



Implicancias Técnicas en la Corrección de Fertilidad del Suelo

Rolando Demanet Filippi
Universidad de La Frontera

TODOAGRO
Valdivia, 26 de Enero de 2010



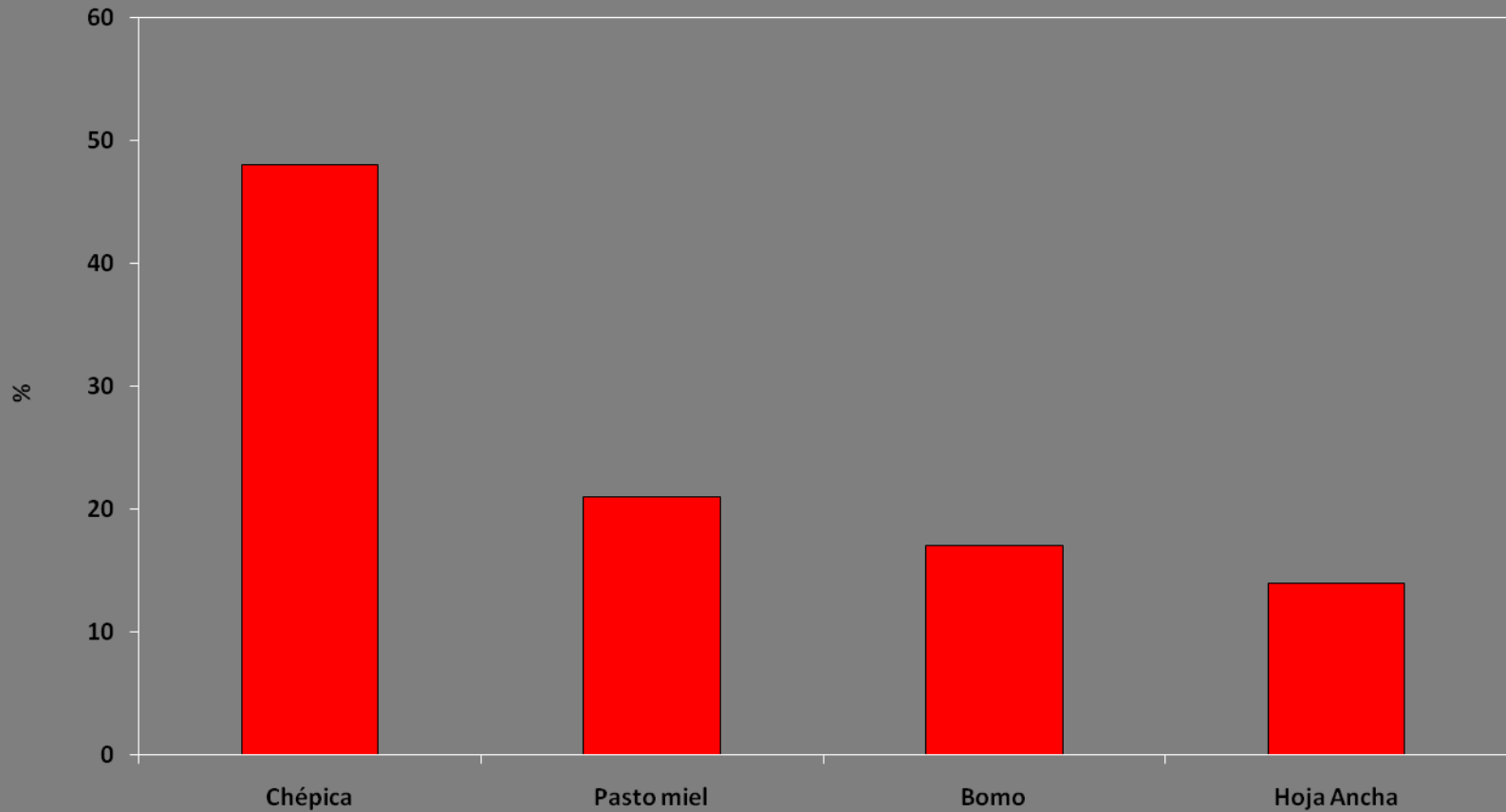
Suelos de Origen Volcánico

Nuestra meta es Producir 18 Ton MS/Ha
Eficiencia de Utilización 75%
Consumo Real 13.5 Ton MS/Ha



22 15:53

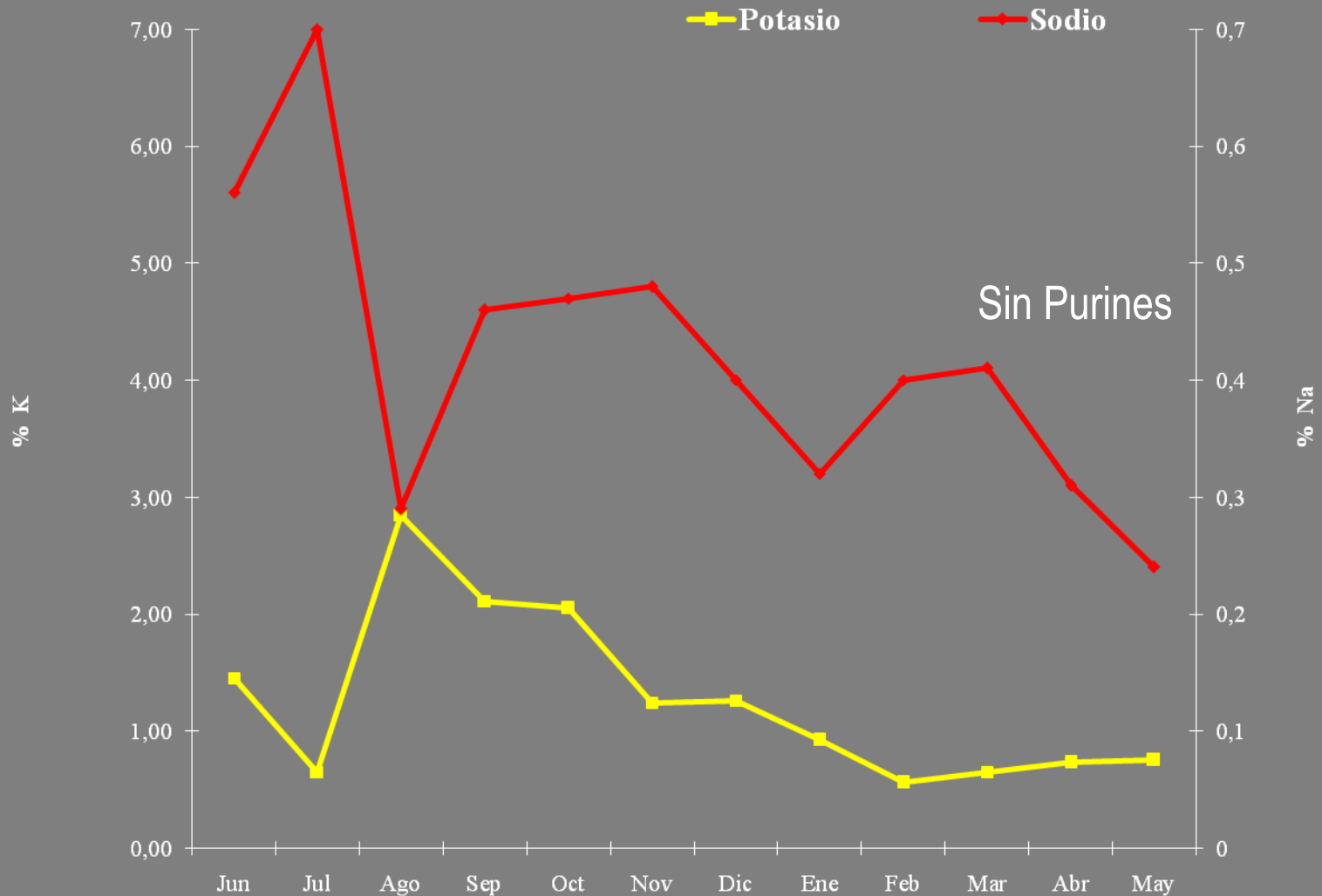
Composición Botánica Pradera Naturalizada. pH 5,2 y % Saturación de Al 53,8%.



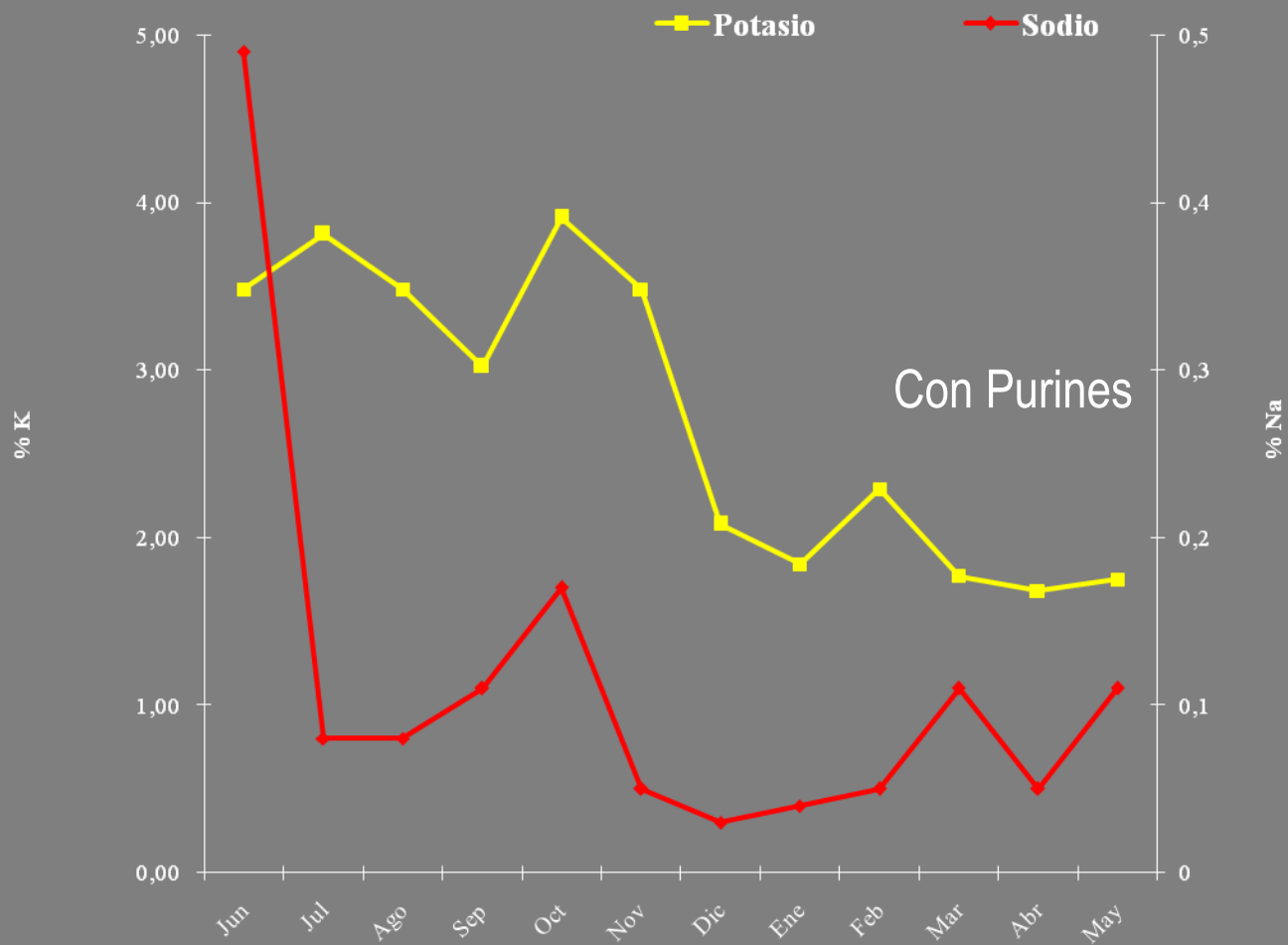
Una Pradera en Suelo Ácido Siempre Tiene Especies Naturalizadas

Demagnet, 1994

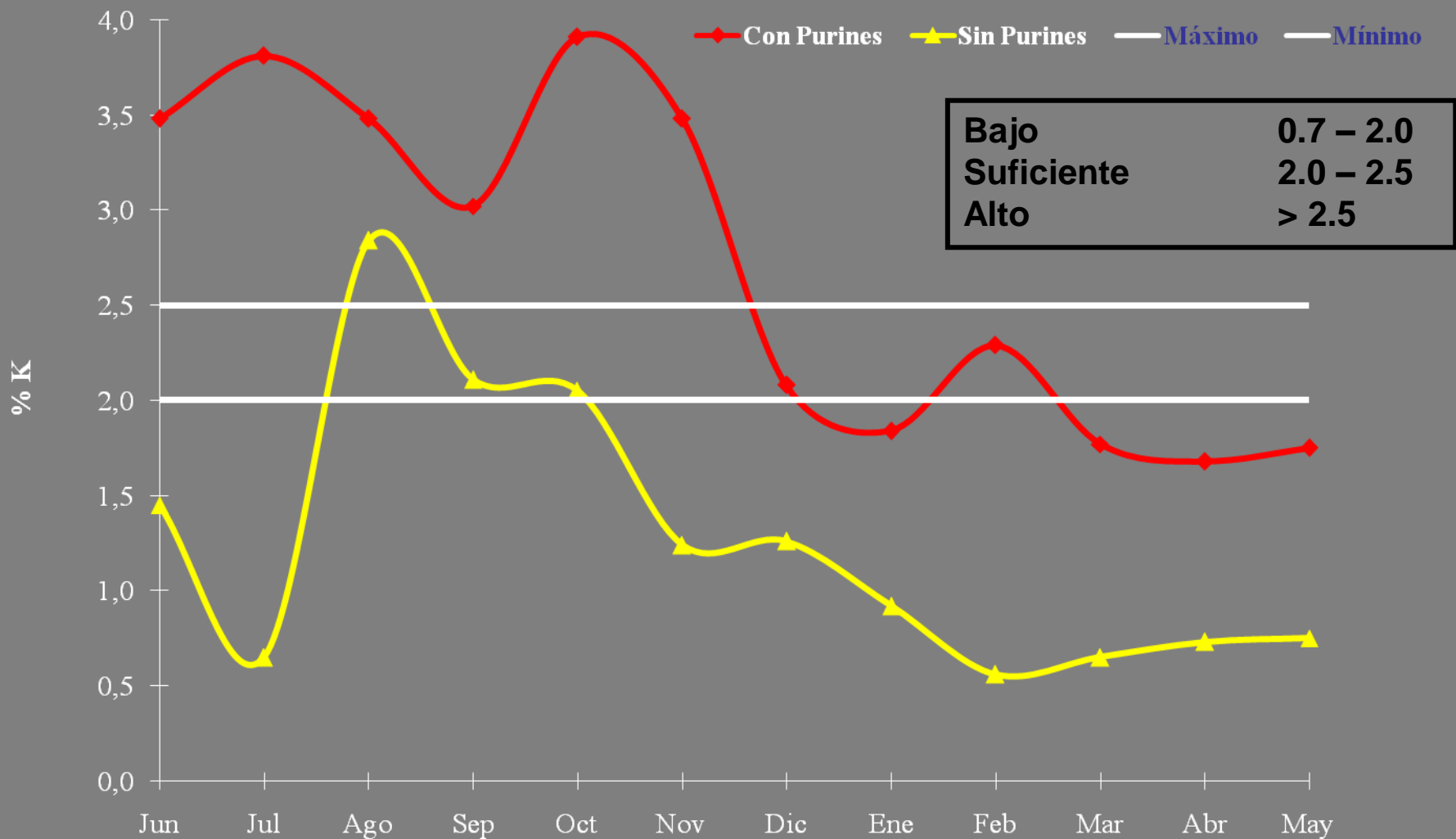
Contenido de Nutrientes en las Plantas



Relación Potasio y Sodio Foliar en Ballica perenne + Trébol blanco.
 Precordillera, X Región. Temporada 2002/03.



