1 - 2,6%. En tanto para el Magnesio, la concentración oscila entre un 0,1 - 0,3% (DRYSDALE, 1980).

WHITEHEAD (2000), analizó la concentración de Ca, Mg, K en muestras cosechadas de *Lolium perenne* en mayo, julio y septiembre (equivalentes a

noviembre, enero y marzo en el Hemisferio Sur) en 12 sitios del Reino Unido, donde se muestra el promedio y el rango de concentración en el Cuadro 3.

**CUADRO 3 Promedio y rango de concentración de Ca, Mg, K en *Lolium perenne*.**

K	Ca	Mg
3,38	0,65	0,19
(1,91-4,91)	(0,33-1,07)	(0,09-0,34)

Además se ha indicado que existen relaciones entre los cationes macronutrientes. BALOCCHI *et al.* (2001), señalan que existe la posibilidad de modificar, al menos parcialmente las relaciones entre los cationes en el forraje a través de la fertilización, dependiendo del contenido de nutriente en el suelo. Señalan que la relación entre Ca, K y Na con respecto a Mg, muestran un decrecimiento en la medida que aumentan la fertilización con Mg. De esta forma, la relación Ca/Mg varió de 1,75 a 0,96 dependiendo de la dosis de Mg aplicada y la relación K/Mg varió de 12,4 a 7,9 con una fertilización de 0 y 96 kg/ha de Mg. BALOCCHI *et al.* (2001), señalan que la fertilización magnésica afecta negativamente la concentración de calcio en el forraje y no altera los contenidos de potasio en el forraje.

Al respecto de las relaciones entre nutrientes, CUNNINGHAM (1964), encontró que el total de los cationes en la pradera correlacionan positivamente con el total de aniones y con el N. Por su parte, DAMPNEY (1992), propuso que la relación N:K podría ser un mejor indicador de la deficiencia de K que la concentración de K solamente, siendo deficiente el K cuando la relación N:K es mayor a 1,3:1.

La fertilización magnésica incrementa significativamente los contenidos de Mg en el forraje, BALOCCHI *et al.* (2001) encontraron que este incremento



fue de 0,06% y 0,12% por kg de MS por cada kg de Mg aplicado para el primer y segundo año de estudio, respectivamente.

2.6.4.2 Concentración crítica de los cationes macronutrientes. La deficiencia de Calcio y Magnesio en gramíneas es poco frecuente. Existe poca información sobre la concentración crítica de cationes macronutrientes, algunos valores sugeridos por diversos autores, se muestran en el Cuadro 4.

**CUADRO 4 Valores de concentración crítica (%MS) de cationes macronutrientes en ballicas perennes.**

Catión	Concentración crítica (%MS)	Referencia
K	1,8	DAMPNEY (1992)
Ca	0,2 - 0,3	McNAUGHT (1970)
Mg	0,10 - 0,13	McNAUGHT (1970)
	0,07 -0,10	SMITH <i>et al.</i> (1985)

Con respecto a la concentración crítica en relación a la producción máxima SMITH *et al.* (1985), estiman que para un 99% de producción máxima en ballicas, la concentración crítica de K es de 3,8% y de un 2,8% para un 90% de producción máxima.

2.6.4.3 Influencia de la especie y variedad en la concentración de cationes macronutrientes. En general las concentraciones de Ca, Mg, K entre especies de gramíneas son ampliamente similares (WHITEHEAD, 2000).

2.6.4.4 Influencia de la madurez en la concentración de cationes macronutrientes. Los cambios en la concentración de cationes con el avance de la madurez son menos consistentes que los cambios en N, P, S. No obstante, en gramíneas, se ha indicado que hay ocasionalmente decrecimientos en la concentración con la madurez (WHITEHEAD, 2000).

2.6.4.5 Variación estacional de la concentración de cationes macronutrientes. Los reportes sobre la variación estacional de calcio son contradictorios. Aunque la concentración de Ca en gramíneas es a menudo menor en primavera y verano que en otoño e invierno (WHITEHEAD, 2000), una alta concentración relativa de Ca ocurre a veces durante períodos de crecimiento activo en verano y, por otro lado, una baja concentración de Ca se manifiesta en períodos húmedos y fríos en verano (WHITEHEAD, 2000). Sin embargo, en condiciones del Sur de Chile BALOCCHI *et al.* (2001), encontraron que los valores más altos de calcio en el forraje se encuentran en los meses de noviembre, diciembre y enero y los valores más bajos de calcio se presentaron en mayo. En el caso del potasio, los valores más altos en la concentración de K se encuentran en mayo y septiembre, disminuyendo hasta alcanzar un mínimo en enero.

Por su parte, GRUNES (1983) indica que la concentración de Mg en gramíneas es generalmente baja a principios de primavera y se incrementan considerablemente hacia otoño. La tendencia estacional se debería, parcialmente, a los cambios de temperatura, y al parecer, los cambios en la humedad del suelo tendrían efectos menores. Incrementos de la temperatura sobre el rango 10 - 30 °C tienden a aumentar la concentración K, Ca, Mg en gramíneas (CUNNINGHAM, 1964).

**2.6.5 Cationes micronutrientes Fe, Cu, Zn, Mn.** Las funciones de los micronutrientes cationes en plantas están generalmente relacionadas con la capacidad de cambiar sus estados de oxidación, con la excepción del Zinc, y además su característica de formar complejos con moléculas orgánicas. Además son constituyentes esenciales de los citocromos (WHITEHEAD, 2000).

2.6.5.1 Concentración de cationes micronutrientes. La concentración de Fe, Cu, Zn, Mn han sido registrados en praderas de diversas partes del mundo. Así en situaciones extremas, la concentración más alta es 100 veces mayor que la

menor. Sin embargo, los valores que son altos se pueden deber a la contaminación de las muestras con suelo y polvo (WHITEHEAD, 2000).

La concentración de micronutrientes cationes para ballicas perennes se muestran en el Cuadro 5.

**CUADRO 5 Concentración de micronutrientes cationes en Ballicas perennes.**

Fe	Mn	Zn	Cu	Referencia
mg kg <sup>-1</sup>				
101	41	20	5	(FLEMING, 1963)
-	22	-	8.5	(THOMAS <i>et al.</i> , 1952)

Por su parte, FORBES y GELMAN (1981) señalan que en una comparación de 4 variedades de ballica perenne, las diferencias en Mn, Zn y Cu entre variedades son generalmente pequeñas e inconsistentes.

2.6.5.2 Concentración crítica de cationes micronutrientes. La información sobre la concentración crítica de los micronutrientes es limitada especialmente para pastos (WHITEHEAD, 2000). MAYLAND y WILKINSON (1996), señalan algunos valores de la concentración crítica para gramíneas que se muestran en el Cuadro 6.

**CUADRO 6 Valores de la concentración crítica de micronutrientes cationes en gramíneas.**

Fe	Mn	Zn	Cu
mg kg <sup>-1</sup>			
<50	20	10 - 14	4

2.6.5.3 Toxicidad debido a cationes micronutrientes. Una alta concentración de Mn, Zn, Cu causa, ocasionalmente, efectos tóxicos en plantas, pero este problema no se aprecia con Fe (WHITEHEAD, 2000).

SMITH *et al.* (1983), señala que hay un 10% de reducción en el crecimiento de las ballicas cuando la concentración de Mn alcanza los 1110 mg kg<sup>-1</sup>, otros autores como MAC NICOL y BECKETT (1985), señalan que con 500 mg kg<sup>-1</sup> de Mn ya hay efectos tóxicos.

2.6.5.4 Influencia de la madurez en la concentración de cationes micronutrientes. Cambios en la concentración con el incremento de la madurez de las plantas difieren entre los cuatro elementos y estarían influidos por la especie y otros factores. Algunas investigaciones muestran que la concentración de Fe en ballicas decrece con el incremento de la madurez. Al respecto, los cambios en Mn son usualmente pequeños al igual que para Zn, y en contraste al Zn la concentración de Cu con el avance de la madurez, muestra una sustancial disminución (WHITEHEAD, 2000).

Cuando el pasto es llevado a la senescencia y muere *in situ*, hay tal vez otros cambios en la concentración de los micronutrientes cationes debido a factores como lavado desde las hojas y a una disminución en el metabolismo de los tejidos relacionados con la pared celular. Sin embargo, Fe, Cu, Zn, Mn no son fácilmente lavables y su concentración es tal vez más alta en tejidos muertos que en los tejidos vivos (WAUGHMAN y BELLAMY, 1981). Por otra parte, con cortes o con pastoreos regulares, no se ha descrito una tendencia definida en la concentración de Fe, Mn ni de Zn (WHITEHEAD, 2000).

2.6.5.5 Variación estacional en la concentración de micronutrientes cationes. Cuando hay cambios estacionales en Mn, estos son probablemente

influenciados por la humedad del suelo, siendo incrementada la concentración de Mn en condiciones anaeróbicas (WHITEHEAD, 2000).

En el caso del Zn se ha reportado solo en algunas ocasiones una declinación estacional en su concentración desde primavera hasta finales de verano (BELESKY y JUNG, 1982).

Según ALLAWAY (1986) la concentración de Cu son generalmente bajas al final del verano. Al parecer, la concentración se incrementa durante la estación de crecimiento con cortes (HEMINGWAY, 1962) y pastoreo (LEECH y THORNTON, 1987). Sin embargo, HUNTER *et al.* (1987), indican que no encontraron una tendencia estacional en la concentración de Cu.

**2.6.6 Boro.** Este nutriente, participa en la transferencia de energía a través de la esterificación de grupos alcohólicos (MENGEL y KIRKBY, 1982).

2.6.6.1 Concentración de Boro. El rango de concentración de B oscila entre los 4 - 10 mg kg<sup>-1</sup> pudiendo llegar los valores más altos cerca de los 40 mg kg<sup>-1</sup> (WHITEHEAD, 2000). En Estados Unidos, MAYLAND y WILKINSON (1996) señalan que la concentración de B oscila entre 5 - 15 mg kg<sup>-1</sup>, para gramíneas.

2.6.6.2 Concentración crítica de Boro. La concentración crítica de B para gramíneas es baja, probablemente menor a 3 mg kg<sup>-1</sup> (WHITEHEAD, 2000).

2.6.6.3 Influencia de la madurez en la concentración de Boro. Como el B no es realmente removilizado (translocado) la concentración tiende a ser más alta en los tejidos viejos que en los nuevos, especialmente cuando el suministro es limitado (WHITEHEAD, 2000).

2.6.6.4 Variación estacional de la concentración de Boro. No existe una gran información al respecto. En su revisión WHITEHEAD (2000), señala que la concentración de B en ballicas es relativamente menor durante el verano.

**2.6.7 Aluminio.** La importancia del aluminio, radica en ser un elemento de naturaleza fitotóxica, limitando el crecimiento de las plantas (RADIC, 2001).

2.6.7.1 Concentración de Aluminio. RADIC (2001) analizó la concentración de Aluminio de la parte aérea del cultivar Anita de ballica inglesa, con distintos contenidos de Al en solución, siendo los resultados obtenidos los que se muestran en el Cuadro 7.

**CUADRO 7 Concentración de Al ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) en Ballica inglesa con distintos niveles de Al en solución.**

Al en solución ( $\text{mg Al L}^{-1}$ )	Ballica cv. Anita ( $\text{mg Al kg}^{-1}$ . MS)
0	45,54
1,9	47,74
5,7	45,11
17,0	222,06
51,0	334,60
152,9	554,60

Con  $0 \text{ mg Al L}^{-1}$ , el rango en la concentración de Aluminio en ballicas y bromo *Bromus valdivianus* se encuentra entre los 50 y  $150 \text{ mg Al kg}^{-1}$ . MS (RADIC, 2001).

### 3. MATERIAL Y METODO

#### 3.1 Ubicación del ensayo.

La investigación se realizó en el predio experimental Vista Alegre de la Universidad Austral de Chile, ubicada 6 km al Norte de la ciudad de Valdivia entre los paralelos  $39^{\circ} 47' 46''$  y  $39^{\circ} 48' 54''$  latitud sur y entre los meridianos  $73^{\circ} 13' 13''$  y  $73^{\circ} 12' 24''$  longitud oeste.

#### 3.2 Duración del ensayo.

La investigación se realizó con material cosechado, obtenido desde un ensayo de campo entre el 16 de abril de 1999 y el 16 de mayo del 2001.

#### 3.3 Antecedentes climáticos y edáficos.

Según la clasificación de las ecoregiones propuesta por GASTO *et al.* (1990), esta zona pertenece al Reino Templado, Dominio Húmedo, Provincia de verano fresco. NISSEN (1976), indica que el sitio del ensayo corresponde a un suelo Trumao de la Serie Valdivia de topografía ligeramente ondulada y sin problemas de drenaje. Este suelo está clasificado como medial, mesic, Typic Hapludand (SOIL SURVERY STAFF, 1992).

En el Cuadro 8 se muestran los resultados de los análisis químicos de suelo a 20 cm de profundidad, realizados en tres épocas diferentes a través del tiempo.

**CUADRO 8 Análisis químico del suelo**

	03/99	07/00	06/01
pH (1: 2,5) agua	5,2	5,9	6,0
pH (1: 2,5) CaCl <sub>2</sub> 0,01 M	4,8	5,4	5,4
Materia orgánica ( % )	12,8	17,5	17,5
N mineral (mg kg <sup>-1</sup> N - NO <sub>3</sub> )	49,0	8,0	8,0
Fósforo aprovechable (mg kg <sup>-1</sup> P- Olsen)	16,5	12,2	12,2
Potasio intercambiable (mg kg <sup>-1</sup> )	289	273	273
Sodio intercambiable (cmol kg <sup>-1</sup> de suelo)	0,11	0,04	0,04
Calcio intercambiable (cmol kg <sup>-1</sup> de suelo)	3,15	9,21	9,20
Magnesio intercambiable (cmol kg <sup>-1</sup> de suelo)	0,62	0,61	0,59
Suma bases intercambiable (cmol kg <sup>-1</sup> de suelo)	4,62	10,6	10,55
Aluminio intercambiable (cmol kg <sup>-1</sup> de suelo)	0,19		0,19
Saturación de aluminio ( % )	4,0		1,90

Las cantidades de fertilizante utilizadas durante el ensayo se muestran en el Cuadro 9. El objetivo de la fertilización utilizada fue permitir que los cultivos se desarrollarán en un ambiente en el cual la fertilización no fuese limitante para un potencial productivo de 14 t MS/ha.

**CUADRO 9 Dosis y productos aplicados al ensayo.**

Nutriente	Dosis (kg ha <sup>-1</sup> )		Producto usado
	Año 1	Año 2	
CaCO <sub>3</sub>	4000	0	Soprocál
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	140	70	Super fosfato triple
N	230	220	Hidrosulfan, Nitrocan
K <sub>2</sub> O	120	70	Muriato de Potasio
MgO	25	0	Solpomag
S	30	0	Solpomag, Hidrosulfan
Otros (Mezcla)	25	25	Microelementos Fröhlich
			Composición:
			MgSO <sub>4</sub> 20%
			MgO 20%
			Borax 25%
			ZnSO <sub>4</sub> 10%
			Trióxido de Mo 1%
			CaCO <sub>3</sub> 24%



Los registros mensuales de temperatura, precipitaciones y humedad se muestran en el Cuadro 10.

**CUADRO 10** Temperaturas, Precipitaciones y Humedad relativa registradas en Valdivia. Período abril de 1999 a mayo de 2001.<sup>1</sup>

Mes/año	Temperatura (°C)			Precipitación (mm)		H,R %
	media	máxima	mínima	mensual	histórica	
Abr-99	12,2	18,2	7,9	45,9	157,8	80,0
May-99	9,8	14,2	6,8	244,4	344,2	88,0
Jun-99	7,3	11,0	4,6	421,2	367,5	90,0
Jul-99	6,9	10,9	3,9	244,9	373,3	89,0
Ago-99	9,5	14,1	6,1	454,6	300,2	85,0
Sep-99	10,2	14,7	6,9	265,4	186,6	86,0
Oct-99	12,8	19,8	7,2	45,8	142,5	74,0
Nov-99	14,7	20,8	9,3	105,4	98,1	74,0
Dic-99	16,2	22,2	10,2	67,3	90,2	69,0
Ene-00	16,7	22,7	10,8	31,7	66,9	71,0
Feb-00	16,1	22,1	11,0	219,0	55,8	75,0
Mar-00	13,8	20,2	8,9	84,2	79,0	77,0
Abr-00	12,0	16,8	8,6	145,5	157,8	86,0
May-00	10,3	14,6	7,3	181,9	344,2	90,0
Jun-00	8,9	6,6	12,0	934,8	380,7	92,2
Jul-00	7,1	4,0	11,3	142,0	369,9	87,5
Ago-00	8,8	5,3	13,8	239,0	309,2	84,5
Sep-99	8,8	4,9	14,1	214,9	189,2	83,4
Oct-00	12,5	7,7	18,7	133,1	141,4	77,0
Nov-00	13,2	8,2	18,8	125,8	100,5	72,4
Dic-00	15,3	9,7	21,0	70,3	90,6	68,7
Ene-01	16,2	10,8	21,8	143,0	64,9	71,7
Feb-01	17,0	11,4	23,5	39,6	61,1	71,8
Mar-01	14,4	9,2	20,8	76,6	79,9	78,7
Abr-01	11,3	7,6	16,4	97,6	158,8	83,8
May-01	10,1	7,2	14,0	361,2	337,2	90,4

<sup>1</sup> ESTACIÓN METEOROLÓGICA ISLA TEJA, VALDIVIA. 2002. Instituto de Geociencias, Universidad Austral de Chile. Comunicación personal.

### 3.4 Material experimental.

Se utilizó como material experimental nueve cultivares de la especie *Lolium perenne*, los cultivares Quartet, Aries, Gwendal, Pastoral, Anita, Jumbo y como control se utilizaron los cultivares Nui y Yatsyn.

Las características referidas a la ploidia y al lugar de origen de las variedades a analizar se muestran en el Cuadro 11, y los rendimientos de materia seca obtenidos en los dos años de evaluación se muestran en el Cuadro 12.

**CUADRO 11 Ploidia y lugar de origen de los cultivares analizados.**

Variedad	Ploidia	Lugar de origen
Napoleón	4 n	Países Bajos
Anita	4 n	Nueva Zelandia
Quartet	4 n	Nueva Zelandia
Gwendal	4 n	Francia
Pastoral	4 n	Gran Bretaña
Jumbo	2 n	Países Bajos
Aries	2 n	Nueva Zelandia
Nui	2 n	Nueva Zelandia
Yatsin	2 n	Nueva Zelandia

### 3.5 Establecimiento de las parcelas.

La siembra de los cultivares de *Lolium perenne* se realizó el 16 de abril del año 1999 con una sembradora planet junior y en una dosis de semilla de 30 kg/ha.

### 3.6 Parámetros evaluados.

Durante el ensayo se realizaron 13 cortes a las parcelas. El criterio de corte fue cuando la pradera de la especie control alcanzó un promedio de 25 cm de altura o transcurridos 60 días del último corte. Las fechas de los cortes se muestran en el Cuadro 13.

**CUADRO 12 Producción de materia seca de los nueve cultivares a través de los cortes y total acumulado(kg MS/ha)**

Cultivar	Cortes primer año de evaluación						Total Acumulado
	Primero 22/09/99	Segundo 20/10/99	Tercero 24/11/99	Cuarto 18/01/00	Quinto 16/03/00	Sexto 16/05/00	
Nui	1182	1867	2943	2504	2799	1956	13251
Quartet	1115	1880	2478	2322	2662	1720	12177
Anita	890	2122	3084	2229	2812	1654	12791
Aries	982	2082	2793	2116	2325	1669	11968
Jumbo	819	1952	3485	3186	1885	1527	12855
Gwendal	623	1711	2722	2675	1861	1614	11207
Napoleon	721	1836	3166	2095	2221	1432	11471
Pastoral	659	1666	2463	2879	2043	1420	11130
Yatsyn	923	2120	2924	2005	2709	1901	12580

Cultivar	Cortes segundo año de evaluación <sup>2</sup>							Total Acumulado
	Primero 07/09/00	Segundo 03/10/00	Tercero 31/10/00	Cuarto 01/12/00	Quinto 19/01/01	Sexto 17/03/01	Séptimo	
Nui	453	757	2115	2699	1438	1218	880	9559
Quartet	478	742	1777	2660	1125	1043	1404	9230
Anita	357	761	1393	1890	1309	1136	1075	7921
Aries	426	603	2206	2416	1290	930	1011	8883
Jumbo	564	1025	2338	2340	1108	1082	1017	9474
Gwendal	675	867	1666	2271	1198	924	1053	8654
Napoleon	478	1112	1562	2146	804	623	683	7409
Pastoral	611	746	1366	2103	745	723	950	7242
Yatsyn	648	861	1800	1951	1300	1180	1102	8842

Fuente: Isla, 2000,

**CUADRO 13 Fechas de los cortes realizados**

Primero 22/09/99	Segundo 20/10/99	Tercero 24/11/99	Cuarto 18/1/00	Quinto 16/3/00	Sexto 16/5/00
Séptimo 07/09/00	Octavo 03/10/00	Noveno 31/10/00	Décimo 01/12/00	Undécimo 19/01/01	Duodécimo 17/3/01

Las muestras de material aéreo recolectadas fueron molidas y secadas a 60 °C. Los parámetros evaluados y métodos usados se muestran en el Cuadro 14.

<sup>2</sup> ILHARREGUY, A. (2002). Universidad Austral de Chile. Valdivia. Comunicación personal.

**CUADRO 14 Análisis a evaluar y métodos aplicados**

Análisis	Método	Referencia
<i>MACRONUTRIENTES</i>		
Nitrogeno (N)	Micro-Kjeldhal	SOCIEDAD CHILENA DE LA CIENCIA DEL SUELO (2000)
Fosforo (P)	Calcinación y colorimetría del fosfovanado-molibdico	
Potasio (K) Calcio (Ca) Magnesio (Mg)	Calcinación y espectrofometría de absorción y emisión atómica	SOCIEDAD CHILENA DE LA CIENCIA DEL SUELO (2000)
Azufre (S)	Oxidación de S orgánico con MgNO <sub>3</sub> , calcinación y turbidez con Cloruro de Bario	ROWELL (2000)
<i>MICRONUTRIENTES</i>		
Fierro (Fe) Zinc (Zn) Cobre (Cu) Manganeso (Mn)	Calcinación y espectrofometría de absorción y emisión atómica	SOCIEDAD CHILENA DE LA CIENCIA DEL SUELO (2000)
Boro (B)	Calcinación y colorimetría con Azometina H	SOCIEDAD CHILENA DE LA CIENCIA DEL SUELO (2000)
<i>OTROS</i>		
Aluminio (Al)	Calcinación y espectrofometría de absorción y emisión atómica	SADZAWKA (1990)

### 3.7 Diseño experimental y análisis estadístico.

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con nueve tratamientos (cultivares) y tres repeticiones. Para comparar los nueve cultivares se utilizó el siguiente diseño estadístico (STEEL y TORRIE, 1988);

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \epsilon_{ij} , \quad (3.1)$$

Donde:

$Y_{ij}$  es la observación  $i$ -ésima bajo el tratamiento  $j$ -ésimo.

$\mu$  es la media poblacional.

$\tau_i$  es el efecto del  $i$ -ésimo tratamiento.

$\beta_j$  el efecto del  $j$ -ésimo bloque, y

$\varepsilon_{ij}$  es el error experimental.

Los datos fueron sometidos a un análisis de varianza y los promedios fueron comparados con una prueba de Tukey con un 5% de significancia.

