



IPNI
INTERNATIONAL
PLANT NUTRITION
INSTITUTE

INSTITUTO INTERNACIONAL
DE NUTRICIÓN DE PLANTAS

WWW.IPNI.NET

PROGRAMA LATINOAMERICA - CONO SUR



DICIEMBRE
2007

CONTENIDO

- ▀ CAPACIDAD TAMPÓN DE FÓSFORO EN UN SUELO VOLCÁNICO DEL SUR DE CHILE
- ▀ POTASIO EN MAÍZ EN URUGUAY
- ▀ ENCALADO DE TRÉBOL ROJO
- ▀ NITRÓGENO, FÓSFORO Y AZUFRE EN MAÍZ EN EL SUR DE SANTA FE
- ▀ FÓSFORO Y AZUFRE EN ALFALFA EN EL CENTRO-ESTE DE SANTA FE

EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD TAMPÓN DE FÓSFORO DE UN SUELO VOLCÁNICO SERIE OSORNO, DEL SUR DE CHILE

René Bernier, Pablo Undurraga y Gustavo Meneses
Centro Regional de Investigación INIA Remehue
rbernier@inia.cl; pundurra@inia.cl

Introducción

El modelo de recomendación de fertilización fosfatada en el sur de Chile incluye la corrección del nivel de fósforo (P) del suelo buscando alcanzar los 15 o 20 ppm en el suelo, de acuerdo al método de Olsen. Las dosis requeridas para lograr este objetivo se determinan utilizando un factor denominado "capacidad tampón de P" o CP, que se expresa como kg de P/ppm de P en el suelo. El CP se define como la cantidad de P que se requiere para aumentar el P Olsen en 1 ppm.

En Chile existe un programa que incentiva la recuperación de suelos degradados, tanto en sus propiedades físicas como químicas. Uno de los subprogramas más requeridos por los agricultores que cultivan suelos volcánicos es el de "corrección de P". En este subprograma se buscaba alcanzar los 15 ppm de P Olsen y, a partir de 2006, los 20 ppm de P Olsen. Dado que los suelos volcánicos chilenos se caracterizan por ser fuertemente fijadores de P, la mayoría de los suelos en el sur del país presentan bajos a muy bajos niveles de disponibilidad de este elemento, lo que hace necesario aplicar altas dosis de fosfato para alcanzar rendimientos adecuados.

En el país se utilizan valores genéricos de CP por serie de suelos, lo que aparentemente no es correcto, toda vez que los diferentes suelos agrícolas que se encuentran en Chile tienen valores de CP distintos, producto de su historia de manejo, morfología, génesis, materiales componentes, etc. Por estas razones, en rigor, en cada punto de muestreo de suelos se debiera determinar el valor del CP del sitio.



Vista del ensayo de campo en el Centro Regional de Investigación Remehue - CRI Remehue.

Director: Dr. Fernando O. García

INSTITUTO INTERNACIONAL DE NUTRICIÓN DE PLANTAS

PROGRAMA LATINOAMERICA - CONO SUR

Av. Santa Fe 910

(B1641ABO) Acassuso – Argentina

Tel/Fax (54) (011) 4798-9939

E-mail: fgarcia@ipni.net

Sitio Web: www.ipni.net

Propietario: Potash and Phosphate
Institute of Canada (PPIC)

ISSN 1666 - 7115

No. de Registro de Propiedad Intelectual 222581

Se permite copiar, citar o reimprimir los artículos de este boletín siempre y cuando no se altere el contenido y se cite la fuente y el autor.

Diseño e Impresión: www.agroeditorial.com.ar
amatthiess@amatthiess.com.ar



Contenido:

Evaluación de la capacidad tampón de fósforo de un suelo volcánico serie Osorno, del sur de Chile. _____	1
Respuesta a la fertilización potásica en maíz para grano en suelos del noroeste de Uruguay _____	9
Efecto del encalado sobre las propiedades químicas del suelo y la germinación del trébol rojo (Trifolium pratense) _____	13
Respuesta del cultivo de maíz a la fertilización con nitrógeno, fósforo y azufre en el sur de Santa Fe _____	17
Fertilización fosfatada y azufrada de alfalfa a la siembra y al año de implantación en el centro-este de Santa Fe _____	22
Publicaciones de IPNI _____	26
Congresos, Cursos y Simposios _____	27

Los objetivos planteados para el primer año de esta investigación fueron los siguientes: i) estudiar el efecto de diferentes niveles de P aplicados en un suelo Osorno sobre la disponibilidad de P, ii) medir la capacidad tampón de P del suelo con aplicación en cobertura y iii) medir el efecto de la dosis de P aplicada sobre la absorción de este elemento por una pradera mixta.