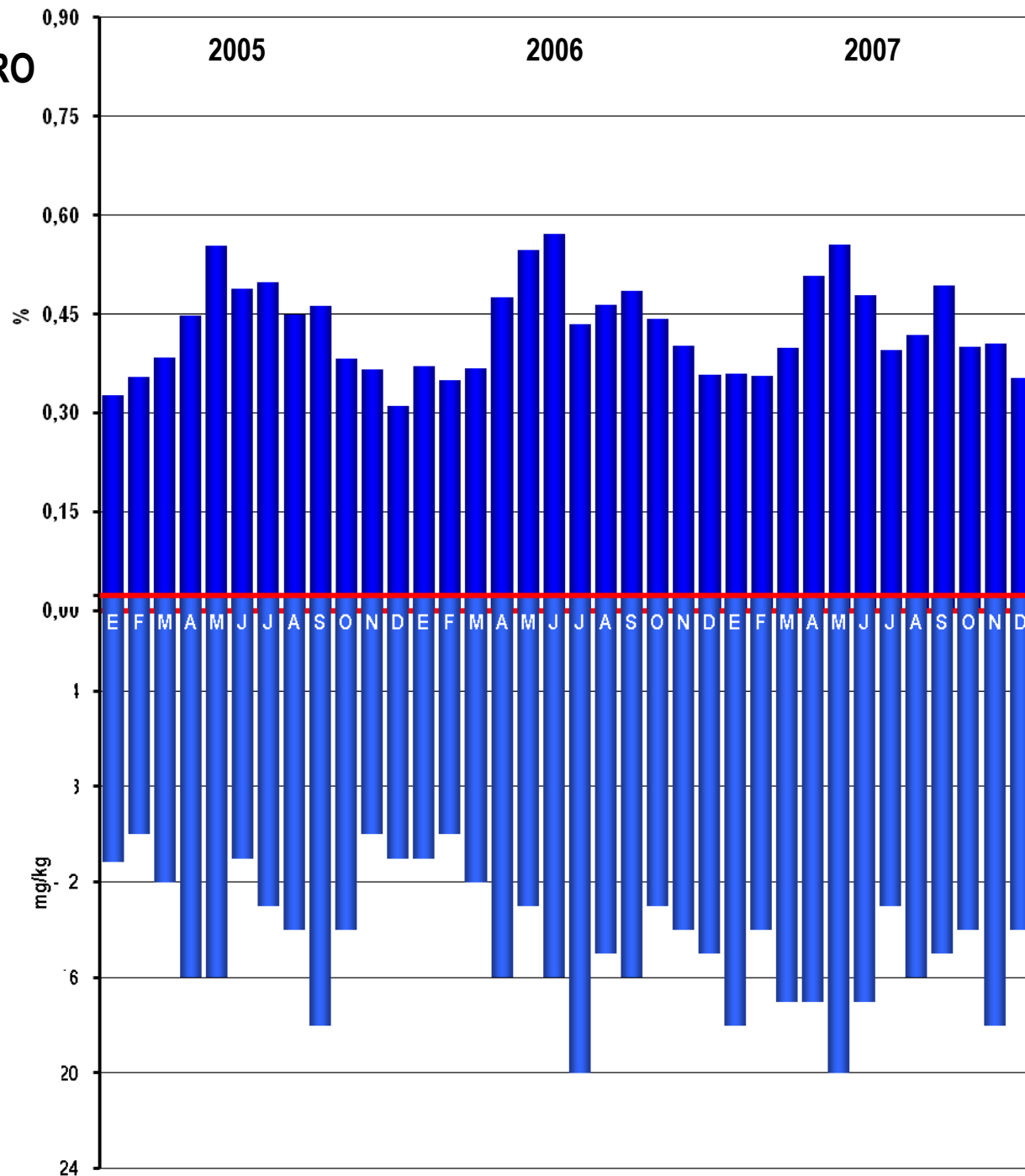
Relación Potasio y Sodio Foliar en Ballica perenne + Trébol blanco.
 Precordillera, X Región. Temporada 2002/03.



Contenido de **Potasio Foliar** en Ballica perenne + Trébol blanco.

