

DOSIS DE CORRECCION DE FOSFORO, Y DE ENMIENDAS CALCAREAS

Pablo Undurraga Díaz, Ing. Agrónomo
Centro Regional de Investigación Remehue, Instituto de Investigaciones
Agropecuarias INIA

E-mail: pundurra@quilamapu.inia.cl

INTRODUCCION

Los conceptos teóricos del fósforo y acidez del suelo se describieron en capítulos anteriores, en éste veremos cómo realizar las recomendaciones de P y Cal para los Planes de Manejo de los subprogramas de Fertilidad Fosfatada y enmiendas calcáreas para el Programa Recuperación de Suelos Degradados (PRSD).

Para recomendaciones de estos subprogramas, se han generado tablas para los diferentes grupos de suelos de la Región, las que deben ser aplicadas previo análisis químico de suelos de los potreros a intervenir, de donde se obtiene el nivel de fósforo inicial, que debe ser menor a 15 ppm y la saturación de aluminio mayor a 5% o pH menor a 5,8.

En el caso de no contar con análisis de suelos, se utilizan las recomendaciones del Estudio de Fertilidad de las Microrregiones de la Xª Región, el que trabaja con valores promedio de análisis y sus recomendaciones correspondientes dependiendo del tipo de suelo presente. En este caso, las dosis están dadas y se debe considerar la aplicación de la desviación estándar o usar las dosis medias, de acuerdo al criterio del operador y a la realidad del sitio en cuestión.

ESTUDIO DE FERTILIDAD MICRORREGIONES Xª REGION

Para la aplicación del Programa de recuperación de suelos degradados, en el caso de los subprogramas de Fertilización Fosfatada y Enmiendas Calcáreas, el reglamento para su aplicación exige contar con un análisis químico de suelos, del o los potreros que se quieren incorporar a estos subprogramas, para verificar los niveles iniciales, y con éstos calcular las dosis necesarias de Fertilización Fosfatada y enmienda calcárea.

En la Región se han definido con anterioridad microrregiones, por CIREN para la Estrategia de Desarrollo Agrícola de las Áreas de INDAP Xª Región (EDAA) en 1994. Para estas mismas se realizó un estudio de fertilidad, el que servirá para reemplazar el análisis de suelos individual, en la aplicación del PRSD, en esta región. Con el estudio de fertilidad se elaboraron tablas de corrección de

fertilización fosfatada, en base al nivel de fósforo y de neutralización de la acidez, con los valores de porcentaje de saturación de aluminio y/o valores de pH del suelo.

El estudio consideró la toma de muestras de suelos de 29 microrregiones, donde se concentra el mayor número de pequeños agricultores y potenciales usuarios del Programa, para definir el nivel de fertilidad, realizándose análisis de fósforo extractable, pH al agua, bases de intercambio, aluminio intercambiable y porcentaje de saturación de aluminio.

Con la información analítica obtenida se realizó un estudio de la variabilidad de los datos, con el objeto de definir los estadígrafos adecuados que permiten una aproximación más cercana a la realidad de cada microrregión.

Con los resultados ajustados estadísticamente se establecieron las recomendaciones de fertilización de corrección de fósforo en base a la mediana de los datos. En este caso, no se usó la media o promedio, ya que por el reducido número de muestras, es más representativa la mediana. Además, se calculó la variabilidad de los datos obteniéndose la desviación estándar, que da un rango (mayor o menor) de operación que permitirá ajustar las recomendaciones de dosis, de acuerdo a la observación de los técnicos de terreno y a las condiciones del sitio.

La opción de aplicar la desviación estándar permite ajustar mejor la recomendación, con valores superiores o inferiores al valor de referencia. Las variables que se consideraron en el estudio corresponden a fósforo extractable, pH en agua, contenidos de calcio, magnesio, potasio y sodio intercambiables, además del aluminio de intercambio, saturación de aluminio, suma de bases y capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICE).

Con el objeto de realizar un análisis detallado de cada microrregión, se han establecido diferentes estadígrafos como la mediana, la media y desviación estándar de la población de datos analíticos recogidos, además de los valores extremos (mínimos y máximos) y el coeficiente de variación existente entre los valores muestreados en cada microrregión.