Para el ensayo desarrollado en las mismas parcelas en el segundo año de experimentación, los objetivos fueron: i) estudiar el efecto de diferentes niveles de P aplicados a un suelo de Osorno, sobre la disponibilidad de P y ii) evaluar las variaciones de la capacidad tampón de P del suelo por aplicaciones de diferentes dosis de P sobre un suelo previamente fertilizado con P.

Materiales y Métodos

Se estableció un ensayo de campo en el Centro Regional de Investigación INIA Remehue de Osorno, para determinar los valores de CP en aplicación en cobertura de un suelo Osorno. Se utilizó un diseño de bloques al azar sobre una pradera permanente común de la zona. El tamaño de las parcelas fue de 4 x 10 m (40m²), dispuestas en 3 bloques, en el caso del primer año de experimentación.

En el segundo año, las parcelas del experimento del año anterior, de 4 x 10 m, se dividieron en dos de 4 x 5 metros, generando dos ensayos paralelos y contiguos, sobre los que se aplicaron los tratamientos que se indican mas adelante.

Tabla 1. Caracterización química inicial del sitio experimental, a dos profundidades de muestreo.

Parámetro	Profundidad de muestreo	
	0 – 10 cm	0 – 20 cm
P (ppm)	3,6	4,9
N (ppm)	21,7	18,9
pH agua	5,8	5,8
pH CaCl ₂	4,9	5,0
M.O. (%)	19,4	22,9
Ca (cmol/kg)	4,5	7,0
Mg (cmol/kg)	1,3	2,1
K (cmol/kg)	0,5	0,6
Na (vcmol/kg)	0,2	0,3
Al int. (cmol/kg)	0,2	0,1
S (ppm)	1,0	1,1
S. bases (cmol/kg)	6,6	10,0
Al saturac. (%)	3,4	1,4

Primer Año de Ensayo

El sitio experimental se seleccionó de una pradera permanente de la estación experimental de INIA en Osorno sobre un área de suelo del mismo nombre y cuya caracterización química se presenta en la Tabla 1.

Para determinar las dosis de P a aplicar, se utilizaron las tablas de recomendación de fertilización del Servicio de Análisis de Suelos de INIA. De este modo, se estimó 1 P como una vez la dosis recomendada de acuerdo al nivel inicial de disponibilidad de P del suelo, y 2 P como dos veces dicha dosis. Las dosis de P_2O_5 se calcularon teniendo en cuenta la capacidad tampón del suelo, según tabla (14 kg P/ppm), y la necesidad de corrección con P (Tabla 2).

Con el objeto de producir incrementos rápidos de P se utilizó superfosfato triple como fuente, con 46% de P_2O_5 aplicado en cobertura sobre la pradera. La fertilización restante consistió en aplicaciones de primavera y otoño de acuerdo a un manejo normal de fertilización de praderas (Tabla 3).

Segundo Año de Ensayo

Los tratamientos del segundo año de experimento se basaron en las distintas profundidades de muestreo, 0-10 cm y 0-20 cm, para estimar el CP correspondiente. Se utilizó el mismo valor de capacidad tampón de P (CP = 14 kg P/ppm) para el suelo Osorno utilizado en el primer año de ensayo. Los tratamientos se detallan en la Tabla 4.

Con el objeto de promover el crecimiento de la pradera se agregaron otros nutrientes esenciales (Tabla 5).

Determinaciones durante los dos años de ensayo

Se realizaron las siguientes determinaciones a la pradera:

➤ **Crecimiento de plantas:** se midió la producción de la pradera en base a cortes periódicos con marcos de 0,5 m² cuadrados y tijera. Después de cada muestreo se homogeneizó la pradera con una cortadora mecánica. Se determinó la producción de materia verde y de materia seca.

Tabla 2. Dosis de P_2O_5 determinadas para cada tratamiento.

Tratamiento	Tipo de tratamiento	Dosis de P_2O_5 (kg/ha)
1	0 P corrección *	0
2	½ P corrección	174
3	1 P corrección	348
4	1 ½ P corrección	522
5	2 P corrección	696

* Corrección se refiere a elevar el nivel de P extractable en los suelos a 15 ppm.