Contenido de Nutrientes en las Plantas y en el Suelo

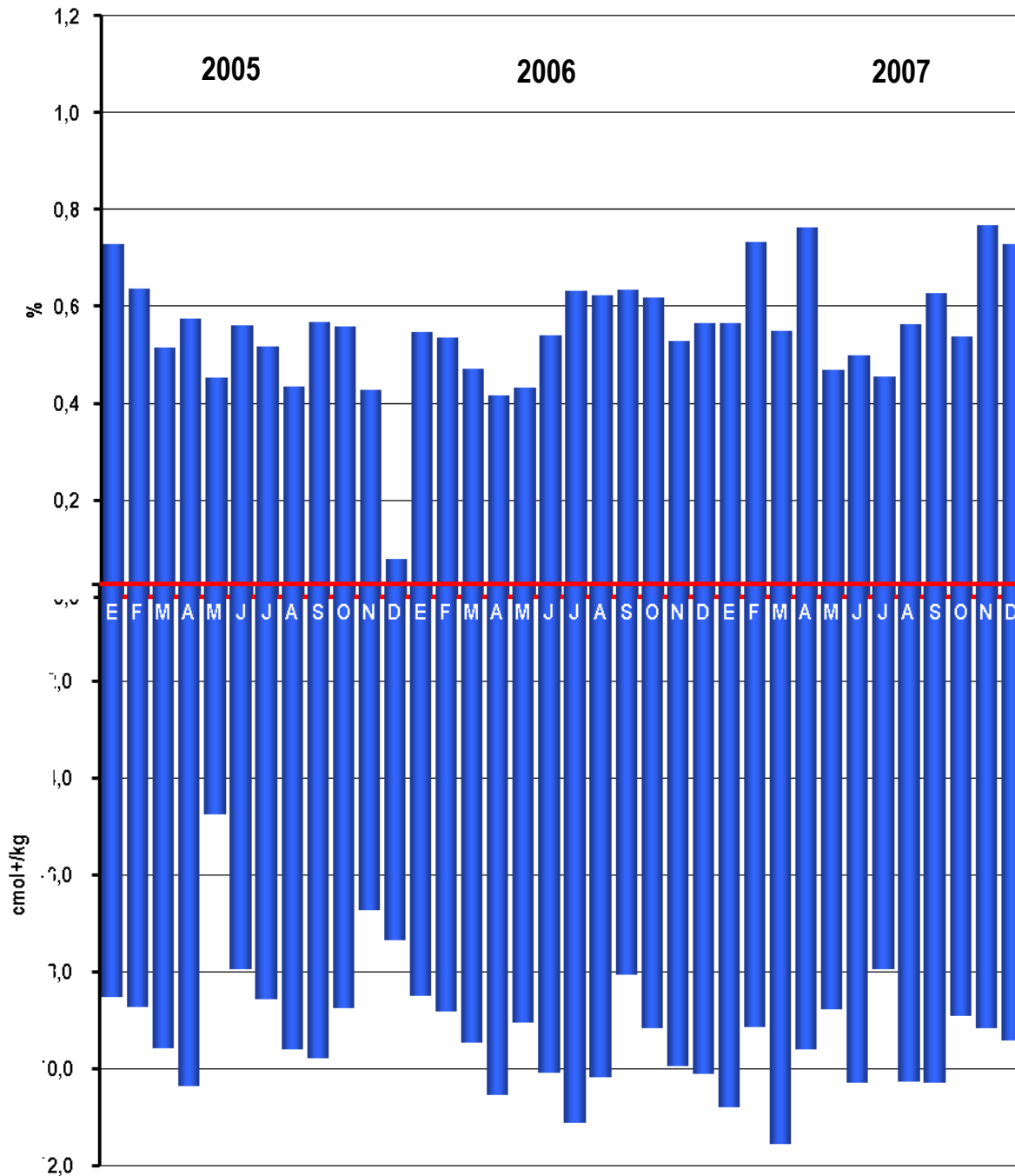
FOSFORO



Foliar

Suelo

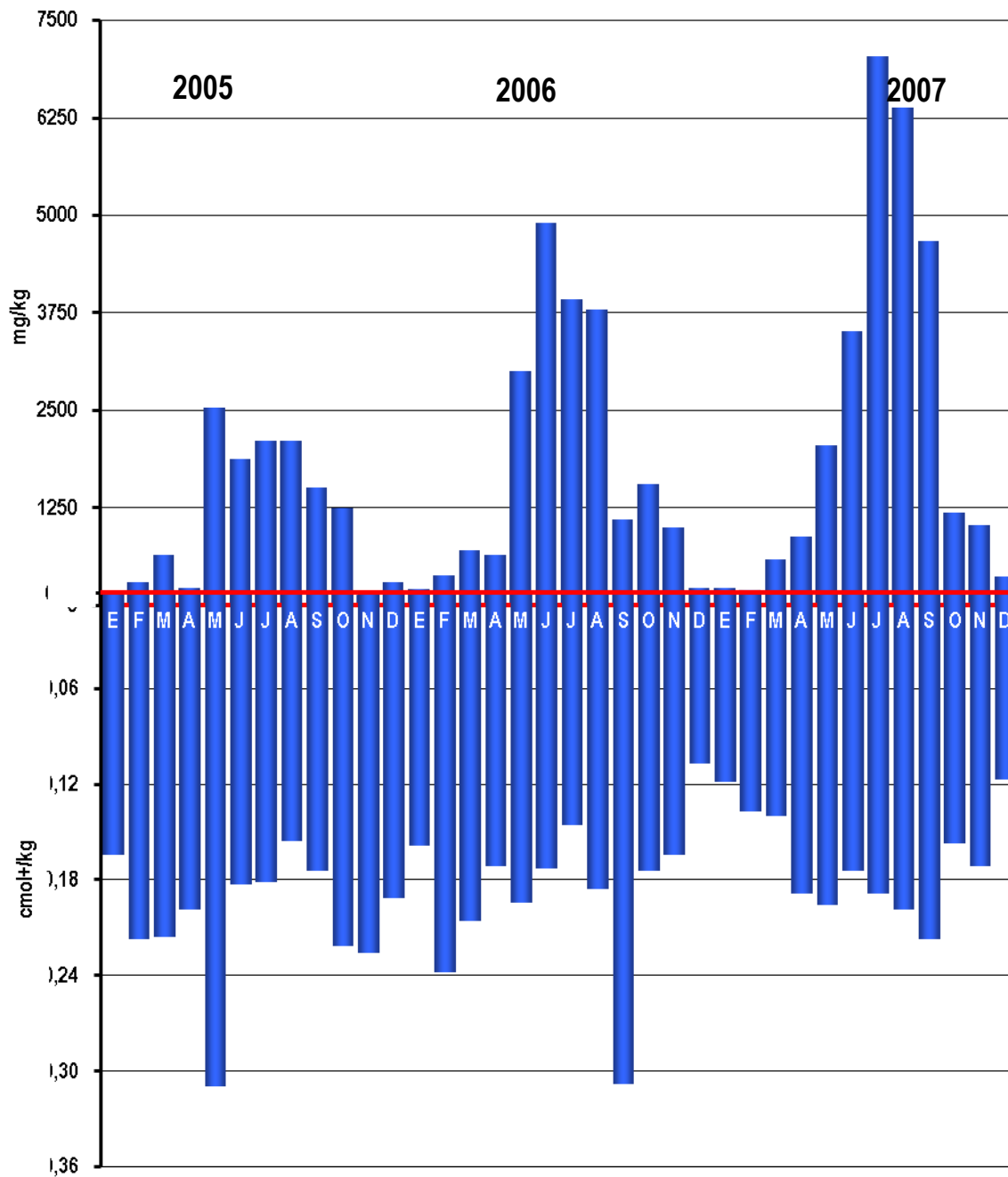
CALCIO



Foliar

Suelo

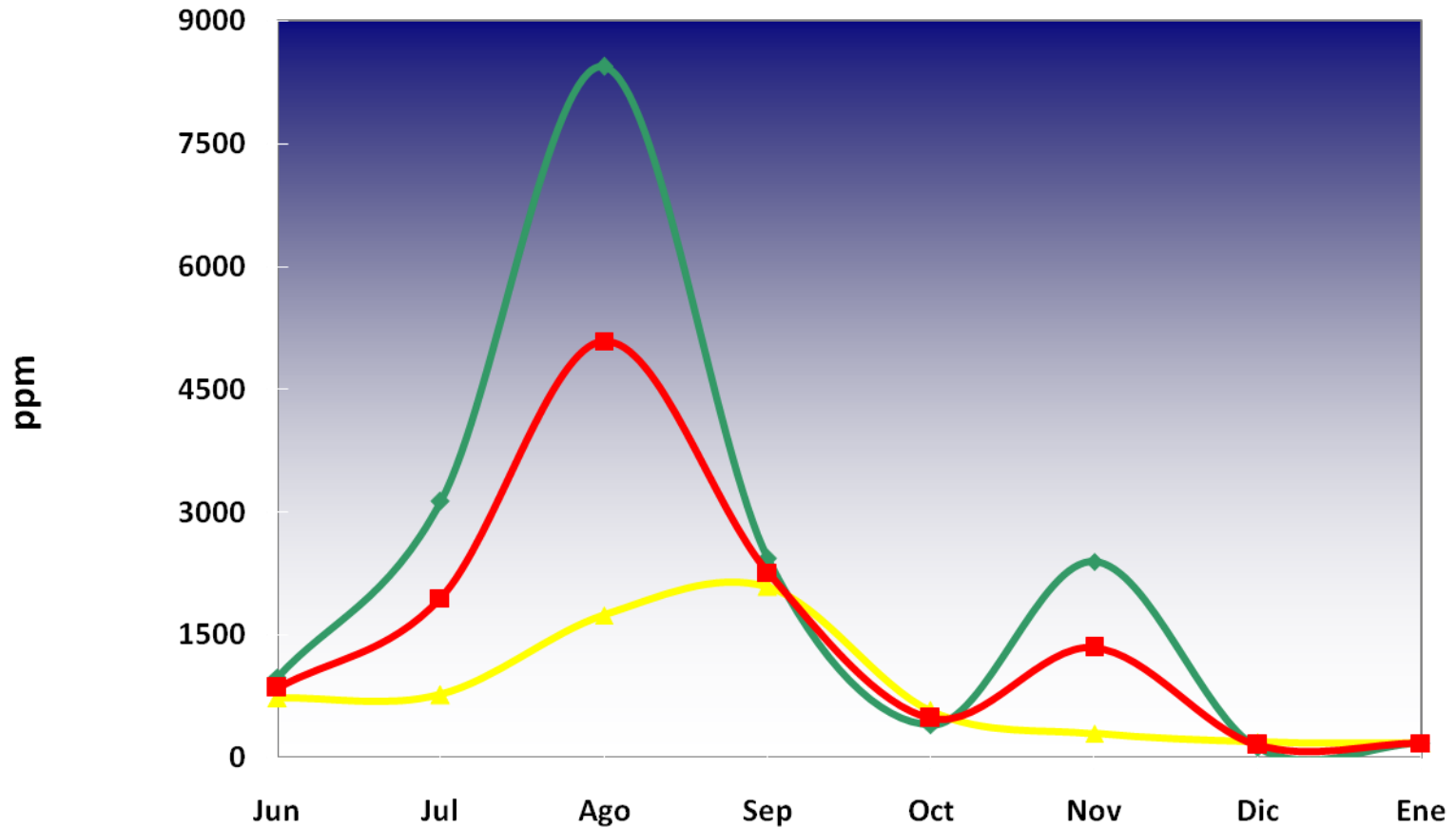
ALUMINIO

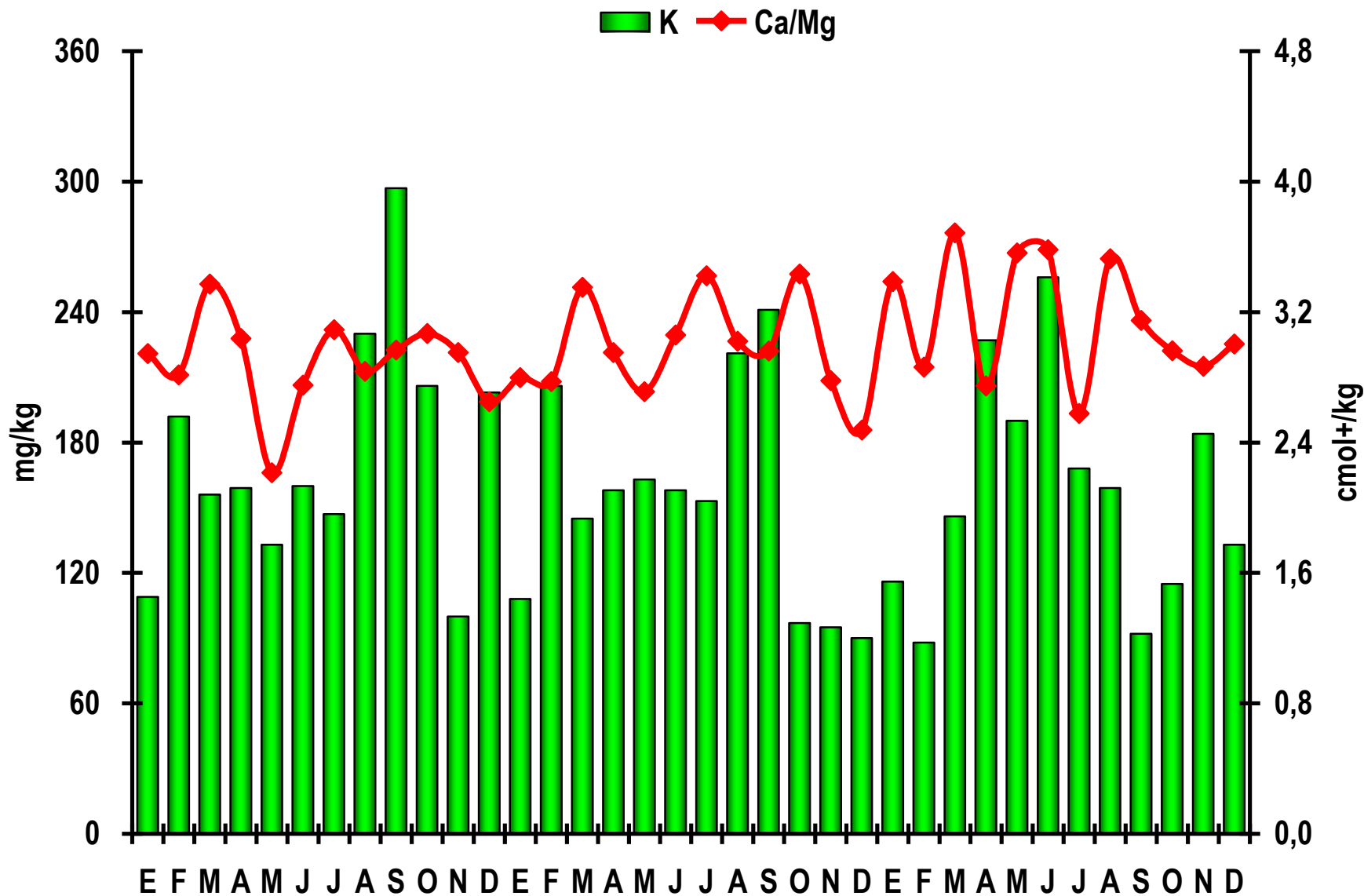


Foliar

Suelo

Contenido Mensual de Aluminio en la Planta Ballica perenne + Trébol blanco.





Relación entre K – Ca/Mg del suelo en una pastura de Ballica perenne + Trébol blanco.

Fundo Cerro Azul. Rio Bueno, X Región. Periodo 2005-2007.

Pérdida de Nutrientes en el Suelo







Habilitación de Suelos





RT 350



Preparación de Suelos









Profundidad de Muestreo de Suelos

Relación Muestreo 0-10 cm v/s 0 20 cm

Elemento	PROMEDIO
P	1,36
K	1,31
pH	1,00
MO	1,06
K	1,31
Na	0,87
Ca	1,07
Mg	1,08
Al	0,97
S. Bases	1,07
CICE	1,09
Sat. Al	0,89
B	1,03
Zn	1,15
Cu	0,89
Fe	0,83
Mn	1,10
S	0,72
Al Ext.	0,70
pH C aCl ₂	0,80

Promedio Anual

Relación Muestreo 0-10 cm v/s 0 20 cm

Mes	Junio				Noviembre			
	0-10	10-20	0-20	R	0-10	10-20	0-20	R
Profundidad	0-10	10-20	0-20	R	0-10	10-20	0-20	R
P	23	8	15	1,5	21	9	15	1,4
K	227	90	158	1,4	171	72	121	1,4
pH	5,76	5,72	6	1,0	5,52	5,55	6	1,0
MO	16	13	14	1,1	16	16	16	1,0
K	0,58	0,23	0	1,4	0,44	0,18	0	1,4
Na	0,23	0,36	0	0,8	0,10	0,13	0	0,9
Ca	5,88	4,63	5	1,1	5,44	4,83	5	1,1
Mg	1,24	0,95	1	1,1	1,09	0,93	1	1,1
Al	0,07	0,08	0	0,9	0,10	0,13	0	0,9
S. Bases	7,92	6,17	7	1,1	7,07	6,01	7	1,1
CICE	7,99	6,25	7	1,1	7,16	6,20	7	1,1
Sat. Al	0,90	1,33	1	0,8	1,37	2,07	2	0,8
B	0,58	0,61	1	1,0	0,60	0,59	1	1,0
Zn	0,71	0,34	1	1,4	0,58	0,27	0	1,4
Cu	2,56	1,96	2	1,1	2,38	1,89	2	1,1
Fe	54,64	47,67	51	1,1	49,39	47,18	48	1,0
Mn	7,10	2,63	5	1,5	5,45	2,52	4	1,4
S	15,00	17,75	16	0,9	7,25	15,33	11	0,6

Balance de Nutrientes
Ejemplo Nitrógeno

Balance de Nutrientes

Parámetro	Cantidad	Kg de Nitrógeno
Litros Leche	10.000	
Rendimiento	10.000	
Eficiencia de utilización	80	
Requerimientos	12.500	
% Nutriente Planta	2,0	
kg Nutriente requerido		250
Pérdida de forraje	2.500	
Reciclaje por Forraje		50
% Reciclaje	80	
Reciclaje al suelo	8.000	
Reciclaje por Bosteo		160
% Reciclaje material en el suelo	50	
Reciclaje Total	210	
Reciclaje real		105
Aporte FBN		20
Requerimiento Fertilización		125
% Nutriente Fertilizante	46	
Requerimiento de Fertilizante		272

El Fósforo en la Corrección y Fertilización de los Suelos de la Zona Templada

TODOAGRO, 26 de Enero de 2010

Fuentes de Fósforo

Fertilizantes	N	P	S	Mg	Ca
Superfosfato Triple		46	1		20
Fosfato Monoamónico	10	50	2	0,1	2,4
Fosfato Diamónico	18	46			
Superfosfato Normal		22	12		28
Superfos RPA		40	2	0,3	35
Roca Fosfórica Carolina del Norte		30	1,2	0,6	40
Roca Fosfórica Aral		33	1	0,3	53
CerriFos		30,5	0,07	3,6	44
Roca Fosfórica Bahía Inglesa (Bifox)		18,5	1	1,2	30

Importancia del fósforo

- ✓ El fósforo es esencial para numerosos procesos metabólicos
- ✓ Es esencial para el crecimiento de plantas.
- ✓ Componente del ADP y ATP, dos compuestos involucrados en la transformación de energía de la plantas
- ✓ Juega un rol importante en el ciclo vital de las plantas.
- ✓ Entre las funciones más significativas de las plantas en las cuales el fósforo tiene un importante efecto, destacan:
 - Fotosíntesis
 - Fijación del nitrógeno
 - Formación de semillas
 - Desarrollo radical

El Problema del Fósforo

- 1) El nivel total del fósforo es bajo
 - no mas al 1/10 a 1/4 que el nitrógeno
 - 1/20 que el potasio
 - El rango de P en el suelo esta entre 200 a 2000 kg/ha
- 2) Los compuestos de fósforos presentes no son útiles para la adsorción por la planta, pues muchos de ellos son insolubles
- 3) Cuando las fuentes solubles de fósforo como aquéllos en fertilizantes y estiércoles se agregan al suelo, ellas se fijan o se cambian a formas indisponibles y con el tiempo reaccionan para volverse formas muy insolubles.

Compuestos de Fósforo en el Suelo



Compuestos Inorgánicos

- a) aquellos que contienen Ca.
 - Los compuestos simples como fosfatos mono o dicalcico están disponible para el crecimiento de la planta, excepto en suelos recientemente fertilizados

- b) aquellos que contienen Fe y Al.
 - Menos conocida es la exacta constitución de los fosfato de Aluminio y hierro. Los que destacan son strengite ($\text{FePO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) y la variscite ($\text{AlPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Los cuales son estables en suelos ácidos y son bastante insolubles

Compuestos de Fósforo en el Suelo



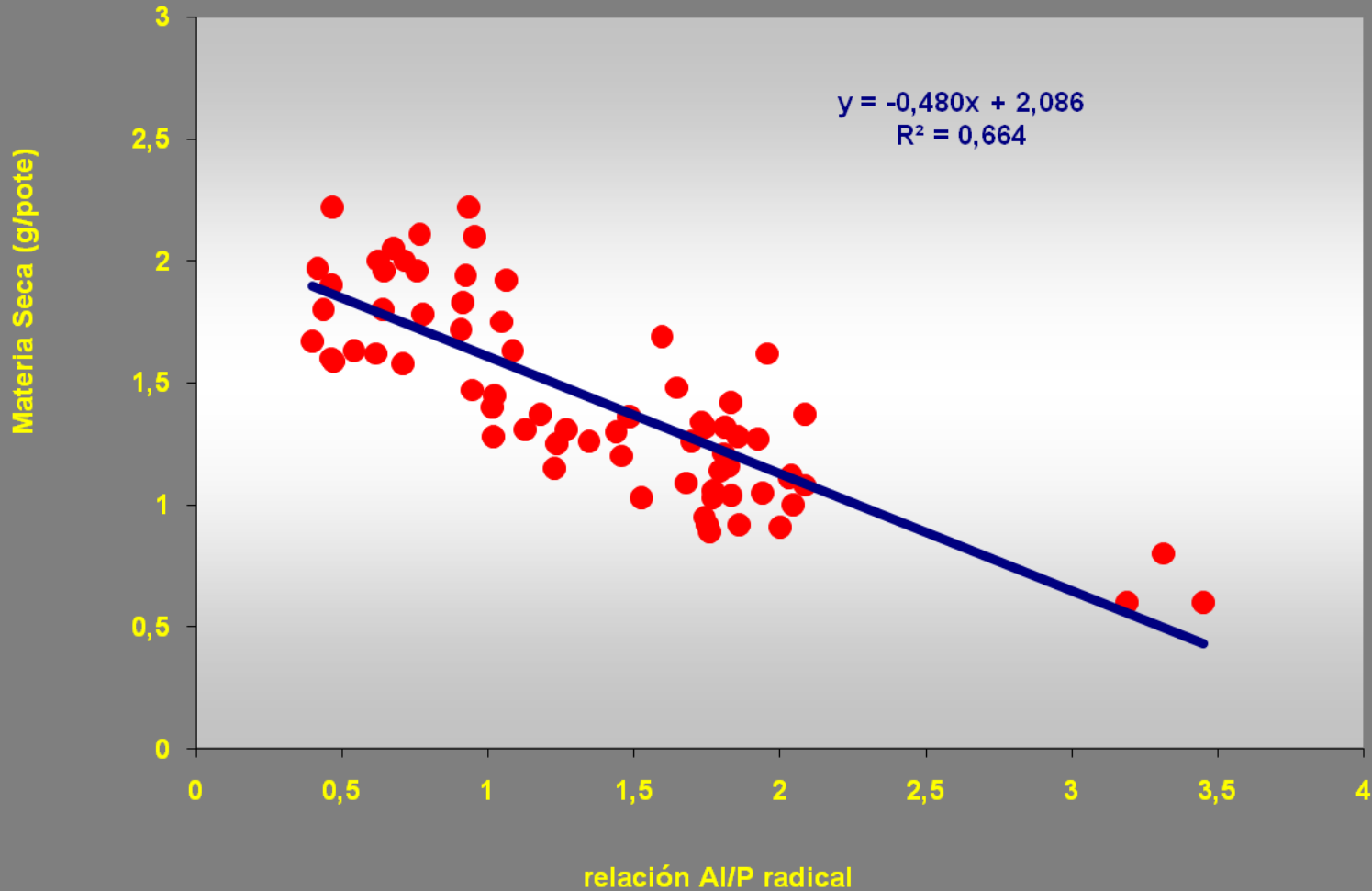
Compuestos Orgánicos

- a) **Fosfatos de Inositol**, son los mas abundantes. Se cree que son de origen microbiano.
- b) **Acidos nucleicos**, DNA y RNA
- c) **Fosfolipidos**