## 4. PRESENTACION DE RESULTADOS

### 4.1 Variación de la concentración mineral a través del año en cultivares de ballica perenne

La concentración mineral se expresa en porcentaje (%; g/100g) para los macronutrientes, y en partes por millón (ppm; mg kg<sup>-1</sup>) en el caso de los micronutrientes. Los valores medidos desde el ensayo de campo se presentan por cada elemento evaluado y en dos temporadas de estudio.

**4.1.1 Nitrógeno.** En el Cuadro 15 se muestra la variación de la concentración de N a través de cada uno de los cortes realizados a las ballicas perennes.

Se observó (Cuadro 15) que no hubo diferencias significativas entre los cultivares respecto a las concentraciones de N en cada uno de los cortes para los dos períodos analizados. De esta forma, se puede suponer que el comportamiento observado es un comportamiento general propio de la especie, en las condiciones de manejo de este ensayo.

Los valores promedios de N de los cultivares en cada uno de los cortes, se presenta en el Cuadro 16.

En la Figura 1, se presenta, además, la desviación estándar de cada una de las medias, obtenidas a través del tiempo.

**CUADRO 15. Concentración de N de los cultivares (%)**

Cortes en el primer período						
Tratamiento	1	2	3	4	5	6
Anita	3,55 a	2,89 a	2,62 a	1,97 a	2,37 a	3,29 a
Aries	3,39 a	2,84 a	2,65 a	1,78 a	2,25 a	3,38 a
Gwendal	2,89 a	2,75 a	2,47 a	1,59 a	2,26 a	3,10 a
Jumbo	3,45 a	3,11 a	2,69 a	1,77 a	2,63 a	3,20 a
Napoleon	3,31 a	3,04 a	2,17 a	1,86 a	2,54 a	3,49 a
Nui	3,23 a	2,81 a	2,54 a	1,98 a	2,36 a	3,20 a
Pastoral	3,33 a	2,89 a	2,35 a	1,64 a	2,40 a	3,31 a
Quartet	3,23 a	2,86 a	2,42 a	1,82 a	2,18 a	3,19 a
Yatsin	3,34 a	2,81 a	2,43 a	1,79 a	2,24 a	3,30 a
Pr>F	0,774	0,918	0,809	0,569	0,836	0,617

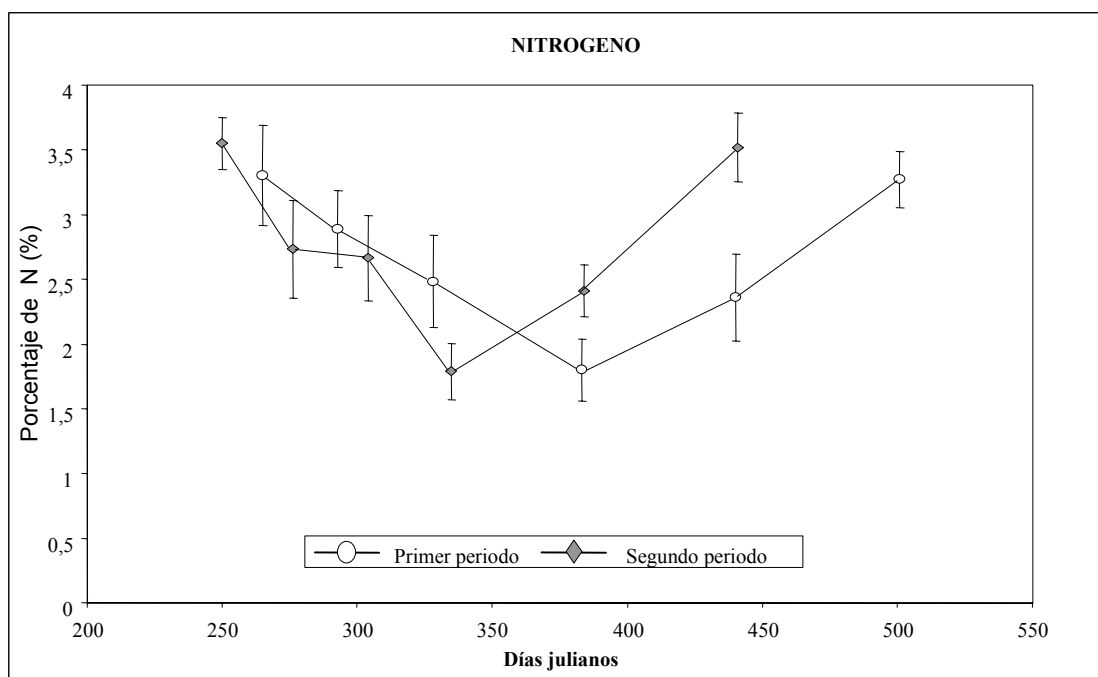
Cortes en el segundo período						
Tratamiento	1	2	3	4	5	6
Anita	3,74 a	3,22 a	2,67 a	1,87 a	2,53 a	3,51 a
Aries	3,49 a	3,02 a	2,66 a	1,90 a	2,38 a	3,47 a
Gwendal	3,63 a	2,68 a	2,94 a	1,80 a	2,52 a	3,68 a
Jumbo	3,46 a	2,72 a	2,54 a	1,57 a	2,40 a	3,25 a
Napoleon	3,73 a	2,61 a	2,72 a	1,67 a	2,50 a	3,51 a
Nui	3,50 a	2,69 a	2,57 a	2,03 a	2,48 a	3,50 a
Pastoral	3,47 a	2,51 a	2,64 a	1,71 a	2,31 a	3,78 a
Quartet	3,44 a	2,62 a	2,75 a	1,76 a	2,39 a	3,49 a
Yatsin	3,51 a	2,55 a	2,49 a	1,79 a	2,21 a	3,48 a
Pr>F	0,450	0,331	0,905	0,322	0,600	0,552

Diferente letra dentro de columnas indican diferencias significativas (Tukey < 5%)

**CUADRO 16. Valores promedios de N (%).**

Cortes	1	2	3	4	5	6
Primer período	3,30 a	2,89 b	2,48 c	1,80 d	2,36 c	3,27 a
Segundo período	3,55 a	2,73 b	2,67 b	1,79 d	2,41 c	3,53 a

Letras diferentes dentro de filas indican diferencias entre medias (Tukey, 5%)



**FIGURA 1. Variación estacional de la concentración de N.**

En general, se observó que existe un patrón de variación del N a través del tiempo, detectado en las diferencias significativas en la concentración de N a través de los cortes. En ambas temporadas, los valores más bajos de concentración se presentaron en el período de verano, en tanto que los valores más altos se determinaron a principios de invierno y durante la primavera.

**4.1.2 Fosforo.** En el Cuadro 17 se muestra la variación de la concentración de P, por cultivar a través de cada uno de los cortes, realizados a las ballicas perennes.

Se observa en el Cuadro 17 que no hubo diferencias significativas entre los cultivares respecto a las concentración de P, en cada uno de los cortes, para los dos períodos analizados. Por lo tanto, se puede argumentar que al menos para las condiciones de este ensayo, hay un comportamiento general, propio de la especie en relación a la concentración de P.



**CUADRO 17. Concentración de P de los cultivares (%)**

Cortes en el primer período						
Tratamiento	1	2	3	4	5	6
Anita	0,30 a	0,29 a	0,21 a	0,10 a	0,18 a	0,29 a
Aries	0,28 a	0,26 a	0,20 a	0,10 a	0,21 a	0,29 a
Gwendal	0,28 a	0,27 a	0,20 a	0,12 a	0,20 a	0,29 a
Jumbo	0,26 a	0,24 a	0,19 a	0,12 a	0,21 a	0,26 a
Napoleon	0,29 a	0,27 a	0,20 a	0,11 a	0,22 a	0,30 a
Nui	0,30 a	0,30 a	0,20 a	0,11 a	0,19 a	0,29 a
Pastoral	0,29 a	0,26 a	0,18 a	0,11 a	0,19 a	0,28 a
Quartet	0,27 a	0,25 a	0,18 a	0,10 a	0,17 a	0,27 a
Yatsin	0,32 a	0,28 a	0,22 a	0,12 a	0,19 a	0,28 a
Pr>F	0,982	0,589	0,605	0,881	0,661	0,892

Cortes en el segundo período						
Tratamiento	1	2	3	4	5	6
Anita	0,35 a	0,31 a	0,33 a	0,21 a	0,25 a	0,25 a
Aries	0,33 a	0,30 a	0,32 a	0,21 a	0,23 a	0,25 a
Gwendal	0,35 a	0,34 a	0,35 a	0,25 a	0,26 a	0,26 a
Jumbo	0,29 a	0,28 a	0,32 a	0,23 a	0,23 a	0,25 a
Napoleon	0,35 a	0,34 a	0,34 a	0,22 a	0,24 a	0,25 a
Nui	0,34 a	0,31 a	0,33 a	0,19 a	0,23 a	0,25 a
Pastoral	0,30 a	0,29 a	0,33 a	0,21 a	0,28 a	0,26 a
Quartet	0,32 a	0,29 a	0,33 a	0,20 a	0,22 a	0,28 a
Yatsin	0,34 a	0,32 a	0,30 a	0,19 a	0,23 a	0,30 a
Pr>F	0,787	0,819	0,978	0,781	0,630	0,529

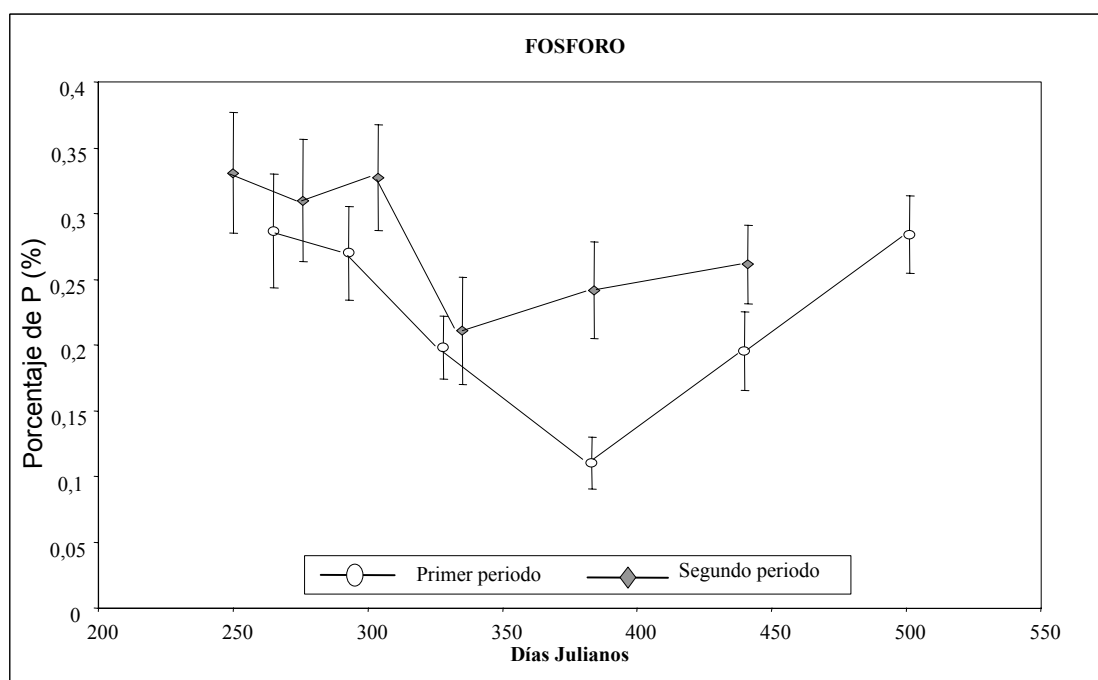
Diferente letra dentro de columnas indican diferencias significativas (Tukey < 5%)

Los valores promedios de P de los cultivares en cada uno de los cortes, se presenta en el Cuadro 18. En la Figura 2, se observa además la desviación estándar de cada una de las medias obtenidas a través del tiempo.

**CUADRO 18. Valores promedios de P (%)**

Cortes	1	2	3	4	5	6
Primer período	0,29 a	0,27 a	0,20 b	0,11 c	0,20 b	0,28 a
Segundo período	0,33 a	0,31 a	0,33 a	0,21 c	0,24 bc	0,26 b

Letras diferentes dentro de filas indican diferencias entre medias (Tukey, 5%)

**FIGURA 2. Variación estacional de la concentración de P.**

Se observó, en general, que existe un patrón de variación de la concentración de P que es evidenciado en las diferencias significativas entre cortes. Sin embargo, este patrón pareciera estar influenciado por las condiciones hídricas, ya que al observar la Figura 2, hay un manifiesto desfase en las concentraciones de P, entre las dos temporadas de estudio. Este tópico será analizado más adelante al evaluar las variaciones de nutrientes entre las dos temporadas de estudio. La concentración de P alcanza los valores más altos durante la primavera y principios de invierno, descendiendo progresivamente hasta alcanzar los valores más bajos, a principios de verano.

**4.1.3 Potasio.** En el Cuadro 19 se muestran las concentraciones de K (%) para cada uno de los tratamientos evaluados.

En el Cuadro 19, se observa que no hubo diferencias significativas entre los tratamientos respecto a las concentración de K en ninguno de los cortes, en ambos períodos. Por lo tanto, existió un comportamiento general, que es propio de la especie y no de los cultivares.

**CUADRO 19. Concentración de K de los cultivares (%).**

Cortes en el primer período						
Tratamiento	1	2	3	4	5	6
Anita	4,14 a	4,30 a	4,18 a	2,66 a	3,62 a	3,59 a
Aries	3,93 a	3,39 a	3,34 a	1,91 a	2,42 a	3,18 a
Gwendal	3,56 a	3,91 a	3,56 a	1,88 a	2,23 a	3,22 a
Jumbo	3,36 a	3,65 a	3,56 a	2,02 a	2,14 a	2,86 a
Napoleon	3,48 a	4,04 a	5,44 a	1,73 a	3,14 a	3,31 a
Nui	3,52 a	3,72 a	3,16 a	2,00 a	2,45 a	2,89 a
Pastoral	3,37 a	3,54 a	3,40 a	2,02 a	2,10 a	2,57 a
Quartet	3,85 a	3,95 a	3,91 a	2,30 a	2,04 a	3,04 a
Yatsin	3,66 a	4,01 a	3,42 a	2,19 a	2,52 a	3,10 a
Pr>F	0,353	0,774	0,057	0,236	0,226	0,617
Cortes en el segundo período						
Tratamiento	1	2	3	4	5	6
Anita	4,23 a	4,03 a	3,90 a	2,65 a	2,13 a	3,59 a
Aries	3,80 a	3,47 a	3,56 a	2,76 a	1,90 a	2,33 a
Gwendal	4,53 a	3,47 a	4,15 a	2,16 a	2,13 a	2,62 a
Jumbo	3,86 a	3,79 a	3,31 a	2,92 a	1,70 a	2,65 a
Napoleon	4,05 a	3,26 a	4,40 a	2,65 a	2,09 a	3,04 a
Nui	3,67 a	3,51 a	3,51 a	2,60 a	2,45 a	3,04 a
Pastoral	3,99 a	3,47 a	3,29 a	2,93 a	1,48 a	2,70 a
Quartet	4,18 a	3,30 a	3,79 a	2,26 a	2,08 a	2,86 a
Yatsin	4,25 a	3,49 a	3,32 a	2,23 a	1,87 a	2,83 a
Pr>F	0,629	0,744	0,487	0,452	0,382	0,468

Diferente letra dentro de columnas indican diferencias significativas (Tukey < 5%)

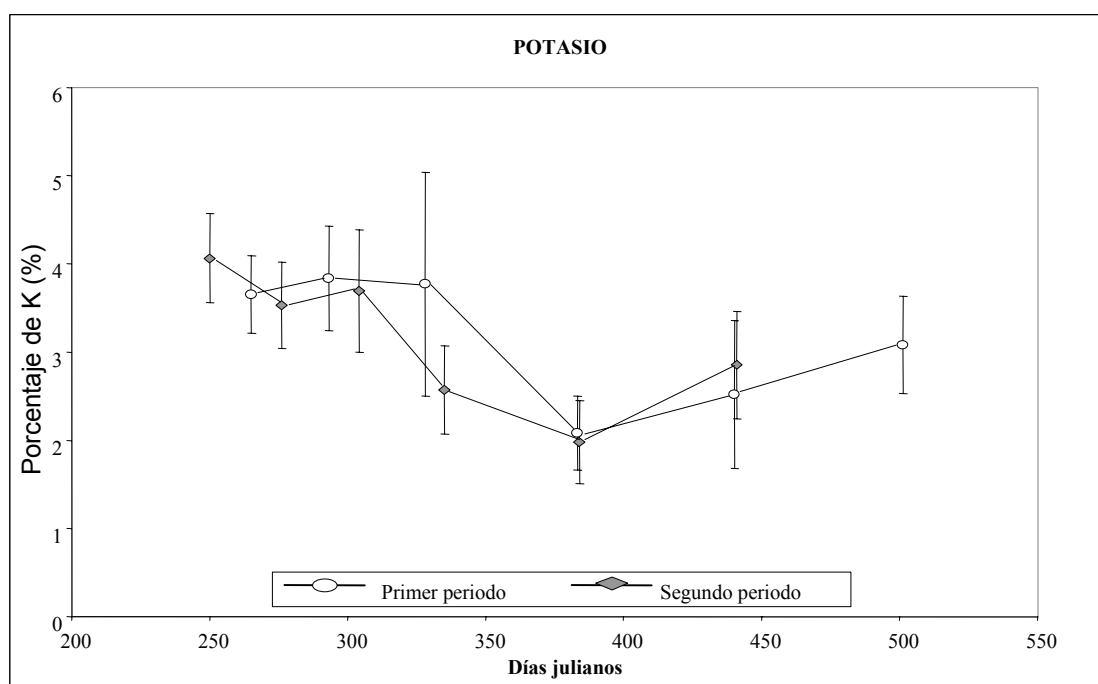
El Cuadro 20 muestra los valores promedios de K de los tratamientos para cada uno de los cortes. Además, en la Figura 3 aparece la desviación estándar para cada una de las medias obtenidas a través del tiempo.

**CUADRO 20. Valores promedios de K (%).**

Cortes	1	2	3	4	5	6
Primer período	3,65 a	3,84 a	3,77 a	2,08 d	2,51 c	3,08 b
Segundo período	4,07 a	3,53 b	3,69 ab	2,57 c	1,98 d	2,85 c

Letras diferentes dentro de filas indican diferencias entre medias (Tukey, 5%)

Se observó un patrón de variación a través del tiempo, el cual es detectado en las diferencias significativas de las concentraciones de K a través de los cortes (Cuadro 20).



**FIGURA 3. Variación estacional de la concentración de K.**

En ambas temporadas los valores más altos se concentran durante todo el período de primavera, para luego descender alcanzando los valores más

bajos a mediados de verano, observándose una disminución más pronunciada en la concentración de K durante la segunda temporada.

**4.1.4 Calcio.** Al observar el Cuadro 21 se aprecia que en el primer período hubo diferencias significativas en cada uno de los cortes. En el segundo año solo se aprecian diferencias en el segundo corte

**CUADRO 21. Concentración de Ca de los cultivares (%)**

Cortes en el primer período						
Tratamiento	1	2	3	4	5	6
Anita	0,48 b	0,53 b	0,51 b	0,57 ab	0,41 b	0,27 b
Aries	0,53 ab	0,51 b	0,56 b	0,50 b	0,46 b	0,38 a
Gwendal	0,57 ab	0,56 b	0,60 ab	0,56 ab	0,56 ab	0,30 ab
Jumbo	0,64 a	0,76 a	0,71 a	0,65 ab	0,74 a	0,36 ab
Napoleon	0,55 ab	0,59 ab	0,55 b	0,52 b	0,52 b	0,29 ab
Nui	0,63 a	0,62 ab	0,59 ab	0,59 ab	0,51 b	0,34 ab
Pastoral	0,52 ab	0,59 ab	0,57 ab	0,58 ab	0,57 ab	0,30 ab
Quartet	0,55 ab	0,60 ab	0,53 b	0,61 ab	0,42 b	0,30 ab
Yatsin	0,58 ab	0,65 ab	0,61 ab	0,70 a	0,54 ab	0,33 ab
Pr>F	0,030	0,008	0,009	0,030	0,002	0,014

Cortes en el segundo período						
Tratamiento	1	2	3	4	5	6
Anita	0,47 a	0,36 b	0,49 a	0,37 a	0,44 a	0,48 a
Aries	0,33 a	0,45 ab	0,44 a	0,40 a	0,41 a	0,47 a
Gwendal	0,52 a	0,49 ab	0,46 a	0,44 a	0,48 a	0,58 a
Jumbo	0,43 a	0,62 a	0,52 a	0,42 a	0,46 a	0,59 a
Napoleon	0,36 a	0,42 ab	0,45 a	0,42 a	0,45 a	0,46 a
Nui	0,40 a	0,41 ab	0,46 a	0,43 a	0,53 a	0,54 a
Pastoral	0,34 a	0,44 ab	0,51 a	0,44 a	0,56 a	0,53 a
Quartet	0,37 a	0,43 ab	0,45 a	0,34 a	0,44 a	0,49 a
Yatsin	0,44 a	0,49 ab	0,52 a	0,44 a	0,44 a	0,53 a
Pr>F	0,638	0,036	0,200	0,437	0,306	0,122

Diferente letra dentro de columnas indican diferencias significativas (Tukey < 5%)

Las diferencias entre los cultivares en este nutriente sugiere que el comportamiento observado no obedece a un comportamiento general de la especie. Es posible que la ploidía influya en la absorción de Ca, ya que las plantas tetraploides presentán menor grosor de la pared celular que las plantas diploides (WESTWOOD y ARNST, 2000). Para evaluar esta posibilidad se compararon cultivares diploides versus cultivares tetraploides.

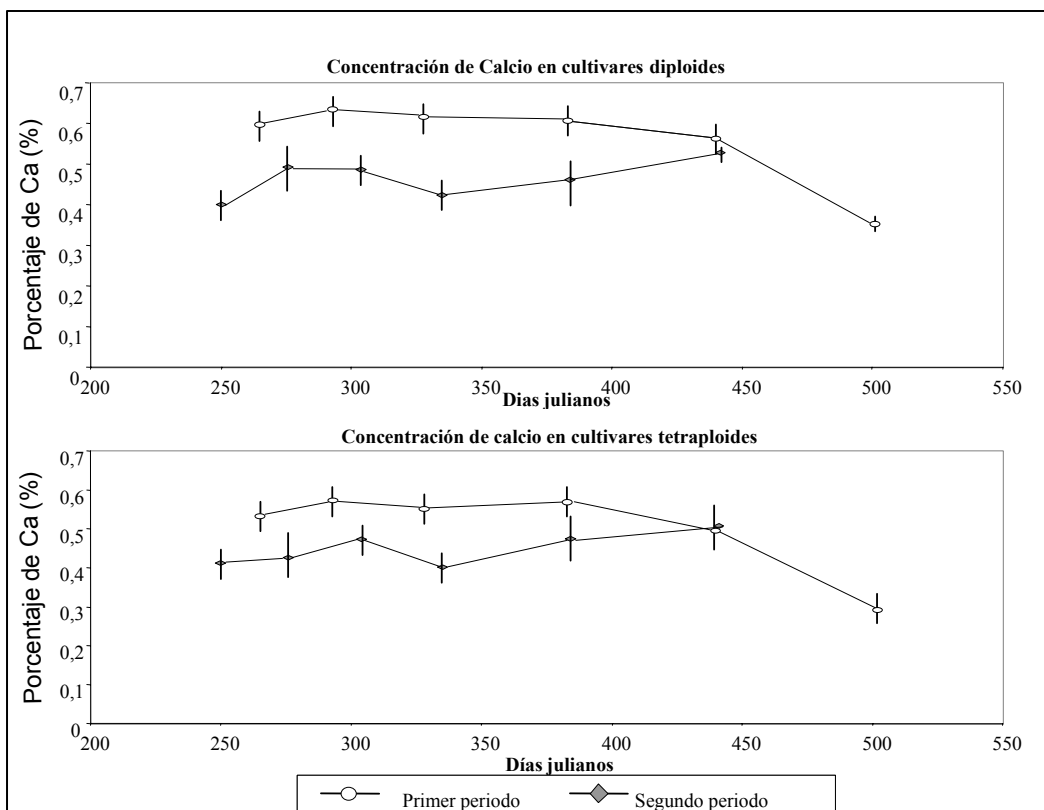
Al analizar el efecto de la variable tipo de ploidia se puede apreciar en el Cuadro 22 que hay diferencias significativas entre las variedades diploides y las tetraploides detectadas solamente durante la primera temporada, siendo los cultivares diploides los que presentan la mayor concentración de Ca.