Tabla 3. Dosis de nutrientes aplicados y época de aplicación.

Nutrientes	Dosis de nutrientes (kg/ha)			
	Épocas de Aplicación			
	Primavera		Otoño	Total
Nitrógeno	40	30	30	100
Potasio	40	-	20	60
Magnesio	30	-	0	30
Azufre	40	-	0	40

Tabla 4. Tratamientos de P aplicados según nivel de disponibilidad alcanzado en el experimento previo.

Profundidad (cm)	P Olsen al final del primer año (ppm)	Dosis de P_2O_5 Segundo año (kg/ha)	Dosis de P Segundo año (kg/ha)	Tipo de corrección
0 - 10	6,5	0	0	
	12,1	160	55	1 corrección
	18,2	95	42	1 corrección
	26,0	33	14	CP * 2,29
	30,2	33	14	CP * 2,29
0 - 20	4,7	0	0	
	8,8	103	45	½ corrección
	7,5	206	90	1 corrección
	10,5	292	128	1 ½ corrección
	18,4	190	83	2 corrección

- **Absorción de P:** se midió el contenido de P absorbido a través de análisis foliar en cada corte, para determinar la extracción neta.

En suelos:

- **Análisis inicial** de disponibilidad de P, bases, S, saturación de Al en cada parcela a 2 profundidades de muestreo (0-10 cm y 0-20 cm).
- **Análisis final:** se determinó los niveles de P, bases, S, saturación de Al y Al extractable al final del experimento.
- **Evolución del P en el suelo:** se determinó al mes de aplicación (30 días) y después cada 120 días.
- **Determinación de CP:** Se determinó el valor de CP en cada tratamiento al final del experimento.

Resultados y Discusión

De acuerdo a los resultados de la Tabla 1, se puede señalar que el suelo utilizado en esta investigación presenta niveles muy bajos de P y azufre (S) en las dos profundidades de muestreo realizadas, además de una muy baja saturación de aluminio (Al).

Primer Año de Ensayo Efectos sobre el suelo

Los cambios en los niveles de disponibilidad de P producidos por la aplicación de diferentes dosis se presentan en la Tabla 6. En la medida que las dosis de P son mayores, mayor es el incremento del nivel de disponibilidad de P en el suelo. Sin embargo, debido a la poca movilidad del P en el suelo, los niveles

de P extractable alcanzado en el estrato superficial de 0 a 20 cm de suelo son inferiores que a 0-10 cm de profundidad.

La “dosis de corrección de P” mencionada anteriormente se puede calcular a través de la siguiente fórmula:

$$\text{Dosis de } P_2O_5 \text{ (kg/ha)} = (\text{P extractable deseado} - \text{P extractable inicial}) * \text{CP} * 2,29$$

Para el caso del sitio experimental, el P extractable inicial (0 a 10 cm) fue de 3,6 ppm. Según el programa de corrección, hasta 2006, se debe alcanzar los 15 ppm, por lo tanto es necesario incrementar la disponibilidad en 11,4 ppm en un año. Considerando un CP de 16 kg de P/ppm que es el valor utilizado por el programa de recuperación de suelos degradados (14 y 16 kg P/ppm) para suelos Osorno, se estima una dosis de corrección de 418 kg P_2O_5 / ha.

De acuerdo a la Tabla 6, aplicando 348 kg de P_2O_5 /ha se alcanzaron los 18,2 ppm de P Olsen, a los 90 días desde el momento de la aplicación. Este resultado puede significar, por una parte, que el valor del CP de este suelo está sobredimensionado, siendo probablemente un valor cercano a 13. Por otra, cada suelo tiene respuestas diferentes a la fertilización, producto de diversos factores de manejo y de historia de lote. Esta consideración fue tomada en cuenta al momento de planificar la presente investigación. Los resultados se pueden observar en forma gráfica en la Figura 1.

A partir de esta figura se desprende que la profundidad de muestreo, arroja resultados analíticos diferentes para una misma pradera, incidiendo en forma importante al momento de decidir el diagnóstico y la consecuente aplicación de los fertilizantes fosfatados.

Tabla 5. Dosis de nutrientes aplicados y fertilizantes utilizados.