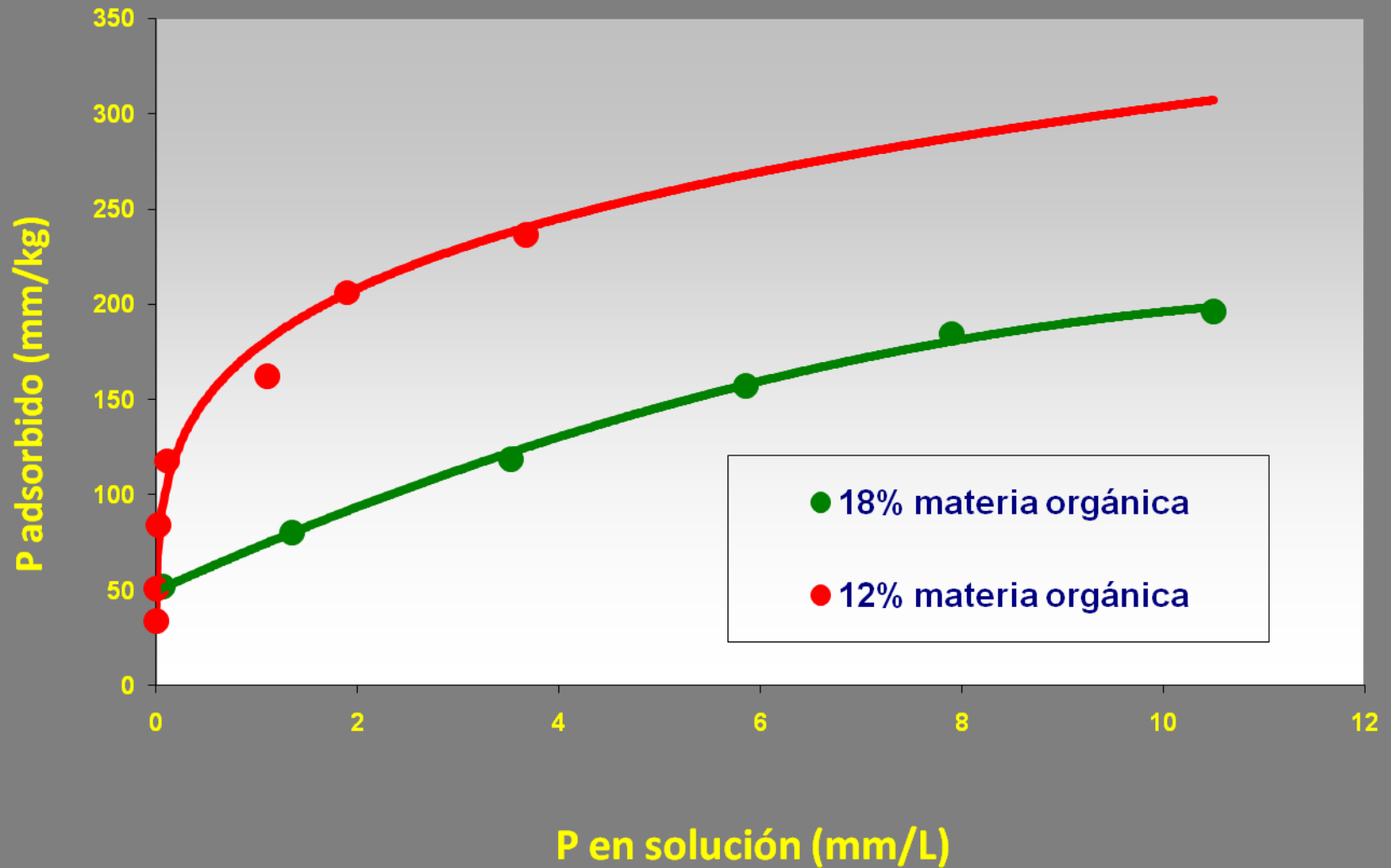
Factores que controlan la disponibilidad de Fósforo Inorgánico en el Suelo

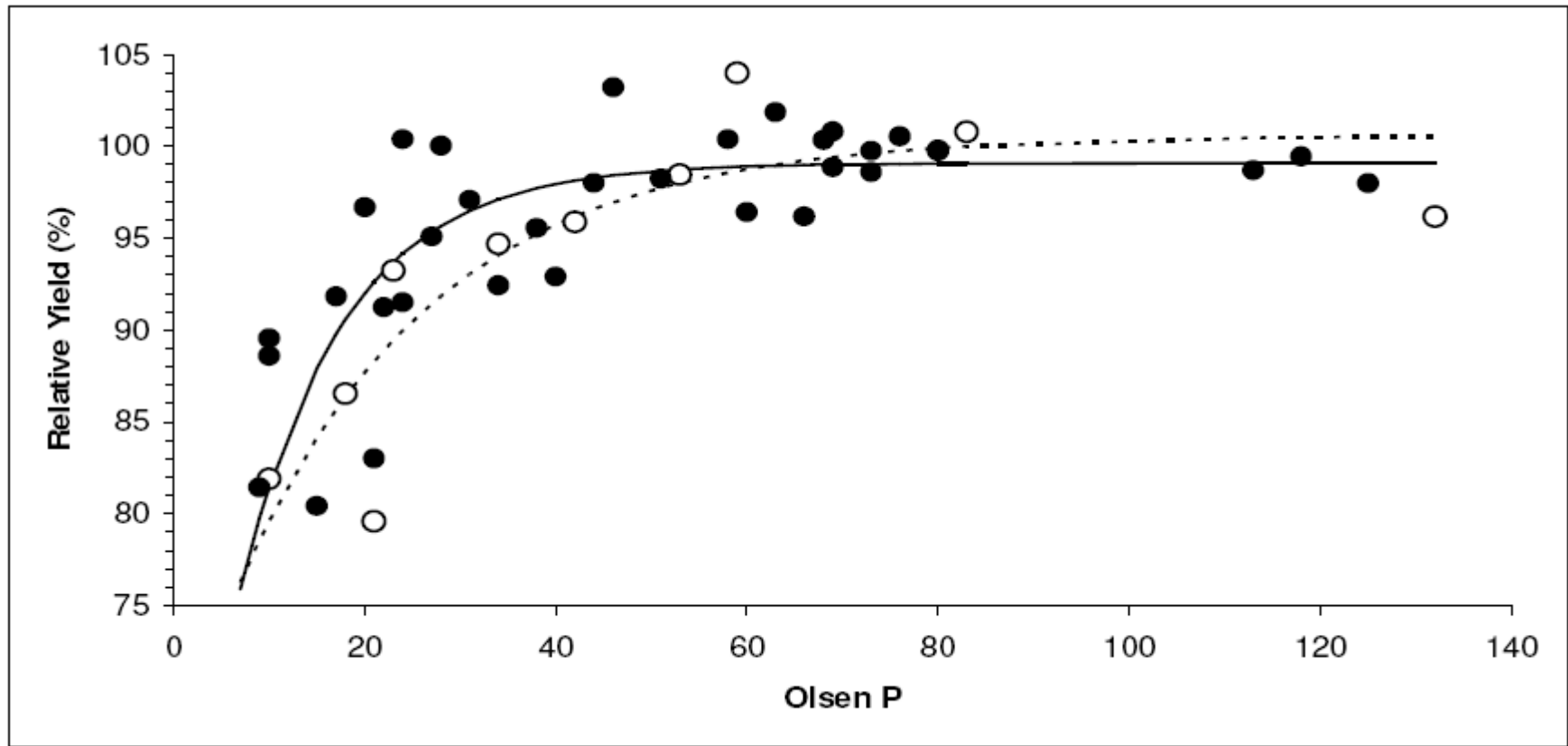
- a) pH del suelo
- b) Fe, Al y Mn soluble
- c) La presencia de minerales de Al, Fe y Mn
- d) Disponibilidad de Ca y minerales de Ca
- e) Contenido y descomposición de la materia orgánica
- f) La actividad de microorganismos

Efecto de la relación Al/P en la raíz sobre la producción vegetal



EFFECTO DE LA MATERIA ORGANICA EN LA FIJACION DE P DE UN ANDISOL.





Relación entre el P Olsen y la producción relativa de una pastura en Nueva Zelanda con 0 kg N/ha y 400 kg N/ha
Mackay, *et al*, 2009

Corrección y Fertilización con Fósforo en Pasturas Permanentes

P mg/kg Inicial	5	10	15	20	25	30
P mg/kg Final	30	30	30	30	30	30
Final - Inicial	25	20	15	10	5	0
CP	14	14	14	14	14	14
P requerido	350	280	210	140	70	0
P₂O₅ Corrección	802	641	481	321	160	0
kg P ₂ O ₅ Requerido/Ton ms	7	7	7	7	7	7
Rendimiento Anual (Ton ms/ha)	18	18	18	18	18	18
kg P ₂ O ₅ Requerido/ha	126	126	126	126	126	126
kg P₂O₅ Requerido Total/ha	928	767	607	447	286	126
kg P ₂ O ₅ /100 kg SFT	46	46	46	46	46	46
kg SFT Requerido	2.016	1.668	1.319	971	622	274
\$/kg SFT	240	240	240	240	240	240
\$ de Corrección/ha	418.174	334.539	250.904	167.270	83.635	0
\$ de Producción/ha	65.739	65.739	65.739	65.739	65.739	65.739
\$ Total/ha	483.913	400.278	316.643	233.009	149.374	65.739
% Corrección	86	84	79	72	56	0

Corrección y Fertilización con Fósforo en Pasturas Permanentes

P mg/kg Inicial	5	10	15	20	25	30
P mg/kg Final	30	30	30	30	30	30
Final - Inicial	25	20	15	10	5	0
CP	18	18	18	18	18	18
P requerido	450	360	270	180	90	0
P₂O₅ Corrección	1.031	824	618	412	206	0
kg P ₂ O ₅ Requerido/Ton ms	7	7	7	7	7	7
Rendimiento Anual (Ton ms/ha)	18	18	18	18	18	18
kg P ₂ O ₅ Requerido/ha	126	126	126	126	126	126
kg P₂O₅ Requerido Total/ha	1.157	950	744	538	332	126
kg P ₂ O ₅ /100 kg SFT	46	46	46	46	46	46
kg SFT Requerido	2.514	2.066	1.618	1.170	722	274
\$/kg SFT	240	240	240	240	240	240
\$ de Corrección/ha	537.652	430.122	322.591	215.061	107.530	0
\$ de Producción/ha	65.739	65.739	65.739	65.739	65.739	65.739
\$ Total/ha	603.391	495.861	388.330	280.800	173.270	65.739
% Corrección	89	87	83	77	62	0

Corrección y Fertilización con Fósforo en Pasturas Permanentes

P mg/kg Inicial	5	10	15	20	25	30
P mg/kg Final	30	30	30	30	30	30
Final - Inicial	25	20	15	10	5	0
CP	22	22	22	22	22	22
P requerido	550	440	330	220	110	0
P₂O₅ Corrección	1.260	1.008	756	504	252	0
kg P ₂ O ₅ Requerido/Ton ms	7	7	7	7	7	7
Rendimiento Anual (Ton ms/ha)	18	18	18	18	18	18
kg P ₂ O ₅ Requerido/ha	126	126	126	126	126	126
kg P₂O₅ Requerido Total/ha	1.386	1.134	882	630	378	126
kg P ₂ O ₅ /100 kg SFT	46	46	46	46	46	46
kg SFT Requerido	3.012	2.464	1.917	1.369	822	274
\$/kg SFT	240	240	240	240	240	240
\$ de Corrección/ha	657.130	525.704	394.278	262.852	131.426	0
\$ de Producción/ha	65.739	65.739	65.739	65.739	65.739	65.739
\$ Total/ha	722.870	591.443	460.017	328.591	197.165	65.739
% Corrección	91	89	86	80	67	0

Corrección y Fertilización con Fósforo en Pasturas Permanentes

P mg/kg Inicial	10	10	10	10	10	10
P mg/kg Final	30	30	30	30	30	30
Final - Inicial	20	20	20	20	20	20
CP	12	14	16	18	20	22
P requerido	240	280	320	360	400	440
P ₂ O ₅ Corrección	550	641	733	824	916	1.008
kg P ₂ O ₅ Requerido/Ton ms	7	7	7	7	7	7
Rendimiento Anual (Ton ms/ha)	18	18	18	18	18	18
kg P ₂ O ₅ Requerido/ha	126	126	126	126	126	126
kg P ₂ O ₅ Requerido Total/ha	676	767	859	950	1.042	1.134
kg P ₂ O ₅ /100 kg SFT	46	46	46	46	46	46
kg SFT Requerido	1.469	1.668	1.867	2.066	2.265	2.464
\$/kg SFT	240	240	240	240	240	240
\$ de Corrección/ha	286.748	334.539	382.330	430.122	477.913	525.704
\$ de Producción/ha	65.739	65.739	65.739	65.739	65.739	65.739
\$ Total/ha	352.487	400.278	448.070	495.861	543.652	591.443
% Corrección	81	84	85	87	88	89

Corrección y Fertilización con Fósforo en Pasturas Permanentes

P mg/kg Inicial	10	10	10	10	10	10
P mg/kg Final	30	30	30	30	30	30
Final - Inicial	20	20	20	20	20	20
CP	18	18	18	18	18	18
P requerido	360	360	360	360	360	360
P ₂ O ₅ Corrección	824	824	824	824	824	824
kg P ₂ O ₅ Requerido/Ton ms	7	7	7	7	7	7
Rendimiento Anual (Ton ms/ha)	18	18	18	18	18	18
kg P ₂ O ₅ Requerido/ha	126	126	126	126	126	126
kg P ₂ O ₅ Requerido Total/ha	950	950	950	950	950	950
kg P ₂ O ₅ /100 kg SFT	46	46	46	46	46	46
kg SFT Requerido	2.066	2.066	2.066	2.066	2.066	2.066
\$/kg SFT	200	300	400	500	600	700
\$ de Corrección/ha	358.435	537.652	716.870	896.087	1.075.304	1.254.522
\$ de Producción/ha	54.783	82.174	109.565	136.957	164.348	191.739
\$ Total/ha	413.217	619.826	826.435	1.033.043	1.239.652	1.446.261
% Corrección	87	87	87	87	87	87



22 11:47

Enmiendas y Acidez del Suelo

Enmiendas calcáreas

Enmienda	Fórmula	Nombre	% Ca	% Mg	Solubilidad	Valor Neutralizante
Oxido de calcio	CaO	Cal viva o quemada	71		Soluble	179
Hidróxido de calcio	(Ca(OH) ₂)	Cal apagada o hidratada	56		Muy Soluble	138
Cal Agrícola o Calcita	CaCO ₃	Carbonato de calcio	40		Soluble	100
Dolomita	CaCO ₃ MgCO ₃	Carbonato de calcio y magnesio	22	15	Soluble	109
Oxido de magnesio	MgO	Sólo Magnesio		28	Baja Solubilidad	248
Concha Molida	CaCO ₃	Carbonato de calcio	65		Baja Solubilidad	100







Corrección de la Acidez del Suelo









05.11.2007 14:04



05.11.2007 14:04



22 11:47

Origen de la acidez

- ✓ **Perdida de bases por lixiviación**
- ✓ **Perdida de bases por extracción de los cultivos**
- ✓ **Perdidas de materia orgánica**
- ✓ **Fertilizantes de reacción ácida**