En la Figura 4 se observa que en la primera temporada las concentraciones de Ca alcanzan valores más altos que durante la segunda temporada, en ambos tipos de ploidia, probablemente debido a un importante efecto de la aplicación de cuatro toneladas de Ca durante el primer período. También, es posible observar que el patrón de variación es el mismo independiente del tipo de ploidia, y que esta variación es prácticamente constante, presentando solamente una disminución en la concentración a mediados y final de otoño.

**CUADRO 22. Influencia del tipo de ploidia sobre la concentración de Ca.**

Concentración de calcio (%)	PLOIDIA		Pr>F
	Diploide	Tetraploide	
Primer período	0.56 a	0,50 b	0,003
Segundo período	0,47 a	0.45 a	0,228

Letras diferentes dentro de filas indican diferencias entre medias (Tukey, 5%)



**FIGURA 4. Graficos de concentración de Ca según tipo de ploidia.**

#### 4.1.5 Magnesio

El Cuadro 23 muestra las concentraciones de Mg (%) para cada uno de los tratamientos evaluados.

En el Cuadro 23 se observa que no hubo diferencias significativas entre los cultivares evaluados respecto a la concentración de Mg, salvo las que se observan en el tercer corte del segundo período.

**CUADRO 23. Concentración de Mg de los cultivares (%)**

Cortes en el primer período						
Tratamiento	1	2	3	4	5	6
Anita	0,16 a	0,19 a	0,19 a	0,22 a	0,17 a	0,17 a
Aries	0,17 a	0,17 a	0,21 a	0,22 a	0,19 a	0,15 a
Gwendal	0,14 a	0,14 a	0,19 a	0,19 a	0,18 a	0,16 a
Jumbo	0,14 a	0,16 a	0,19 a	0,19 a	0,19 a	0,14 a
Napoleon	0,15 a	0,18 a	0,19 a	0,18 a	0,19 a	0,17 a
Nui	0,17 a	0,19 a	0,20 a	0,24 a	0,19 a	0,18 a
Pastoral	0,15 a	0,16 a	0,18 a	0,21 a	0,20 a	0,16 a
Quartet	0,15 a	0,19 a	0,20 a	0,22 a	0,16 a	0,17 a
Yatsin	0,16 a	0,18 a	0,20 a	0,23 a	0,20 a	0,18 a
Pr>F	0,752	0,152	0,754	0,331	0,483	0,139
Cortes en el segundo período						
Tratamiento	1	2	3	4	5	6
Anita	0,19 a	0,17 a	0,18 ab	0,14 a	0,15 a	0,20 a
Aries	0,19 a	0,17 a	0,19 ab	0,17 a	0,15 a	0,20 a
Gwendal	0,20 a	0,16 a	0,19 ab	0,17 a	0,18 a	0,21 a
Jumbo	0,18 a	0,15 a	0,19 ab	0,15 a	0,15 a	0,18 a
Napoleon	0,18 a	0,17 a	0,20 ab	0,16 a	0,18 a	0,19 a
Nui	0,18 a	0,17 a	0,19 ab	0,15 a	0,22 a	0,20 a
Pastoral	0,19 a	0,15 a	0,21 ab	0,16 a	0,19 a	0,20 a
Quartet	0,20 a	0,17 a	0,22 a	0,16 a	0,18 a	0,23 a
Yatsin	0,18 a	0,15 a	0,16 b	0,16 a	0,16 a	0,22 a
Pr>F	0,886	0,624	0,037	0,363	0,425	0,179

Diferente letra dentro de columnas indican diferencias significativas (Tukey < 5%)

Estas diferencias no son consistentes, dado que no se manifestaron en la primera temporada. Por lo tanto, se supuso en este estudio, que el comportamiento observado fue similar entre los cultivares y obedece a un comportamiento general de la especie, y no es particular de los cultivares en estudio.

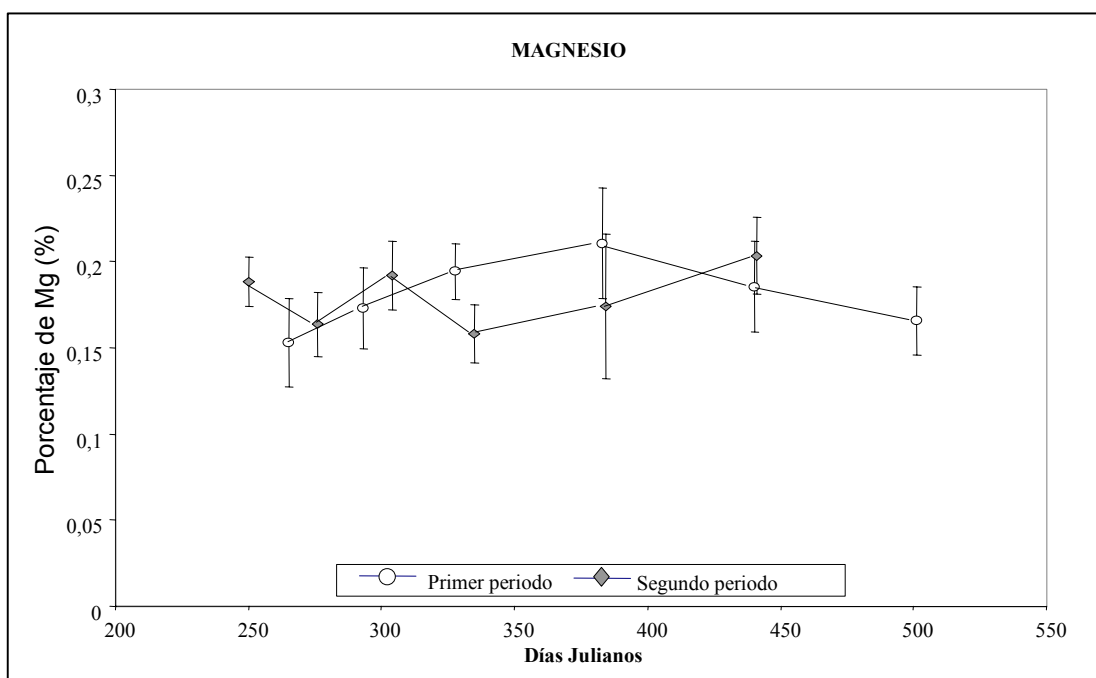


El Cuadro 24 muestra los promedios de Mg de los tratamientos para cada uno de los cortes, además la Figura 5 muestra la desviación estándar para cada una de las medias obtenidas a través del tiempo.

**CUADRO 24. Valores promedio de Mg (%).**

<b>Cortes</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
Primer período	0,15 e	0,17 cd	0,19 ab	0,21 a	0,18 bc	0,16 de
Segundo período	0,18 ab	0,16 cd	0,19 ab	0,15 c	0,17 bc	0,20 a

Letras diferentes dentro de filas indican diferencias entre medias (Tukey, 5%)



**FIGURA 5. Variación estacional de la concentración de Mg (%).**

A través de las diferencias significativas detectadas a través de los cortes se observa que no existe un patrón de variación definido de la concentración de Mg a través del tiempo. Además, la variación es menor que la observada en otros nutrientes como N, P y K, presentando valores similares a través del tiempo. Los valores más altos de concentración se encuentran a principios y

mediados de verano, mientras que los valores más bajos se encuentran a principios de primavera y final de otoño.

#### 4.1.6 Azufre

La concentración de S de los cultivares evaluados se muestra en el Cuadro 25.

**CUADRO 25. Concentración de S de los cultivares (%).**

Cortes en el primer período						
Tratamiento	1	2	3	4	5	6
Anita	0,28 a	0,20 a	0,18 a	0,12 a	0,24 a	0,29 a
Aries	0,30 a	0,21 a	0,18 a	0,11 a	0,24 a	0,32 a
Gwendal	0,29 a	0,19 a	0,17 a	0,11 a	0,29 a	0,30 a
Jumbo	0,31 a	0,22 a	0,20 a	0,11 a	0,28 a	0,26 a
Napoleon	0,29 a	0,19 a	0,15 a	0,13 a	0,28 a	0,29 a
Nui	0,31 a	0,21 a	0,18 a	0,12 a	0,24 a	0,29 a
Pastoral	0,31 a	0,22 a	0,17 a	0,13 a	0,30 a	0,30 a
Quartet	0,31 a	0,22 a	0,16 a	0,12 a	0,23 a	0,29 a
Yatsin	0,34 a	0,22 a	0,18 a	0,13 a	0,30 a	0,33 a
Pr>F	0,789	0,346	0,221	0,986	0,269	0,249

Cortes en el segundo período						
Tratamiento	1	2	3	4	5	6
Anita	0,26 a	0,23 a	0,24 a	0,15 a	0,30 ab	0,34 a
Aries	0,27 a	0,22 a	0,22 a	0,14 a	0,24 b	0,29 a
Gwendal	0,29 a	0,22 a	0,26 a	0,19 a	0,36 ab	0,35 a
Jumbo	0,28 a	0,22 a	0,26 a	0,18 a	0,30 ab	0,32 a
Napoleon	0,28 a	0,21 a	0,23 a	0,17 a	0,34 ab	0,34 a
Nui	0,25 a	0,22 a	0,22 a	0,14 a	0,28 ab	0,30 a
Pastoral	0,30 a	0,19 a	0,26 a	0,14 a	0,46 a	0,33 a
Quartet	0,28 a	0,22 a	0,22 a	0,13 a	0,36 ab	0,34 a
Yatsin	0,32 a	0,21 a	0,18 a	0,17 a	0,38 ab	0,35 a
Pr>F	0,327	0,896	0,119	0,453	0,021	0,725

Diferente letra dentro de columnas indican diferencias significativas (Tukey < 5%)

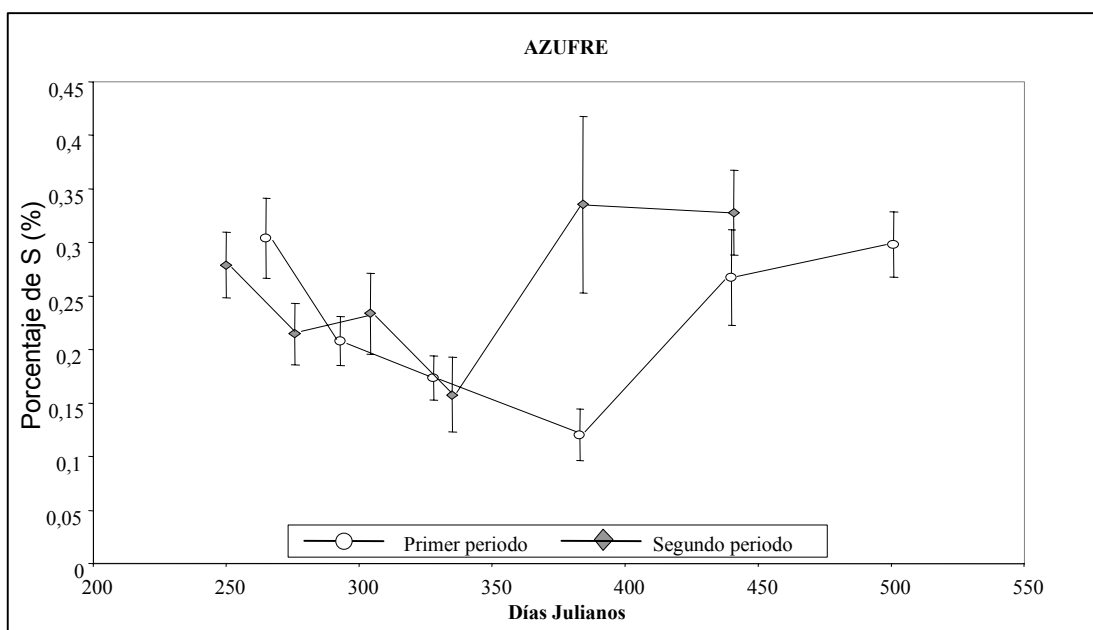
En las concentraciones de S de los distintos tratamientos no se encontraron diferencias significativas, por lo tanto, se puede manifestar que el comportamiento observado de los cultivares, es en realidad un comportamiento general de la especie.

Los valores promedios de S de ambos períodos se muestran en el Cuadro 26. Además en la Figura 6 aparece la desviación estándar para cada una de las medias obtenidas a través del tiempo.

**CUADRO 26. Valores promedios de S (%)**

Cortes	1	2	3	4	5	6
Primer período	0,30 a	0,20 c	0,17 d	0,12 e	0,26 b	0,29 a
Segundo período	0,27 b	0,21 c	0,23 c	0,15 d	0,33 a	0,32 a

Letras diferentes dentro de filas indican diferencias entre medias (Tukey, 5%)



**FIGURA 6. Variación estacional de la concentración de S.**

Se observa en general que existe un patrón de variación de la concentración de S que se hace evidente en las diferencias significativas entre cortes; sin embargo, este patrón pareciera estar influenciado por las condiciones hidricas, pues al observar la Figura 6, hay un manifiesto desfase en las concentraciones de S entre las dos temporadas de estudio, al igual que en el caso del P. Este topico, será analizado más adelante al ver las variaciones de nutrientes entre las dos temporadas de estudio. Las concentraciones de S alcanzan sus valores más altos durante la primavera y principios de invierno, mientras que los valores más bajos se encuentran a entradas y mediados de verano.

**4.1.7 Fierro** En el Cuadro 27 aparecen las concentraciones de fierro de la parte aérea de los cultivares evaluados.

Solamente se observan diferencias significativas entre los cultivares en el segundo corte del primer período, por lo tanto, las diferencias no son consistentes y se puede argumentar que el comportamiento observado seria un comportamiento general de la especie.

Los valores promedios de los tratamientos evaluados se muestran en el Cuadro 28.

Además en la Figura 7 se observa la desviación estandar para cada uno de las medias obtenidas a través del tiempo.

**CUADRO 27. Concentración de Fe de los cultivares (ppm).**

Cortes en el primer período						
Tratamiento	1	2	3	4	5	6
Anita	513 a	226 b	155 a	181 a	140 a	109 a
Aries	448 a	446 ab	160 a	157 a	127 a	116 a
Gwendal	523 a	465 ab	179 a	142 a	175 a	95 a
Jumbo	462 a	446 ab	153 a	140 a	189 a	109 a
Napoleon	518 a	318 ab	151 a	269 a	200 a	110 a
Nui	422 a	513 ab	146 a	179 a	135 a	152 a
Pastoral	564 a	608 ab	212 a	165 a	217 a	103 a
Quartet	659 a	813 a	241 a	207 a	142 a	104 a
Yatsin	514 a	385 ab	174 a	158 a	168 a	109 a
Pr>F	0,996	0,019	0,510	0,811	0,487	0,455

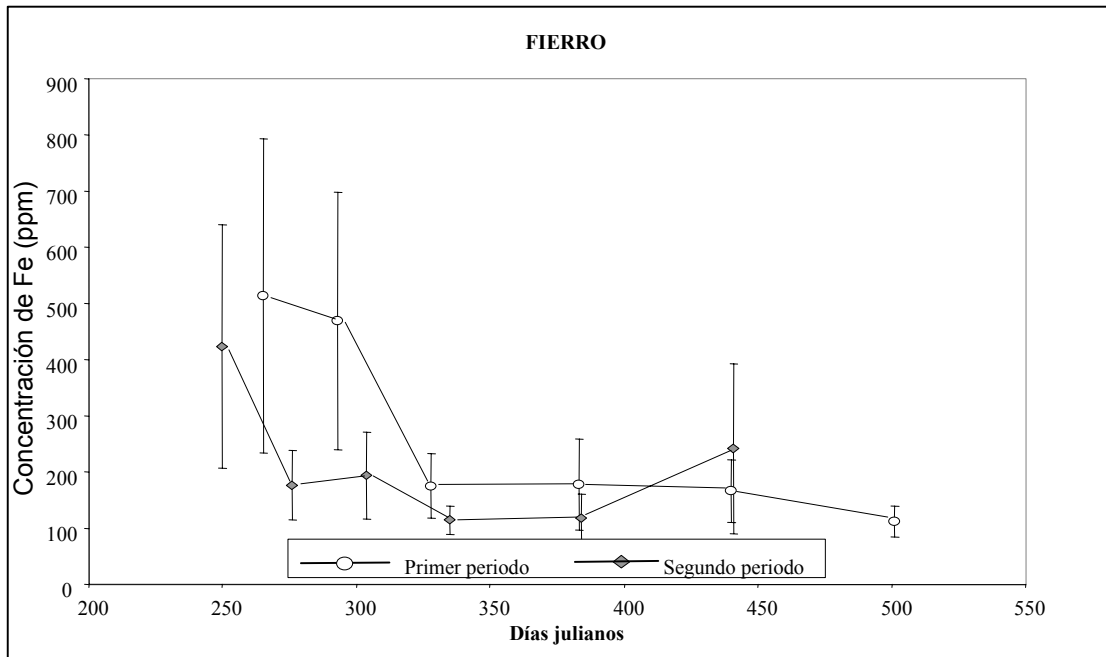
Cortes en el segundo período						
Tratamiento	1	2	3	4	5	6
Anita	569 a	173 a	184 a	111 a	132 a	645 a
Aries	504 a	205 a	153 a	114 a	116 a	556 a
Gwendal	296 a	201 a	159 a	134 a	110 a	262 a
Jumbo	405 a	204 a	160 a	107 a	135 a	447 a
Napoleon	374 a	154 a	228 a	114 a	127 a	299 a
Nui	589 a	226 a	140 a	103 a	81 a	352 a
Pastoral	227 a	107 a	181 a	107 a	109 a	168 a
Quartet	408 a	149 a	318 a	92 a	163 a	311 a
Yatsin	435 a	169 a	220 a	146 a	90 a	255 a
Pr>F	0,565	0,415	0,108	0,270	0,479	0,805

Diferente letra dentro de columnas indican diferencias significativas (Tukey < 5%)

**CUADRO 28. Valores promedios de Fe (ppm).**

Cortes	1	2	3	4	5	6
Primer período	514 a	469 a	175 b	178 b	166 b	112 b
Segundo período	423 a	176 b	194 b	114 b	118 b	241 ab

Letras diferentes dentro de filas indican diferencias entre medias (Tukey, 5%)



**FIGURA 7. Variación estacional de la concentración de Fe.**

Las diferencias significativas detectadas a través de los cortes muestran que existe un patrón de variación de la concentración de Fe a través del tiempo, concentrándose los valores más altos al comienzo del crecimiento primaveral, para ir declinando paulatinamente a medida que se avanza en la ontología de los cultivares.

**4.1.8 Cobre.** En el Cuadro 29 se observa que hay diferencias significativas en el tercer corte del segundo período, sin embargo en todos los demás cortes las diferencias entre cultivares no son significativas. Por lo tanto, al ser las diferencias no consistentes se puede suponer que el comportamiento observado es, en realidad, un comportamiento general propio de la especie, al menos para las condiciones de manejo de este ensayo.

**CUADRO 29. Concentración de Cu de los cultivares (ppm).**

Cortes en el primer período						
Tratamiento	1	2	3	4	5	6
Anita	16,0 a	14,5 a	10,2 a	6,7 a	7,3 a	9,6 a
Aries	17,4 a	13,3 a	9,2 a	7,0 a	5,7 a	9,1 a
Gwendal	13,3 a	11,4 a	8,4 a	7,9 a	7,0 a	8,3 a
Jumbo	17,7 a	11,5 a	11,7 a	8,5 a	7,6 a	9,9 a
Napoleon	17,2 a	14,9 a	7,6 a	6,8 a	7,0 a	9,1 a
Nui	18,0 a	15,7 a	9,3 a	7,3 a	6,6 a	9,1 a
Pastoral	18,0 a	11,6 a	9,1 a	6,9 a	7,4 a	9,8 a
Quartet	19,4 a	14,8 a	11,0 a	7,1 a	5,7 a	9,0 a
Yatsin	15,1 a	12,3 a	9,0 a	6,4 a	7,2 a	10,7 a
Pr>F	0,153	0,467	0,081	0,932	0,381	0,562
Cortes en el segundo período						
Tratamiento	1	2	3	4	5	6
Anita	15,8 a	10,2 a	7,4 ab	4,9 a	6,5 a	10,9 a
Aries	12,6 a	9,4 a	7,9 ab	5,7 a	5,7 a	11,8 a
Gwendal	13,4 a	8,7 a	8,9 a	4,2 a	6,2 a	11,7 a
Jumbo	13,7 a	9,4 a	7,6 ab	5,1 a	3,9 a	11,3 a
Napoleon	12,9 a	11,1 a	7,8 ab	4,5 a	4,0 a	11,8 a
Nui	13,5 a	9,9 a	6,7 b	5,6 a	4,7 a	11,2 a
Pastoral	13,4 a	7,2 a	6,8 ab	5,1 a	5,2 a	13,7 a
Quartet	13,5 a	8,2 a	7,9 ab	4,8 a	5,2 a	10,3 a
Yatsin	13,7 a	8,0 a	6,8 ab	5,6 a	4,6 a	11,2 a
Pr>F	0,050	0,569	0,039	0,442	0,844	0,450

Diferente letra dentro de columnas indican diferencias significativas (Tukey < 5%)

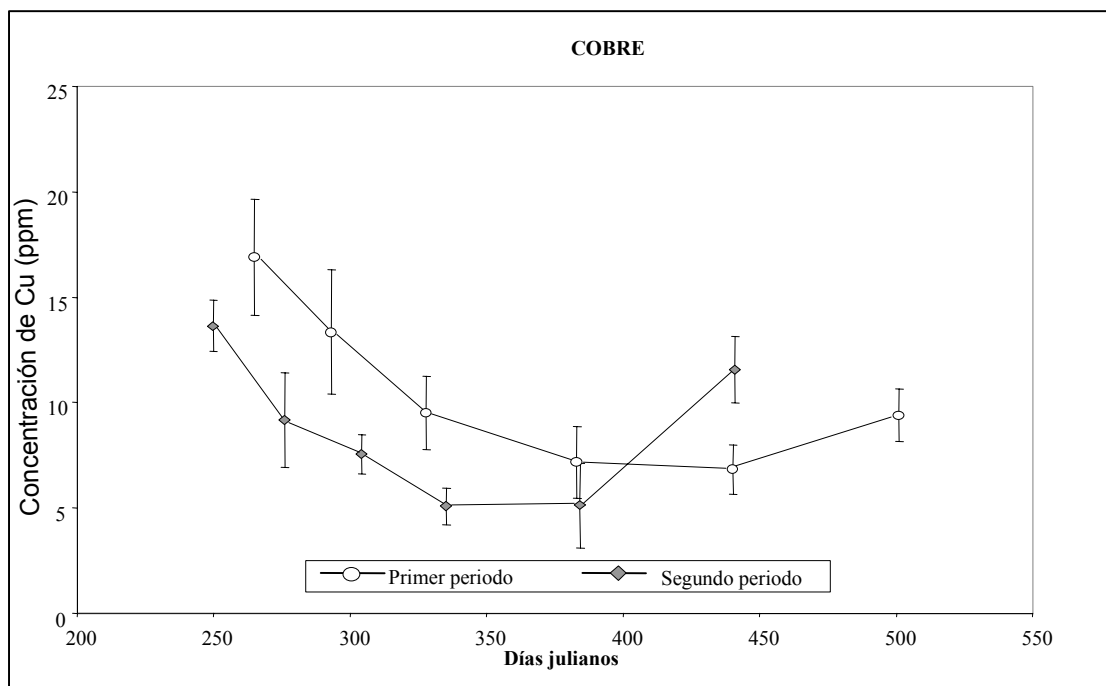
Las concentraciones promedios de Cu de los cultivares evaluados se muestran en el Cuadro 30.

