

FERTILIDAD DEL SUELO Y PRADERAS PERMANENTES

CARLOS SIERRA B.

INTRODUCCIÓN

La fertilidad de suelo es un concepto amplio que debe incluir aspectos relacionados con fertilidad química, es decir, contenido de nutrientes disponibles como fósforo, azufre, nitrógeno, calcio, magnesio, etc. y además, aspectos relacionados con la fertilidad biológica como la actividad de lombrices, ácaros, colémbolos, etc. Estos organismos son fundamentales para acelerar el flujo de nutrientes minerales desde la superficie del suelo y el subsuelo debido a que el suelo con pradera permanente no es removido y por lo tanto, la actividad de lombrices puede aminorar el problema de compactación.

La fertilidad del suelo en praderas permanentes es un tópico de gran complejidad debido a la gran interrelación entre sus diversos componentes: el suelo - la planta - el animal y el clima.

Históricamente se ha realzado la importancia de la fertilización fosfatada por parte de las diferentes instituciones que han trabajado en investigación agrícola. Sin embargo, durante los últimos años se ha podido constatar que otros factores asociados con la fertilidad del suelo como es la toxicidad de aluminio está afectando la eficiencia de aprovechamiento del fósforo y además está afectando la adecuada productividad de las leguminosas. Estas últimas de gran transcendencia en la vida productiva de la pradera. En el presente trabajo se analizan los diferentes parámetros de fertilidad y de manejo agronómico que pueden permitir alcanzar no sólo un alto rendimiento físico de las pasturas sino además una adecuada calidad de forraje para el ganado.

ANTECEDENTES GENERALES

En agronomía existen dos principios o leyes clásicas que no deben olvidarse. Una es la ley de los rendimientos decrecientes, que nos señala que por cada unidad de insumo aplicado, existe generalmente un aumento en la producción vegetal; sin embargo, al seguir incrementando este insumo, el aumento adicional en producción va a disminuir y puede incluso deprimir el rendimiento al aplicar dosis muy altas. Por lo tanto, es importante conocer el punto de máximo incremento por unidad de insumo aplicado.

El segundo principio corresponde a la ley del mínimo (Liebig) que nos señala que el elemento nutritivo que se encuentra en un nivel deficiente para el desarrollo de la planta será el elemento clave para estimular el crecimiento vegetal y aún cuando se agreguen las cantidades adecuadas de otros nutrientes, el máximo crecimiento de la pradera no se logrará. En la actualidad se reconoce que no sólo los nutrimentos minerales se pueden considerar en este análisis, sino también por ejemplo el déficit de humedad durante el verano, la falta de temperatura y/o el exceso de humedad en invierno pueden asociarse a la ley del mínimo o también llamada del "barril", en la cual se señala que la duela más corta de éste será el factor que afecte el crecimiento y que al solucionar este factor será luego otro el elemento limitante.

Al aplicar el concepto de la ley del mínimo en las praderas permanentes podemos visualizar que durante las diferentes estaciones del año tendremos distintos factores limitantes en las diferentes zonas agroclimáticas de la región y desde el punto de vista de fertilidad, el nitrógeno será el elemento más limitante del crecimiento, junto al fósforo. Al corregir estas deficiencias es probable que el potasio o el azufre se constituyan en elementos deficitarios, dependiendo del contenido de estos nutrientes en el suelo. Además, al corregir la acidez por medio del encalado, se puede inducir una deficiencia de magnesio y micronutrientes. Por lo tanto, la corrección de deficiencias nutricionales para elevar la producción de las praderas debe considerar un adecuado diagnóstico de los problemas de fertilidad del suelo.

FACTORES LIMITANTES QUE AFECTAN EL CRECIMIENTO DE LOS PASTOS

Los principales factores que afectan el crecimiento de los pastos son: La Fertilidad del suelo y climáticos. En el presente estudio se analizan solamente los primeros.

FACTORES DE FERTILIDAD DE SUELOS

Los principales nutrimentos que requieren los pastos para su crecimiento y desarrollo son el nitrógeno, el fósforo y el potasio. Como se aprecia en el Cuadro 1, las necesidades de nitrógeno y potasio son altas superando los 100 kg/ha, mientras que las cantidades de fósforo requeridas por las plantas son bastante menores. Además, otros elementos secundarios como el calcio, el magnesio y el azufre pueden ser importantes. Finalmente, existe un grupo de elementos denominados micronutrientes, que las plantas utilizan en pequeña cantidad que pueden ser importantes, cuando se ha logrado desarrollar una pradera productiva.

Nitrógeno

Este elemento es el más importante en la producción de forraje. Como se señaló la cantidad de nitrógeno requerido por las plantas forrajeras es alto. El ganado de carne a pastoreo extrae menos nitrógeno que las vacas lecheras, debido a que el ganado de carne logra un alto reciclaje de nutrientes en los potreros mientras que el ganado lechero genera pérdidas importantes de nitrógeno en la sala de ordeña, en cajellones y en la leche que produce. En los cuadros 2 y 3 se muestra la extracción de nitrógeno, fósforo y potasio que se puede alcanzar según diferentes niveles de producción de carne y leche respectivamente. En general destaca en ambos cuadros la importancia del nitrógeno. Las praderas naturalizadas permanentes presentan una deficiencia continua de nitrógeno durante todo el año.