INDICADORES DE ACIDEZ

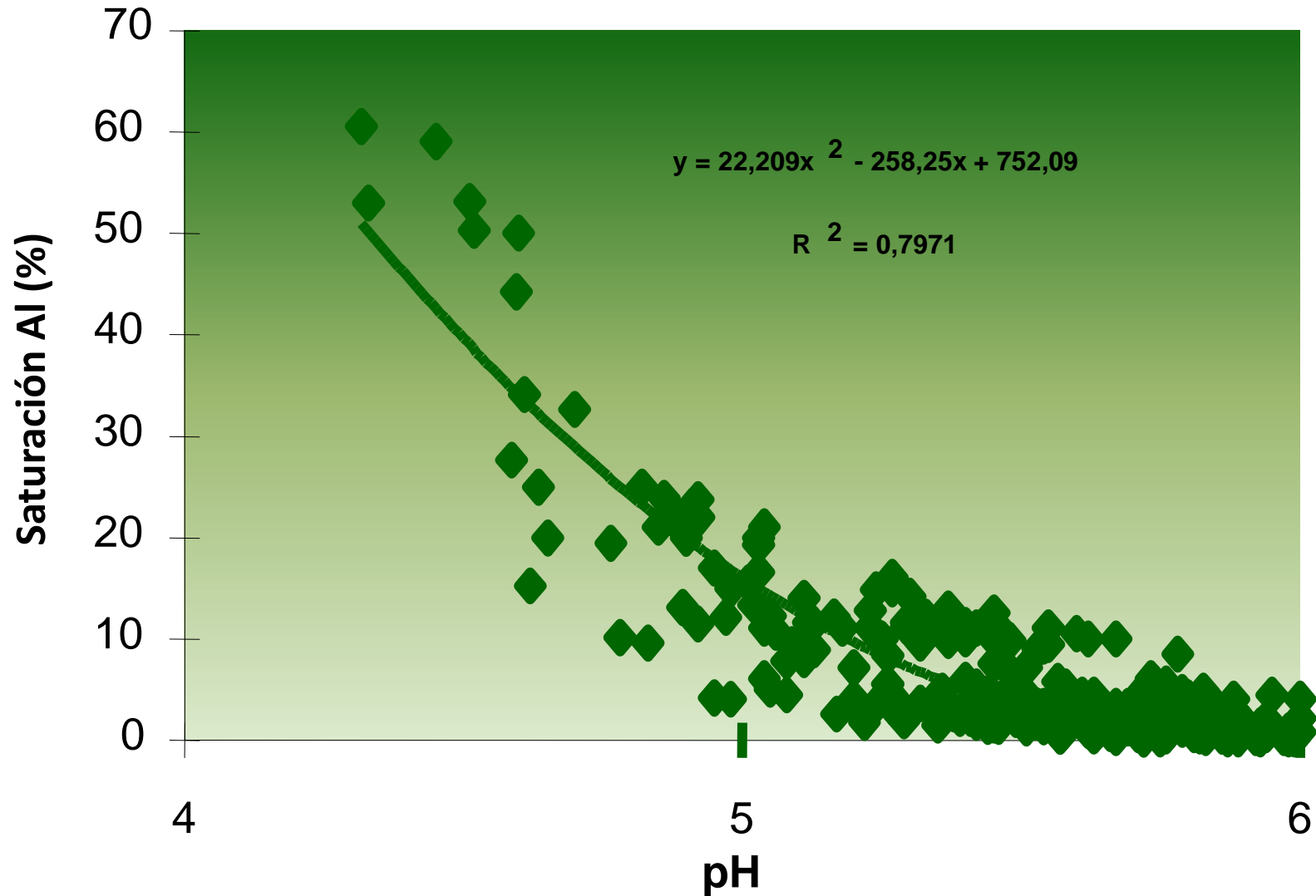
✓ pH

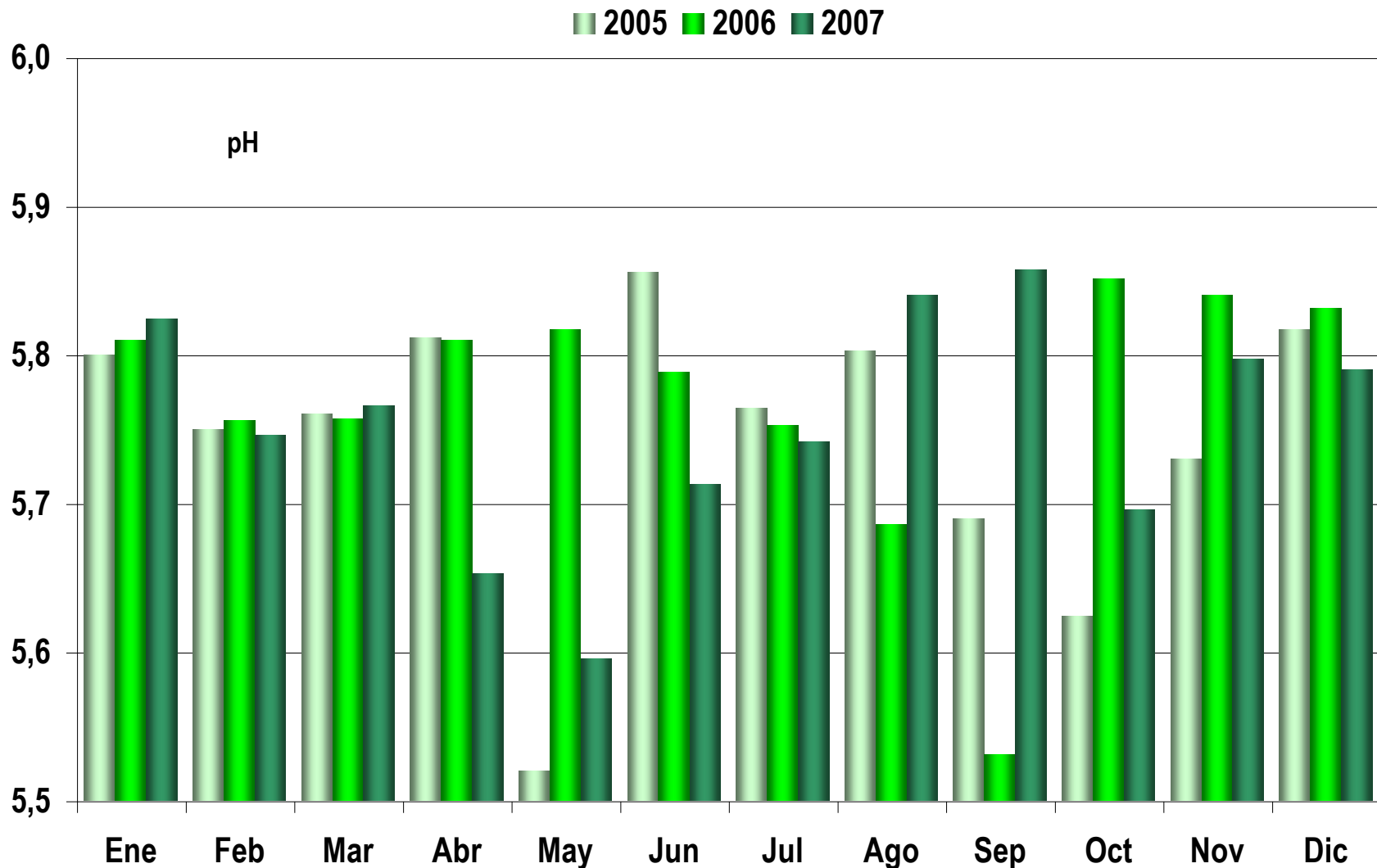
✓ Suma de Bases = Ca + Mg + K + Na

✓ Porcentaje de saturación de aluminio

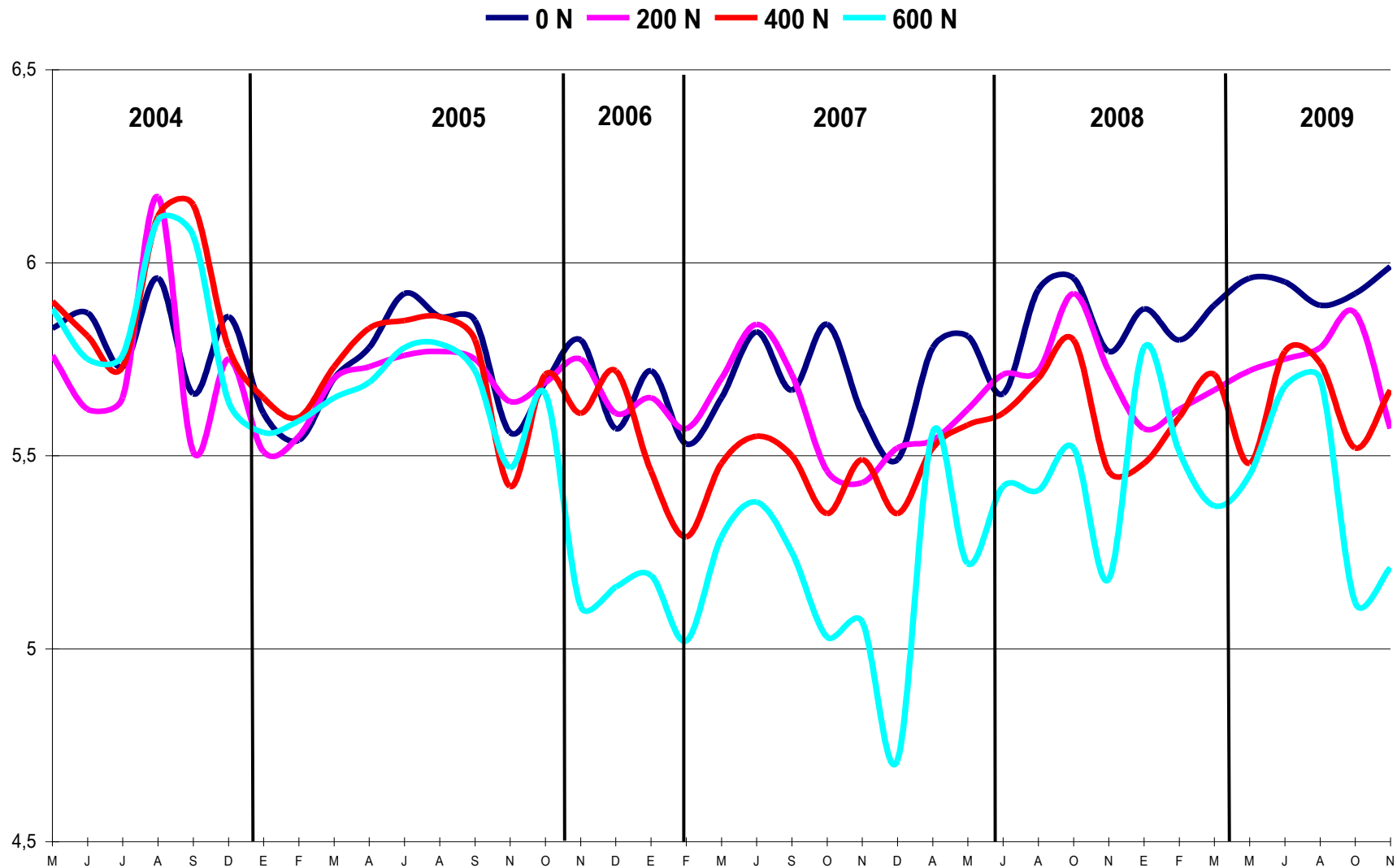
$$\bullet \% \text{ Sat. Al} = \frac{\text{Al}}{\text{SB} + \text{Al}} \times 100$$

RELACION ENTRE EL pH Y EL % DE SATURACIÓN DE AL, EN SUELOS VOLCÁNICOS DEL SUR DE CHILE

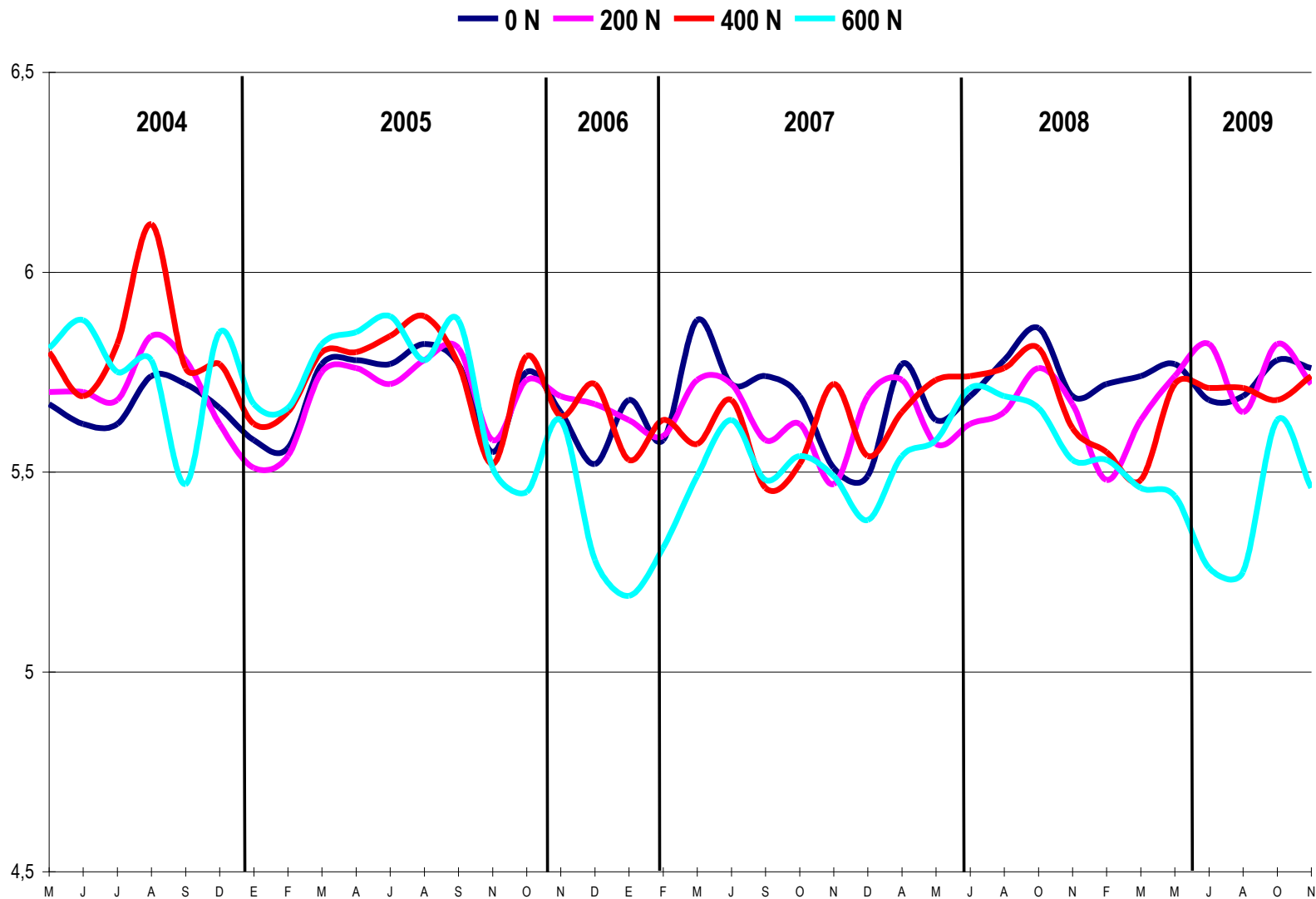




pH del suelo en una pastura de Ballica perenne + Trébol blanco.
 Fundo Cerro Azul. Río Bueno, X Región. Período 2005 -2007.