Además en la Figura 8, aparece la desviación estándar para cada una de las medias obtenidas a través del tiempo.

**CUADRO 30. Valores promedios de Cu (ppm).**

Cortes	1	2	3	4	5	6
Primer período	17 a	13 b	10 c	7 d	7 d	9 c
Segundo período	14 a	9 c	8 d	5 e	5 e	12 b

Letras diferentes dentro de filas indican diferencias entre medias (Tukey, 5%)

**FIGURA 8. Variación estacional de la concentración de Cu.**

Se observa claramente en la Figura 8, que existe un patrón de variación a través del tiempo, que se evidencia en las diferencias significativas entre cada uno de los cortes. Las ballicas perennes presentan la mayor concentración de Cu a principios de primavera y luego van descendiendo hasta alcanzar los valores más bajos, a principios y mediados de verano.



**4.1.9 Zinc.** Las concentraciones de Zn de los cultivares evaluados aparecen en el Cuadro 31.

**CUADRO 31. Concentración de Zn de los cultivares (ppm)**

Cortes en el primer período						
Tratamiento	1	2	3	4	5	6
Anita	34,5 a	40,1 a	25,5 a	21,5 a	20,3 a	26,6 b
Aries	30,7 a	35,4 a	26,0 a	26,3 a	19,0 a	24,5 ab
Gwendal	29,3 a	33,8 a	18,7 a	21,2 a	19,4 a	22,0 ab
Jumbo	29,8 a	33,8 a	23,1 a	22,5 a	24,3 a	24,8 ab
Napoleon	31,6 a	38,3 a	22,0 a	27,4 a	23,3 a	26,0 ab
Nui	31,6 a	43,1 a	25,5 a	24,0 a	22,2 a	25,7 ab
Pastoral	31,2 a	34,5 a	21,5 a	20,5 a	23,4 a	23,6 ab
Quartet	29,7 a	38,9 a	22,7 a	19,4 a	17,8 a	23,9 a
Yatsin	32,8 a	42,3 a	25,4 a	25,0 a	25,2 a	28,2 ab
Pr>F	0,862	0,109	0,128	0,099	0,199	0,022

Cortes en el segundo período						
Tratamiento	1	2	3	4	5	6
Anita	40,3 a	22,9 ab	21,3 a	20,4 a	18,8 a	30,3 a
Aries	36,3 a	22,6 ab	22,6 a	17,4 a	14,6 a	31,4 a
Gwendal	38,8 a	18,0 ab	22,3 a	16,4 a	20,0 a	33,5 a
Jumbo	38,7 a	19,4 ab	20,5 a	16,4 a	15,9 a	29,1 a
Napoleon	37,3 a	16,4 ab	23,1 a	19,6 a	15,7 a	32,7 a
Nui	42,1 a	23,8 a	23,4 a	17,6 a	19,1 a	32,7 a
Pastoral	37,0 a	13,6 b	15,8 a	17,8 a	16,2 a	30,3 a
Quartet	40,0 a	17,6 ab	22,7 a	14,9 a	16,0 a	31,9 a
Yatsin	40,1 a	20,9 ab	22,1 a	18,1 a	16,4 a	35,0 a
Pr>F	0,675	0,023	0,249	0,399	0,970	0,749

Diferente letra dentro de columnas indican diferencias significativas (Tukey < 5%)

En el Cuadro 31 se observa que hay diferencias significativas en el sexto corte del primer período y en el segundo corte del segundo período. Sin embargo, estas diferencias no son consistentes y, por lo tanto, se puede asumir

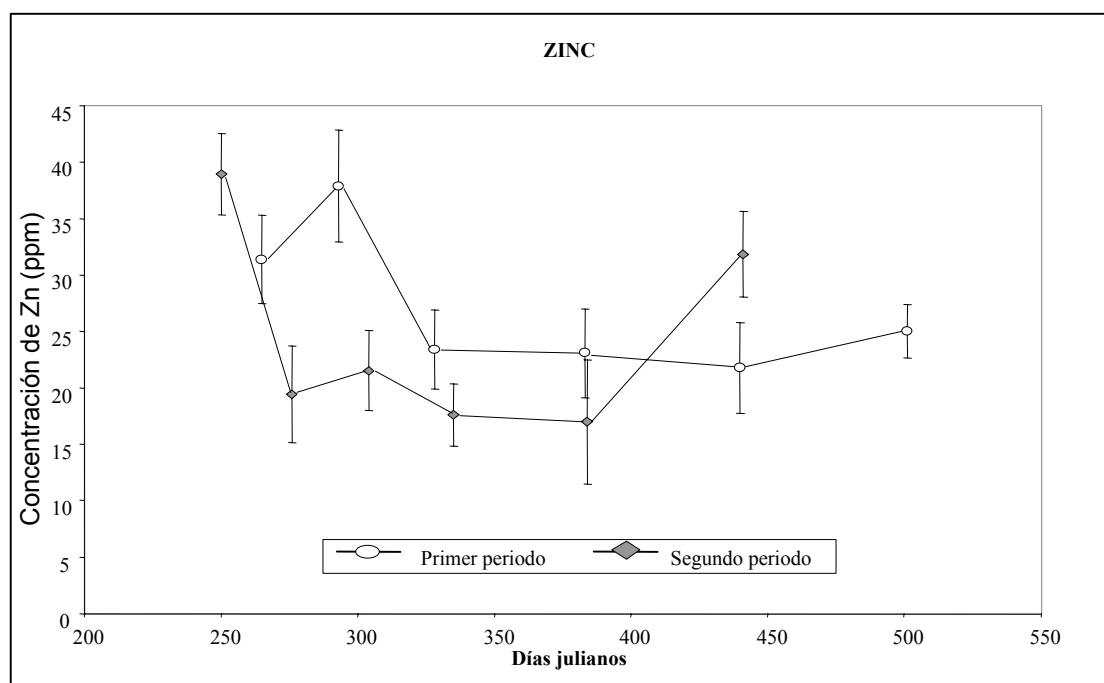
que el comportamiento observado de los cultivares obedezca a un comportamiento general propio de la especie y no de los cultivares en estudio.

Las concentraciones promedio de Zn de los cultivares evaluados se muestran en el Cuadro 32. Además en la Figura 9 se muestra la desviación estándar para cada una de las medias obtenidas a través del tiempo.

**CUADRO 32. Valores promedios de Zn (ppm).**

Cortes	1	2	3	4	5	6
Primer período	31 b	38 a	23 cd	23 cd	22 d	25 c
Segundo período	39 a	20 cd	21 cd	18 d	17 d	32 b

Letras diferentes dentro de filas indican diferencias entre medias (Tukey, 5%)



**FIGURA 9. Variación estacional de la concentración de Zn.**

En la Figura 9 se observa que existe un patrón de variación en la concentración de Zn, el que se manifiesta en las diferencias significativas entre cortes que se realizaron a las ballicas. Los valores más altos de concentración

se encuentran a principio y mediados de primavera, y van disminuyendo progresivamente hasta el inicio de verano para luego mantenerse constante. Se observa además que en el último corte de la segunda temporada se incrementa la concentración de Zn, igualmente en el caso del Al, Fe y Cu.

**4.1.10 Manganeso.** En el Cuadro 33 aparecen las concentraciones de Mn de la parte aérea de los cultivares evaluados.

**CUADRO 33. Concentración de Mn de los cultivares (ppm)**

Cortes en el primer período						
Tratamiento	1	2	3	4	5	6
Anita	72,3 a	81,0 a	51,9 a	64,9 a	61,7 a	57,3 a
Aries	87,8 a	80,1 a	66,0 a	77,0 a	74,9 a	64,4 a
Gwendal	63,1 a	62,5 a	41,0 a	55,3 a	52,9 a	37,9 a
Jumbo	84,9 a	85,7 a	57,2 a	62,7 a	69,6 a	43,5 a
Napoleon	81,9 a	74,4 a	48,7 a	60,0 a	61,9 a	46,7 a
Nui	74,8 a	88,3 a	49,1 a	78,8 a	69,3 a	60,2 a
Pastoral	68,3 a	65,2 a	48,8 a	47,4 a	60,7 a	39,3 a
Quartet	85,9 a	89,6 a	57,1 a	86,0 a	75,7 a	58,5 a
Yatsin	75,4 a	90,3 a	59,4 a	73,9 a	77,9 a	63,0 a
Pr>F	0,671	0,226	0,555	0,256	0,658	0,163

Cortes en el segundo período						
Tratamiento	1	2	3	4	5	6
Anita	72,9 a	53,0 a	53,3 a	54,9 a	69,4 a	66,9 a
Aries	83,6 a	63,3 a	60,4 a	55,5 a	67,5 a	91,7 a
Gwendal	58,0 a	57,3 a	60,3 a	59,4 a	62,9 a	64,2 a
Jumbo	76,6 a	61,9 a	70,1 a	57,4 a	59,9 a	73,0 a
Napoleon	72,3 a	67,5 a	57,9 a	56,1 a	58,8 a	69,5 a
Nui	83,6 a	62,0 a	62,5 a	51,1 a	76,3 a	65,4 a
Pastoral	72,8 a	53,1 a	63,8 a	55,7 a	55,8 a	72,4 a
Quartet	79,2 a	64,8 a	64,7 a	68,2 a	69,2 a	91,5 a
Yatsin	83,6 a	59,3 a	51,9 a	54,1 a	58,4 a	81,7 a
Pr>F	0,599	0,956	0,779	0,990	0,829	0,614

Diferente letra dentro de columnas indican diferencias significativas (Tukey < 5%)

En las concentraciones de Mn de los distintos tratamientos no se encontraron diferencias significativas. De esta forma se puede indicar que al menos para las condiciones de este ensayo el comportamiento observado es en realidad un comportamiento general de la especie.

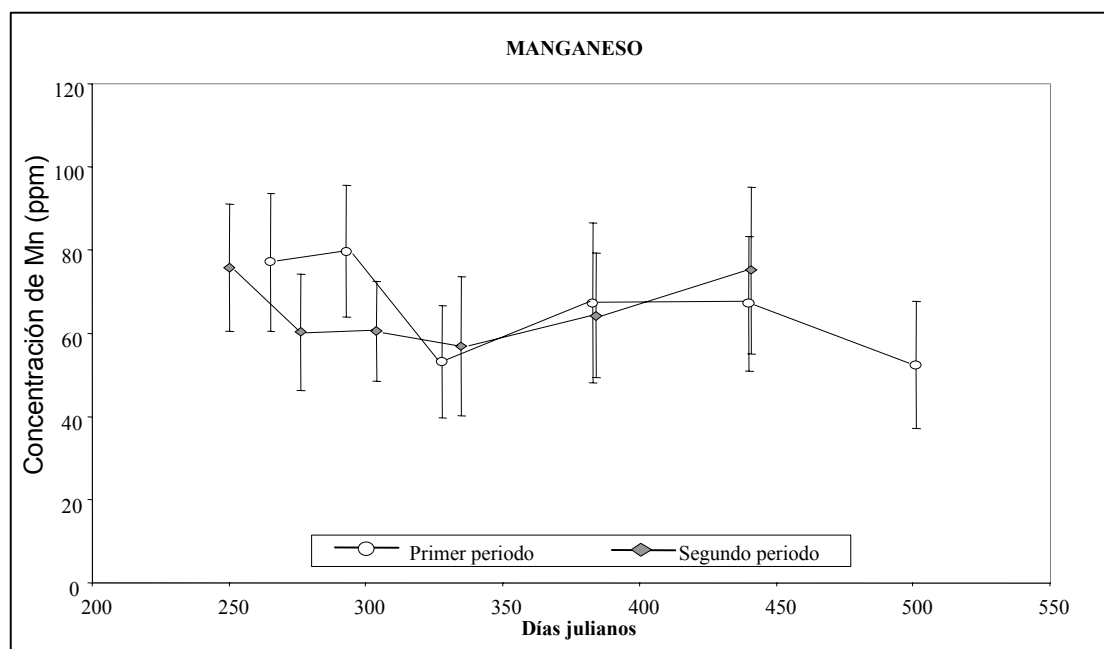
Los valores promedios de Mn de ambos períodos se muestran en el Cuadro 34.

**CUADRO 34. Valores promedios de Mn (%).**

Cortes	1	2	3	4	5	6
Primer período	77 a	80 a	53 b	67 a	67 a	52 b
Segundo período	76 a	60 b	61 b	57 b	64 ab	75 a

Letras diferentes dentro de filas indican diferencias entre medias (Tukey, 5%)

La Figura 10 muestra, además, la desviación estandar de cada una de las medias de Mn obtenidas a través del tiempo.



**FIGURA 10. Variación estacional de la concentración de Mn.**

Al observar la Figura 10, se aprecia que no hay una variación estacional definida sobre la concentración de Mn en los cultivares evaluados; sin embargo, hay una tendencia donde los valores más bajos se presentan al final de primavera.

**4.1.11 Boro.** El Cuadro 35 muestra las concentraciones de B de los cultivares evaluados de los dos períodos estudiados

**CUADRO 35. Concentración de B de los cultivares (ppm).**

Cortes en el primer período						
Tratamiento	1	2	3	4	5	6
Anita	5,88 a	7,33 a	2,71 a	3,40 a	3,00 a	2,21 a
Aries	5,00 a	4,54 a	4,14 a	3,60 a	5,69 a	2,93 a
Gwendal	6,63 a	8,38 a	2,83 a	4,21 a	3,10 a	1,39 a
Jumbo	4,92 a	5,92 a	2,53 a	2,42 a	3,48 a	2,15 a
Napoleon	4,71 a	5,50 a	2,75 a	3,75 a	4,62 a	2,54 a
Nui	4,78 a	5,38 a	3,62 a	5,73 a	4,72 a	2,59 a
Pastoral	5,17 a	7,25 a	2,88 a	3,72 a	4,61 a	2,05 a
Quartet	5,20 a	6,50 a	3,89 a	5,73 a	3,38 a	2,25 a
Yatsin	6,33 a	5,00 a	2,88 a	5,38 a	3,06 a	3,38 a
Pr>F	0,979	0,196	0,385	0,215	0,082	0,375
Cortes en el segundo período						
Tratamiento	1	2	3	4	5	6
Anita	15,0 a	6,7 a	5,42 a	8,83 a	2,10 a	6,13 a
Aries	12,3 a	7,3 a	5,50 a	6,83 a	2,68 a	4,56 a
Gwendal	9,5 a	7,8 a	5,83 a	6,75 a	2,77 a	6,71 a
Jumbo	12,7 a	8,0 a	5,42 a	5,50 a	1,85 a	4,30 a
Napoleon	11,5 a	9,8 a	6,08 a	6,92 a	2,98 a	4,13 a
Nui	10,7 a	8,5 a	7,42 a	6,42 a	2,89 a	4,74 a
Pastoral	10,0 a	8,4 a	6,75 a	5,50 a	4,42 a	5,57 a
Quartet	10,7 a	7,8 a	6,67 a	5,50 a	2,45 a	3,04 a
Yatsin	14,7 a	7,1 a	5,67 a	7,08 a	3,04 a	3,46 a
Pr>F	0,224	0,977	0,525	0,144	0,619	0,461

Diferente letra dentro de columnas indican diferencias significativas (Tukey < 5%)

En las concentraciones de B de los distintos tratamientos no se encontraron diferencias significativas, por lo tanto, se puede suponer, de que al menos para las condiciones de este ensayo el comportamiento observado obedece a un comportamiento general, que es propio de la especie.

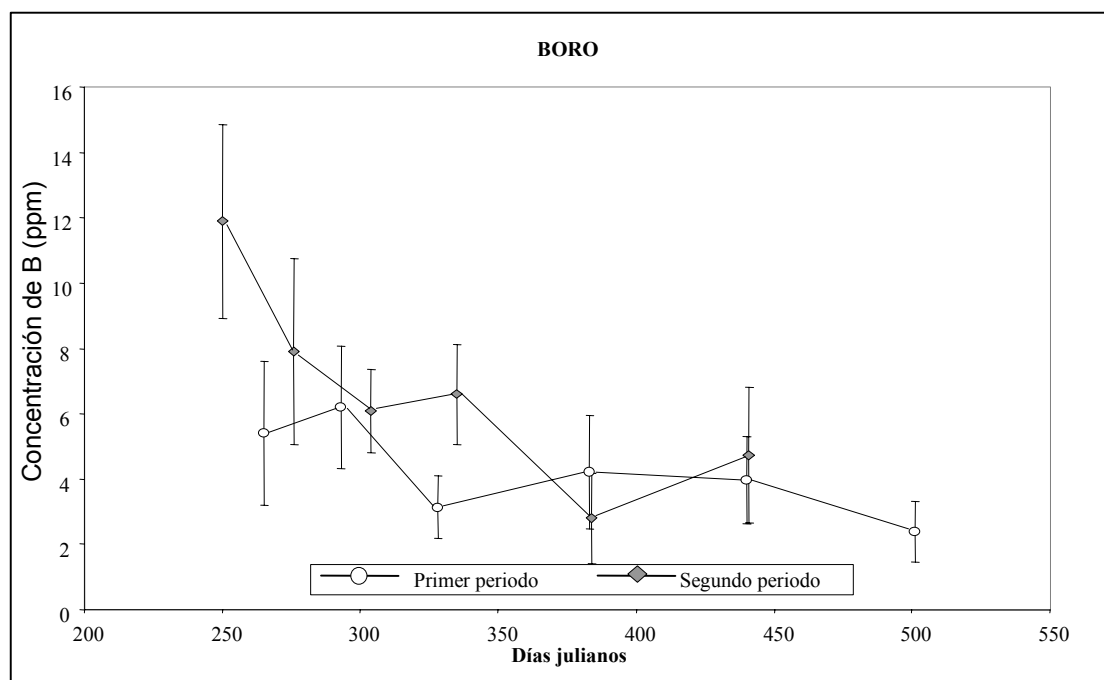
El Cuadro 36 muestra los valores promedios de la concentración de B en cada uno de los cortes.

**CUADRO 36. Valores promedios de B (ppm).**

<b>Cortes</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
Primer período	5 ab	6 a	3 cd	4 bc	4 c	2 d
Segundo período	12 a	8 b	6 cd	7 bc	2 e	5 d

Letras diferentes dentro de filas indican diferencias entre medias (Tukey, 5%)

Además en la Figura 11 se muestra la desviación estandar para cada una de las medias obtenidas a través del tiempo.



**FIGURA 11. Variación estacional de la concentración de B.**

En general, se observa que existe un patrón de variación respecto a la concentración de B. La concentración más alta se encuentra a mediados de primavera y luego disminuye a medida que avanza el período de crecimiento de los cultivares en estudio, sin presentarse una recuperación en la concentración de B durante el crecimiento otoñal.

#### 4.1.10 Aluminio

**CUADRO 37. Concentración de Al de los cultivares (ppm).**

Cortes en el primer período						
Tratamiento	1	2	3	4	5	6
Anita	419 a	270 a	150 a	245 a	189 a	125 a
Aries	435 a	336 a	175 a	190 a	166 a	122 a
Gwendal	316 a	360 a	192 a	220 a	238 a	102 a
Jumbo	434 a	377 a	166 a	213 a	269 a	110 a
Napoleon	318 a	356 a	184 a	240 a	216 a	106 a
Nui	329 a	331 a	136 a	232 a	197 a	174 a
Pastoral	366 a	272 a	232 a	223 a	307 a	136 a
Quartet	382 a	358 a	282 a	299 a	215 a	113 a
Yatsin	348 a	320 a	170 a	233 a	242 a	121 a
Pr>F	0,982	0,909	0,721	0,782	0,050	0,164

Cortes en el segundo período						
Tratamiento	1	2	3	4	5	6
Anita	478 a	137 a	203 a	128 a	193 a	222 a
Aries	383 a	179 a	170 a	139 a	215 a	230 a
Gwendal	150 a	176 a	167 a	165 a	115 a	252 a
Jumbo	227 a	186 a	176 a	122 a	314 a	484 a
Napoleon	259 a	142 a	276 a	141 a	257 a	492 a
Nui	431 a	193 a	147 a	110 a	101 a	351 a
Pastoral	216 a	81 a	200 a	131 a	143 a	206 a
Quartet	362 a	116 a	421 a	108 a	259 a	288 a
Yatsin	450 a	218 a	264 a	179 a	152 a	382 a
Pr>F	0,293	0,465	0,172	0,286	0,656	0,821

Diferente letra dentro de columnas indican diferencias significativas (Tukey < 5%)

El Cuadro 37 muestra las concentraciones de Al de los cultivares evaluados de los dos períodos estudiados.

En las concentraciones de Al de los distintos tratamientos no se encontraron diferencias significativas en ambos períodos. Por lo que se puede suponer que el comportamiento observado obedece a un comportamiento general propio de la especie, al menos para las condiciones de este ensayo.

Los valores promedios de Al de ambos períodos se muestran en el Cuadro 38. Además, la Figura 12, muestra la desviación estandar de cada una de las medias obtenidas a través del tiempo.

**CUADRO 38. Valores promedios de Al (ppm)**

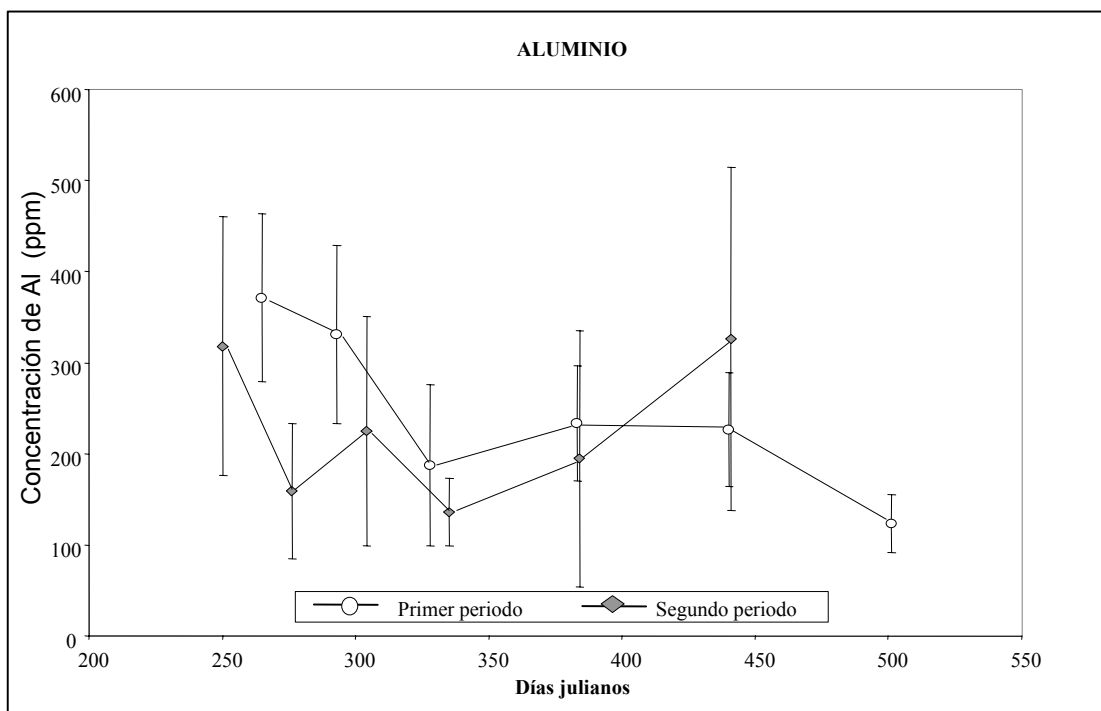
<b>Cortes</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
Primer período	371 a	331 b	188 c	233 c	227 c	123 c
Segundo período	318 b	159 b	225 b	136 b	194 b	326 a

Letras diferentes dentro de filas indican diferencias entre medias (Tukey, 5%)

Las diferencias significativas que se presentaron a través de los cortes demuestran que existe un patrón de variación de la concentración de Al a través del tiempo, concentrándose los valores más altos al comienzo del crecimiento primaveral, para ir declinando paulatinamente a medida que se avanza en la ontología de los cultivares.