En la mayoría de las microrregiones se ha observado que existe gran variabilidad en los análisis de suelos obtenidos de muestras provenientes de diferentes agricultores de la misma microrregión, como se señala en los cuadros y gráficos siguientes.

El estudio consiste básicamente en una descripción de cada una de las microrregiones y las dosis de fertilización de corrección de fósforo y de enmiendas calcáreas. Cada microrregión se describe en tres páginas, de acuerdo al ejemplo que se adjunta de la Microrregión 1005, que consisten en lo siguiente:

Primera Pág.: Contiene una descripción de la Unidad geomorfológica donde se ubica y la capacidad de uso de los suelos principales, con la caracterización de la fertilidad de acuerdo a los análisis químicos efectuados.

Segunda Pág.: Contiene la distribución gráfica de los análisis de Fósforo y Saturación de Aluminio, donde se descomponen en rangos para verificar el acercamiento de los datos a una distribución normal. Cuando la distribución real de los valores se diferencia ampliamente de la normal, se hace necesario ajustar la información eliminando uno o dos valores que distorsionen la representatividad de las muestras. De este modo y en base a la información ajustada se diseñan las tablas de recomendación.

Un cuadro donde aparecen los diferentes parámetros de fertilidad de suelos que han sido analizados en el laboratorio que considera todos los estadígrafos de las determinaciones analíticas realizadas, con las muestras de suelos tomadas a 10 cm de profundidad. Incluye la mediana, media, desviación estándar, mínima, máxima, número de casos y coeficiente de variación.

Al final de esta página se muestra un cuadro con los estadígrafos ajustados para lograr una distribución normal de los análisis de fósforo Olsen, pH en agua y saturación de aluminio.

Tercera Pág.: Se presentan las recomendaciones de fertilización de corrección de fósforo y dosis de cal según análisis de suelos. Donde el primer cuadro contiene los valores ajustados de los parámetros de fertilidad y la desviación estándar a 10 y a 20 cm de profundidad, según se requiera para recomendaciones de fertilización de praderas y/o cultivos respectivamente.

El cuadro 2 de esta página contiene las dosis de P_2O_5 de corrección y de carbonato de calcio para praderas y cultivos, en aplicaciones a 1, 2 ó 3 años, según sean las necesidades de parcialización que requiera cada agricultor en particular. Además, se indica la cantidad necesaria de fósforo o de carbonato de calcio que se suma o resta, por la desviación estándar de los análisis de suelos ajustados para la microrregión en particular.

Microrregión	:	1005
Descripción	:	Se desarrolla como una banda de conos proglaciarios, por delante de las áreas morrénico lacustres de los lagos Panguipulli y Riñihue.
Unidad Geomorfológica	:	Depósitos morrénicos y conos proglaciarios
Capacidad Uso de Suelos	:	Clase IV, V y VI.

Los niveles de fertilidad de suelos que se observan en esta microrregión son bajos, en general. La suma de bases acusa bajos tenores de calcio, magnesio y potasio. Por esto, a pesar de que el contenido de Al de intercambio también es bajo, el porcentaje de saturación de Al es ligeramente alto, con una media de 10,12% y una mediana de 8,11%.