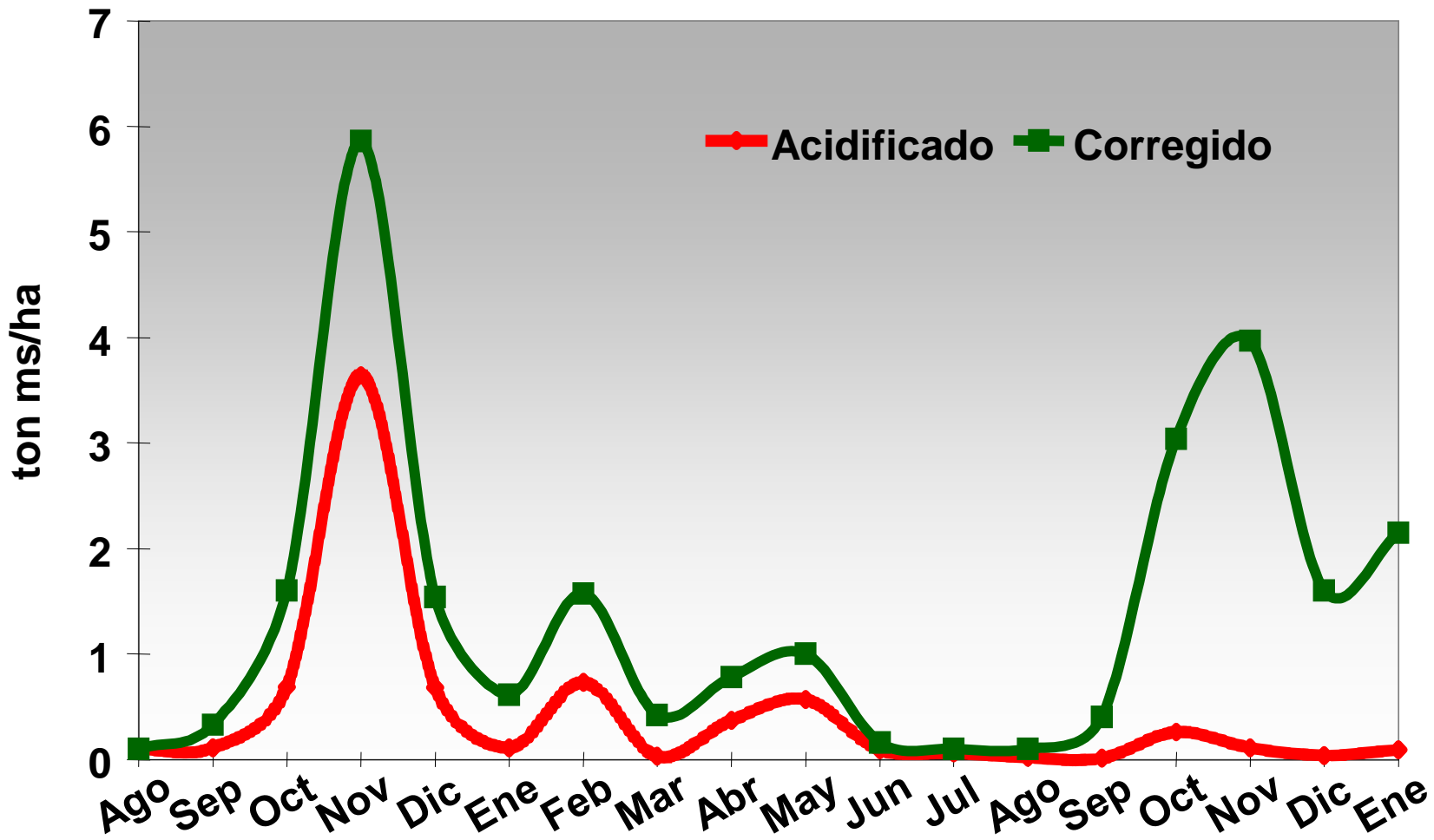


Variación del pH del suelo con cuatro dosis de fertilización nitrogenada sobre una pradera de *Lolium perenne*.
Profundidad 0 – 10 cm. Universidad de La Frontera, Temuco. Periodo 2004 - 2009.

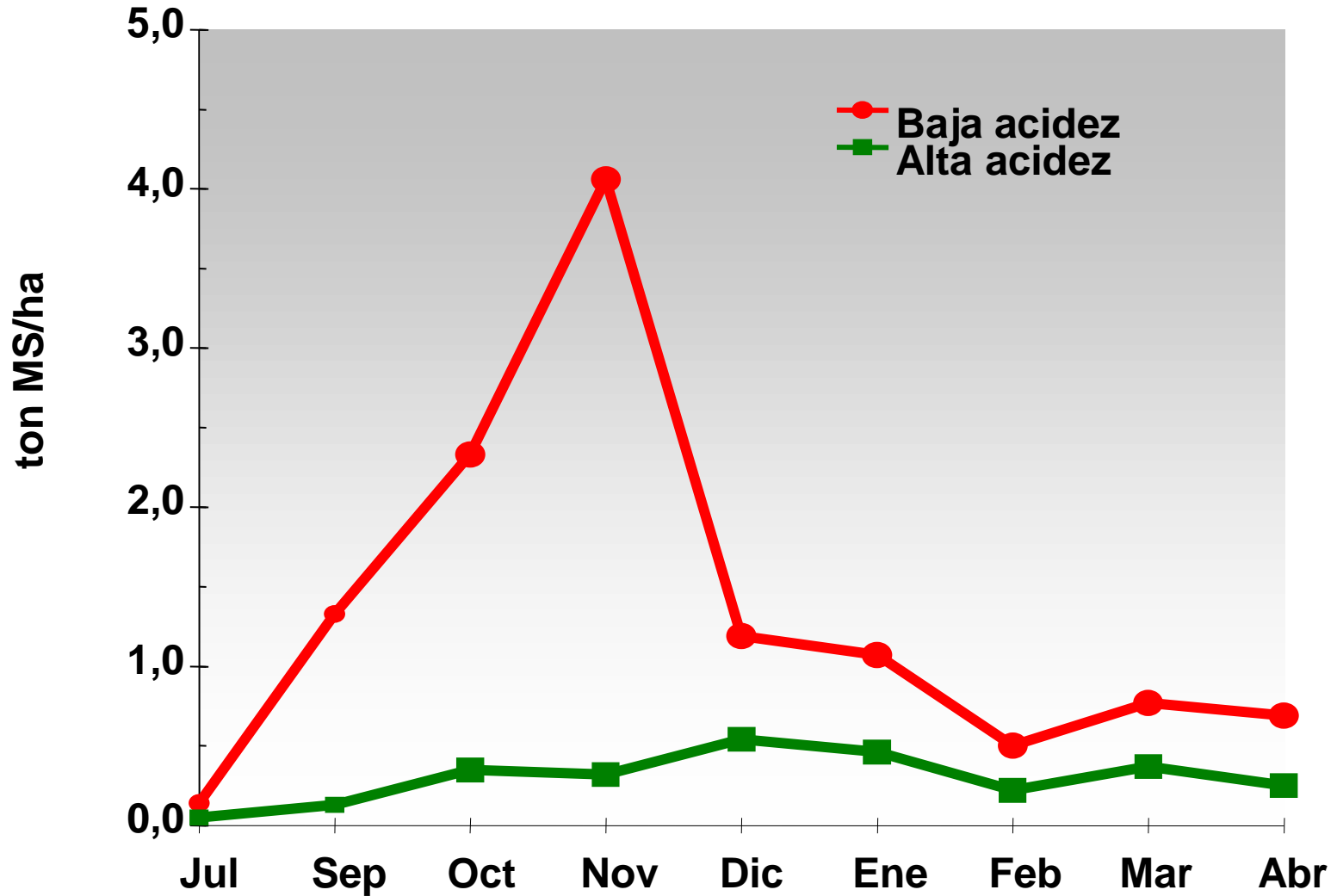


Variación del pH del suelo con cuatro dosis de fertilización nitrogenada sobre una pradera de *Lolium perenne*. Profundidad 10 – 20 cm. Universidad de La Frontera, Temuco. Periodo 2004 - 2009.

Distribución mensual de la producción de *Lolium perenne* + *trifolium repens*



**PRODUCCION MENSUAL (ton ms/ha) de
Lolium multiflorum cv CONCORD EN UN SUELO ANDISOL CON BAJA Y ALTA
ACIDEZ**



Enmiendas calcáreas en el suelo

✓ **CALCITA**

✓ **DOLOMITA**

✓ **YESO**

AUMENTAR EL pH

AUMENTAR Ca y Mg

DISMINUIR Al ACTIVO

**AUMENTAR COMPUESTOS
DE Al**

Aporte del Calcio de la Cal.

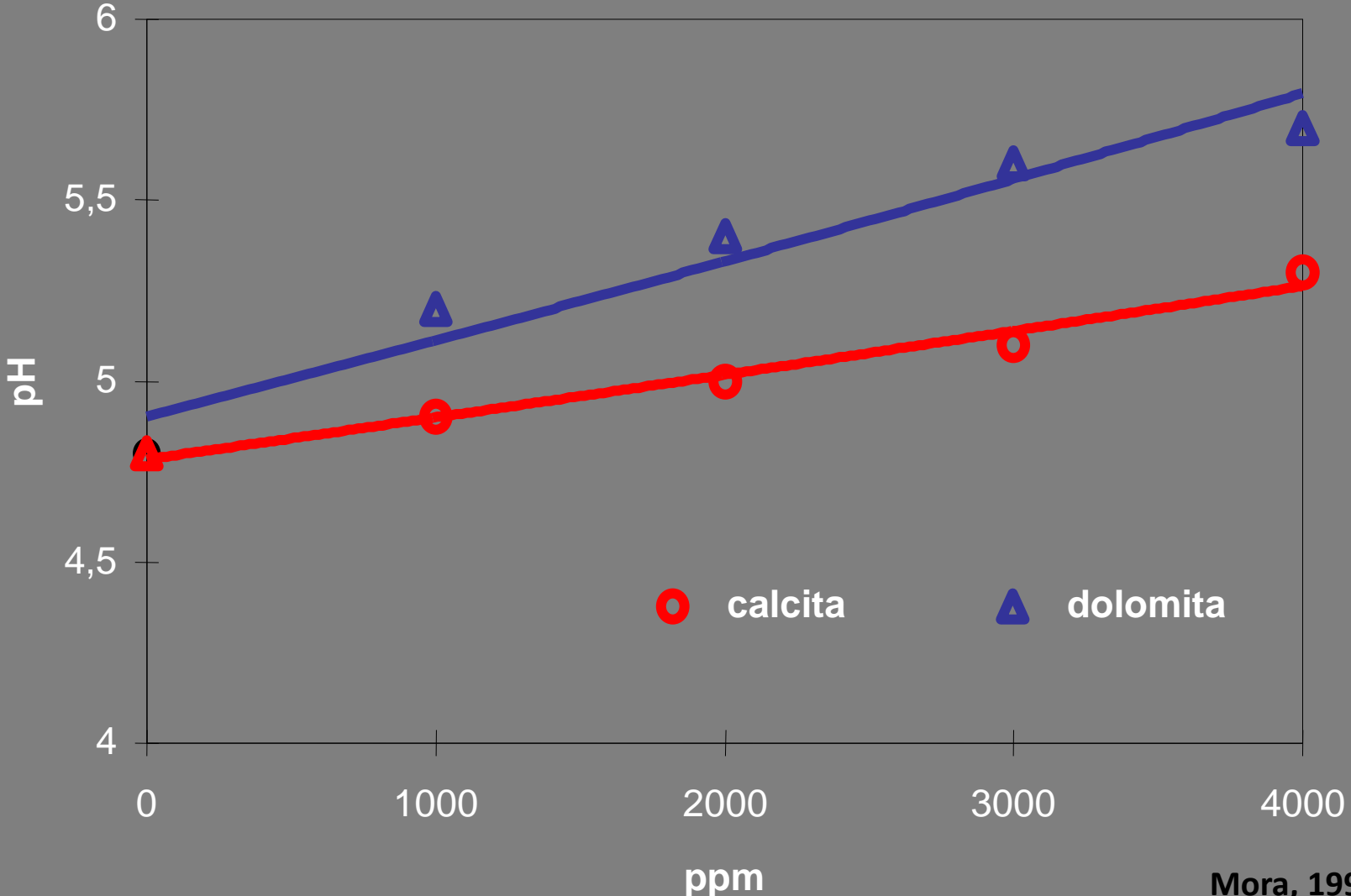
500 kg ha⁻¹ = 0.63 meq/100 g

1000 kg ha⁻¹ = 1.26 meq/100 g

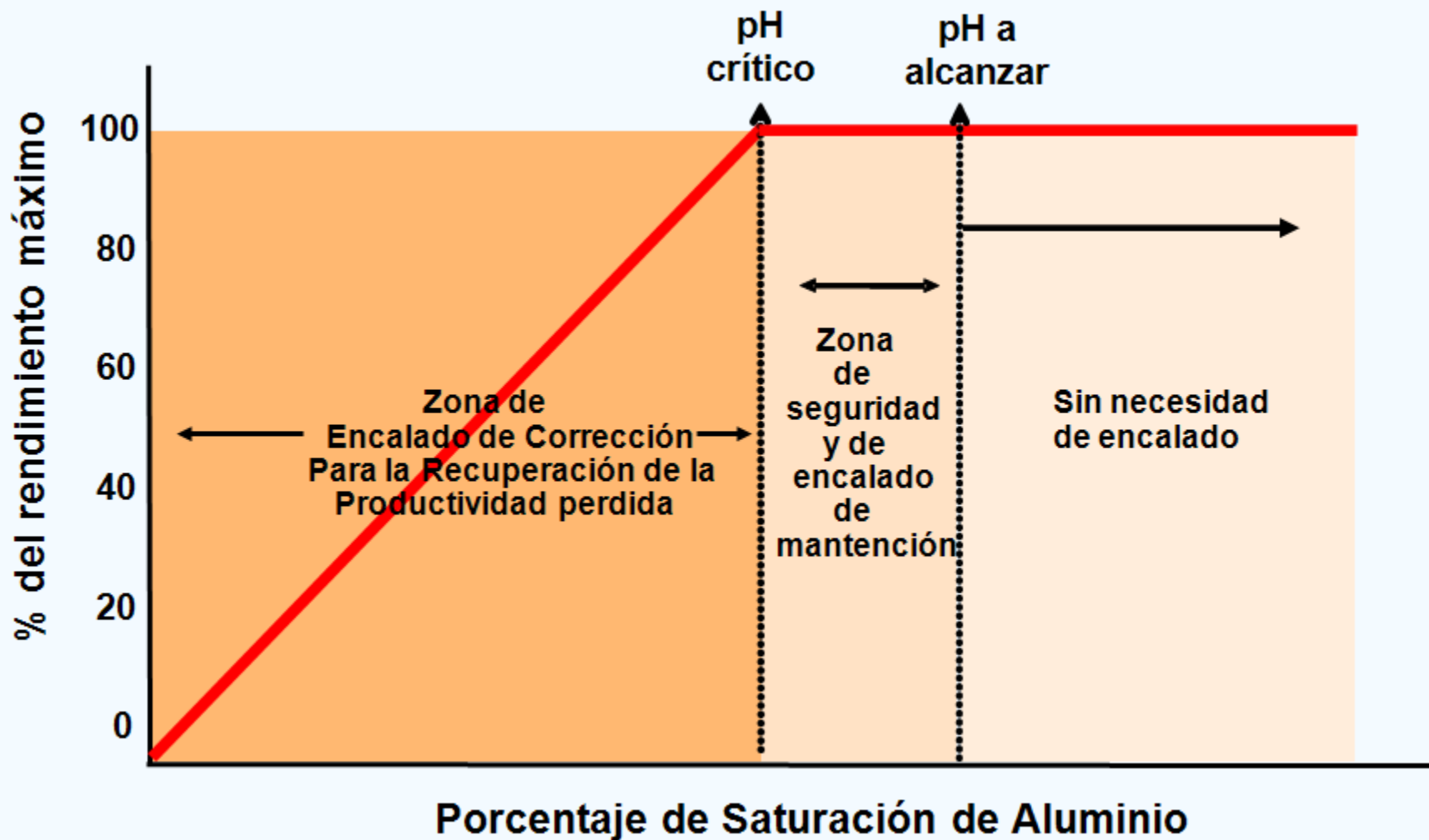
2000 kg ha⁻¹ = 2.52 meq/100 g

Aplicación de 2 ton Ca/ha	2,00	ton Ca/ha
Calcio Inicial	3,00	meq/100 g
Incremento de Ca	2,52	meq/100 g
Total Calcio Teórico	5,52	meq/100 g
Suma de bases	6,37	meq/100 g
Relación Inicial entre Cationes	Ca/Mg	6,00
	Ca/K	8,60
Relación Post Encaladura	Ca/Mg	11,00
	Ca/K	16,00