Nutrientes	Dosis de nutrientes (kg/ha)	
	0 – 10 cm	0 - 20 cm
Nitrógeno (Supernitro 30)	100 (60 kg + 40 kg)	100 (60 kg + 40 kg)
Potasio (Muriato de potasio)	40	60
Azufre (Fertiyeso)	36	36

Tabla 6. Efecto de la aplicación de diferentes dosis de P en el nivel final de disponibilidad a dos profundidades de muestreo, después de 90 días del momento de la aplicación.

Profundidad de muestreo (cm)	Nivel inicial de P (ppm)	Dosis de P_2O_5 (kg/ha)	Dosis de P (kg/ha)	P Olsen alcanzado (ppm)
0 a 10	3,6	0	0	6,5
	3,6	174	76	12,1
	3,6	348	152	18,2
	3,6	522	228	26,0
	3,6	696	304	30,2
0 a 20	4,9	0	0	4,7
	4,9	174	76	8,8
	4,9	348	152	7,5
	4,9	522	228	10,5
	4,9	696	304	18,4

Efectos sobre la pradera

Después de 180 días desde de la aplicación de los tratamientos, se evaluó la producción de materia seca (MS) de la pradera experimental (Tabla 7). Si bien el método de evaluación de producción de una pradera permanente por medio de cortes sucesivos no es el más adecuado por el deterioro que produce en la vegetación, permite realizar comparaciones entre los diferentes tratamientos.

Al comparar, por ejemplo, los resultados de producción con aplicación de 152 kg de P/ha, en los muestreos de 0-10 cm y de 0-20 cm se obtienen el equivalente a 4.537 kg de materia seca/ha con diferentes niveles de disponibilidad de P. En el primer caso se alcanzó a 18,2 ppm y en el segundo a sólo 7,5 ppm. Este ejemplo permite ilustrar la controversia existente respecto de la profundidad de muestreo de las praderas permanentes. Estudios previos realizados en este ámbito han demostrado que la asociación P extractable en el estrato de suelo 0-10 cm y la productividad de la pradera, presentan una mayor relación con respecto a los valores obtenidos para el estrato 0-20 cm. Desde el punto de vista de la alimentación animal, además de la cantidad de forraje producido por una pradera, es importante su calidad, expresada a través de las especies presentes y su proporción.

En la Tabla 8, se presenta la composición botánica determinada para cada tratamiento, al primer corte. Las praderas permanentes más comunes de la zona sur de Chile se caracterizan por estar compuestas preferentemente por especies gramíneas, con escasa presencia de leguminosas. Se observa que no se registró la presencia de trébol blanco, muy baja presencia de ballica perenne y sí, abundante proporción de

otras gramíneas de escaso valor forrajero. Esta composición botánica es producto de factores de manejo y de condiciones de fertilidad de suelos. Las especies agrupadas presentes en los diferentes tratamientos se presentan en la Tabla 9.

Segundo Año de Ensayo Efectos sobre el suelo

Al inicio del segundo año del proyecto, se realizó por separado la caracterización química de los experimentos generados, para 0-10 cm y 0-20 cm de profundidad. Los resultados analíticos de los experimentos muestreados en el estrato de suelo 0-10 cm y 0-20 cm, se presentan en las Tablas 10 y 11, respectivamente.

De acuerdo al nivel de P extractable alcanzado en el año 1 se determinó la dosis de mantenimiento para el siguiente período. Así, cuando el suelo presentaba 18,8 ppm de P (0 a 10 cm) se aplicaron 42 kg de P.

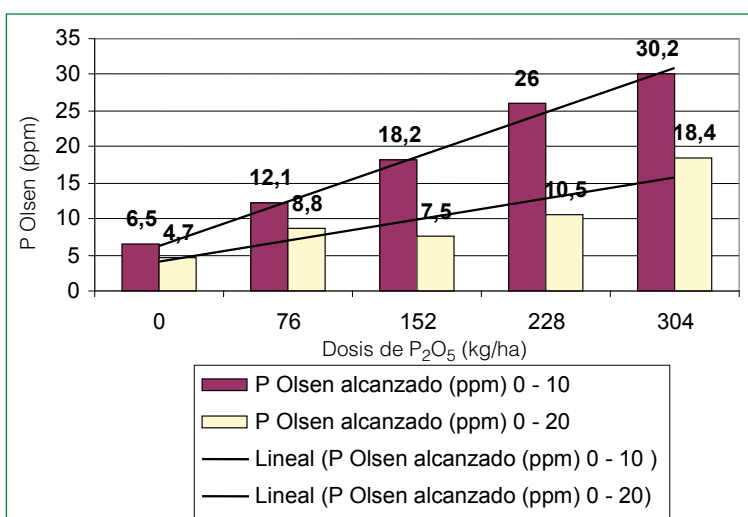


Figura 1. Efecto de la aplicación de diferentes dosis de P en el nivel de disponibilidad final, a dos profundidades de muestreo de suelos, y después de 90 días desde el momento de la aplicación del fertilizante.