Se observa además que en el último corte de la segunda temporada se incrementa la concentración de Al, igualmente en el caso del Zn, Fe y Cu.





**FIGURA 12. Variación estacional de la concentración de Al.**

#### 4.2 Evaluación del efecto temporada

El análisis por período sobre la concentración de los nutrientes se muestra en el Cuadro 39, en este cuadro se observa que hay diferencias significativas entre los dos períodos solo para algunos nutrientes, en el caso de los elementos Ca, Cu, Zn son mayores las concentraciones en el primer período y en el caso de los aniones P, S, B las concentraciones son mayores en el segundo período. Los mayores valores de concentración de los nutrientes P, S, B que se caracterizan por que tienen una dinámica similar en el suelo, se podría deber a que durante el primer período las cantidades de precipitación (mm) fueron mayores que las precipitaciones del segundo año, lo cual determina la tasa de absorción de nutrientes por parte de las ballicas.

**CUADRO 39. Análisis por período de los elementos analizados**

Elemento	Período				P>F
	1		2		
<b>N (%)</b>	2,68	a	2,77	a	0,191
<b>P (%)</b>	0,22	b	0,28	a	0,001
<b>K (%)</b>	3,15	a	3,11	a	0,697
<b>Ca (%)</b>	0,53	a	0,46	b	0,001
<b>Mg (%)</b>	0,18	a	0,18	a	0,896
<b>S (%)</b>	0,23	b	0,26	a	0,001
<b>Fe (ppm)</b>	269	a	249	a	0,504
<b>Cu (ppm)</b>	11	a	9	b	0,001
<b>Zn (ppm)</b>	27	a	24	b	0,002
<b>Mn (ppm)</b>	66	a	65	a	0,740
<b>B (ppm)</b>	4	b	7	a	0,001
<b>Al (ppm)</b>	387	a	365	a	0,743

Los valores dentro de filas, seguidos de diferente letra, presentan diferencias estadísticamente significativas (Tukey, 5%)

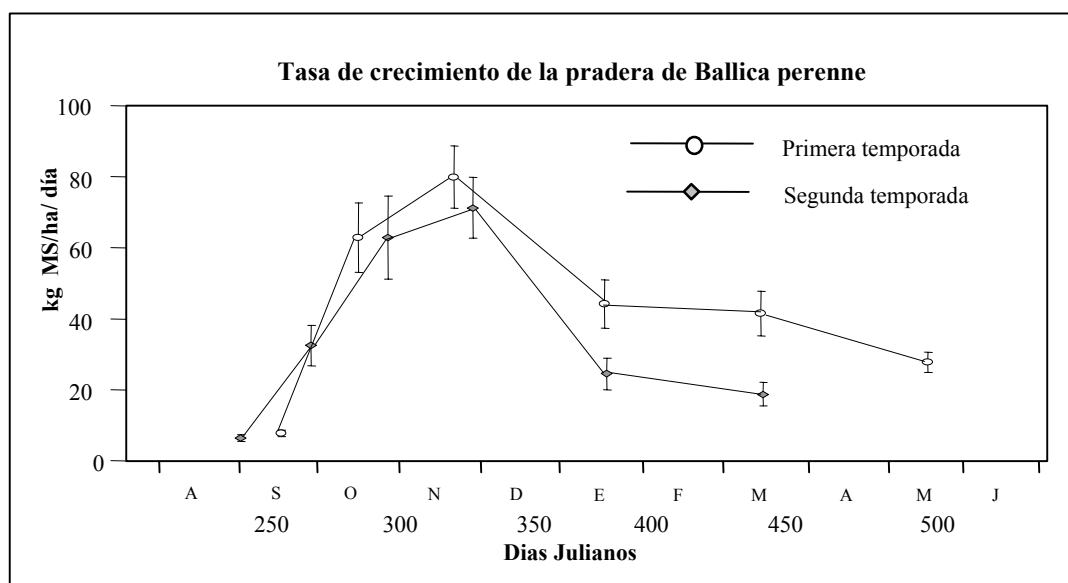
En los nutrientes P y S, las mayores diferencias de concentración se evidencian durante el período estival y a comienzos del crecimiento otoñal de la pradera. De esta forma, se observa, en el caso del P, que las concentraciones para el mismo período (15 enero), son de 0.11% y de 0.24% en ambas temporadas. Por su parte, el S durante el mismo período mostró valores de 0.12% y 0.33%, en ambas temporadas respectivamente.

## 5. DISCUSION DE RESULTADOS

### 5.1 Análisis del crecimiento de la pradera de ballica perenne.

A continuación se analizará el crecimiento que presentó la pradera de ballica perenne en las dos temporadas que se realizó el ensayo, se discutirá por una parte la tasa de crecimiento de la pradera en cada temporada, y por otro lado se hará referencia a las variables climáticas temperatura y precipitación, las que están influyendo en el crecimiento de la praderas

**5.1.1 Tasa de crecimiento de la pradera de ballica perenne.** Los cultivares evaluados no presentaron diferencias entre la producción de materia seca (MS) durante los períodos evaluados (ISLA, 2000)<sup>3</sup>. De esta forma, se promediaron los valores de producción por corte y se expresaron como tasa de crecimiento (kg MS/ha/día)



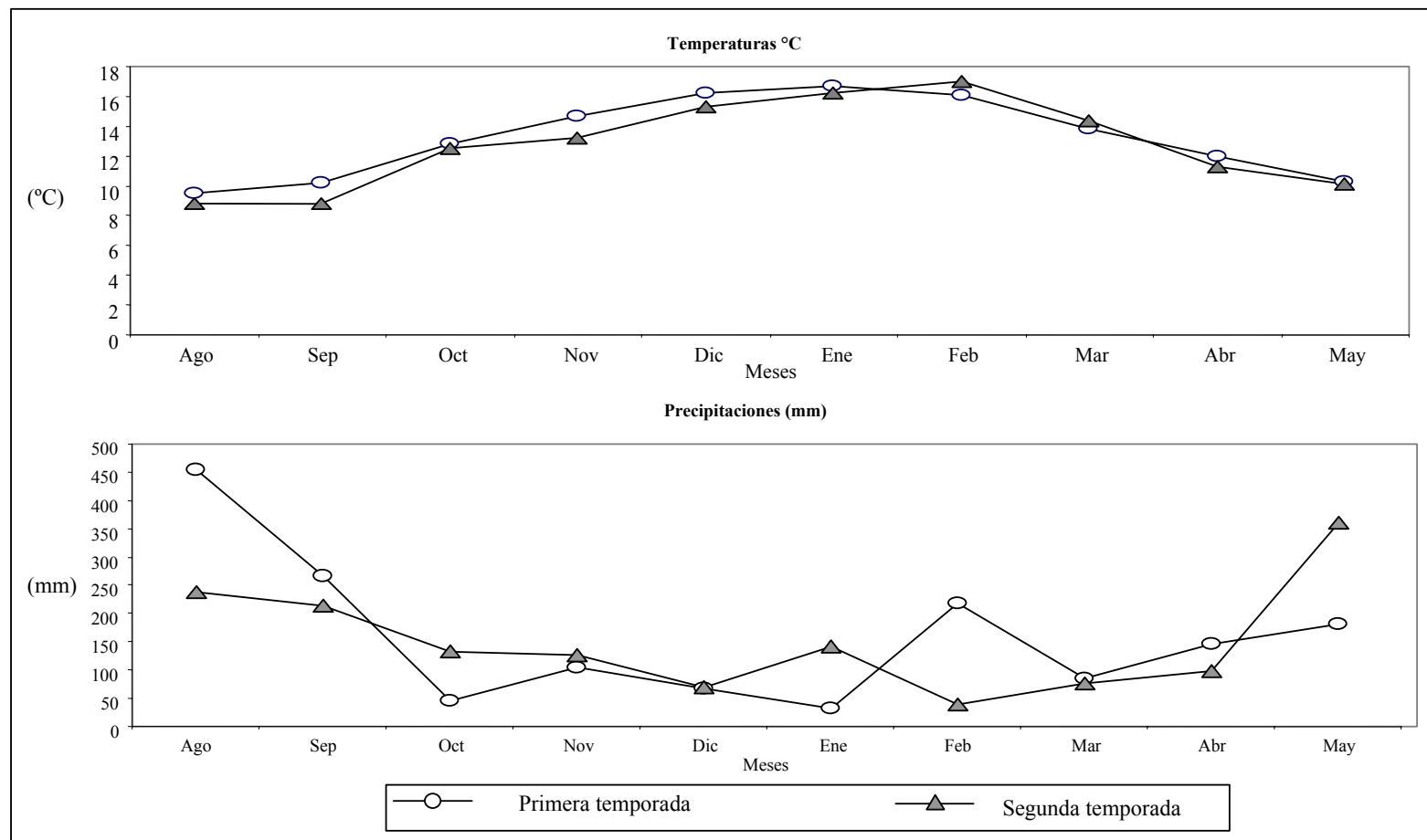
**FIGURA 13. Curva de crecimiento de la pradera de ballica evaluada.**

<sup>3</sup> ILHARREGUY, A. (2002). Universidad Austral de Chile. Valdivia. Comunicación personal.

La Figura 13 muestra que la tasa de crecimiento de la pradera de ballica perenne evaluada es similar entre períodos de crecimiento (primer año y segundo año) en el crecimiento primaveral hasta alcanzar un máximo de aproximadamente 80 kg MS ha día<sup>-1</sup>, en el mes de noviembre. A partir de diciembre se observó una disminución en la tasa de crecimiento, la cual fue más pronunciada para el segundo año. Ello, muestra que la diferencia entre ambos períodos se manifestó en el crecimiento otoñal. Es decir, en la capacidad de recuperación de la pradera después del estrés térmico y principalmente hídrico estival.

**5.1.2 Condiciones climáticas.** La tasa de crecimiento de la pradera es altamente dependiente de las variables climáticas del agroecosistema (PINOCHET, 1999). De esta forma, es la cantidad de radiación solar (energía), agua disponible (precipitación y evapotranspiración) y temperatura las que determinan la tasa de crecimiento cuando los factores nutricionales y de manejo agronómico son óptimos. Por un lado, la temperatura es la que influye directamente en la ontología de los cultivos, y el agua que está disponible permite regular la temperatura de los cultivos a través de la liberación de energía por concepto de evapotranspiración (VAN KEULEN y WOLF, 1986).

Los datos de temperatura y precipitación se muestran en la Figura 14. Se abarca el período desde agosto del año 1999 hasta mayo del año 2001. En la Figura 14 no se muestran los datos de los meses de junio y julio, ya que en esos meses, no se realizaron mediciones del crecimiento de la pradera.



**FIGURA 14. Variación de la temperatura y precipitación en las temporadas en que se realizó el ensayo.**

Se observa desde la Figura 14 que la distribución anual de temperaturas es similar para las dos temporadas en que se realizó el ensayo, incrementándose las temperaturas desde fines de invierno hasta alcanzar los valores máximos en el mes de enero en la primera temporada y en febrero en la segunda temporada, para luego ir descendiendo a medida que se avanza hacia el otoño.

Por su parte, la distribución anual de las precipitaciones presentó diferencias entre ambas temporadas. Estas diferencias se manifiestan en una mayor cantidad de agua caída durante la primavera, en la primera temporada y también, en una mayor pluviometría durante el mes de febrero, siendo la diferencia de agua caída en este mes cercana a los 180 mm con respecto a la segunda temporada.

### **5.1.3 Relación entre la tasa de crecimiento y las condiciones climáticas.**

Las Figuras 13 y 14 permiten observar como la tasa de crecimiento de la pradera está relacionada directamente a la temperatura en el período primaveral, en el cual no existe estrés hídrico. Esta asociación temperatura y tasa de crecimiento de la pradera se produce hasta mediados de noviembre. A partir de esta fecha, es el estrés hídrico el que determina la tasa de crecimiento ya que los valores más altos de temperatura se encuentran entre enero y febrero. Es decir, hay un punto donde, aunque las temperaturas siguen subiendo, la tasa de crecimiento de la pradera comienza a disminuir, debido principalmente al estrés hídrico y en una menor medida a un probable estrés térmico.

Además, se observó que la disminución en la tasa de crecimiento posterior al mes de noviembre, fue más suave durante la primera temporada en comparación a la segunda temporada, en donde la tasa de crecimiento

disminuye en forma más intensa, acentuándose de esta manera las diferencias en el crecimiento de la pradera entre temporadas.

Estas diferencias en el crecimiento y producción de MS podrían deberse a la diferencia en los montos de agua caída que se registran en los meses de febrero en cada temporada, con lo que podríamos suponer que durante la segunda temporada hubo un estrés hídrico que afectó en forma negativa el crecimiento de la pradera.

## **5.2 Concentraciones de nutrientes de los cultivares evaluados.**

A continuación se discutirá los resultados de la concentración de los nutrientes obtenidos desde los cultivares evaluados, además de hacer un análisis sobre la variación de la concentración de los nutrientes a través del período de crecimiento de la pradera.

Los nutrientes se agruparán dependiendo de la dinámica que presentan en el suelo, el estado iónico de absorción por la planta y/o la función del nutriente dentro de las plantas. De esta manera, los nutrientes se analizarán en cuatro grupos, un grupo estará formado por los nutrientes N, P, S, B; otro grupo lo formarán los cationes macronutrientes Ca, Mg y K, un tercer grupo los micronutrientes cationes Fe, Cu, Zn, Mn, y finalmente el Al dada su naturaleza fitotóxica.

**5.2.1 Nitrógeno, Fósforo, Azufre y Boro.** Los nutrientes N, P, S, B, serán analizados en un mismo grupo por tres razones: los cuatro nutrientes son absorbidos principalmente por la planta en forma de aniones, además los nutrientes N, S son parte esencial de las proteínas y constituyen la mayor concentración mineral en la fracciones orgánicas y los nutrientes P, B participan en la transferencia de energía al interior de la planta por medio de la esterificación de grupos alcohólicos (MENGEL y KIRKBY, 1982). Sin embargo a

diferencia de los nutrientes N, P, S, el B se caracteriza por ser muy poco móvil al interior de la planta, por lo tanto, es dependiente de la tasa de absorción de los cultivos (BARBER, 1995).

Las concentraciones promedio de los nutrientes N, P, S, B durante las dos temporadas que duró el ensayo son coincidentes con los valores publicados por la mayoría de los autores a través del mundo (WHITEHEAD, 2000; REID, 1980; METSON y SAUNDERS, 1978; MAYLAND y WILKINSON, 1996) e informados en Chile (ANRIQUE *et al*, 1995). De esta forma, la mayor concentración se presenta para N (2,73%) y la menor para B (5,4 mg/kg) siendo los valores de P y S muy similares (0,25% y 0,24%, respectivamente).

La concentración promedio a pesar de ser un parámetro útil para determinar las cantidades de nutrientes totales absorbidos por el cultivo, no da una idea precisa de la variación en la concentración durante los distintos períodos de crecimiento de la pradera. Ello es importante para conocer la existencia de períodos críticos en la relación oferta de la pradera y las necesidades nutricionales animales.

Se observó a partir de los resultados que todos los nutrientes presentaron una variación de concentración en la pradera a través del año. Es decir, existe un claro comportamiento estacional en la variación de la concentración de los nutrientes N, P, S y B.

Los mayores valores de concentración de estos nutrientes se presentaron durante la temporada de primavera y principios de invierno con la excepción del B, cuyos máximos valores ocurren en la salida de invierno e inicios de primavera, lo cual se evidencia en la no recuperación del aumento de la concentración del B durante el período de otoño.



Por otro lado, los valores más bajos en la concentración de todos los nutrientes ocurren durante el verano coincidiendo con la disminución de la tasa de crecimiento de las praderas (Figura 13). Sin embargo, aunque el B presentó valores bajos durante el verano, estos se siguen manteniendo aún durante el crecimiento otoñal (Figura 11).

Se observó a partir de los valores más altos y más bajos de concentración, que hay períodos del año como la primavera y principios de invierno donde la concentración de N duplicó al valor más bajo, que ocurrió en verano, la concentración del P y S alcanzó a triplicar al valor más bajo, y llegó a ser cuatro veces mayor en el caso del B.

**CUADRO 40. Relaciones entre los valores máximos y mínimos de N, P, S, B**

<b>Nutriente</b>	<b>Concentración mínima</b>	<b>Concentración máxima</b>	<b>Relación</b>
N (%)	1.8	3.55	2.0
P (%)	0.11	0.33	3.0
S (%)	0.12	0.34	2.8
B (ppm)	2	12	6.0

La relación entre los valores más altos y bajos de la concentración de N, P, S, B de los cultivares en estudio presenta una mayor relación (Cuadro 40), en el B, seguida por el P, luego por el S y finalmente por N, lo que no coincide a lo expuesto por WHITEHEAD (2000), quien señala que la variación de S sería menor a la variación que presenta el N. Por otra parte, los resultados sobre la variación del S serían coincidentes a la información entregada por METSON y SAUNDERS (1978), quienes señalan que la concentración de S tiende a ser menor en verano y más alta en otoño e invierno.

Adicionalmente, al analizar si existió diferencias entre las dos temporadas, son solo los nutrientes P, S, B los que manifiestan una mayor concentración promedio durante la segunda temporada, mientras que en el caso del N no se detectaron diferencias entre temporadas. Por lo tanto, solo existió un efecto temporada en los nutrientes P, S, B, lo que sugiere que estos nutrientes presentan una dinámica más dependientes de las condiciones climáticas del ecosistema.

Hubo un desfase en la recuperación del aumento de concentración de nutrientes en la pradera, manifestándose solamente en los nutrientes N, P, S y presentándose en forma más aguda en los nutrientes P, S. Este desfase, se hace evidente adelantándose el aumento de concentración en la segunda temporada, lo que se debería a que el estrés hídrico estival durante la segunda temporada, estaría afectando negativamente la tasa de crecimiento, pero sin afectar aparentemente, la absorción de los nutrientes.

De esta forma, para la misma época correspondiente al crecimiento otoñal se presentaron diferencias en la concentración: 1.8 y 2.4% en el caso del N, 0.11 y 0.24% en el caso del P y 0.12 y 0.34% en el caso del S. Durante ambas temporadas, respectivamente. Por lo tanto, los resultados obtenidos no coinciden a lo expuesto por WHITEHEAD (2000) quien señala que la sequía afecta negativamente a la concentración de P.

Las agudas diferencias en la concentración de nutrientes observada durante el período otoñal de crecimiento de la pradera se deberían a una compensación entre la concentración del nutriente y tasa de crecimiento. Suponiendo una absorción de nutriente relativamente constante en el período de crecimiento, un mayor crecimiento implica una menor concentración del nutriente en los tejidos, por un efecto de dilución. Del modo contrario, un menor crecimiento en el período implica una mayor concentración en los tejidos. Esto

significa que un potencial estrés de la planta se traduce en un aumento de la concentración de los nutrientes móviles y que se reutilizan en la planta, ya que ellos son absorbidos en los estados vegetativos y concentrados antes de producir el crecimiento explosivo en materia seca. Dada las características de bajo estrés hídrico en la primera temporada, se produjo una mayor tasa de crecimiento que la usual, en otoño, y por ello se produjo una dilución de la concentración de los nutrientes móviles o reutilizables en las plantas. De esta forma, este efecto no fue observable en el caso del B, ya que este nutriente no es móvil en la planta y su concentración es dependiente de la tasa de crecimiento diaria (HAVLIN *et al*, 1999).

Los resultados de P obtenidos no concuerdan con lo señalado por REID (1980), quien indica que los cambios en la concentración de P en la pradera son inconsistentes, cuando ésta es manejada a través de cortes o talaje en intervalos, durante su período de crecimiento. En este estudio, aparentemente existe un patrón de comportamiento de la concentración de los nutrientes en que alcanzan su menor valor al fin del verano (15 enero), punto a partir del cual en los nutrientes N, P y S comienza a aumentar la concentración para alcanzar un máximo a fines de invierno.

**5.2.2 Cationes macronutrientes.** Los cationes macronutrientes esenciales Ca, Mg, K, son agrupados por su función que cumplen al interior de la planta. Estos nutrientes, a parte de sus roles específicos e individuales, cumplen como grupo roles de regulación en los potenciales osmóticos celulares, en la actividad de reacciones enzimáticas, y regular el equilibrio iónico al interior de las plantas (BARBER, 1995).

El K es el catión macronutriente que se encuentra con la mayor concentración (3.13%), seguida por Ca (0.5%), y seguida luego por el Mg

(0.18%) valores que coinciden con lo señalado por diferentes autores (SMITH *et al*, 1985; WHITEHEAD, 2000 y BALOCCHI *et al*, 2001)

En general, los cationes macronutrientes presentan una menor variación estacional que los nutrientes N, P, S y B. Solo el K muestra una clara variación a través del año, mientras que el Ca presenta solo una disminución de la concentración en el período correspondiente al crecimiento otoñal, coincidiendo a lo expuesto por BALOCCHI *et al*. (2001). Por su parte, el Mg presentó un comportamiento errático en su concentración, no teniendo una variación clara a medida que se avanza en el crecimiento de la pradera, sin embargo la oscilación en la concentración de Mg es pequeña, estando entre 0,15 – 0,21%.

Debido a que solo el K presentó una clara variación estacional, se puede hacer solo referencia a los valores máximos y mínimos. De esta forma, se observó que la concentración de K presentó valores mínimos a mediados de verano (2,0%), y valores máximos se presentaron en primavera (4,0%), lo que indica que la concentración de K en primavera duplicó a la concentración de K en el verano. Por su parte, a pesar de que el Mg no presentó una definida variación estacional, se observó la tendencia de que la concentración de Mg, presenta los valores más bajos durante la primavera, lo que coincide con los valores más altos del K en el forraje, ampliándose de esta manera la relación K:Mg, punto al cual se hará referencia más adelante.

De los cationes macronutrientes, el Ca es el único catión que presentó diferencias entre temporadas, alcanzando las mayores concentraciones durante la primera temporada.

Adicionalmente, solo en el Calcio se detectaron diferencias estadísticas entre los cultivares evaluados. Estas diferencias se presentaron entre los cultivares tetraploides y diploides, siendo mayor la concentración de calcio en

estos últimos. Este efecto, es probablemente debido a que la relación entre pared celular y citoplasma es mayor, sumado esto a los altos contenidos de calcio, que se adhieren a la lamela media de la pared celular (WESTWOOD y ARNST, 2000).

**5.2.3 Cationes micronutrientes.** Estos cationes son agrupados por su función que cumplen al interior de la planta, encargándose de la regulación electrónica en la planta, permitiendo el transporte de electrones mediante el cambio de valencia (óxido-reducción) (MENGEL y KIRKBY, 1978).

La concentración promedio de los micronutrientes cationes coinciden con los valores señalados en la revisión bibliográfica, con la excepción del Fe que superó el valor máximo de  $200 \text{ mg kg}^{-1}$ . El catión micronutriente con mayor participación es el Fe ( $259 \text{ mg kg}^{-1}$ ), seguido luego por el Mn ( $66 \text{ mg kg}^{-1}$ ), y el Zn ( $26 \text{ mg kg}^{-1}$ ), presentándose el Cu, como es usual, con la menor concentración promedio ( $9,6 \text{ mg kg}^{-1}$ ) (WHITEHEAD, 2000).