Relación entre el pH y la enmienda calcárea en suelos volcánicos del sur de Chile

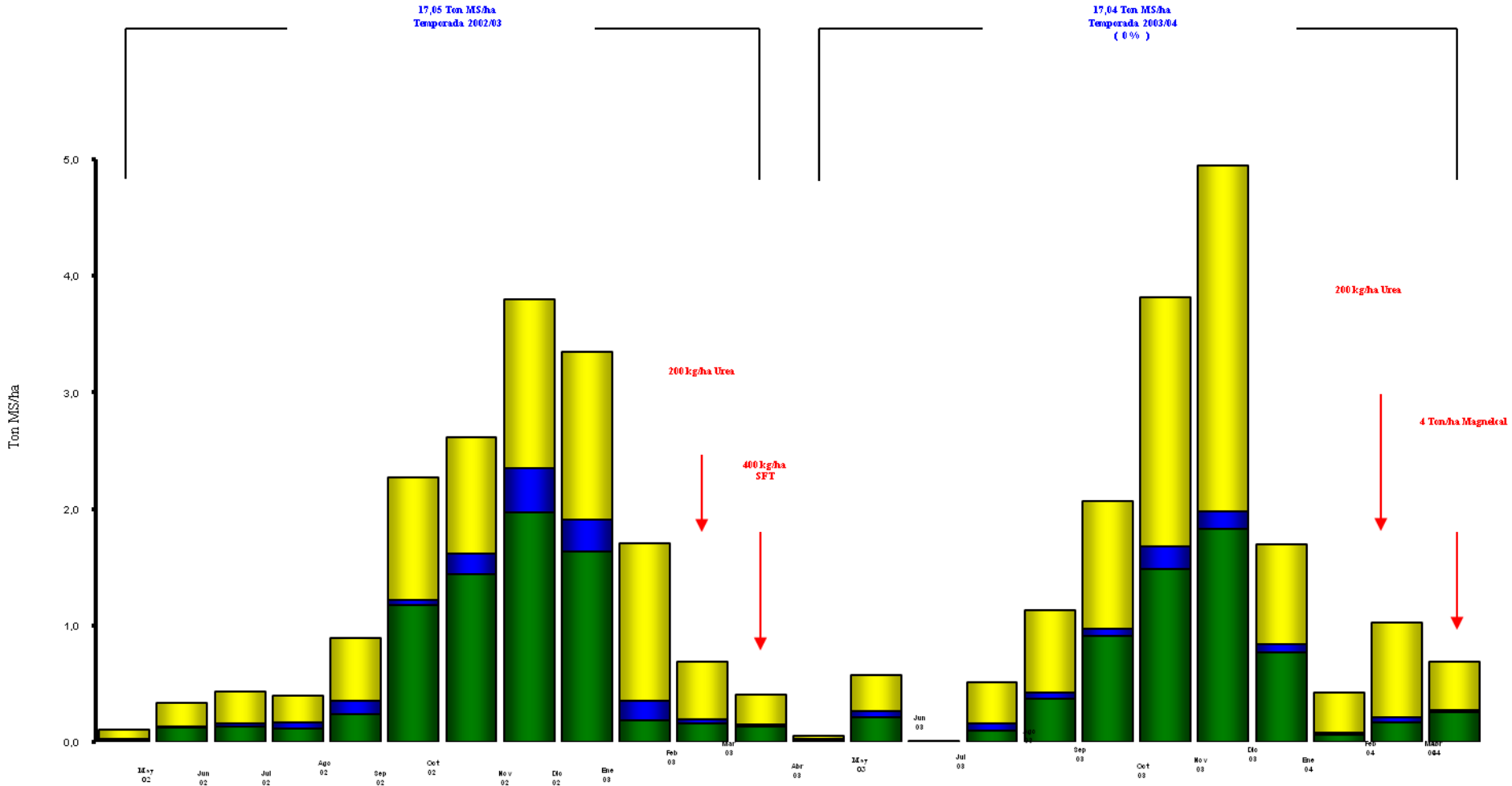


Mora, 1994



Sin Aplicación de Dolomita

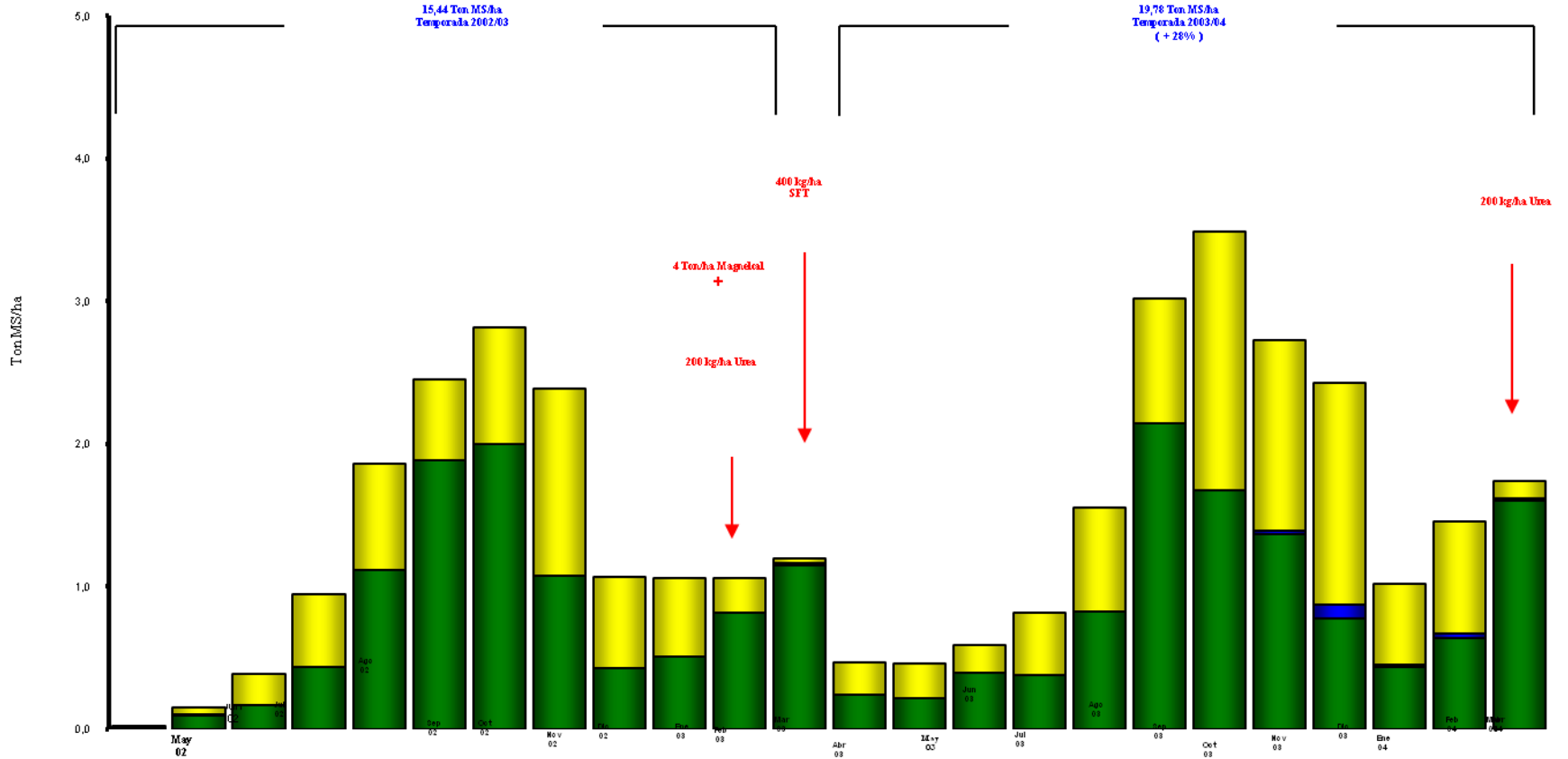
■ Ballica Perenne ■ Trébol Blanco ■ Otras Especies



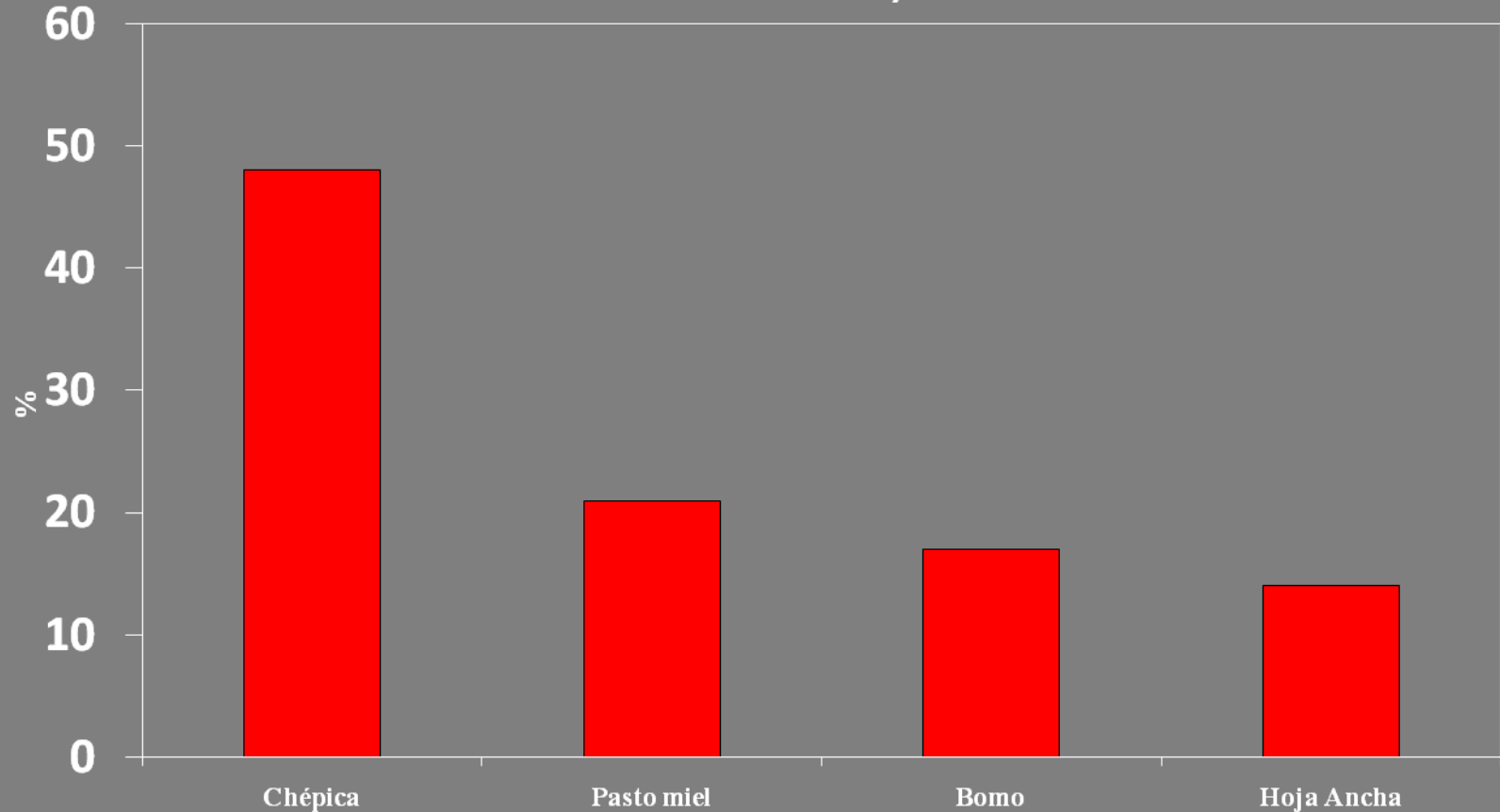
Evolución Mensual de la Producción y Composición Botánica de una pastura de Ballica perenne+ Trébol blanco. Predio Cerro Azul, Río Bueno, X Región.

Con Aplicación de Dolomita

■ Otras Especies
 ■ Trébol Blanco
 ■ Ballica Perenne



**Composición Botánica Pradera Naturalizada. pH 5,2 y %
Saturación de Al 53,8%.**

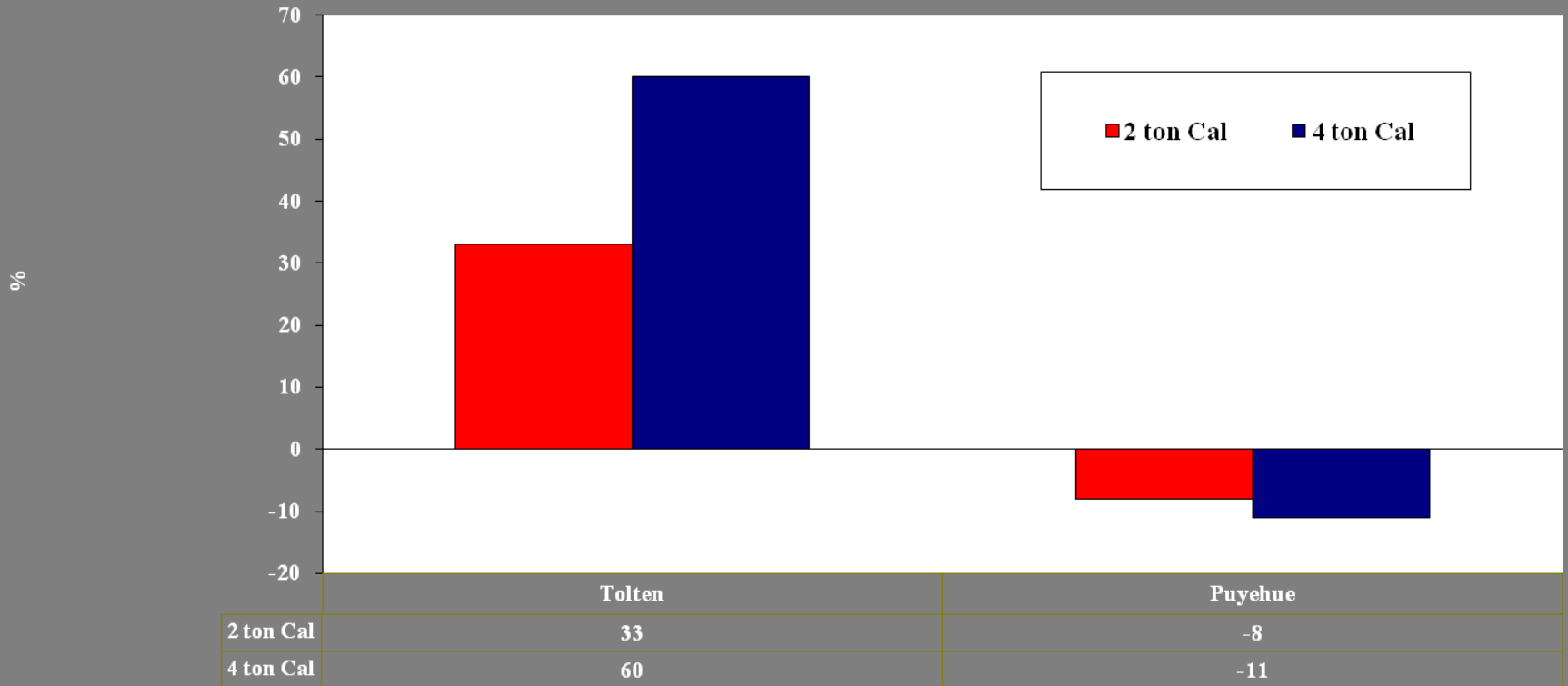


Una Pradera en Suelo Ácido Siempre Tiene Especies Naturalizadas

Reducción Porcentual del Tamaño Radical por Efecto del pH y Contenido de Aluminio en la Solución del Suelo.