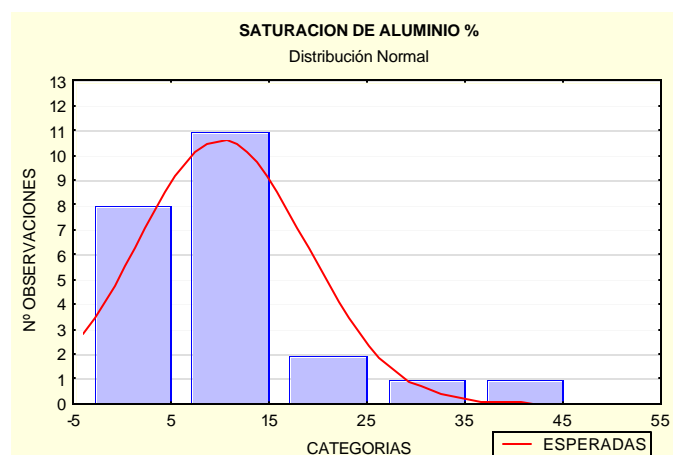
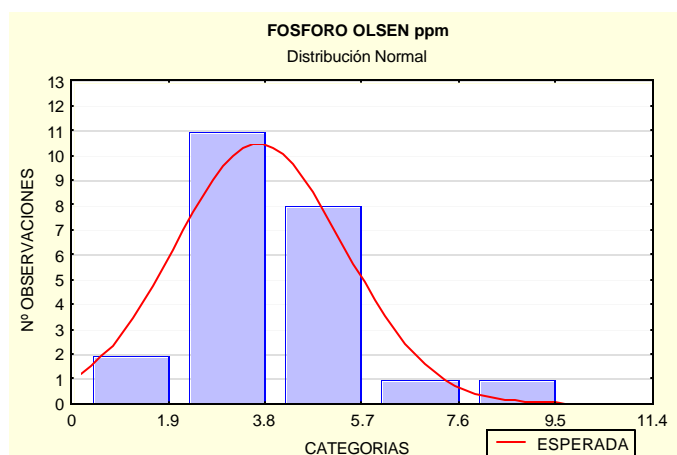
La solución del suelo presenta un pH promedio de 5,60 al igual que la mediana, correspondiente a la categoría de ligeramente ácido.

Los niveles de fósforo son muy bajos (<5 ppm) en la mayoría de los sitios muestreados, anotándose un caso con un valor de 8,40 ppm P.

En general se aprecia una marcada variabilidad en los datos analíticos, producto de la variabilidad natural que presentan los suelos cuando han sido sometidos a diferentes manejos. Este hecho se manifiesta en todos los parámetros analizados, a excepción del pH

MICRORREGION 1005

DISTRIBUCION Y ESTADISTICAS DE ANALISIS DE SUELOS A 10 cm.



Estadígrafos	Fósforo	pH agua	Calcio	Magnesio	Potasio	Sodio	Aluminio Int.	Suma Bases	Saturación Al	CICE
	ppm		cmol/Kg(+)						%	cmol/Kg(+)
Mediana	3,50	5,60	1,45	0,31	0,22	0,12	0,19	2,13	8,11	2,63
Media	3,68	5,60	2,00	0,41	0,25	0,13	0,27	2,79	10,12	3,06
Desv. Estándar	1,67	0,15	1,07	0,21	0,09	0,05	0,24	1,34	8,66	1,32
Mínima	0,90	5,30	1,03	0,25	0,15	0,06	0,07	1,73	1,15	1,93
Máxima	8,40	5,90	4,69	1,06	0,47	0,31	1,06	6,34	37,58	6,90
Nº Casos	23,00	23,00	23,00	23,00	23,00	23,00	23,00	23,00	23,00	23,00
Coef. Var. %	45,28	2,72	53,50	51,62	35,95	38,20	86,41	48,11	85,57	43,06

ESTADIGRAFOS AJUSTADOS

Estadígrafos	Fósforo ppm	pH agua	Saturación Al %
Mediana	3,50	5,60	8,11
Media	3,59	5,60	8,76
Desv. Estándar	1,24	0,15	5,20
Mínima	1,20	5,30	2,33
Máxima	5,80	5,90	21,22
Nº Casos	21,00	23,00	19,00
Coef. Var. %	34,62	2,72	59,33

MICRORREGION 1005

RECOMENDACIONES DE FERTILIZACION DE CORRECCION DE FÓSFORO Y DOSIS DE CAL SEGÚN ANÁLISIS DE SUELO.

1. Valores ajustados de los parámetros de fertilidad y desviación estándar a dos profundidades de suelo (10 y 20 cm.)

Prof. cm.	P Olsen (ppm)	pH agua	Ca int	Mg int	K int	Na int	Al int	Suma de Bases	Sat. Al ³	CICE ²
			cmol(+)/Kg ¹						(%)	cmol(+)/Kg
10		3,5	1,45	0,31	0,22	0,12	0,19	2,1	8,1	2,6
	D.S.	1,2	1,07	0,21	0,09	0,05	0,24	1,3	5,2	1,3
20		1,6	0,81	0,18	0,15	0,07	0,19	1,2	13,4	1,6
	D.S.	0,6	0,59	0,12	0,06	0,03	0,24	0,8	7,8	0,8

- 1 cmol(+)/Kg; reemplaza a meq/100g de suelo en igual magnitud y corresponde a centésimo de mol de cargas + por kg de suelo (cationes).
- 2 Sat. Al; Proporción de aluminio de Intercambio de la CICE. Se calcula: (Al int./CICE) *100.
- 3 CICE : Capacidad de intercambio catiónico efectiva, corresponde a la suma de bases (Ca+Mg+K+Na) + Al intercambio.
D.S Desviación estándar.