Tabla 7. Efecto de la aplicación de diferentes dosis de P en la producción de materia seca de la pradera después de 180 días, según tratamiento.

Dosis de P (kg/ha)	Nivel inicial de P (ppm)	P Olsen alcanzado (ppm)	Producción * de MS (kg/ha)
0 a 10 cm			
0	3,6	6,5	3.053
76	3,6	12,1	4.631
152	3,6	18,2	4.537
228	3,6	26,0	4.780
304	3,6	30,2	5.058
0 a 20 cm			
0	4,9	4,7	3.053
76	4,9	8,8	4.631
152	4,9	7,5	4.537
228	4,9	10,5	4.780
304	4,9	18,4	5.058

* La producción de materia seca que se indica corresponde a una misma parcela muestreada a dos profundidades.

Cuando el suelo presentaba 26 ppm de P extractable se aplicaron 14 kg de P de mantenimiento. En el caso del estrato de 0 a 20 cm se procedió de manera similar. En el ensayo 0 a 10 cm, se observa que todos los tratamientos disminuyeron el nivel de P extractable al segundo año, a excepción del control, sin fertilización (Tabla 12). Esto significaría que las dosis calculadas de mantenimiento para los suelos de esta región no fueron suficientes para contrarrestar el proceso de fijación y de extracción de P. Sin embargo, cabe destacar que cuando el nivel de disponibilidad fue de 26 y 30,2 ppm en el año 1, la aplicación del equivalente al CP (14 kg de P/ha) permitió mantener un nivel adecuado de disponibilidad. En el ensayo 0 a 20 cm, se aprecia que al igual que

la situación anterior, los niveles de P del segundo año fueron inferiores a los del primero, a pesar de la aplicación de P (Tabla 11). Se debe observar que en ninguno de los tratamientos se logró mantener el nivel de 15 ppm propuesto originalmente.

Efectos sobre la pradera

Los rendimientos de forraje obtenidos en ambos experimentos fueron bajos, en relación a registros normales de praderas en pastoreo, producto del método de evaluación utilizado. La producción de materia seca (MS) de la pradera obtenida en el ensayo de 0 a 10 cm se presenta en la Tabla 13. La producción de materia seca de la pradera obteni-

Tabla 8. Efecto de la aplicación de diferentes dosis de P en la composición botánica al primer corte, según tratamiento.

Tratamiento	Trébol blanco (%)	Ballica perenne (%)	Otras gramíneas (%)	Otras especies (%)
P 0	0	1	81	18
P 174	0	2	91	6
P 348	0	8	85	6
P 522	0	8	85	7
P 696	0	5	86	9

Tabla 9. Especies presentes en la pradera experimental según grupo.

Ballica perenne	Otras gramíneas	Otras especies
<i>Lolium perenne</i>	<i>Holcus lanatus</i>	<i>Hypochaeris radicata</i>
	<i>Agrostis</i> sp.	<i>Ranunculum repens</i>
	<i>Anthoxanthum odoratum</i>	<i>Taraxacum officinale</i>
	<i>Bromus</i> sp.	<i>Poligonum persicaria</i>
	<i>Hordeum murinum</i>	<i>Plantago lanceolata</i>
	<i>Arrhenatherium elatius</i> var. <i>Bulbosum</i>	
	<i>Poa annua</i>	

Tabla 10. Caracterización química inicial de cada tratamiento a 0-10 cm de profundidad de suelo.