Cuadro 1. Extracción de nitrógeno, fósforo y potasio de una pradera mixta rezagada para ensilaje de 5 ton/ha de rendimiento (materia seca).

Extracción de minerales kg/ha		
N	P ₂ O ₅	K ₂ O
160	38	124

Nota : Pradera mixta 30% leguminosas y 70% gramíneas.

Cuadro 2. Extracción de nutrientes por el ganado de carne en engorda.

Carne (kg/ha)	N	P ₂ O ₅ (kg/ha)	K ₂ O
100	2,5	0,25	0,4
200	5,0	0,50	0,8
300	7,5	0,75	1,2
400	10,0	1,00	1,6
500	12,5	1,25	2,0

Cuadro 3. Extracción de nutrientes a distintos niveles de producción de leche.

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	kg.		
Leche/lit.			
2.000	13	4,0	3,6
3.000	19	6,0	5,4
4.000	26	8,0	7,2
5.000	32	10,0	9,0
6.000	38	12,0	10,8

Un claro signo de esta deficiencia lo constituyen las manchas de color verde intenso que se producen por efecto de la orina del animal sobre el pasto, sin embargo, existe un período en plena primavera en que el suelo (trumaos) es capaz de suministrar una alta cantidad de nitrógeno, producto de la mineralización de la materia orgánica. En los suelos rojo arcilloso este suministro primaveral es bajo, lo cual determina una menor producción total de forraje que en los suelos trumaos. La temperatura ambiental presenta un gran efecto sobre la mineralización de la materia orgánica, por esta razón cuando el inicio de la primavera es muy fría, (Agosto - Septiembre) se justifica el uso de nitrógeno estratégico para estimular un crecimiento temprano de la pradera. El contenido de nitrógeno es muy variable, pues depende de muchos factores su permanencia en el suelo. El clima juega un rol de gran trascendencia en su estabilidad y disponibilidad. En el Cuadro 4 se presenta los mecanismos de pérdida más frecuentes que explican la pérdida de nitrógeno y su disponibilidad relativa en las diferentes estaciones del año. Generalmente, en el otoño se presentan los niveles más altos de nitrógeno disponible, aún cuando esto puede variar según el clima del verano.

Este nivel relativamente alto de nitrógeno en otoño se puede explicar por la mineralización durante el verano y baja absorción por las plantas forrajeras por falta de humedad, con lo cual este elemento se acumula en el suelo. Por lo tanto, la probabilidad de respuesta a la aplicación de este elemento en otoño es baja. En invierno, el nitrógeno mineralizado es susceptible de perderse en profundidad (lixiviación) especialmente con lluvias intensas mayores de 60 mm/día y en menor medida se produce desnitrificación, especialmente después de cada pastoreo; aún cuando este fenómeno depende de la temperatura, en suelo muy frío la desnitrificación sería menor, por menor actividad biológica del suelo. A fines de invierno, Agosto, el contenido de nitrógeno presenta su nivel más bajo y en este momento existe la mayor probabilidad de respuesta a la aplicación de fertilizante nitrogenado especialmente al norte de Osorno. En el caso de Llanquihue, Chiloé y precordillera Andina de Osorno, la mejor época de aplicación de nitrógeno y otros fertilizantes es Septiembre.

En primavera se puede producir pérdidas por los mismos mecanismos, pero en menor medida y especialmente en Septiembre. En la primavera, como se señaló, se produce el mayor suministro de nitrógeno debido a que al aumentar la temperatura del suelo se incrementa la mineralización de nitrógeno. Por lo tanto, una aplicación tardía de nitrógeno tendría un efecto menor que una aplicación temprana. Sin embargo, esto depende del manejo de la pradera, pues una aplicación de nitrógeno después del corte para ensilaje puede ser muy favorable para estimular el rebrote del pasto. Durante el verano el crecimiento de la pradera está limitado por la falta de humedad, especialmente de Osorno al norte y en suelos rojos arcillosos.

CUADRO 4. Mecanismos de pérdida de nitrógeno durante las diferentes estaciones del año y nivel relativo en el suelo.

	OTOÑO		INVIERNO		PRIMAVERA		VERANO	
	MAR.	MAY.	JUN.	AGO.	SEP.	NOV.	DIC.	FEB.
	Volatilización		Desnitrificación		Desnitrificación		Volatilización	
	Lixiviación				Lixiviación			
Nivel								
Relativo								
de	Alto		Bajo		Alto		Medio	
N								

Por lo tanto, en éstas áreas sería recomendable fertilizar tempranamente (Agosto-Septiembre) para aprovechar al máximo el crecimiento primaveral, ensilar y posteriormente hacer una segunda aplicación de nitrógeno, para estimular el rebrote rápido de la pradera. Esta segunda aplicación de nitrógeno se puede ahorrar si la pradera presenta un adecuado contenido de trébol blanco (30%) activo. Es decir, con un adecuado número de nódulos y de color rojo intenso, signo de actividad. Durante el verano la mineralización de nitrógeno se mantiene pues el suelo presenta su mayor temperatura, sin embargo, la volatilización de nitrógeno se va a producir especialmente desde la orina y feca del animal. Durante esta época como se señaló, existe un crecimiento restringido por falta de humedad lo que favorece la acumulación del nitrógeno en el suelo, el cual además no está expuesto a perderse por lixiviación y desnitrificación; esto genera un proceso de acumulación que permite encontrar niveles altos de nitrógeno en otoño. En los suelos rojos arcillosos la dosis de aplicación debería ser mayor que en suelos trumaos y en suelos transicionales debería usarse dosis medias entre lo aplicado a los trumaos y rojos arcillosos. Se sugiere el uso de fuentes nitrogenadas de reacción alcalina y/o neutra, evitar el uso de urea.