2. Dosis de P₂O₅ de corrección y de carbonato de calcio para praderas y cultivos en aplicaciones de 1, 2 ó 3 años.

		P ₂ O ₅ ⁵	P ₂ O ₅ (+/-) ⁶	CaCO ₃ ⁷	CaCO ₃ (-) ⁸	CaCO ₃ (+) ⁹
		Kg /ha				
Pradera	1 año ⁴	400	44	904	904	905
	2 años	464	51			
	3 años	496	55			
Cultivo	1 año	773	36	3.312	3.002	1.543
	2 años	897	42	3.478	3.152	1.620
	3 años	959	45	3.577	3.310	1.701

- 4 Aplicación en 1, 2 ó 3 años.
- 5 Dosis total de P₂O₅ en kg/ha para 1, 2 ó 3 años de aplicación. Para aplicación en 2 años fraccionar un 60% al año 1 y 40 % al año 2; y aplicación a 3 años fraccionar en 40% al año 1 y 30% a los años 2 y 3 respectivamente.
- 6 Ajuste de dosis de acuerdo a desviación estándar. Se sumará o restará de la dosis total de P₂O₅, de acuerdo a las condiciones propias del sitio.

- 7 Dosis total de CaCO_3 en kg/ha para 1, 2 ó 3 años de aplicación. Para aplicación en 2 años fraccionar un 60% al año 1 y 40 % al año 2; y aplicación a 3 años fraccionar en 40% al año 1 y 30% a los años 2 y 3 respectivamente.
- 8 Ajuste de dosis de acuerdo a desviación estándar. Se restará de la dosis total de CaCO_3 , de acuerdo a las condiciones propias del sitio.
- 9 Ajuste de dosis de acuerdo a desviación estándar. Se sumará de la dosis total de CaCO_3 , de acuerdo a las condiciones propias del sitio.

1. Recomendaciones de corrección de fósforo cuando se cuenta con el análisis de suelo.

En este caso, se utilizan las tablas de los cuadros 1 y 2 (estudio de micorregiones), que presentan las recomendaciones de corrección de fósforo para diferentes niveles iniciales y con parcialización hasta tres años. El cuadro 1, tiene las dosis de P_2O_5 para aplicaciones en cobertera, que se utilizarán para praderas establecidas previamente, donde el muestreo de suelos fue realizado a una profundidad de 0 a 10 cm.

El cuadro 2, muestra la tabla de dosis de P_2O_5 para cultivos o aplicaciones incorporadas, para diferentes niveles iniciales y tipos de suelos.

La utilización de estas tablas se explica gráficamente en la figura 1, donde se detalla la secuencia de entrada a la tabla y la forma de obtener la dosis de corrección de acuerdo al nivel inicial del P en el análisis de suelos. En el caso de valores de ppm intermedios se debe realizar el procedimiento de interpolación que está ejemplarizado en la figura 2.

La forma de proceder es la siguiente:

- Primero se debe verificar en el análisis de suelo el contenido de fósforo inicial, posteriormente se va a la tabla de corrección de fósforo para alcanzar 15 ppm y se trabaja con la profundidad según corresponda (10 cm fertilización de pradera y 20 cm para cultivos). Después se debe seleccionar el tipo de suelo y finalmente se utilizará la dosis recomendada que corresponda según el número de años en que se realice la corrección (parcialización).
- Cuando el análisis de suelo indique el contenido de fósforo con un decimal (P_2O_5 3.5 ppm) se deberá realizar una Interpolación, de acuerdo al ejemplo de la figura 2.

Luego de obtener la dosis de fósforo de corrección se debe traspasar al plan de manejo y agregar la “dosis de producción”.

Dosis de P₂O₅ de corrección para 10cm prof.