Todos los cationes micronutrientes con la excepción del Mn presentan una clara variación estacional durante el año; sin embargo, la variación estacional de los micronutrientes cationes fue particular para cada elemento.

Los valores más altos de los micronutrientes cationes se presentaron, durante la época correspondiente a la salida de invierno y a comienzos de primavera, por otro lado los valores más bajos de concentración de los micronutrientes se presentaron durante los meses de verano reafirmando lo expuesto por ALLAWAY (1986) quien señala, que los valores más bajos de Cu se encuentran en verano. Por otro lado, el Mn, mostró una tendencia donde los valores más bajos se encontrarían terminando la primavera.

La alta concentración que mostró el Fe durante la primavera se debería más bien a un alto suministro de Fe presente en la solución del suelo, lo que facilitaría la absorción del Fe por la ballicas. Adicionalmente, el Fe es el micronutriente catión que presentó la más alta dispersión en sus concentraciones, siendo extraordinariamente alta durante la primavera. Tal vez lo que se midió en el laboratorio fueron residuos de Fe de la fertilización realizada, que puede haber quedado adherida al follaje de la pradera, o absorbida por la parte aérea de las plantas.

Por otro lado, solamente el Cu y el Zn son los nutrientes que muestran una clara recuperación en su concentración una vez pasado el estrés hídrico estival y comenzando el crecimiento otoñal de la pradera. Sin embargo, hubo el mismo desfase en la recuperación durante el crecimiento otoñal adelantándose durante la segunda temporada, de la misma manera que ocurrió en los nutrientes N, P, S. El Fe por su parte aunque no mostró una clara recuperación durante el crecimiento otoñal, presentó una leve tendencia a aumentar su concentración en la segunda temporada.

El efecto de la temporada sobre la concentración de los micronutrientes solo se manifestó en los nutrientes Cu y Zn, presentando las mayores concentraciones promedios, durante la primera temporada.

**5.2.4 Aluminio** El Aluminio es un elemento con características fitotóxicas, por ello, es importante conocer la dinámica que presenta este elemento en la pradera de ballica perenne.

El valor promedio de la concentración de Al ( $376 \text{ mg kg}^{-1}$ ) en los cultivares de ballicas perenne evaluados se relaciona con una concentración de Al en solución cercana a  $50 \text{ mg Al L}^{-1}$  de solución según lo señalado por RADIC (2001).

De los resultados obtenidos se observó que los valores de Al presentaron una alta dispersión en sus concentraciones, al igual, que lo observado en el caso del Fe.

Adicionalmente, a partir de los resultados, se observó que el Al presentó una clara variación en su concentración a medida que se avanzó en el crecimiento de la pradera.

Los valores más altos de la concentración de Al, al igual que en el Fe se presentaron durante la primavera, además durante la segunda temporada, se registraron valores altos también en otoño. Por otra parte, los valores más bajos se presentaron durante la época estival y también a comienzos de invierno en la primera temporada.

Al igual que otros elementos, el Al presentó solo una recuperación de su concentración durante el crecimiento otoñal de la segunda temporada, lo que estaría determinado, por las condiciones climáticas de esta temporada.

Por otra parte, no hubo diferencias en la concentración de Al entre las temporadas que se realizó el ensayo, por lo tanto, las disímiles condiciones climáticas entre ambas temporadas no afectaron la concentración de Al en la pradera de ballica perenne.

Se observó que los niveles más altos de Al en las plantas, coinciden con los períodos más activos del crecimiento de la pradera, por lo tanto, es en estos momentos es donde los niveles de Aluminio deben estar bajos.

### 5.3 Disponibilidad de nutrientes para el ganado bovino desde praderas de ballica perenne.

A continuación se analizará la disponibilidad de nutrientes de la pradera de ballica perenne para ser utilizados por los animales, según los requerimientos nutricionales que ellos necesitan. En el Cuadro 41, se muestra los requerimientos minerales y de proteína (como porcentaje de N) para vacas lecheras de acuerdo al Consejo Nacional de Investigación (NRC) de Estados Unidos y de acuerdo también al Consejo de Investigación Agrícola (ARC) del Reino Unido, además de algunos valores entregados por el Consejo Australiano de Agricultura.

**CUADRO 41. Requerimientos Nutricionales para vacas lecheras con una producción de (20 kg leche día<sup>-1</sup>)**

Nutriente	Requerimiento	Referencia
N	1.90 – 3.00 %	Consejo nacional de investigación (USA, 1989)
P	0,37 %	Consejo nacional de investigación (USA, 1989)
K	0,90 %	Consejo nacional de investigación (USA, 1989)
Ca	0,60 %	Consejo nacional de investigación (USA, 1989)
	0,39 %	Consejo de Investigación Agrícola (UK, 1980)
Mg	0,21 %	Consejo nacional de investigación (USA, 1989)
S	0,20 %	Consejo nacional de investigación (USA, 1989)
	0,11 – 0,16%	Consejo de Investigación Agrícola (UK, 1980)
Fe	50 mg kg <sup>-1</sup>	Consejo nacional de investigación (USA, 1989)
Cu	10 mg kg <sup>-1</sup>	Consejo nacional de investigación (USA, 1989)
Zn	40 mg kg <sup>-1</sup>	Consejo nacional de investigación (USA, 1989)
	30 mg kg <sup>-1</sup>	Consejo de Investigación Agrícola (UK, 1980)
	20 mg kg <sup>-1</sup>	Consejo Australiano de Agricultura (1990)
Mn	40 mg kg <sup>-1</sup>	Consejo nacional de investigación (USA, 1989)



Al basar la alimentación de los animales en el recurso pradera, es necesario establecer la relación entre la concentración de los minerales en el forraje, con las necesidades de los animales a través del año.

### **Nitrógeno**

Estableciendo un nivel de 2,5% de N para suplir los requerimientos animales, la pradera de ballica perenne en las condiciones de este ensayo presentó limitaciones en el suministro de N para animales en producción, entre fines de primavera y fines de verano, en el caso de un verano sin estrés hídrico, acortándose este período hasta mediados de verano cuando disminuyó la disponibilidad de agua en el suelo.

### **Fósforo**

Al fijar un nivel de 0,37% de P, se observó que las concentraciones de P en ballicas perenne no alcanzan este nivel para suplir los requerimientos del ganado productivo, en ninguna época del año en ambas temporadas en las que se realizó el ensayo. Ello sugiere que es necesario suministrar el P que falta con otras fuentes alimenticias (concentrados y cultivos suplementarios) con mayores contenidos de P. Por su parte, este déficit se intensifica entre fines de octubre y mediados de abril. Ahora si se plantea el supuesto de que el forraje de ballica es para animales no productivos, el nivel requerido baja a un 0,18% y en ese caso solo se detecta un déficit en la primera temporada en los meses más cálidos, desde diciembre a febrero.

### **Azufre**

Considerando 0,15% de S como un nivel suficiente para cumplir con los requerimientos del ganado animal, se observó en los resultados que los

cultivares de ballica perenne se encuentran por encima de este valor durante todo el ensayo, salvo en el cuarto corte de la primera temporada que corresponde a la primera quincena de enero. Ahora si se considera el valor de 0,20 % recomendado por EE.UU, se incrementa el tiempo donde la pradera de ballica perenne está bajo este valor, el cual se extiende desde fin de octubre hasta fin de enero durante la primera temporada. En cambio, en la segunda temporada donde las condiciones hídricas fueron más limitantes, solo el cuarto corte presentó valores menores a 0.20%, el cual se realizó entre mediados de noviembre y mediados de diciembre.

### **Potasio**

A partir de los resultados obtenidos, se observó que al menos para las condiciones de este ensayo, el potasio disponible por la pradera de ballica perenne requerido por animales en producción lechera superó ampliamente los niveles propuestos por el Consejo Nacional de Investigación (NRC) en las dos temporadas que duró el ensayo. Sin embargo, estas concentraciones pueden ser perjudiciales cuando se considera las relaciones con Mg, que será analizadas más adelante.

### **Calcio**

El calcio aportado por la pradera de ballica perenne se encontró por sobre los valores recomendados por el ARC, durante todo el tiempo que duró el ensayo, exceptuando al último corte de la primera temporada, el que baja su concentración a valores menores de 0.35%, tanto en variedades diploides como en las tetraploides (primera quincena de mayo). Ahora, en relación con el valor recomendado por el NRC, se observó que solo los cultivares diploides se acercan a este valor durante la primera temporada. En cambio, tanto cultivares

diploides y tetraploides están bajo 0,6% en la segunda temporada, lo que sugiere que sería necesario suplir la dieta con otras fuentes de calcio.

### **Magnesio**

Las concentraciones de Mg de la pradera de ballica perenne en las condiciones de este ensayo muestran un comportamiento errático durante el año, los valores de la concentración oscilan entre 0.15 y 0.21%, estando la mitad de los valores por encima de 0.18% y la otra mitad por debajo este valor. Por consiguiente si la pradera de ballica perenne es la única fuente de abastecimiento de Mg para los animales, hay una alta probabilidad de que se presenten problemas de hipomagnesemia (BALOCCHI *et al*, 2001)

### **Fierro y Manganeso**

Los resultados sobre la concentración de Fe y Mn superan ampliamente a los valores recomendados, por lo tanto los requerimientos de Fe y de Mn de los animales se encuentran en un nivel más que suficiente en la pradera de ballica perenne.

### **Zinc**

Los resultados observados muestran que las concentraciones de Zn oscilan entre 17 y 38 mg kg<sup>-1</sup> en la pradera de ballica perenne. De esta manera un nivel de 40 mg kg<sup>-1</sup> (valor recomendado por NRC) no es superado en ningún período por los cultivares de ballica perenne analizados. Un nivel de 30 mg kg<sup>-1</sup> (recomendado por ARC) solo es superado por los cultivares en el estado más temprano de su desarrollo, es decir durante la primavera y solo durante la segunda temporada de estudio, hay un claro aumento de la concentración de Zn hacia los meses de otoño. Solamente, cuando se hace

referencia a los 20 mg kg<sup>-1</sup>, recomendados en Australia, todos los valores están por encima de este nivel, con la excepción del cuarto y quinto corte de la segunda temporada, los que corresponden a los meses de diciembre y enero.

### **Cobre**

Los resultados de la concentración de Cu mostraron claramente que existe una variación estacional, presentándose solo valores menores a 7 mg kg<sup>-1</sup> de Cu (valor establecido por NRC) entre fin de noviembre y fin de enero, lo que corresponde al cuarto y quinto corte de la segunda temporada.

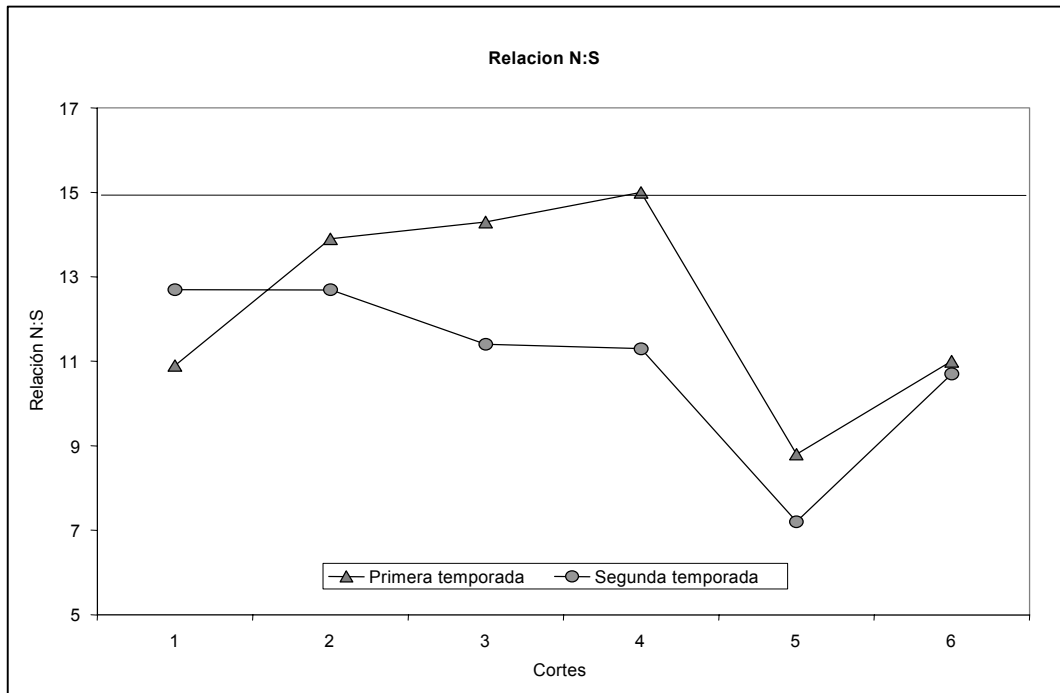
#### **5.4 Relaciones entre nutrientes de importancia agrícola.**

Las principales relaciones entre los nutrientes N:S y K:Mg se analizarán a continuación a través de cada uno de los cortes que se realizaron durante el ensayo, de tal forma de conocer la variación estacional de ellas.

##### **Relación N:S.**

La relación N:S es importante para la síntesis de proteína microbial, la que es normalmente adecuado cuando la relación en la dieta es no mayor a 14:1-15:1. Las relaciones N: S de los promedios de los cultivares evaluados se muestran en la Figura 15 (WHITEHEAD, 2000).

Se observa a partir del gráfico que los cultivares evaluados de ballicas perennes presentan relaciones N:S por bajo la relación 15:1, lo que estaría indicando que no habrían problemas relacionados con la síntesis de proteína microbial, en los animales rumiantes



**FIGURA 15. Relaciones N:S durante el crecimiento de la pradera.**

Se observa, en general, que las relaciones son mayores en la primera temporada, lo que se podría deber a que durante el primer año al haber mejores condiciones climáticas la absorción relativa de N es mayor que la absorción relativa de S, aumentando de esta forma la relación N:S, es decir, la absorción de N estaría más influenciada por las condiciones climáticas que la absorción de S.

WHITEHEAD (2000) señala que la relación N:S experimenta una disminución con el avance de la madurez, esto se reafirma con los datos obtenidos durante la primera temporada, donde a medida que se avanza en el período de crecimiento de los cultivos, la relación disminuye. Sin embargo, en la segunda temporada la relación N:S va aumentando desde la primavera hasta el verano, donde experimenta una fuerte disminución en el período estival. Ello, podría hacer variar la relación, no solo con la temporada, sino que con la variación de las condiciones de crecimiento de la pradera.

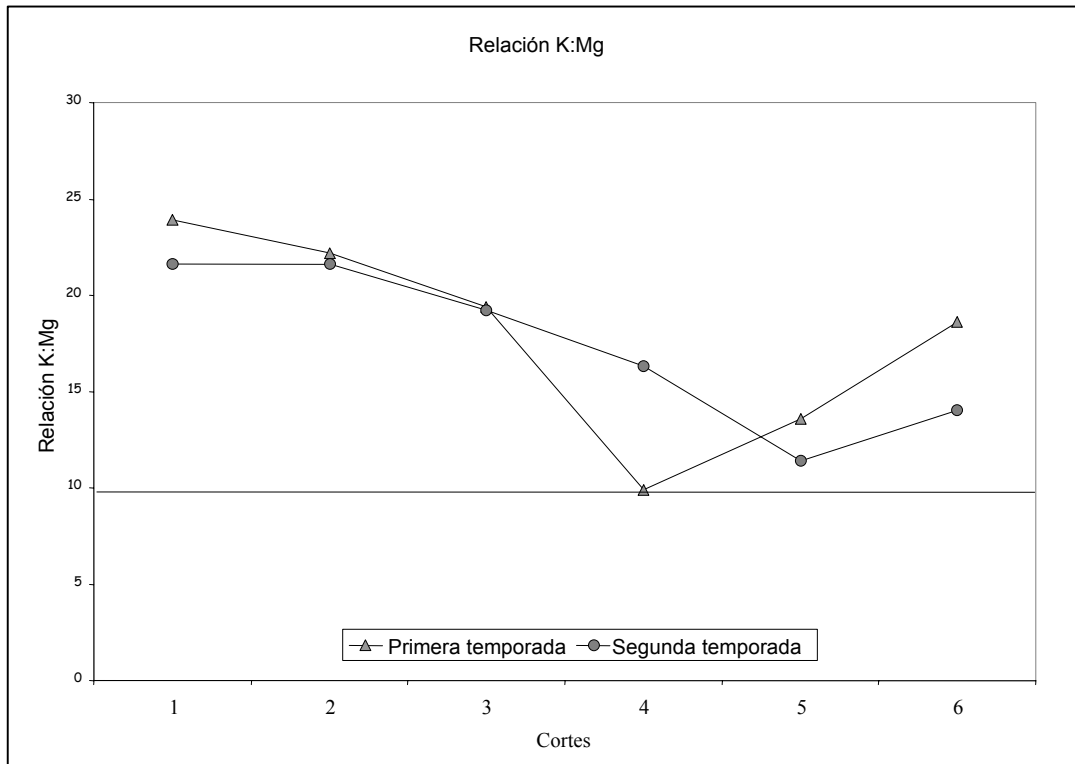
## Relación K:Mg

Esta relación es de gran importancia por que indica si la competencia entre los cationes potasio y magnesio, es responsable en parte de la enfermedad conocida como hipomagnesemia. Se establece que una relación K:Mg superior a 10, haría disminuir los niveles de absorción de Mg por los animales rumiantes (BALOCCHI *et al*, 2001).

Las relaciones K:Mg de los cultivares de ballica perenne evaluados se muestran en la Figura 16.

Se observa desde la Figura 16, que claramente hay una relación K:Mg que afecta negativamente la absorción de Mg por parte de los animales rumiantes. Además, de que está por sobre el valor crítico de 10. Se observa que hay períodos del año donde la relación es de 2,5 veces más alta que la relación establecida como límite.

Por ello, estos resultados permiten suponer que los más graves problemas de hipomagnesemia se producirían en el período correspondiente a la primavera y a principios de otoño, donde las relaciones K:Mg fueron las más altas. Las relaciones más bajas de K:Mg se producirían en verano, lo que es coincidente a lo determinado por BALOCCHI *et al.*,(2001).



**FIGURA 16. Relación K:Mg, durante el crecimiento de la pradera.**

Estos resultados muestran que es necesario realizar estudios más detallados de la variación de esta relación y determinar si es causal de problemas de hipomagnesemia en los animales y las formas de corregir esta potencial causa de ésta enfermedad.

## 6. CONCLUSIONES

De este trabajo se concluye lo siguiente:

La pradera de ballica perenne presenta un patrón de comportamiento de la especie y no es particular de cada cultivar.

El patrón de comportamiento presenta variaciones debido al crecimiento estacional y a través de las temporadas. Ello se refleja en una clara variación estacional en los nutrientes N, P, K, S, Fe, Cu, Zn, B, y en el elemento fitotóxico Al, mientras que los nutrientes Ca, Mg, Mn no presentan una variación de su concentración a través del período de crecimiento de los cultivares evaluados. Por otra parte solo en los nutrientes P, S, Ca, B, Cu y Zn, se presentaron diferencias entre ambas temporadas.

La ploidia que presentan los cultivares no determina variaciones en la concentración de los nutrientes analizados, con la excepción del calcio, donde los cultivares diploides presentaron una mayor concentración de Ca.

Cuando el estrés hídrico es determinante (verano-otoño), la concentración de los nutrientes N, P, S, Cu, Zn dependió de la relación entre la tasa de crecimiento y la absorción de estos nutrientes, compensando de esta manera periodos con una mayor tasa de crecimiento con una menor concentración de nutrientes y periodos con una menor tasa de crecimiento con una mayor concentración de nutrientes.



La pradera de ballica perenne es incapaz de suministrar durante ciertos períodos del año, las concentraciones de los nutrientes N, P, S, Mg, Cu, Zn requeridos por animales productivos de leche (20 kg. leche día<sup>-1</sup>). Mientras que los nutrientes (K, Ca, Fe, Mn) se presentaron suficientes durante todo el período que duro el ensayo.

La relación K:Mg, superó el nivel crítico de 10, durante todo el período de crecimiento de la pradera de ballica perenne, sugiriendo una alta probabilidad de problemas de absorción de Mg por los animales, dado la alta concentración de K en los tejidos. Por su parte, la relación N:S, no presentó limitaciones, manteniéndose durante todo el período de crecimiento de la pradera en los niveles adecuados.

## 7. RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar el comportamiento estacional de la concentración de nutrientes en nueve cultivares de *Lolium perenne*, durante dos temporadas de utilización y determinar si existen patrones definidos en el comportamiento de la concentración de los nutrientes analizados. Este estudio se realizó en el Fundo Vista Alegre de la Universidad Austral de Chile, entre abril de 1999 y abril del 2001. En el ensayo se evaluaron nueve tratamientos correspondientes a los cultivares. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar, con tres repeticiones. Se realizó un total de doce cortes en las dos temporadas, siendo el criterio de corte utilizado cuando el cultivar control alcanzara un promedio de 25 cm de altura o transcurridos 60 días desde el último corte. Las muestras del material aéreo fueron molidas y secadas a 60°C, para luego determinar la concentración de los nutrientes. El N fue determinado por el método de Micro-Kjeldhal, el S a través de calcinación del material aéreo y determinación turbidimétrica, previa oxidación del S orgánico con MgNO<sub>3</sub>, el P y el B fueron determinados por calcinación y colorimetría del fosfo-vanado-molibdico y Azometina H, respectivamente, por otra parte el K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn y Al fueron determinados por calcinación de la muestra aérea y espectrofotometría de absorción atómica. Los resultados obtenidos fueron estadísticamente analizados a través de un análisis de varianza (5%) y se aplicó el test de Tukey para establecer diferencias entre las medias de los cultivares y las temporadas.

Los resultados evidenciaron que el comportamiento que presentan los cultivares evaluados, obedece a un patrón que es propio de la especie y no es particular de los cultivares en cuestión. La naturaleza de la ploidia de los

cultivares, solo fue determinante en el caso del Calcio. Adicionalmente se determinó que existe un patrón de variación de la concentración de los nutrientes y que este patrón obedece a la estacionalidad durante el crecimiento de la pradera y también a las condiciones climáticas de las temporadas. Por otra parte, se determinaron los períodos donde la concentración de nutrientes de la pradera no es capaz de suministrar los requerimientos de animales productivos (20 kg. leche día<sup>-1</sup>), y se establecieron relaciones de importancia agrícola entre nutrientes, K:Mg y N:S, donde la relación K:Mg superó en todos los cortes la relación crítica de 10, indicando una alta probabilidad de ocurrencia de hipomagnesemia en los animales, dada la alta concentración de K en las ballicas evaluadas. La relación N:S no fue limitante en ningún período en ambas temporadas de estudio.