Fósforo

El contenido de fósforo disponible de los suelos trumaos y rojos arcillosos generalmente es bajo. Este elemento normalmente constituye el principal nutriente deficitario en los suelos de la región para el crecimiento de los pastos. Sin embargo, como se señaló anteriormente, la necesidad de fósforo por las plantas forrajeras es bajo. En una pradera rezagada, con una producción de 5 ton/ha de materia seca, el fósforo absorbido es de 38 kg/ha de P_2O_5 . Las recomendaciones tradicionales de fertilización en praderas han hecho énfasis en el uso del fósforo y algo de nitrógeno, sin embargo, la aplicación de estos elementos permite aumentar la producción de forraje pero no mejora sustantivamente la presencia y actividad del trébol blanco, especie de gran importancia en la nitrogenación del suelo. Como se vio anteriormente, las necesidades de nitrógeno de las plantas forrajeras es continua y sostenida durante todo el año debido por una parte a que existen diversas pérdidas desde el suelo y además que en el caso de la producción de leche, la extracción de este elemento es alta, mucho más que el fósforo y el potasio.

La disponibilidad efectiva del fósforo para la planta está muy ligada a la presencia de aluminio de intercambio y a su vez este elemento se activa cuando en el suelo decrece el contenido de Calcio y Magnesio. Al aplicar fosfatos monocálcicos, en suelos con bajos contenidos de Calcio y Magnesio y en consecuencia altos niveles de aluminio activo o intercambiable, se produce una baja eficiencia de utilización del fósforo aplicado. Esto se debería principalmente al escaso desarrollo radicular de las especies nobles (trébol blanco, ballica, pasto ovinillo, etc.) por efecto de la toxicidad del aluminio, a una mayor retención de fósforo por el suelo y a una menor actividad del fósforo orgánico del suelo.

Para eliminar el aluminio se debe encalar, es decir aplicar cal, la enmienda calcárea elimina la toxicidad del aluminio y permite que las raíces de las plantas forrajeras puedan explorar adecuadamente el suelo y absorber el fósforo y otros nutrientes requeridos para su desarrollo y crecimiento. Además, el encalado permite mejorar la actividad biológica del suelo principalmente por un incremento de la cantidad de lombrices en el perfil, lo que favorece una más rápida descomposición de la materia orgánica en los primeros centímetros del suelo.

El problema de toxicidad de aluminio es variable y en general se puede señalar que los suelos ubicados al norte de la región y en la Depresión Intermedia presentan un menor contenido de aluminio activo que los suelos de la precordillera Andina, Llanquihue y Chiloé. En el Cuadro 5 se presenta la probabilidad de respuesta al encalado de algunos suelos de la región. Esta probabilidad alta, media o baja se ha establecido de acuerdo al conocimiento de la cantidad de aluminio del suelo y a su relación con el contenido de calcio, magnesio y potasio. La aplicación continua de fósforo soluble en praderas con suelos muy pobres en calcio y magnesio como se señaló, incrementa la producción de forraje, pero el cambio de composición botánica hacia especies nobles como trébol blanco y ballica no se produce y al incorporar especies nobles vía regeneración, éstas no se establecen adecuadamente. Un programa de fertilización de praderas permanentes debe iniciarse con un diagnóstico adecuado de la fertilidad del suelo mediante análisis completo que

Cuadro 5. Probabilidad de respuesta al encalado de algunas series de suelo de la Décima Región.

Probabilidad de respuesta al encalado		
Baja	Media	Alta
Osorno	Puerto Octay	Nueva Braunau
Corte Alto	Puyehue	Llanquihue
Malihue	Pelchuquin	Frutillar
Futrono	Fresia	Crucero
La Unión	Chan - Chan	Ñapeco
Los Ulmos	Itropulli	Huiño-Huiño
Cudico		Piedras Negras
Terrazas de Ríos y Lagos.		

incluya suma de bases y aluminio de intercambio. Un indicador económico de la fertilidad del suelo en cuanto a toxicidad de aluminio es el pH determinado al CaCl_2 . Un valor de pH óptimo mínimo al CaCl_2 para praderas permanentes es 5,3, sobre este valor el suelo no presenta aluminio libre o intercambiable. En pH al agua este valor equivale a pH 6,1 aproximadamente. En el Cuadro 6 se presentan diferentes categorías de pH y la respuesta al encalado en praderas. A pH menor de 5,2 al H_2O o menor de 4,4 al CaCl_2 la respuesta al encalado es alta y puede superar al 35% en rendimiento de forraje, además en suelos de esta condición no existen leguminosas nobles como trébol blanco. Entre 5,3 y 5,6 existen en la pradera leguminosas, pero su persistencia no es buena y además su actividad fijadora de nitrógeno es muy baja, lo cual afecta severamente el suministro de nitrógeno a la pradera. A pH entre 5,7 y 6,1 al H_2O ó 4,9 y 5,3 al CaCl_2 la cantidad de aluminio es muy baja y la respuesta al encalado es igualmente baja. Sin embargo, el mayor efecto del encalado en este rango de pH lo constituye el incremento de la presencia de leguminosas activas en la pradera, lo que implica un adecuado suministro de nitrógeno. A pH mayor de 6,1 la respuesta al encalado en pradera mixta prácticamente no existe, sin embargo, al alcanzar estos valores de pH el agricultor debe preocuparse de mantenerlos en el tiempo.