P inicial (ppm)	1	2	3	4
Trumao (Osorno, Valdivia, Llanquihue, Palena)				
CP (Kg P/ppm)	16	16	16	16
P ₂ O ₅ Kg/ha (1año)	492	455	418	381
P ₂ O ₅ Kg/ha (2año)	285	264	242	221
P ₂ O ₅ Kg/ha (3año)	203	188	173	157
Trumao (Chiloé)				
CP (Kg P/ppm)	18	18	18	18
P ₂ O ₅ Kg/ha (1año)	531	491	450	410
P ₂ O ₅ Kg/ha (2año)	308	285	261	238
P ₂ O ₅ Kg/ha (3año)	220	203	186	170
Rojo arcilloso (Region)				
CP (Kg P/ppm)	12	12	12	12
P ₂ O ₅ Kg/ha (1año)	370	342	314	286
P ₂ O ₅ Kg/ha (2año)	215	198	182	166
P ₂ O ₅ Kg/ha (3año)	153	141	130	118

Figura 1: Utilización de las tablas de dosis de corrección de P.

Ejemplo interpolación

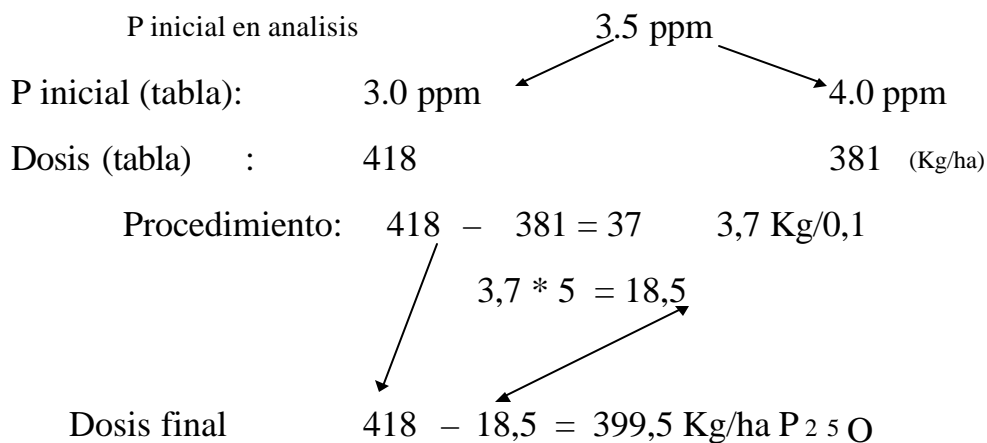


Figura 2: Ejemplo de interpolación para calcular la dosis de P.

Cuadro 1: Tabla de recomendaciones de fósforo de corrección para aplicaciones en cobertera (praderas), según análisis de suelos a 10 cm de profundidad.

Dosis de P ₂ O ₅ de corrección para	10 cm de profundidad													
P inicial (ppm)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Suelo Trumao														
(Osorno, Valdivia, Llanquihue, Palena)														
CP (Kg P/ppm)	16	16	16	16	16	16	16	16	16	14	14	14	14	14
P ₂ O ₅ Kg/ha (1año)	492	455	418	381	344	306	269	232	195	158	126	95	63	32
P ₂ O ₅ Kg/ha (2año)	285	264	242	221	199	178	156	135	113					
P ₂ O ₅ Kg/ha (3año)	203	188	173	157	142	127	111							
Suelo Trumao														
(Chiloé)														
CP (Kg P/ppm)	18	18	18	18	18	18	18	18	18	15	15	15	15	15
P ₂ O ₅ Kg/ha (1 año)	531	491	450	410	370	330	289	249	209	168	135	101	67	34
P ₂ O ₅ Kg/ha (2 años)	308	285	261	238	215	191	168	144	121					
P ₂ O ₅ Kg/ha (3 años)	220	203	186	170	153	136	120	103						
Suelo Rojo arcilloso														
(Región)														
CP (Kg P/ppm)	12	12	12	12	12	12	12	12	12	10	10	10	10	10
P ₂ O ₅ Kg/ha (1año)	370	342	314	286	258	229	201	173	145	117	93	70	47	23
P ₂ O ₅ Kg/ha (2año)	215	198	182	166	149	133	117	100						
P ₂ O ₅ Kg/ha (3año)	153	141	130	118	106									
Suelo Transición														
Región														
CP (Kg P/ppm)	13	13	13	13	13	13	13	13	13	11	11	11	11	11
P ₂ O ₅ Kg/ha (1año)	406	375	344	314	283	252	221	191	160	129	104	78	52	26
P ₂ O ₅ Kg/ha (2año)	235	217	200	182	164	146	128	111						
P ₂ O ₅ Kg/ha (3año)	168	155	142	130	117	104								
Suelo Ñadi														
Región														
CP (Kg P/ppm)	17	17	17	17	17	17	17	17	17	15	15	15	15	15
P ₂ O ₅ Kg/ha (1año)	521	482	442	403	364	324	285	246	206	167	134	100	67	33
P ₂ O ₅ Kg/ha (2año)	302	279	257	234	211	188	165	143	120					
P ₂ O ₅ Kg/ha (3año)	215	199	183	167	150	134	118	102						