## SUMMARY

The objective of this study was to evaluate the seasonal behavior of the concentration of nutrient of nine cultivars of *Lolium perenne*, during two years of utilization, and determine if they show defined seasonal patterns on the behavior of the nutrient concentration analyzed. The present work was carried out from April of 1999 to April of 2001, at Vista Alegre farm owned by Universidad Austral de Chile, located 6 kilometers north of Valdivia. The study evaluated nine cultivars of perennial ryegrass. It was used an experimental design of randomized complete blocks with nine treatments and three repetitions. During the two years of evaluation, twelve cuts were done to the treatments using as a cut criteria when the control cultivar reached 25 cm of high, or 60 days after the last cut. Samples of aerial parts harvested were grinded and dried at 60 °C, and they were using to determine the nutrient concentration. N was determined by Micro-Kjeldhal method, S through calcination of air parts and by turbidimetric determination, previous oxidation of S organic with Mg NO<sub>3</sub>, P and B were determined through calcination and colorimetry of phospho-vanadium-molibdicum and Azomethin-H respectively. K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn and Al were determined by calcination and atomic absorption spectrophotometry. The data obtained were statistically evaluated by analysis of variance to detect differences between treatments (5%) and a tuckey test was applied to establish differences between means of cultivars and season

The results showed that the behavior of the different cultivars evaluated, is caused for a pattern due to the specie and is not particular of the cultivars. The ploidy of the cultivars was determinant only in the calcium concentration of the grass. Also, another pattern of nutrient concentration obey to the seasonal growth of the pastures and it is determined by the climatic condition of each years. The periods when the nutrient concentration of the pasture is unable to sumistrate the nutritional requeriments of productive animals ( $20 \text{ kg milk day}^{-1}$ ) were determined. The agronomic relations between nutrients K:Mg and N:S, were studied. K:Mg superated in all cuttings a critical ratio of 10, indicating a high probability of hipomagnesemy problems in animals, because of the high concentration of K in the evaluated perennial ryegrass. The ratio N:S was not limitant at any stage during the period of evaluation.

## 8. BIBLIOGRAFIA

- ALLAWAY, W. 1986. Soil-plant-animal and human interrelationships in trace element nutrition. In: Mertz, W. (ed) Trace elements in Human and Animal nutrition. 5ª ed, Vol 2. Academic Press, Orlando, pp 465-488.
- ANRIQUE, R; VALDERRAMA, X y FUCHSLOCHER, R. 1995. Composición de alimento para el ganado de la zona sur. Fundación Fondo de Investigación Agropecuaria. FIA. 56 p.
- BALOCCHI, O; PINOCHET, D, WITWER, F; CONTRERAS, P; ECHEVERRIA, R y GUZMAN, F. 2001. Rendimiento y composición mineral del forraje de una pradera permanente fertilizada con Mg. Pesq. Agrop. bras. Brasilia. v. 36. n 10. pp. 1309-1317.
- BARBER, S. 1995. Soil nutrient bioavailability: a mechanistic approach. Nueva York John Wiley.. 414 p.
- BELESKY, D; y JUNG, G. 1982. Seasonal variation of water-soluble and total zinc in cool season grasses. Agronomy Journal 74:1009-1012.
- CRUSH, J; EVANS, J; y COSGROVE, G. 1989. Chemical composition of ryegrass and prairie grass pasture. New Zealand Journal of Agricultural Research 22: 21-29.
- CUNNINGHAM, R. 1964. Cation-anion relationships in crop nutrition. 1. Factors affecting cations in Italian ryegrass. Journal of Agricultural Science. Cambridge. 63: 97-101.

- DAMPNEY, P. 1992. The effect of timing and rate of potash application on the yield and herbage composition of grass grown for silage. *Grass and forage Science* 47: 280-289.
- DRYSDALE, R. 1980. Nutrient concentrations in grass and legume forages of northwestern Manitoba. *Canadian Journal of Animal Science* 60: 991-1002.
- FLEMING, G. 1963. Distribution of major and trace elements in some common pasture species. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 14: 203-208.
- FORBES, J; y GELMAN, A. 1981. Cooper and other minerals in herbage species and varieties on cooper-deficient soils. *Grass and Forage Science* 36:25-30.
- GASTO, J., GALLARDO, S. y CONTRERAS, D. 1987. Caracterización de los pastizales de Chile. Reinos, Dominios y Provincias. *Sistemas de Agricultura. Teoría-Avances*. Santiago. Chile. Vol.9. 292 p.
- GASTO, J., SILVA, F. y COSIO, F. 1990. Sistemas de clasificación de los pastizales de Sudamérica. *Sistemas en agricultura. Teoría-Avances*. Vol 9 (1). 92 p.
- GILBERT, M; y ROBSON, A. 1984. Sulphur nutrition of temperate pasture species. I. Effect of N-supply and internal and external sulphur requirement of subterranean clover and ryegrass. *Australian Journal of Agricultural Research* 35: 379-388.

- GRUNES, D. 1983. Uptake of magnesium by different plant species. In: Role of Magnesium in Animal Nutrition. Virginia State University, Blacksburg. pp 23-38.
- HAVLIN, J; BEATON, J; TISDALE, S; NELSON, W. 1999. Soil fertility and fertilizers: an introduction to nutrient management. Prentice Hall. Inglaterra. 499 p.
- HEMINGWAY, R. 1962. Copper, molybdenum, manganese and iron contents of herbage as influenced by fertilizer treatments over a three year period. Journal of British Grassland Society 17: 182-187.
- HEMINGWAY, R. 1963. Soil and herbage potassium levels in relation to yield. Journal of the Science of Food and Agriculture 14: 188-195.
- HUNTER, B; JOHNSON, M; y THOMPSON, D. 1987. Ecotoxicology of copper and cadmium in a contaminated grassland ecosystem. Journal of Applied Ecology 24: 573-586.
- ISLA, F. 2000. Evaluación de nueve cultivares de *Lolium perenne* L. bajo pastoreo con vacas lecheras. Tesis Lic. Agr. Valdivia. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias.
- LEECH, A; y THORNTON, I. 1987. Trace elements in soils and pasture herbage on farms with bovine hypocupraemia. J. Agric. Sci. Camb. 108: 591-597.
- MAC NICOL, R; y BECKETT, P. 1985. Critical tissue concentrations of potentially toxic elements. Plant and Soil. 85: 107-129.



- MAYLAND, H; y WILKINSON, S. 1996. Mineral nutrition. **In:** Cool Season Forage Grasses. American Society of Agronomy. Madison. pp. 165-191.
- McNAUGHT, K. 1970. Diagnosis of mineral deficiencies **In** grass-legume pastures by plant analysis. In. 11° International Grassland Congress. University of Queensland Press. St. Lucia. pp.333-338.
- MENGEL, K; y KIRKBY, E. 1982. Principles of plant nutrition. Worblaufen Bern. International Potash Institute. 655 p.
- METSON, A; y SAUNDERS, W. 1978. Seasonal variations in chemical composition of pasture II. Nitrogen, sulphur and soluble carbohydrate. New Zealand J. Agric. Research. 21: 355-364.
- NISSEN, J. y BARRIA, J. 1976. Estudio agroecológico del predio "Vista Alegre". Universidad Austral de Chile. Facultad de ciencias agrarias. Instituto de suelos y abonos. 34p.
- PINOCHET, D. 1999. Potencial productivo de las praderas naturalizadas de la IX y X Regiones. **In:** Anrique, R.; Latrille, L.; Balocchi, O.; Alomar, D.; Moreira, V.; Smith, R., Pinochet, D.; Vargas, G. Competitividad de la productividad lechera nacional. Valdivia. Universidad austral de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias. Vol. 1. Pp 75-115
- RADIC, S. 2001. Estudio de tolerancia a la toxicidad por aluminio de cuatro ecotipos de Bromo (*Bromus valdivianus* Phil). Tesis Lic. Agr. Valdivia. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. 99 p.

- REAY, P; y MARSH, B. 1976. Element composition of ryegrass and red clover leaves during a growing season. *New Zealand J. Agric. Research.* 19: 469-472.
- REID, R. 1980. Relationship between phosphorus nutrition of plants and the phosphorus nutrition of animals and man. In: *The Role of Phosphorus in Agriculture.* American Society of Agronomy. Madison. pp. 847-886.
- ROWELL, D. 1996. *Soil Science. Method and applications.* Inglaterra. A. W. Longman. 350 p.
- SADZAWKA.1990. *Metodos de analisis de suelos.* Instituto de Instituto de Investigación Agropecuaria.
- SMITH, G; CORNFORTH, I; HENDERSON, H. (1985). Critical leaf concentrations for deficiencies of nitrogen, phosphorus, potassium, sulphur and magnesium in perennial ryegrass. *New Phytologist:* 101: 393-409.
- SMITH, G;MIDDLETON, K. 1978. Sodium and Potassium content of topdressed pastures in New Zealand in relation to plant and animal nutrition. *New Zealand Journal of Experimental Agriculture.* 6: 183-188.
- SOCIEDAD CHILENA DE LA CIENCIA DEL SUELO. 2000. Comisión de normalización y acreditación. *Tejidos vegetales. Métodos de análisis.* 19p.
- SOIL SURVERY STAFF. 1992. *Keys to soil taxonomy.* 5 th. ed. Virginia. Pocahontas. Blacksburg. 541 p.

- STEEL, R. y TORRIE, J. 1988. Bioestadística: Principios y procedimientos. 2<sup>a</sup> ed. México McGraw-Hill. 622 p.
- THOMAS, B; THOMPSON, A; OYENUGA, V; y ARMSTRONG, R. (1952). The ash constituents of some herbage plants at different stages of maturity. Empire Journal of Experimental Agriculture. 20: 10-22.
- THOMPSON, J; WARREN, R. 1979. Variations in composition of pasture herbage. Grass and Forage Science. 34: 83-88.
- UNDERWOOD, E; SUTTLE, N. 1999. The Mineral Nutrition in Livestock. 3<sup>a</sup> ed. Wallingford CAB International.. 600 p.
- VAN KEULEN, H.; y WOLF, J. 1986. Modelling of agricultural production: weather, soils and crops. Holanda.Wageningen. 479 p.
- WAUGHMAN, G; BELLAMY, D. 1981. Movement of cations in some plant species prior to leaf senescence. Annals of Botany. 47: 141-145.
- WESTWOOD, C. y ARNST, R. 2000. Quality pastures for improved profitability. <[http://146.171.16.153/knowhow/knowhow/ QualityPasturesforImproved Profitability.htm](http://146.171.16.153/knowhow/knowhow/QualityPasturesforImprovedProfitability.htm)>
- WHITEHEAD, D; y JONES, L. 1978. The influence of fertilizer N plus K on N, S and other mineral elements in perennial ryegrass at a range of sites. Journal of the Science of Food and Agriculture. 21: 1-11.
- WHITEHEAD, D. 2000. Nutrient elements in grassland. Soil-plant-animal relationship. CABI Publishing. Department of Soil Science. UK. University of Reading. 369 p.

WILD, A; y JONES, L. (1988). Mineral nutrition of crop plants. **In:** WILD (ed). Russell's Soil Conditions and Plant Growth. Longman Harlow. pp. 69-112.

WILKINS, P; ALLEN, D; y MYTTON, L. (2000). Differences in the nitrogen use efficiency of perennial ryegrass varieties under simulated rotational grazing and their effects on nitrogen recovery and herbage nitrogen content. Grass and Forage Science. 55: 69-76.

## **ANEXOS**

**ANEXO 1. Concentración de Nitrógeno de los cultivares evaluados.**

Variedad	Bloque	CORTES											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Anita	1	3,89	2,69	2,78	1,66	2,02	3,07	4,02	3,41	2,61	2,30	2,40	3,76
Anita	2	3,20	2,77	2,72	1,87	2,06	3,18	3,76	2,90	2,60	1,52	2,94	3,54
Anita	3	3,57	3,20	2,35	2,37	3,04	3,60	3,46	3,33	2,80	1,78	2,26	3,24
Aries	1	3,55	3,20	3,20	1,71	2,06	3,50	3,76	3,23	2,48	1,77	2,13	3,44
Aries	2	2,75	2,18	2,16	2,11	2,66	3,22	3,48	3,21	2,80	2,13	2,57	3,71
Aries	3	3,87	3,15	2,58	1,50	2,03	3,41	3,23	2,62	2,70	1,80	2,44	3,25
Gwendal	1	2,86	2,86	2,32	1,28	1,86	3,02	3,82	2,21	3,07	1,82	2,77	3,54
Gwendal	2	3,07	2,82	2,72	1,90	2,32	2,98	3,47	2,91	2,46	1,66	2,46	4,01
Gwendal	3	2,74	2,56	2,37	1,58	2,59	3,31	3,59	2,91	3,29	1,90	2,32	3,49
Jumbo	1	3,50	2,94	2,69	1,62	2,27	3,14	3,72	2,91	2,57	1,55	2,38	3,23
Jumbo	2	3,94	3,41	2,83	1,76	2,45	3,38	3,26	2,87	2,31	1,55	2,31	3,55
Jumbo	3	2,90	2,99	2,54	1,94	3,18	3,09	3,38	2,37	2,75	1,59	2,50	2,97
Napoleon	1	3,47	3,04	1,68	1,70	2,29	3,20	3,78	2,51	2,16	1,58	2,51	3,52
Napoleon	2	3,42	3,25	2,18	1,84	2,53	3,55	3,63	2,70	3,48	1,81	2,46	3,55
Napoleon	3	3,04	2,83	2,66	2,03	2,82	3,73	3,77	2,61	2,52	1,63	2,52	3,45
Nui	1	3,78	3,36	2,64	1,94	2,53	3,49	3,57	3,08	2,83	2,17	2,40	3,64
Nui	2	3,34	2,93	2,80	1,97	2,29	3,12	3,46	2,08	2,49	2,15	2,56	3,57
Nui	3	2,58	2,14	2,19	2,05	2,27	2,99	3,47	2,89	2,40	1,76	2,48	3,29
Pastoral	1	3,42	2,82	2,78	1,55	2,19	3,22	3,40	2,36	2,73	1,49	2,32	4,00
Pastoral	2	3,50	2,98	1,89	1,84	2,30	3,23	3,37	2,19	2,59	1,91	2,31	3,65
Pastoral	3	3,06	2,88	2,38	1,54	2,70	3,47	3,64	3,00	2,60	1,73	2,30	3,69
Quartet	1	3,65	2,99	2,64	1,66	1,82	3,22	3,67	3,01	3,21	1,72	2,13	3,80
Quartet	2	3,30	2,93	2,72	1,74	2,11	3,14	3,54	2,30	2,62	1,60	2,65	3,70
Quartet	3	2,74	2,66	1,89	2,05	2,61	3,22	3,09	2,54	2,42	1,96	2,40	2,96
Yatsin	1	3,10	2,69	1,97	1,54	2,30	3,22	3,49	2,16	2,09	1,74	1,92	3,40
Yatsin	2	3,73	2,91	2,56	1,73	1,98	2,98	3,54	2,63	2,35	1,98	2,39	3,24
Yatsin	3	3,18	2,83	2,77	2,11	2,43	3,71	3,51	2,85	3,02	1,64	2,32	3,81

**ANEXO 2. Concentración de Fósforo de los cultivares evaluados.**

Variedad	Bloque	CORTES											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Anita	1	0,31	0,32	0,23	0,10	0,18	0,32	0,37	0,32	0,32	0,21	0,26	0,24
Anita	2	0,27	0,26	0,21	0,10	0,17	0,27	0,39	0,33	0,36	0,24	0,24	0,28
Anita	3	0,30	0,31	0,20	0,10	0,19	0,27	0,31	0,29	0,32	0,18	0,23	0,22
Aries	1	0,30	0,29	0,23	0,12	0,24	0,31	0,34	0,35	0,34	0,24	0,26	0,25
Aries	2	0,27	0,25	0,19	0,09	0,21	0,30	0,36	0,30	0,31	0,20	0,20	0,26
Aries	3	0,26	0,25	0,18	0,11	0,19	0,27	0,29	0,25	0,31	0,19	0,22	0,24
Gwendal	1	0,34	0,32	0,23	0,14	0,25	0,34	0,45	0,34	0,33	0,28	0,27	0,27
Gwendal	2	0,30	0,27	0,21	0,11	0,18	0,28	0,30	0,36	0,43	0,30	0,25	0,27
Gwendal	3	0,21	0,23	0,16	0,09	0,16	0,27	0,30	0,31	0,28	0,16	0,26	0,25
Jumbo	1	0,32	0,28	0,23	0,17	0,26	0,30	0,29	0,31	0,33	0,26	0,28	0,27
Jumbo	2	0,24	0,22	0,17	0,09	0,18	0,27	0,29	0,28	0,32	0,19	0,21	0,24
Jumbo	3	0,23	0,22	0,18	0,11	0,18	0,22	0,29	0,25	0,31	0,23	0,21	0,24
Napoleon	1	0,33	0,27	0,21	0,13	0,24	0,33	0,41	0,31	0,39	0,27	0,30	0,23
Napoleon	2	0,29	0,30	0,20	0,10	0,24	0,30	0,30	0,46	0,31	0,22	0,20	0,28
Napoleon	3	0,24	0,24	0,18	0,10	0,17	0,28	0,32	0,27	0,31	0,18	0,23	0,25
Nui	1	0,36	0,37	0,23	0,11	0,23	0,30	0,33	0,33	0,42	0,18	0,28	0,30
Nui	2	0,26	0,25	0,20	0,10	0,17	0,30	0,37	0,32	0,29	0,19	0,21	0,23
Nui	3	0,27	0,27	0,19	0,12	0,19	0,27	0,32	0,27	0,29	0,18	0,22	0,22
Pastoral	1	0,34	0,28	0,20	0,14	0,20	0,31	0,35	0,30	0,39	0,28	0,31	0,29
Pastoral	2	0,27	0,24	0,17	0,11	0,17	0,27	0,26	0,31	0,30	0,20	0,31	0,28
Pastoral	3	0,27	0,27	0,17	0,09	0,18	0,25	0,31	0,26	0,30	0,14	0,23	0,22
Quartet	1	0,34	0,27	0,20	0,09	0,18	0,29	0,38	0,31	0,35	0,20	0,25	0,31
Quartet	2	0,26	0,27	0,19	0,10	0,18	0,31	0,35	0,24	0,33	0,21	0,23	0,27
Quartet	3	0,20	0,20	0,14	0,10	0,15	0,21	0,24	0,34	0,30	0,18	0,18	0,25
Yatsin	1	0,36	0,30	0,23	0,15	0,24	0,27	0,35	0,38	0,34	0,20	0,26	0,27
Yatsin	2	0,30	0,28	0,21	0,10	0,18	0,29	0,34	0,28	0,30	0,22	0,26	0,27
Yatsin	3	0,29	0,27	0,21	0,10	0,16	0,30	0,33	0,29	0,27	0,15	0,16	0,34

**ANEXO 3. Concentración de Potasio de los cultivares evaluados.**

Variedad	Bloque	CORTES											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Anita	1	4,0	4,2	4,2	2,3	2,4	3,9	3,8	4,2	4,0	3,4	2,5	3,6
Anita	2	3,6	4,0	4,2	2,6	2,7	2,9	3,6	3,7	3,7	2,6	1,3	3,1
Anita	3	4,8	4,7	4,2	3,1	5,8	4,0	5,3	4,2	4,0	2,0	2,5	4,0
Aries	1	4,1	4,0	4,4	2,1	2,6	3,3	4,4	3,9	4,1	2,8	2,0	2,8
Aries	2	4,3	2,8	3,3	1,8	2,4	3,4	3,8	3,5	3,7	2,8	2,4	3,3
Aries	3	3,5	3,3	2,3	1,7	2,3	2,9	3,2	3,1	2,9	2,6	1,3	0,9
Gwendal	1	3,9	3,9	4,3	2,5	2,5	3,4	4,9	3,8	4,3	2,8	2,3	2,8
Gwendal	2	3,5	4,2	3,0	1,6	2,1	3,4	4,4	3,3	3,4	2,0	2,0	2,5
Gwendal	3	3,3	3,6	3,4	1,6	2,1	2,8	4,4	3,3	4,7	1,7	2,1	2,6
Jumbo	1	3,9	3,9	3,9	2,4	2,1	3,1	4,1	3,8	3,6	2,4	1,7	2,5
Jumbo	2	3,0	3,5	3,5	1,5	2,5	3,1	3,4	4,5	3,1	2,8	1,6	3,0
Jumbo	3	3,2	3,6	3,3	2,2	1,9	2,3	4,1	3,0	3,3	3,5	1,8	2,5
Napoleon	1	3,5	4,6	3,2	1,0	2,7	3,2	3,9	3,0	3,9	2,2	2,1	2,4
Napoleon	2	4,0	4,0	3,6	2,2	4,4	3,7	4,1	3,8	5,5	3,1	2,4	3,4
Napoleon	3	2,9	3,6	9,6	2,0	2,4	3,0	4,2	3,0	3,8	2,6	1,8	3,3
Nui	1	3,8	4,7	3,2	2,1	3,0	3,4	4,1	3,7	3,9	2,9	3,0	3,2
Nui	2	3,3	3,5	3,5	2,0	2,5	3,2	3,7	3,5	3,0	2,5	2,2	3,2
Nui	3	3,4	3,0	2,8	1,9	1,9	2,1	3,2	3,3	3,6	2,4	2,2	2,7
Pastoral	1	3,6	4,3	3,5	2,2	2,2	2,2	4,1	4,2	3,5	2,4	1,7	2,4
Pastoral	2	3,2	2,4	3,1	2,0	2,1	3,1	4,0	3,1	3,0	2,9	1,8	2,9
Pastoral	3	3,3	4,0	3,6	1,9	2,0	2,4	3,9	3,1	3,4	3,5	1,0	2,8
Quartet	1	4,4	4,6	4,2	2,4	1,4	3,9	5,1	4,2	5,2	2,9	2,5	3,5
Quartet	2	3,7	4,0	4,1	2,7	2,8	3,2	3,6	3,2	3,6	2,4	2,5	3,3
Quartet	3	3,4	3,2	3,5	1,8	1,9	1,9	3,9	2,5	2,6	1,5	1,3	1,8
Yatsin	1	3,8	4,4	2,9	2,0	2,4	2,7	4,0	3,1	2,8	1,9	1,7	2,4
Yatsin	2	3,5	4,3	3,9	2,3	2,5	2,9	4,3	3,7	3,0	2,4	2,2	3,0
Yatsin	3	3,6	3,3	3,5	2,3	2,8	3,7	4,5	3,7	4,2	2,4	1,7	3,1



**ANEXO 4. Concentración de Calcio de los cultivares evaluados.**

Variedad	Bloque	CORTES											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Anita	1	0,50	0,54	0,51	0,59	0,43	0,31	0,53	0,39	0,54	0,46	0,46	0,43
Anita	2	0,51	0,54	0,54	0,55	0,39	0,30	0,32	0,33	0,48	0,31	0,44	0,54
Anita	3	0,45	0,50	0,48	0,57	0,42	0,22	0,56	0,36	0,45	0,36	0,43	0,48
Aries	1	0,50	0,53	0,51	0,52	0,46	0,32	0,35	0,41	0,41	0,38	0,39	0,46
Aries	2	0,55	0,44	0,61	0,49	0,49	0,42	0,32	0,63	0,48	0,39	0,39	0,42
Aries	3	0,55	0,57	0,56	0,48	0,44	0,41	0,32	0,31	0,43	0,45	0,46	0,52
Gwendal	1	0,58	0,61	0,72	0,58	0,53	0,30	0,80	0,46	0,47	0,43	0,54	0,58
Gwendal	2	0,61	0,49	0,49	0,59	0,54	0,30	0,41	0,57	0,52	0,44	0,44	0,66
Gwendal	3	0,53	0,59	0,60	0,53	0,63	0,30	0,34	0,43	0,39	0,45	0,47	0,49
Jumbo	1	0,62	0,68	0,67	0,72	0,58	0,39	0,43	0,59	0,56	0,47	0,48	0,52
Jumbo	2	0,63	0,84	0,72	0,65	0,89	0,34	0,42	0,75	0,57	0,39	0,42	0,54
Jumbo	3	0,68	0,75	0,75	0,57	0,74	0,36	0,45	0,51	0,44	0,38	0,49	0,71
Napoleon	1	0,54	0,60	0,46	0,41	0,52	0,33	0,44	0,41	0,48	0,49	0,48	0,48
Napoleon	2	0,62	0,51	0,56	0,55	0,47	0,26	0,16	0,42	0,43	0,36	0,44	0,44
Napoleon	3	0,48	0,65	0,62	0,59	0,57	0,29	0,49	0,44	0,45	0,41	0,43	0,46
Nui	1	0,67	0,67	0,59	0,66	0,45	0,35	0,36	0,44	0,51	0,54	0,68	0,60
Nui	2	0,58	0,61	0,59	0,51	0,56	0,31	0,48	0,43	0,41	0,34	0,37	0,47
Nui	3	0,65	0,59	0,58	0,59	0,51	0,35	0,37	0,36	0,45	0,42	0,53	0,56
Pastoral	1	0,54	0,61	0,58	0,65	0,63	0,33	0,34	0,42	0,52	0,41	0,64	0,56
Pastoral	2	0,47	0,49	0,56	0,60	0,51	0,29	0,32	0,43	0,50	0,44	0,52	0,53
Pastoral	3	0,54	0,66	0,56	0,49	0,56	0,28	0,37	0,47	0,52	0,46	0,51	0,51
Quartet	1	0,49	0,61	0,52	0,57	0,29	0,30	0,46	0,46	0,49	0,41	0,51	0,48
Quartet	2	0,51	0,64	0,53	0,57	0,44	0,32	0,31	0,41	0,46	0,31	0,41	0,47
Quartet	3	0,65	0,56	0,54	0,68	0,51	0,28	0,34	0,41	0,41	0,31	0,42	0,51
Yatsin	1	0,61	0,67	0,60	0,73	0,57	0,34	0,40	0,53	0,54	0,45	0,50	0,55
Yatsin	2	0,51	0,69	0,61	0,65	0,50	0,31	0,35	0,48	0,55	0,48	0,42	0,55
Yatsin	3	0,62	0,58	0,61	0,72	0,55	0,35	0,56	0,48	0,48	0,40	0,41	0,48