Fuente fosfatada

El tipo de fertilizante fosfatado a usar en las praderas depende fundamentalmente del contenido de aluminio activo del suelo y en consecuencia del nivel de calcio y magnesio. En un suelo con baja fertilidad en suma de bases, menor de 7 meq/100 grs. y con una saturación de aluminio mayor del 10% aproximadamente (Ver Cuadro 7) el uso de fósforo altamente soluble (Superfosfato triple) será muy ineficiente por la alta capacidad de retención de fosfato del suelo. Por otra parte, en suelos con una suma de bases adecuada, mayor de 12 meq/100 gr., se podrían utilizar sin restricción superfosfato triple. Un claro ejemplo de estos suelos de baja fertilidad son los ñadis. En estos suelos pobres en bases y ricos en aluminio una buena alternativa que se visualiza como promisoría es la aplicación de Cal y roca fosfórica, de manera de controlar el aluminio de intercambio con la Cal y suministrar fósforo con la roca fosfórica.

CUADRO 6. Categorías de pH medido en H₂O y CaCl₂ y respuesta al encalado en praderas.

PH				
al H ₂ O	< 5,2	5,3 - 5,6	5,7 - 6,2	> 6,3
al CaCl ₂	< 4,4	4,5 - 4,8	4,9 - 5,4	> 5,5
Respuesta				
al encalado en pradera	ALTA	MEDIA	BAJA	NO
Categoría	Muy fuertemente ácido	Fuertemente ácido	Moderadamente ácido	Ligeramente ácido

Cuadro 7. Fuente de fertilización fosfatada según el nivel de fertilidad química del suelo.

	Suelo Corregido	Suelo mediana fertilidad	Suelo baja fertilidad
Suma bases meq/100 grs	12 - 14	8 - 12	< 7,0
PH	6,2 - 6,5	5,7 6,1	< 5,5
Fuente fosfatada	Superfosfato Triple Con aplicación de cal de mantención cada 4 años, 300 kg/ha.	- Superfosfato Triple + cal - Roca Fosfórica. - Superfosfato normal. - Roca fosfórica parcial mente acidulada.	- Roca fosfórica* cal. - Superfosfato nor- mal + cal. Superfosfato tri- ple con dosis al- ta de Cal y magne- sio.

La roca fosfórica no produce una disminución significativa del aluminio de intercambio, por lo tanto, su uso no mejora el efecto de toxicidad del aluminio. Por lo tanto, en suelos con niveles altos de saturación de aluminio, el uso de roca fosfórica con cal sería altamente beneficioso para las plantas forrajeras. Sin embargo, la aplicación de cal debería controlarse para evitar que el suelo alcance valores de pH superiores a 6,2 (al H₂O), pues la roca fosfórica será menos eficiente a pH más altos. Sin embargo, nuestros suelos presentan 2 grandes fuentes de acidez: el aluminio y la materia orgánica. Ambas fuentes presentan un alto potencial de acidez, especialmente la materia orgánica. El encalado controlaría el aluminio activo y la acidificación producida por la mineralización de la materia orgánica atacaría la roca fosfórica, generando fósforo disponible para la planta.

El uso continuado de superfosfato triple en suelo con niveles de saturación de aluminio media y alta produce a través del tiempo (5 a 8 años) una disminución de calcio del suelo y en menor medida del magnesio, incrementándose el contenido de aluminio de intercambio, aumentando la toxicidad sobre las raíces de los tréboles y aumentando la capacidad de retención de fósforo por el suelo. En la actualidad, esta línea de trabajo del uso de rocas fosfóricas y cal está siendo estudiada en profundidad por la Estación Experimental Remehue.

Dosis de Fósforo

En praderas permanentes, la dosis de fósforo óptima depende de diversos factores, tipo de explotación ganadera, es decir producción de leche o carne, tipo de suelo y relación entre precio del fertilizante y el producto obtenido. Si el precio del kilo de carne y/o el litro de leche es alto y el precio del kilo de fósforo es bajo la dosis óptima económica será más alta y viceversa. En el Cuadro 8 se presentan las dosis recomendadas para producción media y alta de carne y leche en suelos rojos arcillosos y trumaos.

Cuadro 8. Dosis de fósforo en praderas permanentes según diferentes niveles de producción, distinto tipo de ganado, en suelos trumaos y rojos arcillosos.

Praderas de Pastoreo	Producción			
	<u>Media</u>		<u>Alta</u>	
	<u>Rojo Arcilloso</u>	Trumao	<u>Rojo Arcilloso</u>	Trumao
Ganado carne	60	70	90	120
Ganado lechero	85	100	110	150

Nota: suelo con pH 6,2 al H₂O

Encalado

El encalado en praderas permanentes, como se ha señalado, permite controlar la toxicidad del aluminio de intercambio presente en el suelo. Este elemento produce un gran efecto depresivo sobre el crecimiento radicular, determinando una deformación y crecimiento tortuoso de las raíces.