Cuadro 2: Tabla de recomendaciones de fósforo de corrección para aplicaciones incorporadas (cultivos), según análisis de suelos a 20 cm de profundidad.

Dosis de P ₂ O ₅ de corrección para	20 cm de profundidad													
P inicial (ppm)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Suelo: Trumao														
(Osorno, Valdivia, Llanquihue, Palena)														
CP (Kg P/ppm)	26	26	26	26	26	26	26	26	26	24	24	24	24	24
P ₂ O ₅ Kg/ha (1 año)	809	749	689	629	569	509	449	389	329	269	215	161	108	54
P ₂ O ₅ Kg/ha (2 años)	453	419	386	352	319	285	251	218	184	151	121			
P ₂ O ₅ Kg/ha (3 años)	318	295	271	247	224	200	177	153	129					
Suelo: Trumao														
(Chiloé)														
CP (Kg P/ppm)	28	28	28	28	28	28	28	28	28	25	25	25	25	25
P ₂ O ₅ Kg/ha (1 año)	870	806	741	677	613	548	484	420	355	291	233	174	116	58
P ₂ O ₅ Kg/ha (2 años)	487	451	415	379	343	307	271	235	199	163	130			
P ₂ O ₅ Kg/ha (3 años)	342	317	292	266	241	216	190	165	140					
Suelo: Rojo arcilloso														
(Región)														
CP (Kg P/ppm)	20	20	20	20	20	20	20	20	20	17	17	17	17	17
P ₂ O ₅ Kg/ha (1 año)	616	569	523	477	431	384	338	292	245	199	159	120	80	40
P ₂ O ₅ Kg/ha (2 años)	345	319	293	267	241	215	189	163	137					
P ₂ O ₅ Kg/ha (3 años)	242	224	206	188	169	151	133							
Suelo: Transición														
Región														
CP (Kg P/ppm)	22	22	22	22	22	22	22	22	22	19	19	19	19	19
P ₂ O ₅ Kg/ha (1 año)	681	630	578	527	476	425	374	323	272	221	177	133	88	44
P ₂ O ₅ Kg/ha (2 años)	381	353	324	295	267	238	210	181	152	124				
P ₂ O ₅ Kg/ha (3 años)	268	248	228	207	187	167	147	127						
Suelo: Ñadi														
Región														
CP (Kg P/ppm)	27	27	27	27	27	27	27	27	27	25	25	25	25	25
P ₂ O ₅ Kg/ha (1 año)	847	785	722	660	598	535	473	411	349	286	229	172	115	57
P ₂ O ₅ Kg/ha (2 años)	474	439	404	370	335	300	265	230	195	160	128			
P ₂ O ₅ Kg/ha (3 años)	333	309	284	260	235	211	186	162	137					

2. Recomendación de fósforo utilizando las tablas del Estudio de Fertilidad de las Microrregiones.

En este caso las dosis de corrección están calculadas, de acuerdo al análisis de suelos promedio (cuadro 3) y para ello se deberá indicar el valor de P inicial del análisis de suelo de la microrregión en el plan y si el operador lo estima conveniente ajustará los valores del fósforo inicial utilizando la desviación estándar.