**ANEXO 5. Concentración de Magnesio de los cultivares evaluados**

Variedad	Bloque	CORTES											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Anita	1	0,20	0,19	0,22	0,23	0,16	0,17	0,20	0,18	0,20	0,18	0,17	0,19
Anita	2	0,14	0,19	0,18	0,21	0,15	0,17	0,17	0,15	0,16	0,12	0,11	0,18
Anita	3	0,14	0,17	0,18	0,21	0,20	0,18	0,20	0,18	0,19	0,14	0,17	0,23
Aries	1	0,17	0,18	0,21	0,21	0,19	0,13	0,19	0,17	0,18	0,16	0,15	0,18
Aries	2	0,19	0,16	0,23	0,23	0,19	0,19	0,18	0,18	0,20	0,17	0,15	0,20
Aries	3	0,14	0,17	0,19	0,22	0,18	0,13	0,21	0,17	0,20	0,18	0,14	0,22
Gwendal	1	0,15	0,16	0,19	0,20	0,16	0,15	0,21	0,13	0,17	0,17	0,21	0,23
Gwendal	2	0,15	0,13	0,19	0,22	0,19	0,15	0,21	0,18	0,21	0,18	0,16	0,23
Gwendal	3	0,11	0,14	0,19	0,17	0,20	0,17	0,18	0,18	0,19	0,17	0,18	0,18
Jumbo	1	0,15	0,18	0,20	0,21	0,16	0,14	0,19	0,15	0,18	0,16	0,15	0,17
Jumbo	2	0,15	0,17	0,19	0,20	0,23	0,16	0,19	0,17	0,20	0,14	0,15	0,20
Jumbo	3	0,11	0,15	0,18	0,16	0,19	0,14	0,17	0,15	0,19	0,15	0,14	0,18
Napoleon	1	0,16	0,20	0,17	0,11	0,19	0,15	0,18	0,14	0,21	0,16	0,19	0,18
Napoleon	2	0,16	0,17	0,19	0,22	0,19	0,18	0,18	0,19	0,18	0,16	0,18	0,20
Napoleon	3	0,12	0,16	0,19	0,21	0,18	0,17	0,19	0,17	0,20	0,16	0,16	0,21
Nui	1	0,23	0,23	0,22	0,28	0,20	0,20	0,18	0,18	0,20	0,16	0,33	0,18
Nui	2	0,16	0,18	0,19	0,19	0,17	0,16	0,19	0,18	0,18	0,13	0,16	0,20
Nui	3	0,13	0,16	0,20	0,24	0,21	0,20	0,19	0,15	0,17	0,16	0,18	0,21
Pastoral	1	0,16	0,18	0,18	0,22	0,20	0,16	0,19	0,12	0,18	0,15	0,18	0,16
Pastoral	2	0,15	0,14	0,18	0,23	0,19	0,15	0,16	0,15	0,21	0,18	0,20	0,21
Pastoral	3	0,13	0,17	0,19	0,18	0,22	0,17	0,21	0,16	0,23	0,15	0,20	0,22
Quartet	1	0,18	0,21	0,22	0,24	0,11	0,18	0,21	0,19	0,23	0,18	0,24	0,23
Quartet	2	0,16	0,20	0,21	0,21	0,17	0,17	0,17	0,17	0,20	0,13	0,15	0,21
Quartet	3	0,12	0,16	0,17	0,22	0,20	0,17	0,21	0,17	0,22	0,16	0,16	0,24
Yatsin	1	0,16	0,19	0,18	0,25	0,23	0,20	0,19	0,13	0,16	0,17	0,21	0,25
Yatsin	2	0,16	0,19	0,19	0,21	0,16	0,16	0,17	0,15	0,16	0,16	0,14	0,21
Yatsin	3	0,15	0,16	0,23	0,24	0,20	0,20	0,19	0,18	0,17	0,14	0,13	0,21

**ANEXO 6. Concentración de Azufre de los cultivares evaluados.**

Variedad	Bloque	CORTES											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Anita	1	0,24	0,21	0,18	0,11	0,22	0,27	0,29	0,24	0,26	0,16	0,25	0,30
Anita	2	0,32	0,18	0,19	0,13	0,25	0,33	0,25	0,21	0,25	0,17	0,38	0,37
Anita	3	0,28	0,21	0,17	0,10	0,23	0,26	0,25	0,22	0,22	0,14	0,27	0,34
Aries	1	0,35	0,23	0,19	0,14	0,29	0,35	0,29	0,27	0,25	0,17	0,25	0,25
Aries	2	0,30	0,21	0,18	0,10	0,20	0,29	0,26	0,24	0,24	0,14	0,27	0,31
Aries	3	0,26	0,18	0,16	0,10	0,24	0,32	0,24	0,17	0,17	0,11	0,19	0,32
Gwendal	1	0,32	0,21	0,18	0,13	0,32	0,27	0,30	0,23	0,29	0,24	0,34	0,41
Gwendal	2	0,30	0,21	0,18	0,13	0,30	0,32	0,26	0,24	0,27	0,24	0,34	0,35
Gwendal	3	0,25	0,15	0,16	0,08	0,24	0,30	0,29	0,18	0,22	0,11	0,39	0,30
Jumbo	1	0,33	0,25	0,21	0,14	0,28	0,25	0,26	0,26	0,29	0,23	0,31	0,32
Jumbo	2	0,27	0,21	0,18	0,10	0,27	0,27	0,26	0,21	0,24	0,16	0,29	0,32
Jumbo	3	0,33	0,20	0,22	0,10	0,30	0,26	0,30	0,20	0,24	0,16	0,28	0,32
Napoleon	1	0,29	0,19	0,14	0,16	0,31	0,31	0,29	0,24	0,25	0,20	0,38	0,36
Napoleon	2	0,32	0,19	0,14	0,12	0,28	0,29	0,27	0,21	0,27	0,17	0,34	0,33
Napoleon	3	0,27	0,18	0,17	0,11	0,25	0,27	0,27	0,17	0,18	0,13	0,29	0,32
Nui	1	0,37	0,24	0,20	0,15	0,27	0,31	0,26	0,23	0,24	0,15	0,31	0,30
Nui	2	0,30	0,18	0,16	0,10	0,20	0,27	0,25	0,23	0,20	0,13	0,28	0,28
Nui	3	0,24	0,21	0,17	0,12	0,24	0,30	0,24	0,20	0,23	0,15	0,25	0,32
Pastoral	1	0,31	0,22	0,18	0,15	0,35	0,29	0,29	0,21	0,23	0,15	0,30	0,33
Pastoral	2	0,30	0,22	0,16	0,14	0,30	0,31	0,26	0,19	0,24	0,16	0,57	0,34
Pastoral	3	0,31	0,24	0,18	0,09	0,25	0,31	0,33	0,17	0,31	0,13	0,51	0,32
Quartet	1	0,35	0,22	0,18	0,12	0,24	0,32	0,30	0,26	0,26	0,14	0,34	0,36
Quartet	2	0,32	0,24	0,16	0,13	0,25	0,32	0,30	0,19	0,20	0,14	0,45	0,35
Quartet	3	0,25	0,21	0,13	0,10	0,22	0,25	0,25	0,20	0,20	0,11	0,30	0,30
Yatsin	1	0,34	0,24	0,16	0,17	0,40	0,33	0,27	0,20	0,18	0,20	0,38	0,45
Yatsin	2	0,31	0,20	0,21	0,14	0,25	0,37	0,38	0,21	0,18	0,16	0,42	0,31
Yatsin	3	0,37	0,21	0,16	0,09	0,26	0,29	0,30	0,21	0,17	0,14	0,34	0,28

**ANEXO 7. Concentración de Hierro de los cultivares evaluados.**

Variedad	Bloque	CORTES											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Anita	1	830	210	142	187	126	101	395	157	248	152	126	1613
Anita	2	282	227	188	195	115	107	453	159	134	89	101	153
Anita	3	427	240	135	160	179	118	861	205	169	93	169	170
Aries	1	318	325	120	143	114	108	377	228	91	148	176	812
Aries	2	336	451	133	135	103	100	804	234	168	96	105	667
Aries	3	689	561	228	194	164	141	332	152	202	97	69	188
Gwendal	1	391	334	142	176	145	93	515	199	151	126	115	388
Gwendal	2	344	361	219	154	178	89	185	247	155	144	107	211
Gwendal	3	835	701	177	96	202	103	187	158	171	133	109	189
Jumbo	1	317	590	137	143	162	98	618	299	198	120	236	739
Jumbo	2	393	291	152	133	170	108	392	135	123	93	79	484
Jumbo	3	675	458	172	144	234	120	204	177	160	107	90	118
Napoleon	1	252	289	153	163	293	127	260	119	171	118	123	382
Napoleon	2	353	266	142	520	145	100	616	243	150	132	170	487
Napoleon	3	950	399	158	125	164	105	247	100	363	90	90	29
Nui	1	276	305	104	163	123	117	1025	247	102	113	63	353
Nui	2	662	458	177	153	126	102	447	291	159	96	111	584
Nui	3	328	777	156	222	158	237	295	140	159	101	70	117
Pastoral	1	252	411	199	214	147	99	285	105	142	94	106	3000
Pastoral	2	837	589	249	185	338	119	227	109	175	124	102	176
Pastoral	3	602	824	189	96	167	91	169	106	224	102	118	159
Quartet	1	227	478	138	160	85	101	406	218	305	106	172	534
Quartet	2	412	715	176	137	128	95	262	99	415	79	114	171
Quartet	3	1338	1246	409	324	213	117	558	131	234	91	202	228
Yatsin	1	261	337	163	155	208	110	563	84	315	152	108	349
Yatsin	2	412	430	196	169	131	96	313	195	130	100	72	173
Yatsin	3	870	388	164	149	166	120	430	227	215	185	91	243

**ANEXO 8. Concentración de Cobre de los cultivares evaluados.**

Variedad	Bloque	CORTES											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Anita	1	18	10	9	7	6	8	14	11	8	6	8	12
Anita	2	14	15	12	6	7	9	16	10	7	4	5	11
Anita	3	15	19	10	7	9	12	17	10	8	4	6	10
Aries	1	16	15	10	7	6	10	13	10	8	6	4	12
Aries	2	19	13	9	7	6	8	13	10	8	6	7	13
Aries	3	16	12	9	7	6	9	12	9	8	5	6	10
Gwendal	1	13	14	8	7	6	7	14	7	8	6	10	12
Gwendal	2	15	10	9	12	7	8	12	9	9	3	3	12
Gwendal	3	11	10	8	5	8	9	14	10	9	3	5	11
Jumbo	1	18	12	10	7	6	9	14	10	8	6	5	11
Jumbo	2	17	12	15	11	7	10	13	10	7	5	3	13
Jumbo	3	18	11	11	7	10	10	14	8	8	5	3	10
Napoleon	1	19	14	7	9	6	8	12	7	8	4	3	11
Napoleon	2	16	18	8	6	7	9	13	18	8	5	6	13
Napoleon	3	16	13	8	6	8	11	13	8	7	4	3	11
Nui	1	24	13	7	7	7	9	14	9	7	6	4	12
Nui	2	18	21	10	8	6	9	13	10	7	6	7	11
Nui	3	12	13	11	7	7	9	13	10	6	5	3	11
Pastoral	1	18	10	9	10	6	9	12	8	5	4	10	17
Pastoral	2	15	12	9	6	8	10	13	7	7	6	3	12
Pastoral	3	21	13	9	5	8	11	15	7	8	5	3	12
Quartet	1	20	12	12	7	5	8	14	9	9	5	6	13
Quartet	2	20	19	9	6	6	9	14	7	8	4	6	10
Quartet	3	19	14	12	8	6	10	13	8	7	5	4	8
Yatsin	1	15	15	7	7	7	13	13	6	6	5	4	12
Yatsin	2	16	11	10	6	6	8	13	9	6	6	6	11
Yatsin	3	15	11	10	6	8	11	15	9	8	6	4	12

**ANEXO 9. Concentración de Zinc de los cultivares evaluados.**

Variedad	Bloque	CORTES											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Anita	1	38	37	26	18	17	26	43	23	22	23	27	32
Anita	2	28	43	28	21	17	24	36	22	22	17	10	31
Anita	3	38	41	23	25	27	29	42	24	21	22	19	28
Aries	1	32	39	32	22	18	26	36	22	21	18	12	29
Aries	2	31	33	22	26	16	25	39	24	23	17	24	34
Aries	3	29	35	24	31	23	22	34	21	24	17	8	31
Gwendal	1	33	36	21	24	18	22	43	15	25	19	28	38
Gwendal	2	30	36	18	23	22	22	36	17	21	14	14	33
Gwendal	3	25	30	17	16	18	22	38	22	20	17	19	30
Jumbo	1	34	36	25	27	24	24	45	22	22	17	22	31
Jumbo	2	29	32	22	19	23	27	36	19	17	13	11	34
Jumbo	3	27	34	22	22	27	24	35	18	23	19	15	23
Napoleon	1	34	38	21	29	23	25	35	15	21	15	15	32
Napoleon	2	33	40	23	31	25	27	37	18	32	20	23	33
Napoleon	3	28	36	22	22	22	27	39	17	16	24	9	33
Nui	1	38	53	28	23	25	27	42	23	27	16	15	36
Nui	2	33	42	24	23	18	24	46	28	22	17	23	34
Nui	3	25	34	25	27	24	26	39	21	21	20	19	28
Pastoral	1	32	38	24	21	24	24	35	15	17	17	24	25
Pastoral	2	34	31	20	21	23	23	34	10	16	18	13	33
Pastoral	3	27	35	21	19	24	23	42	16	15	18	12	33
Quartet	1	36	44	23	17	15	26	42	21	26	18	19	38
Quartet	2	27	38	25	19	16	24	42	13	20	14	15	33
Quartet	3	27	35	20	22	23	22	36	19	22	12	14	25
Yatsin	1	31	41	19	25	31	29	36	15	22	19	14	34
Yatsin	2	33	45	29	24	20	25	40	20	22	16	20	34
Yatsin	3	35	41	28	26	25	31	45	28	23	19	15	37

**ANEXO 10. Concentración de Manganeso de los cultivares evaluados.**

Variedad	Bloque	CORTES											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Anita	1	72	70	45	60	57	57	75	49	46	46	75	65
Anita	2	66	92	62	61	52	48	72	47	61	43	51	55
Anita	3	80	81	49	73	76	67	72	63	53	75	83	81
Aries	1	77	73	71	73	72	49	71	64	62	53	51	78
Aries	2	79	77	54	66	71	66	89	64	63	48	76	93
Aries	3	108	90	73	92	82	78	91	62	56	66	76	104
Gwendal	1	52	47	34	44	52	28	45	39	50	44	58	54
Gwendal	2	66	63	41	65	50	37	53	58	59	49	56	66
Gwendal	3	72	77	48	57	57	49	77	76	72	85	75	73
Jumbo	1	76	93	60	50	70	29	81	57	81	58	61	71
Jumbo	2	86	73	55	71	67	52	78	62	64	63	58	80
Jumbo	3	93	91	57	67	72	49	71	67	65	52	61	68
Napoleon	1	49	57	37	39	41	30	45	48	50	40	41	45
Napoleon	2	105	79	53	76	66	50	81	81	67	50	75	65
Napoleon	3	92	87	56	64	79	60	91	73	57	78	61	99
Nui	1	54	95	41	69	51	47	71	54	52	26	49	49
Nui	2	86	87	55	91	81	77	100	69	68	63	102	82
Nui	3	85	82	51	77	76	57	80	63	67	64	78	64
Pastoral	1	53	37	37	38	44	31	54	33	37	34	43	98
Pastoral	2	71	65	48	53	63	39	71	51	69	50	54	54
Pastoral	3	80	94	62	51	75	48	94	75	85	83	70	65
Quartet	1	71	82	47	62	61	46	66	53	54	41	53	84
Quartet	2	86	87	48	75	57	58	82	61	58	65	60	62
Quartet	3	101	100	76	121	109	72	89	80	82	98	95	129
Yatsin	1	52	73	29	38	49	41	59	29	34	46	47	57
Yatsin	2	73	102	88	92	87	65	91	64	61	51	63	80
Yatsin	3	101	96	62	92	98	83	101	85	61	66	65	108

**ANEXO 11. Concentración de Boro de los cultivares evaluados.**

Variedad	Bloque	CORTES											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Anita	1	9,9	6,8	2,4	2,8	2,0	3,0	14,3	7,8	6,5	6,0	3,4	8,9
Anita	2	3,3	7,8	4,0	3,9	2,8	2,5	16,3	8,0	4,8	11,3	2,2	2,6
Anita	3	4,5	7,5	1,8	3,5	4,3	1,1	14,5	4,3	5,0	9,3	0,8	7,0
Aries	1	3,5	5,3	3,5	2,9	5,0	3,0	8,8	10,8	3,3	5,5	2,0	6,2
Aries	2	4,8	5,5	5,0	4,0	4,9	3,1	16,3	6,3	5,5	8,5	2,5	5,0
Aries	3	6,8	2,9	3,9	3,9	7,3	2,7	12,0	4,8	7,8	6,5	3,5	2,5
Gwendal	1	4,8	6,6	3,0	3,5	2,8	1,0	9,0	7,3	5,0	6,3	5,0	6,6
Gwendal	2	7,5	6,0	2,3	6,2	2,8	2,9	9,3	10,8	6,0	7,0	0,8	8,3
Gwendal	3	7,6	12,5	3,3	3,0	3,8	0,3	10,3	5,3	6,5	7,0	2,5	5,3
Jumbo	1	3,8	6,3	2,4	1,5	4,1	3,0	16,5	14,5	4,8	6,5	2,5	5,4
Jumbo	2	2,8	6,5	2,9	4,0	2,1	2,5	11,5	5,5	6,0	4,3	2,7	4,3
Jumbo	3	8,3	5,0	2,4	1,8	4,2	1,0	10,0	4,0	5,5	5,8	0,3	3,3
Napoleon	1	6,0	6,8	4,0	4,0	2,7	4,3	8,8	6,3	6,3	9,0	3,9	4,0
Napoleon	2	1,5	5,0	2,0	2,8	4,9	1,6	13,3	10,3	4,8	7,3	3,0	5,0
Napoleon	3	6,6	4,8	2,3	4,5	6,3	1,8	12,5	12,8	7,3	4,5	2,1	3,4
Nui	1	3,4	3,8	3,5	6,2	5,4	3,4	15,0	12,0	7,8	6,8	1,8	6,7
Nui	2	5,8	5,5	4,5	5,5	4,5	2,5	8,0	9,8	6,8	6,0	5,7	5,0
Nui	3	5,3	6,9	2,9	5,5	4,3	1,9	9,0	3,8	7,8	6,5	1,3	2,5
Pastoral	1	1,0	6,8	2,7	6,3	3,8	2,8	12,0	10,3	8,5	5,3	5,5	8,5
Pastoral	2	9,0	6,3	3,5	2,7	5,8	2,1	6,8	8,3	6,5	5,8	3,3	3,2
Pastoral	3	5,5	8,8	2,5	2,3	4,3	1,3	11,3	6,8	5,3	5,5	4,5	5,1
Quartet	1	3,5	5,3	2,8	8,4	2,4	2,5	12,5	10,5	4,8	5,0	3,3	3,0
Quartet	2	5,5	8,8	2,8	2,0	3,0	2,0	9,0	6,5	7,0	6,0	2,5	0,5
Quartet	3	6,7	5,5	6,1	6,8	4,8	2,3	10,5	6,3	8,3	5,5	1,5	5,7
Yatsin	1	6,5	3,5	3,1	4,3	3,8	3,5	16,8	7,3	5,3	6,3	3,0	2,4
Yatsin	2	4,5	6,0	2,8	6,3	2,1	3,2	11,0	8,8	5,8	7,8	2,3	5,1
Yatsin	3	8,0	5,5	2,8	5,7	3,3	3,4	16,3	5,3	6,0	7,3	3,9	2,9



**ANEXO 12. Concentración de Aluminio de los cultivares evaluados.**

Variedad	Bloque	CORTES											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Anita	1	1677	182	152	218	178	132	403	104	312	171	163	5300
Anita	2	356	1554	159	268	162	103	553	137	131	108	162	213
Anita	3	481	357	139	250	228	141	1053	170	166	104	254	231
Aries	1	454	256	113	165	156	119	368	201	69	179	384	2425
Aries	2	417	416	126	176	148	117	968	211	181	101	161	1625
Aries	3	1676	631	285	227	195	129	397	127	261	138	101	234
Gwendal	1	561	265	132	237	231	95	499	182	141	137	162	629
Gwendal	2	392	454	240	271	222	116	151	229	164	187	149	277
Gwendal	3	2172	1325	204	154	262	95	149	119	195	170	35	228
Jumbo	1	386	499	124	187	285	106	57	283	226	140	737	2050
Jumbo	2	1977	254	176	210	229	99	446	108	125	116	109	832
Jumbo	3	2093	531	199	244	293	124	180	166	176	112	96	135
Napoleon	1	248	479	253	297	225	110	272	54	142	144	203	603
Napoleon	2	388	233	126	212	211	105	740	301	148	168	395	835
Napoleon	3	1788	516	173	211	213	103	245	71	537	111	174	381
Nui	1	308	318	93	189	204	146	1458	190	92	123	87	574
Nui	2	1291	344	169	242	176	126	521	292	182	82	146	1600
Nui	3	351	1171	146	266	212	249	342	97	166	125	70	128
Pastoral	1	250	213	156	220	223	180	282	77	135	103	135	6175
Pastoral	2	1680	600	330	288	482	137	219	83	195	155	130	219
Pastoral	3	945	1698	210	161	217	89	147	82	269	134	163	194
Quartet	1	273	473	161	211	216	124	442	185	386	114	310	952
Quartet	2	490	596	145	198	231	96	282	63	584	89	146	277
Quartet	3	1987	1452	539	488	198	119	599	101	295	121	321	299
Yatsin	1	248	310	166	253	287	130	660	283	393	155	161	588
Yatsin	2	449	550	197	218	225	113	373	174	137	124	95	239
Yatsin	3	2312	513	147	228	213	120	527	199	264	260	199	320