Este efecto de toxicidad es variable según la especie.

En el Cuadro 9 se presenta el grado de tolerancia a la toxicidad de aluminio de diferentes cultivos, en condiciones de suelos de Escocia. La alfalfa es uno de los cultivos más sensibles a la toxicidad del aluminio, se estima que basta 1 ppm de aluminio activo en la solución del suelo para afectar el crecimiento de raíces. El trébol blanco es más tolerante, sin embargo, para lograr un óptimo crecimiento y actividad fijadora, se requiere una actividad baja de aluminio activo. En el Cuadro 10, se presenta el contenido de aluminio de intercambio de diferentes suelos de la región; en general, se aprecia que los suelos presentan diferentes contenidos. Desde 0,15 meq/100 grs. en el suelo Futrono hasta 0,99 meq/100 grs. en el suelo Nueva Braunau de la provincia de Llanquihue. También los suelos ñadis presentan niveles relativamente altos de aluminio de 0,5 meq/100 grs.; sin embargo, menor que el suelo Nueva Braunau. Esto indicaría que los suelos presentan diferentes necesidades de cal. A mayor contenido de Aluminio, se debe aplicar una mayor cantidad de Cal, sin embargo, como es sabido, el concepto que permite precisar en mejor forma las necesidades de encalado es el porcentaje de aluminio en relación a la suma de bases (calcio + magnesio + potasio).

EFECTO DEL ENCALADO EN PRADERAS PERMANENTES

La aplicación de cal en superficie sobre la pradera es menos eficiente que la incorporada con el laboreo del suelo, sin embargo, su efecto es positivo y la respuesta de la pradera dependerá del grado de saturación de aluminio que presente el suelo. Con niveles de saturación de aluminio alto generalmente la pradera presenta una predominancia de

Cuadro 9. Nivel crítico y sensibilidad de plantas de clima templado al aluminio.

Especie	Sensibilidad	Nivel de aluminio sobre el cual los rendimientos se reducen (porcentaje de saturación de Al de la CIC).		
Alfalfa	Altamente Sensible	1	-	5
Remolacha				
Cebada				
Hualputra				
Raps	Sensible	5	-	10
Falaris (plántulas)				
Trigo				
Lupino blanco	Moderadamente Tolerante	10	-	20
Algunas avenas				
Trébol blanco				
Trébol subt.				
Festuca				
Ballica				
Algunos Triticales				
Algunos triticales	Altamente Tolerante	20	-	30
Lupino (angustifolius)				
Pasto ovido				
Algunas avenas				
Centeno				

Fuente : Cregan P.D. and Scott B.J. Dept. of Agriculture New South Wales 1986.

Cuadro 10. Contenido de aluminio de intercambio de 11 suelos de la Décima Región.

Suelo	n	Al Int. meq/100 grs
Futrono	19	0,15
Malihue	11	0,18
Osorno y Corte Alto	33	0,24
Puerto Octay	22	0,26
Puyehue	8	0,26
La Unión	14	0,29
Pelchuquín	28	0,36
Chan - Chan	14	0,50
Fresia	18	0,55
Frutillar	31	0,56
Nueva Braunau	28	0,99

especies de pobre condición forrajera como chéptica y pasto miel y una ausencia total de especies nobles como trébol blanco y ballica. Lo más recomendable sería encalar las praderas de mejor condición botánica, aquéllas que presenten una cierta proporción de trébol blanco, ballica y pasto ovillo de manera de estimular su crecimiento y persistencia. El efecto inicial del encalado en los pastos produce un cambio de color, desde verde claro a verde más oscuro, esto se debe a un incremento de la mineralización de la materia orgánica del suelo.

La respuesta de la pradera en rendimiento no es rápida, debido a que diversos efectos de la enmienda se producen gradualmente. El efecto químico sobre la actividad del aluminio es rápido, pero el efecto sobre la actividad biológica es lento. El encalado estimula una adecuada nodulación del trébol blanco, factor muy importante, pues compromete un adecuado suministro de nitrógeno para las gramíneas de la pradera. El efecto del encalado sobre la nodulación ha sido estudiado en la Estación Experimental Remehue por Bernier y Meneses, en condiciones de macetas en invernadero. Como se aprecia en la Figura 1, al mejorar el pH del suelo con 4,5 ton/ha, a nivel de pH 6,0, se incrementó notablemente la nodulación, de 35 nódulos por cada 10 plantas a más de 60 nódulos.

Las aplicaciones de cal sobre la pradera permite incrementar el pH del suelo. Esta disminución de la acidez depende del nivel de aluminio activo y de la materia orgánica. Es decir, los suelos presentan una diferente variación de pH al aplicar cal.