Cuadro 3. Ejemplo de resultados de análisis de suelo de la microrregión.

Prof. cm.		P Olsen (ppm)	pH agua	Ca int	Mg int	K int	Na int	Al int	Suma de Bases	Sat. Al	CICE
				cmol(+)/Kg						(%)	cmol(+)/Kg
10		3,5	5,6	1,45	0,31	0,22	0,12	0,19	2,1	8,1	2,6
	D.S.	1,2	0,2	1,07	0,21	0,09	0,05	0,24	1,3	5,2	1,3
20		1,6	5,6	0,81	0,18	0,15	0,07	0,19	1,2	13,4	1,6
	D.S.	0,6	0,2	0,59	0,12	0,06	0,03	0,24	0,8	7,8	0,8

D.S Desviación estándar.

En el cuadro 4, se encuentran las dosis recomendadas de corrección de P para ser utilizadas en el Plan de Manejo.

Cuadro 4. Ejemplo de Dosis de P₂O₅ de corrección y de carbonato de calcio para praderas y cultivos en aplicaciones de 1, 2 ó 3 años para una microrregión.

		P ₂ O ₅	P ₂ O ₅ (+/-)	CaCO ₃	CaCO ₃ (-)	CaCO ₃ (+)
		Kg /ha				
Pradera	1 año	400	44	904	904	905
	2 años	464	51			
	3 años	496	55			
Cultivo	1 año	773	36	3.312	3.002	1.543
	2 años	897	42	3.478	3.152	1.620
	3 años	959	45	3.577	3.310	1.701

Las tablas de resultado de análisis de suelo y de dosis se utilizan de la siguiente forma, considerando la utilización de la desviación estándar, donde el operador deberá sumar o restar según corresponda:

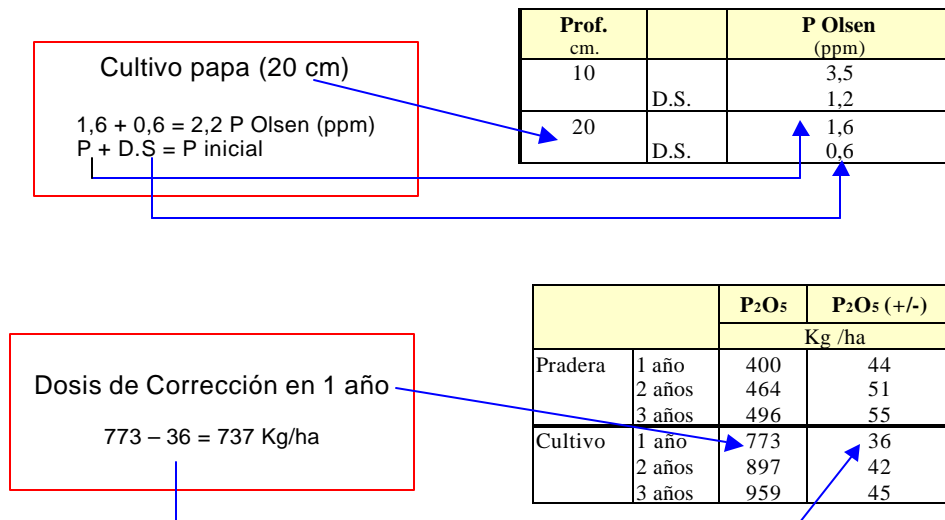
- En el caso de sumar la D.S. del resultado del análisis se deberá restar el valor correspondiente en la dosis de corrección (Ejemplo 1) cuando el operador considere que el suelo presenta un mayor contenido de P Inicial por el manejo que ha tenido ese suelo.

- En el caso de restar la D.S. del resultado del análisis se deberá sumar el valor correspondiente en la dosis de corrección (Ejemplo 2) cuando el operador considere que el suelo presenta un menor contenido de P Inicial.

Ejemplo 1:

Se realizará un plan de corrección de P, en el cultivo de papa a un año. Por los manejos anteriores del potrero se considera que el nivel de P inicial es mayor al de la microrregión, por tanto, se utilizará la D.S para ajustar los valores **sumando** este estadígrafo.

Al subir el nivel de P inicial, la dosis de corrección deberá ajustarse. Para ello **se restará** de la dosis indicada el valor de la D.S.