Determinación	Tratamientos de P aplicados (kg de P ₂ O ₅ / ha)				
	0	160	95	33	33
P Olsen (ppm)	7,4	9,8	12,2	18,9	28,6
pH agua	5,9	5,9	5,9	5,8	5,9
M. orgánica (%)	24,7	23,5	22,6	23,5	22,6
Ca (cmol/kg)	6,8	7,0	6,8	7,05	7,20
Mg (cmol/kg)	2,2	2,1	2,0	2,04	2,09
K (cmol/kg)	0,7	0,62	0,58	0,6	0,42
Na (cmol/kg)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Al (cmol/kg)	0,13	0,13	0,12	0,12	0,12
Saturación de bases (cmol/kg)	9,10	9,92	8,78	9,85	9,91
Saturación Al (%)	1,24	1,27	1,21	1,17	1,17
Al extractable (ppm)	1238	1190	1258	1207	1090
S (ppm)	18,7	17,24	22,28	23,61	27,40

Tabla 11. Caracterización química inicial de cada tratamiento en el estrato de 0-20 cm de profundidad.

Determinación	Tratamientos de P aplicados (kg de P ₂ O ₅ / ha)				
	0	103	306	292	190
P Olsen (ppm)	5,0	5,5	6,4	9,2	12,0
pH agua	5,9	5,8	5,8	5,8	5,8
M. orgánica (%)	20,5	20,0	20,0	19,0	19,0
Ca (cmol/kg)	5,4	5,3	4,8	4,6	5,1
Mg (cmol/kg)	1,6	1,6	1,4	1,3	1,5
K (cmol/kg)	0,5	0,4	0,4	0,5	0,4
Na (cmol/kg)	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5
Al (cmol/kg)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
S. bases (cmol/kg)	7,9	7,8	7,1	6,8	7,3
Sat. Al (%)	2,0	2,1	2,7	2,8	2,4
Al extractable (ppm)	1398	1401	1456	1417	1342
S (ppm)	13,0	15,6	15,4	19,8	20,7

Tabla 12. Efecto de la aplicación de diferentes dosis de P en el nivel de disponibilidad final, a dos profundidades.

Dosis de P ₂ O ₅ (kg/ha)	Dosis de P (kg/ha)	P Olsen alcanzado año 1 (ppm)	P Olsen alcanzado año 2 (ppm)
0 a 10 cm			
0	0	6,5	7,4
160	70	12,1	9,6
95	42	18,2	12,2
33	14	26,0	18,9
33	14	30,2	24,6
0 a 20 cm			
0	0	4,7	5,0
103	45	8,8	5,5
306	134	7,5	6,4
292	128	10,5	9,2
190	83	18,4	12,0

Tabla 13. Efecto del nivel de P en el suelo sobre la producción de materia seca después de 360 días (5 cortes), teniendo en cuenta la profundidad de muestreo 0-10 cm.

Dosis de P ₂ O ₅ (kg/ha)	Corte 1 (kg/ha)	Corte 2 (kg/ha)	Corte 3 (kg/ha)	Corte 4 (kg/ha)	Corte 5 (kg/ha)	M.seca acumulada (kg/ha)	P Olsen promedio (ppm)
0	2172	1223	1539	861	2033	5796	7,4
160	2272	1445	1616	742	2488	6075	9,6
95	2126	1127	2268	921	1943	6442	12,2
33	2325	1259	1588	868	1809	6039	18,9
33	2714	1205	2042	852	2002	6812	24,6

Tabla 14. Efecto del nivel de P en el suelo sobre la producción de materia seca después de 360 días (5 cortes), teniendo en cuenta la profundidad de muestreo 0-20 cm.

Dosis de P ₂ O ₅ (kg/ha)	Corte 1 (kg/ha)	Corte 2 (kg/ha)	Corte 3 (kg/ha)	Corte 4 (kg/ha)	Corte 5 (kg/ha)	M.seca acumulada (kg/ha)	P Olsen promedio (ppm)
0	1874	986	1745	758	1722	5363	5,0
103	2276	1234	1833	948	3144	6191	5,5
306	2561	1371	1821	804	2307	6557	6,4
292	2273	1129	2125	832	1978	6359	9,2
190	2399	1070	2065	1014	2361	6548	12,0

da en el ensayo de 0 a 20 cm se presenta en la Tabla 14. Como se señalaba para el ensayo de 0 a 10 cm, los rendimientos obtenidos en el caso de 0 a 20 cm son similares entre tratamientos y entre ensayos.

Determinación de la Capacidad Tampón de P (CP)

Para el cálculo de la dosis de P, para corregir una posible deficiencia, es muy útil contar con una herramienta que permita conocer la probable respuesta de un suelo a la aplicación del fertilizante fosfatado. Se han utilizado varios métodos para recomendar una adecuada fertilización fosfatada, tales como la “calibración de terreno”, “método racional”, “balance de nutrientes”, etc. En este caso se prefiere buscar el valor de CP de un suelo que permita estimar la respuesta a la fertilización.