Potasio

El potasio es un elemento de gran importancia en praderas mixtas de alta producción. Este elemento es requerido en cantidades importantes por las plantas. Especialmente alta es la extracción de potasio por una pradera mixta rezagada para corte, 30 ton de ensilaje cosechado pueden significar 80 kg/ha de K₂O extraído desde el suelo. Por otra parte la mayoría de los suelos de la región

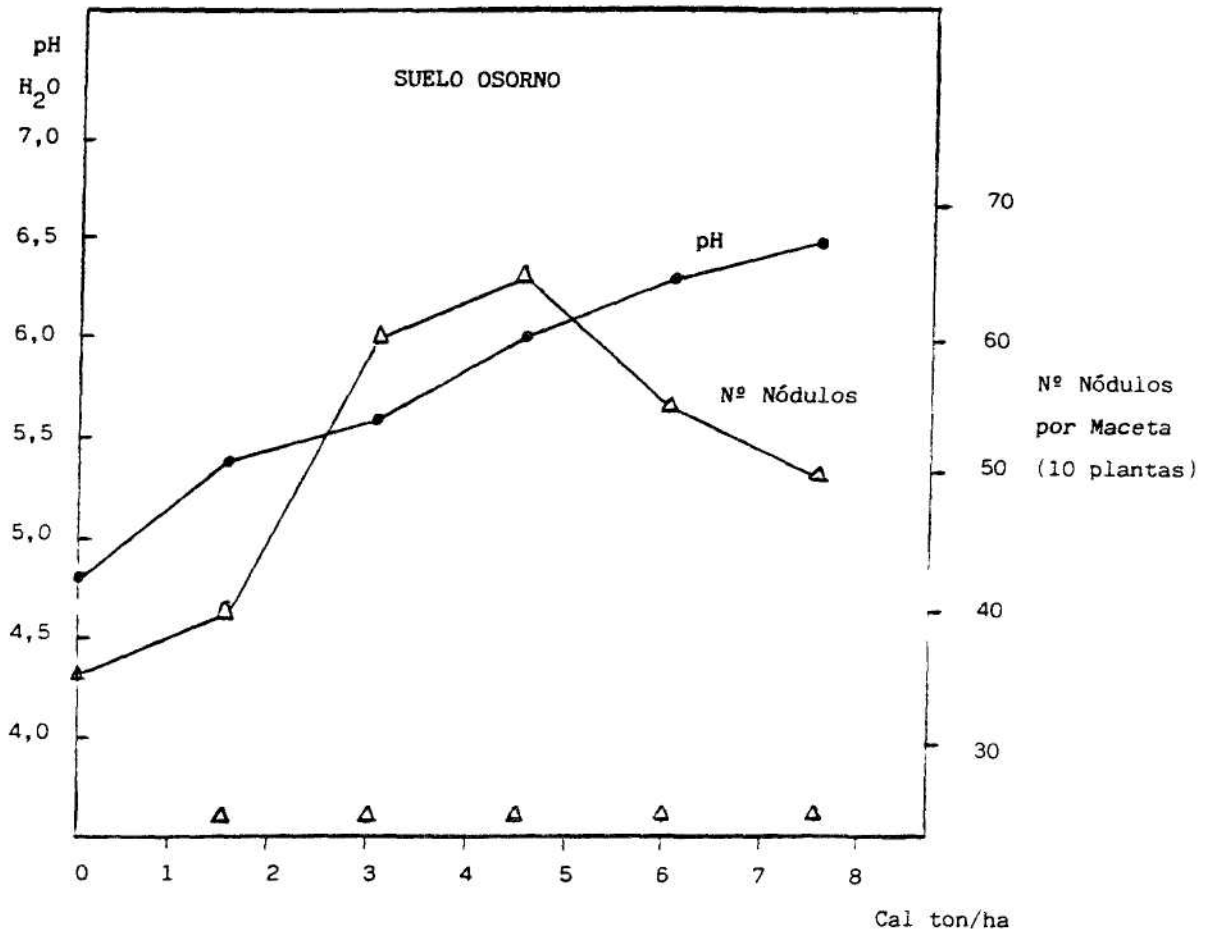


FIGURA 1. RELACION ENTRE NUMERO DE NODULOS DE TREBOL BLANCO POR MACETA Y EL ENCALADO DEL SUELO TRUMAO. OSORNO.

presentan niveles medios de potasio disponible. Especialmente deficientes en potasio son los suelos ñadis y las terrazas de lagos y ríos. También los suelos arenosos de la precordillera Andina y la mayor parte de los suelos de Llanquihue y Chiloé presentan niveles más bien bajos de este elemento. El potasio juega diferentes roles en la nutrición de las plantas forrajeras. Un adecuado nivel de potasio en las hojas durante la primavera - verano permite a las plantas aprovechar en mejor forma la humedad del suelo, por efecto de una mejor utilización del agua de los tejidos.

Otro efecto importante del potasio es su acción en la calidad energética del forraje. La acción enzimática de este elemento permite incrementar la concentración de carbohidratos en las plantas, mejorando su calidad nutritiva. Es muy importante destacar que en la medida que se corrija la acidez del suelo y se mantenga un adecuado programa de fertilización con fósforo, la deficiencia de potasio se manifestará rápidamente dependiendo esto del nivel inicial de potasio en el suelo. Para alta producción se requieren en los primeros 7,5 cm. del suelo, 240 ppm de potasio de intercambio. En el Cuadro 11 se presenta la probabilidad de respuesta a la aplicación de potasio en diferentes agrupaciones de suelos.

Azufre

En la mayoría de los suelos de la región, la disponibilidad de azufre puede considerarse media. Un nivel adecuado de azufre para las plantas forrajeras nobles puede considerarse sobre 20 ppm. En general, el rango de disponibilidad de azufre en el suelo es muy similar al del fósforo, es decir, contenidos menores de 6 ppm en los primeros 7,5 cm. de suelo pueden considerarse muy bajos, por otra parte suelos con niveles de 12 ppm de azufre pueden considerarse como nivel medio. En el Cuadro 12 se presenta el nivel de azufre de cuatro agrupaciones de suelos que corresponden a 252 muestras de suelos.