Cultivar	0 uM Al	200 uM Al
Yatsyn 1	9	19
Ellett	12	30
Solo	20	40
Nui	11	41
Embassy	10	45
Marathon	38	57

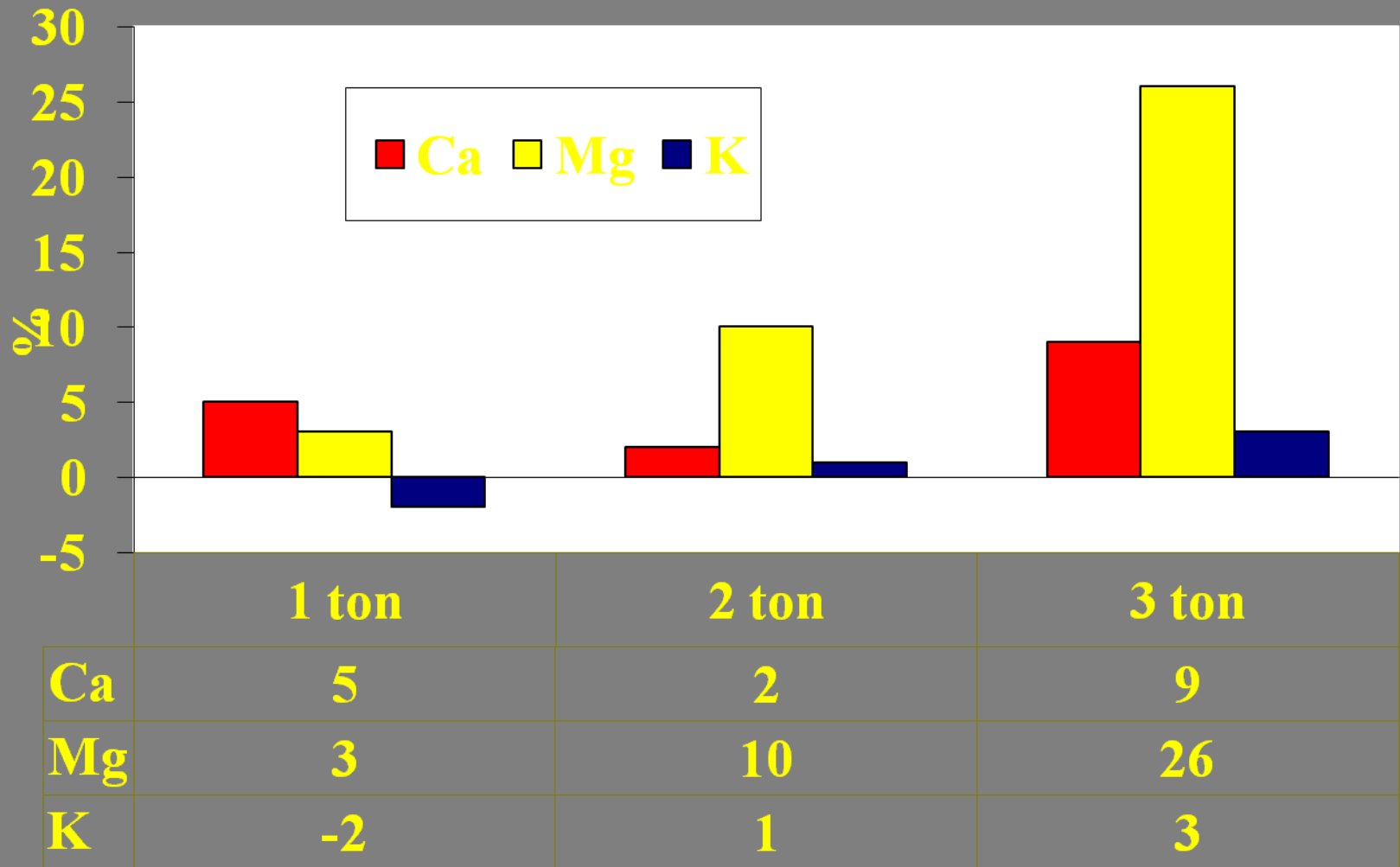
Efecto de la aplicación de Cal en el Rendimiento de Ballica



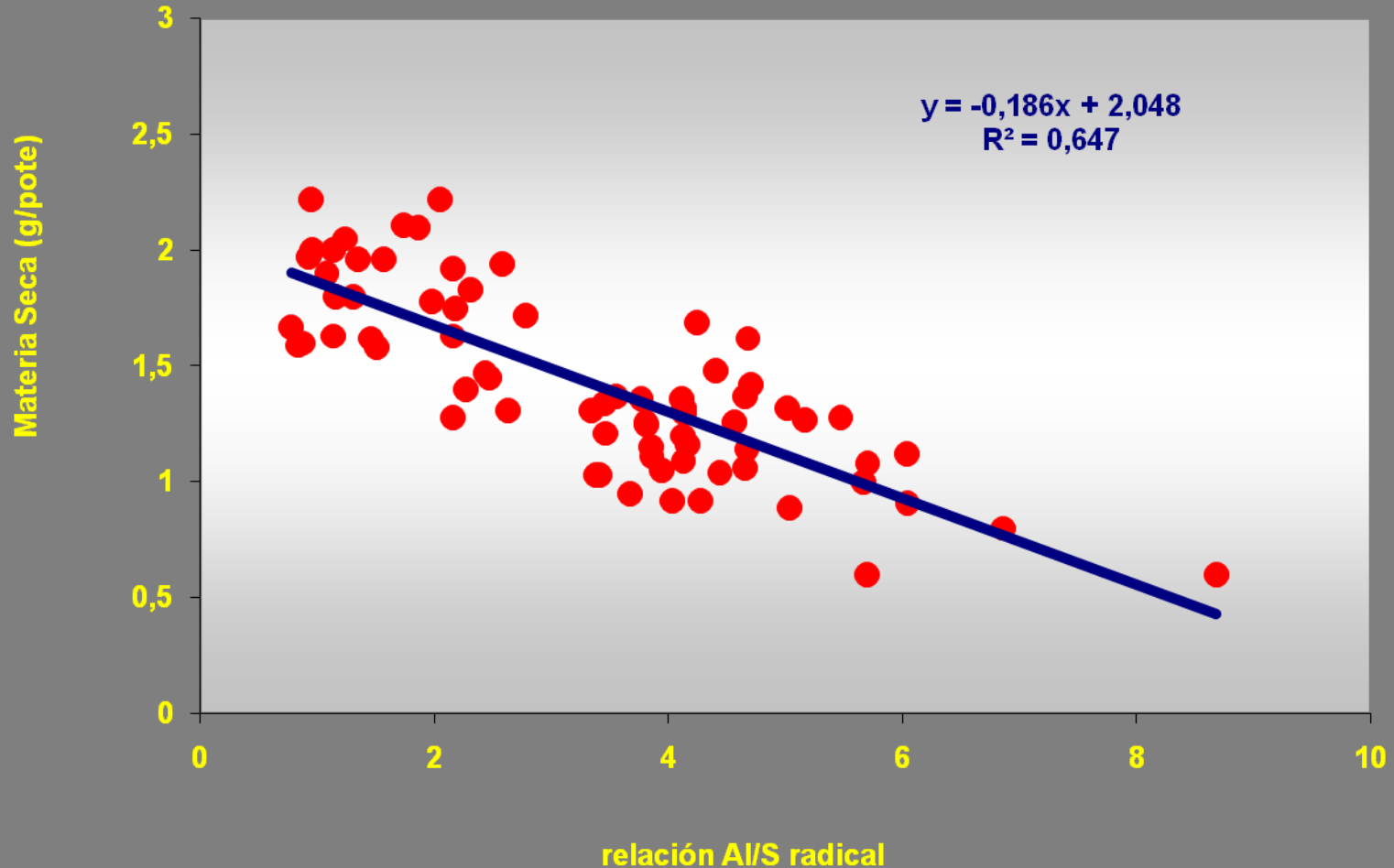
Efecto de la Aplicación de Cal en la absorción de Nutrientes en Ballica



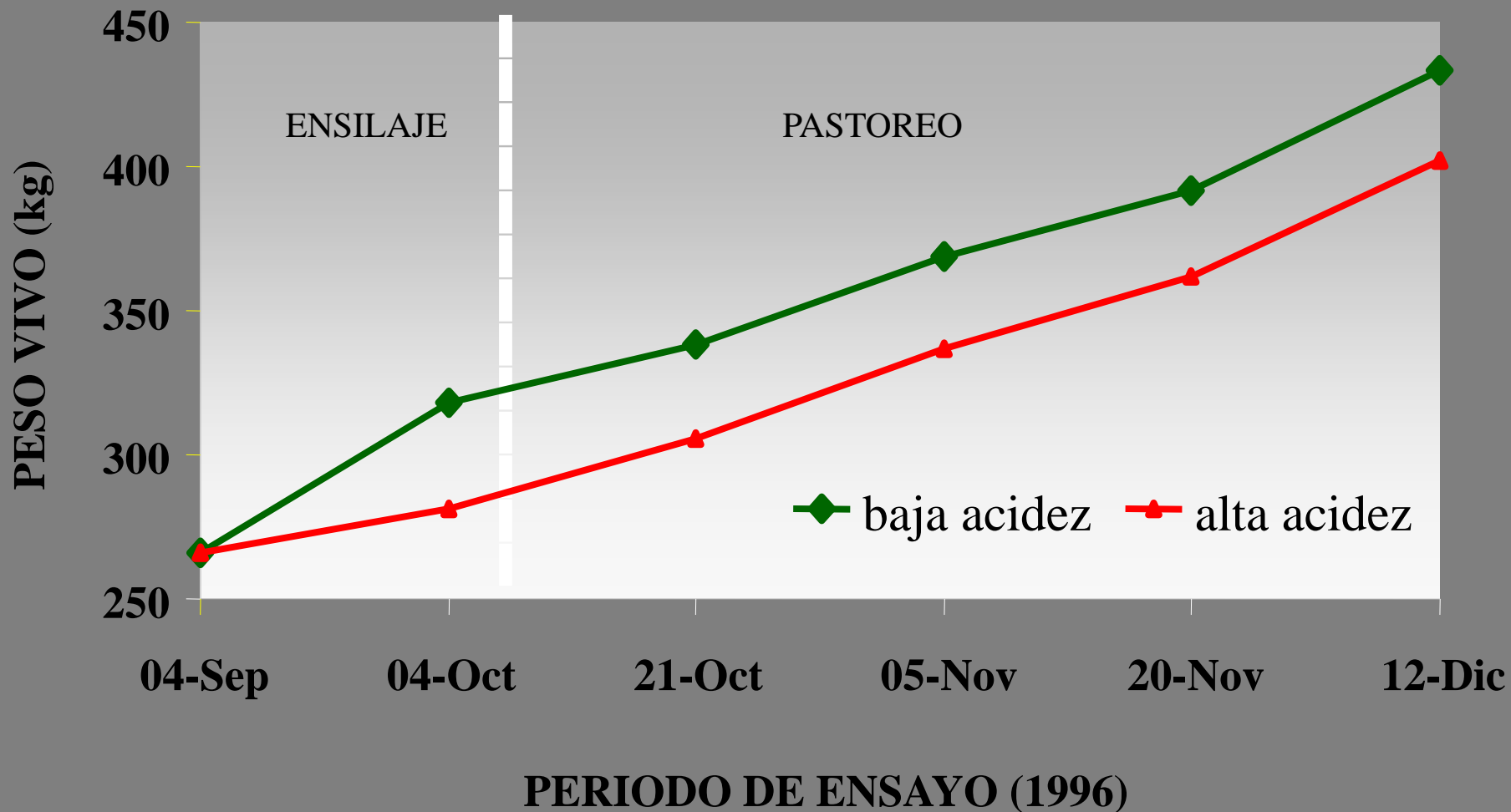
Efecto de la Aplicación de Dolomita en la absorción de Nutrientes en Ballica



Efecto de la relación Al/S en la raíz sobre la producción vegetal



Efecto de la condición de acidez del suelo sobre la producción animal



Enmienda y Corrección de Acidez del Suelo

u pH/ton Cal	pH Inicial	pH Final	pH Final - pH Inicial	kg Cal/ha	cmol+/kg	\$/ha
0,15	4,8	6,2	1,4	9.333	5,88	485.333
0,15	5,0	6,2	1,2	8.000	5,04	416.000
0,15	5,2	6,2	1,0	6.667	4,20	346.667
0,15	5,4	6,2	0,8	5.333	3,36	277.333
0,15	5,5	6,2	0,7	4.667	2,94	242.667
0,15	5,8	6,2	0,4	2.667	1,68	138.667
0,15	5,9	6,2	0,3	2.000	1,26	104.000
0,15	6,0	6,2	0,2	1.333	0,84	69.333
0,15	6,2	6,2	0,0	0	0,00	0

\$/Ton Cal = \$ 52.000

Enmienda , Corrección y Neutralización de Acidez del Suelo

u pH/ton Cal	pH Inicial	pH Final	pH Final - pH Inicial	kg Cal/ha	kg Urea/ha	kg Cal/ha	Total Cal/ha	\$/ha
0,15	4,8	6,2	1,4	9.333	250	1.000	10.333	537.333
0,15	5,0	6,2	1,2	8.000	250	1.000	9.000	468.000
0,15	5,2	6,2	1,0	6.667	250	1.000	7.667	398.667
0,15	5,4	6,2	0,8	5.333	250	1.000	6.333	329.333
0,15	5,5	6,2	0,7	4.667	250	1.000	5.667	294.667
0,15	5,8	6,2	0,4	2.667	250	1.000	3.667	190.667
0,15	5,9	6,2	0,3	2.000	250	1.000	3.000	156.000
0,15	6,0	6,2	0,2	1.333	250	1.000	2.333	121.333
0,15	6,2	6,2	0,0	0	250	1.000	1.000	52.000

\$/Ton Cal = \$ 52.000

4 kg cal/ kg N Aplicado

Enmienda y Corrección de Acidez del Suelo

pH Inicial	5,2	5,2	5,2	5,2	5,2	5,2
pH Final	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2
pH Final - pH Inicial	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
kg Cal/ha	6.667	6.667	6.667	6.667	6.667	6.667
Ca cmol+/kg	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20
Ca Cmol+/kg en el suelo	2,40	2,80	3,00	3,20	3,40	3,60
Suma de bases Cmol+/kg	3,00	3,50	3,75	4,00	4,25	4,50
Incremento Ca cmol+/kg	6,60	7,00	7,20	7,40	7,60	7,80
Suma de bases Cmol+/kg	8,25	8,75	9,00	9,25	9,50	9,75

El incremento de rendimiento
Sólo se logra cuando el suelo esta corregido,
los fertilizantes acidificantes neutralizados y el
fósforo los elementos que permiten el
desarrollo y la persistencia de las pasturas,
logrando una mayor producción en el tiempo y
una alta estabilidad en los sistemas de
producción ganaderos



Implicancias Técnicas en la Corrección de Fertilidad del Suelo

Rolando Demanet Filippi
Universidad de La Frontera

TODOAGRO
Valdivia, 26 de Enero de 2010