Fórmula de cálculo del CP

$$\text{CP (kg de P/ppm)} = \frac{\text{P aplicado (kg/ha)} - \text{P extraído (kg/ha)}}{\text{Incremento de P (ppm)} * \text{profundidad (*)}}$$

(*) El factor profundidad se aplica como expresión numérica, sin unidades.

El término “P extraído” se refiere a la absorción de P realizada por el forraje, considerando una concentración media de 0,25% de P por la producción de materia seca. El término “Incremento de P”, se refiere a la diferencia entre el nivel de P extractable alcanzado y el nivel inicial. La profundidad expresada en decímetros (dm) corresponde a la profundidad de muestreo, pero para efectos del cálculo se usa sólo la expresión numérica.

Los resultados del cálculo de los valores de CP para los diferentes tratamientos, en el ensayo de 0 a 10 cm, se presentan en la Tabla 15. Se aprecia que los

valores de CP son similares entre sí, con un promedio de 15,3 kg de P/ppm. Aparentemente, este valor es un indicador de la capacidad tampón del suelo, al margen de otras consideraciones como manejo antecedente, fertilizaciones, etc. Además, cabe considerar que el valor obtenido es también similar al utilizado por el programa de recuperación de suelos degradados (14 y 16 kg de P/ppm) para el suelo Osorno.

Los resultados del cálculo de los valores de CP para los diferentes tratamientos, en el ensayo de 0 a 20 cm, se presentan en la Tabla 16. Los valores de CP obtenidos en el estrato 0-20 cm son mayores que los alcanzados en el estrato de 0-10, probablemente debido a la escasa movilidad que caracteriza al ión fosfato en el suelo. En esta ocasión, el promedio entre tratamientos fue de 18 kg de P/ppm, existiendo diferencia entre ellos.

Comentarios finales

Los resultados obtenidos en relación al cálculo del CP permiten inferir que es una herramienta útil para calcular las dosis de corrección de P de los suelos. Sin embargo, será necesario encontrar un método de laboratorio o invernadero, más rápido, más eficiente, y además, menos costoso.

Otros experimentos relacionados con el CP desarrollados por INIA – Chile, con suelos de la zona centro – sur del país (INIA Quilamapu), en los que se determinó este valor en laboratorio, se observó que dentro de una misma serie de suelos, el CP variaba considerablemente. Estos resultados indican que no es adecuado utilizar un valor genérico de CP por serie, sino que es necesario efectuar una determinación de cada sitio en particular.

Más información sobre este proyecto se puede encontrar en la Base de Datos de Proyectos de Investigación de IPNI Cono Sur en www.ipni.net/lasc

Tabla 15. Determinación de la Capacidad Tampón de P (CP) de los diferentes tratamientos con muestras obtenidas en el estrato de 0 a 10 cm de profundidad.

Dosis P ₂ O ₅ (kg/ha)	P inicial (ppm)	P final (ppm)	Prof. muestreo (dm)	P aplicado (kg/ha)	Producción MS (kg/ha)	Extr. P (kg/ha)	Incr. P (ppm)	CP (kg P/ppm)
0	4,9	7,4	1	0	5796	14,5	2,5	0
160	4,6	9,6	1	76	5839	14,6	5,0	12,6
95	5,0	12,2	1	152	6442	16,1	7,2	18,9
33	4,5	18,9	1	228	6039	15,1	14,4	14,8
33	5,3	24,6	1	304	6813	17,0	19,3	14,9

Tabla 16. Determinación de la Capacidad Tampón de P (CP) de los diferentes tratamientos con muestras obtenidas en el estrato de 0 a 20 cm de profundidad.

Dosis P ₂ O ₅ (kg/ha)	P inicial (ppm)	P final (ppm)	Prof. muestreo (dm)	P aplicado (kg/ha)	Producción MS (kg/ha)	Extr. P (kg/ha)	Incr. P (ppm)	CP (kg P/ppm)
0	3,4	5,0	2	0	5363	13,4	1,6	0
103	3,1	5,5	2	76	6291	15,7	2,4	12,6
306	3,3	6,4	2	152	6557	16,4	3,1	21,9
292	3,3	9,2	2	228	6359	15,9	5,9	18,0
190	4,6	12,0	2	304	6548	16,4	7,4	19,4