Cuadro 11. Probabilidad de respuesta a la aplicación de potasio en diferentes agrupaciones de suelos, en praderas permanentes.

Agrupación de suelos	Probabilidad de respuesta al Potasio		
	Baja	Media	Alta
Precordillera Costa			
Osorno al Norte	x		
Osorno al Sur		x	
Depresión Intermedia			
Trumaos Lomajes		x	
Trumaos Planos			x
Terrazas de ríos			x
Ñadis			x
Precordillera Andina			
Trumaos Lomajes			x
Trumaos Planos			x
Terrazas de lagos			x
Ñadis			x

Cuadro 12. Contenido de azufre disponible de 13 suelos de la Décima Región.

Serie de suelos	n	Azufre disponible ppm
Rojo Arcilloso		
Los Ulmos	10	15
Cudico	10	7
La Unión	20	14
Crucero	20	9
	<hr/>	
	60	11
Trumaos Lomajes		
Osorno	32	21
Corte Alto	11	16
Puerto Octay	33	18
Nueva Braunau	44	19
	<hr/>	
	120	19
Ñadis		
Frutillar	18	11
Itropulli	5	20
	<hr/>	
	23	13
Trumaos Precordillera		
Los Lagos	15	21
Puyehue	24	10
Ralún	10	10
	<hr/>	
	49	13

Nota n : Número de muestras de suelo.

El contenido promedio de azufre en las diferentes series fluctúan entre 7 y 21 ppm, destacando en general un contenido ligeramente más bajo en los suelos rojos arcillosos, lo cual concuerda con los resultados experimentales desarrollados en praderas y cultivos con estos suelos. Los contenidos más altos corresponden a los suelos trumaos de lomajes de la Depresión Intermedia. Los Ñadis y trumaos de precordillera presentan niveles intermedios de 13 ppm. De acuerdo a esta información, la mayor probabilidad de respuesta al azufre en praderas de alta producción correspondería a los suelos rojo arcillosos seguidos de los trumaos de precordillera Andina y Ñadis y en último término se ubicarían los trumaos de lomajes de la Depresión Intermedia. Para lograr el desarrollo de una pradera de alta producción es importante considerar el uso de azufre, especialmente como yeso agrícola o sulfato de potasio, el uso de azufre elemental o ventilado no se recomienda por su efecto acidificante.

Magnesio

El magnesio es un elemento de gran importancia en la nutrición de las plantas forrajeras y también en el ganado bovino. Si bien es cierto un adecuado contenido de este elemento en los pastos, no evita absolutamente la aparición de la hipomagnesemia en el ganado; sin embargo, contribuye a evitar en buena medida esta enfermedad. La deficiencia de este elemento en el ganado se produce por un alto requerimiento estacional del bovino. Los contenidos de magnesio de los suelos de la región se pueden considerar medios a bajos. En el Cuadro 13 se presenta el contenido de magnesio de intercambio de 13 suelos de la región. Destaca el nivel más bajo de los suelos ñadis con 1,03 meq/100 gr. Los niveles más altos se presentan en los suelos de la Depresión intermedia y de Precordillera Andina.

Cuadro 13. Contenido de Magnesio de intercambio de 13 suelos de la Décima Región.

Serie de suelos	n	Mg meq/100 grs.
Rojo Arcilloso		
Los Ulmos	10	1,4
Cudico	10	2,2
La Unión	20	1,4
Crucero	20	0,93
	60	1,37
Trumaos Lomajes		
Osorno	12	1,99
Corte Alto	21	1,66
Puerto Octay	22	1,15
Nueva Braunau	28	1,15
	83	1,40
Ñadis		
Pelchuquin	28	1,02
Frutillar	31	1,00
Itropulli	6	1,25
	65	1,03
Trumaos Precordillera		
Los Lagos	21	1,54
Puyehue	8	1,12
	29	1,42

Nota n : Número de muestras de suelo.

Micronutrientes

Los micronutrientes o también llamados elementos menores, debido a la pequeña cantidad requerida por las plantas, son elementos importantes que de acuerdo a la ley del mínimo pueden en algún momento, mejorar la producción de forraje. Se consideran micronutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas el boro, cobre, zinc, hierro, manganeso, molibdeno y cloro. El boro es un elemento generalmente deficiente en suelos trumaos, sin embargo, la aplicación de este elemento debe ser cuidadosa pues el rango entre deficiencia y toxicidad es estrecho, por lo tanto, se debe aplicar en dosis bajas.

Este elemento tiene importancia para una adecuada formación de flores, especialmente del trébol blanco. El cobre es un elemento generalmente menos deficiente que el boro, cuya posible respuesta por parte de las plantas se discute, sin embargo, este elemento es importante en gramíneas; se consideran especies sensibles la avena y ballicas. El zinc es un micronutriente que puede afectarse su disponibilidad por la aplicación de dosis altas y continuas de fósforo por lo tanto su contenido en el suelo debe ser considerado luego de iniciado un programa de fertilización masivo con fosfatos. El fierro es un micronutriente abundante en los suelos trumaos y rojos arcillosos debido a la acidez de los suelos, al igual que el manganeso. Este último es más abundante en suelos rojos arcillosos y de transición, incluso en algunos suelos este elemento puede producir toxicidad a nivel foliar. En general se debe señalar que para praderas bien desarrolladas el uso de boro, molibdeno y zinc puede ser necesario siempre que se hayan corregido los problemas de acidez, fósforo, potasio y azufre.

El molibdeno es un elemento muy importante en praderas mixtas, pues permite mejorar la actividad fijadora de nitrógeno por los nódulos. Un claro signo de actividad es el color rojo de los nódulos. Una coloración blanca de éstos, puede ser indicio de una deficiencia de este elemento, aún cuando otros factores de manejo pueden generar una baja actividad de los nódulos. El cloro, si bien es cierto se

reconoce como micronutriente esencial, sin embargo su deficiencia es muy poco frecuente.

La práctica del encalado intenso puede producir una rápida deficiencia de algunos micronutrientes como boro, cobre y zinc, generalmente la deficiencia de fierro y manganeso no se produce pues el contenido de los suelos ácidos es bastante alto. El único micronutriente cuya disponibilidad tiende a aumentar con el encalado es el molibdeno. Por lo tanto un programa de encalado para corrección de la toxicidad de aluminio debe considerar el monitoreo del suelo para evaluar el nivel de micronutrientes, especialmente de boro, cobre y zinc.

Finalmente, se debe señalar que la posible aplicación de micronutrientes se recomienda solamente en praderas permanentes con un óptimo manejo y una composición botánica equilibrada, de por lo menos un 30% de trébol blanco.

DESARROLLO DE UNA PRADERA DE ALTA PRODUCCIÓN

Para alcanzar altas producciones en una pradera permanente se requiere un suministro continuo de nitrógeno. Para lograr esto se requiere una población de leguminosas activas, que en promedio durante el año debe alcanzar un 30% del total de la pradera, base materia seca. Para lograr esto último se requiere un programa anual continuado de aplicación de fósforo y de corrección de la toxicidad de aluminio, para esto es necesario alcanzar un pH al agua de 6,2 ó 5,5 al CaCl_2 como mínimo. Esta corrección implica el uso de Cal, magnesio y potasio y eventualmente de algunos micronutrientes especialmente boro y molibdeno.

Esta corrección de las múltiples deficiencias de minerales y toxicidad de aluminio permitirá alcanzar una adecuada cantidad de trébol blanco activo simbióticamente que proveerá un suministro continuo de nitrógeno para la pradera. Sin embargo, otro factor de gran importancia es la carga animal, la pradera mixta requiere un intenso pastoreo durante gran parte del año, (excepto en verano seco), para favorecer la presencia del trébol blanco. Sin embargo y finalmente, se

debe reconocer que la alta población de tréboles en la pradera puede producir durante la primavera problemas en el ganado por meteorismo. El ganadero debe prevenir y manejar esta situación pues los beneficios que puede lograr con una pradera mixta son muy superiores al costo adicional que significa el control del meteorismo durante 1 ó 2 meses en el año.

Por último, una herramienta eficaz para lograr una pradera altamente productiva lo constituye un análisis de suelo completo que permite hacer un adecuado diagnóstico de la fertilidad del suelo y de esta forma iniciar un programa de corrección integral de la fertilidad que permita alcanzar altas producciones.

CONCLUSIONES

- Las praderas permanentes presentan un alto requerimiento de nitrógeno y moderado a bajo de fósforo.
- La producción de leche extrae cantidades importantes de nitrógeno, el cual proviene principalmente de la pradera. La extracción por la leche de fósforo, calcio y potasio es bajo.
- Los suelos de la Décima Región presentan deficiencias múltiples de nutrientes, entre las cuales destacan el fósforo, potasio, nitrógeno y en menor medida azufre y magnesio.
- Un porcentaje importante de los suelos presentan toxicidad de aluminio de moderada a severa, que afecta el desarrollo de praderas de alta producción.
- En encalado permite corregir la toxicidad de aluminio, sin embargo éste debe incluir la aplicación de magnesio y potasio principalmente, para mantener la relación Ca:Mg:K.
- La corrección de la toxicidad de aluminio, una aplicación continuada de fósforo y un manejo adecuado del pastoreo permite alcanzar adecuadas poblaciones de leguminosas activas simbióticamente lo que favorece un adecuado suministro de nitrógeno para la pradera.

LITERATURA CONSULTADA

- BERNIER V.R.; MENESES C.G. (1986) Informe Técnico Estación Experimental Remehue.
- CREGAN P.D. and SCOTT B.J. (1986) Liming problem acids soils. Department of Agriculture New south wales. AGFACTS.
- HAYNES R.J. (1984) Lime and phosphate in the soil - plant system. Advances in Agronomy Vol 37. Department of Soil Science Lincoln College Canterbury, New Zealand.
- RODRÍGUEZ S.J. (1990). La fertilización de los cultivos: un método racional. Depto. de Ciencias Vegetales Facultad de Agronomía Pontificia Universidad Católica de Chile.
- SIERRA B.C. (1989) Informe Técnico Programa de Fertilidad de Suelos Estación Experimental Remehue. INIA - Osorno.
- WHITEHEAD D.C. (1970). The role of Nitrogen in Grassland Productivity. Grassland Research Institute, Hurley Bulletin 48. Commonwealth Agricultural Bureaux.