Ejemplo 2:

Se realizará un plan de corrección de P, en fertilización de pradera a dos años. Por la condición de la pradera se considera que el nivel de P inicial es menor al del promedio de la microrregión, por tanto, ajustarán los valores **restando la D.S.**

Al bajar el nivel de P inicial la dosis de corrección deberá ajustarse, para ello **se sumará** a la dosis indicada el valor de la D.S.

Fertilización pradera

$3,5 - 1,2 = 2,3$ P Olsen (ppm)

$P + D.S = P \text{ inicial}$

Prof. cm.		P Olsen (ppm)
10	D.S.	3,5
		1,2
20	D.S.	1,6
		0,6

Dosis de Corrección en 2 años

$464 + 51 = 515$ Kg/ha

		$P_2O_5^5$	$P_2O_5 (+/-)$
		Kg /ha	
Pradera	1 año ⁴	400	44
	2 años	464	51
	3 años	496	55
Cultivo	1 año	773	36
	2 años	897	42
	3 años	959	45

3. Dosis de fósforo de producción:

Luego de obtener la dosis de corrección se debe estimar la “dosis de producción”, que será la cantidad necesaria a aplicar que requiere el cultivo o pradera de acuerdo al nivel de rendimiento esperado. En el capítulo de recomendaciones de fertilización según análisis de suelos, se encuentran las instrucciones para estimar la dosis de producción de P_2O_5 . La precaución que se debe tener es que el nivel inicial de P del análisis se debe agregar las ppm con que quedará el suelo después de aplicar la dosis de corrección.

Para facilitar el cálculo de las dosis de producción se han diseñado las tablas que se presentan a continuación en los cuadros 5 y 6, para praderas y cultivos, de acuerdo a un amplio rango de rendimientos esperados. Las dosis presentadas corresponden a suelos donde se ha alcanzado el nivel de 15 ppm, ya que se considera que se aplicarán conjuntamente la “dosis de corrección” de P y la “dosis de producción”.

Cuadro 5: Dosis de P_2O_5 de producción para cultivos.

Papas		Trigo		Avena	
Rendimiento esperado Ton/ha	Dosis de Producción Kg P_2O_5 /ha	Rendimiento esperado qq/ha	Dosis de Producción Kg P_2O_5 /ha	Rendimiento esperado qq/ha	Dosis de Producción Kg P_2O_5 /ha
15	34	25	29	15	16
20	46	30	35	25	27
30	69	40	46	35	37
35	80	50	58	45	48
40	92	60	69	55	59
45	103	70	81	65	70
50	115	80	92		
55	126	90	104		

Cuadro 6: Dosis de P₂O₅ de producción para praderas.

Pastoreo		Corte y Pastoreo	
Rendimiento esperado Kg MS/ha	Dosis Producción Kg P ₂ O ₅ /ha	Rendimiento esperado Kg MS/ha	Dosis Producción Kg P ₂ O ₅ /ha
1500	11	2000	18
2000	14	3000	27
3000	21	4000	36
4000	28	5000	45
5000	35	6000	54
6000	42	7000	63
7500	53	8000	72
8500	60	9000	81
10000	70	10000	90

3. Dosis de enmiendas calcáreas utilizando las tablas de la microrregión.

En este caso, las recomendaciones están formuladas y para ello se deberá indicar el valor de la saturación de aluminio inicial del análisis de suelo de la microrregión en el plan y si el operador lo estima conveniente ajustará los valores de la saturación de aluminio inicial utilizando la desviación estándar. En el cuadro 3 (estudio de microrregiones), se encuentran las dosis recomendadas para bajar la saturación de Al a 5% y/o para llegar a pH 5,8 cuando la saturación de aluminio es menor o igual a 5%, para praderas y cultivos y de acuerdo a los años que se desee parcializar (hasta tres años).

Para el caso de aplicar la desviación estándar se procede de forma similar a la metodología explicada para la corrección de P.

Ejemplo 3:

De acuerdo al ejemplo de microrregión del cuadro 3, el suelo tiene una saturación de aluminio de 8,1%, con una desviación estándar de +- 5,2% para el análisis promedio a 10 cm de profundidad de suelo. Es decir, si se le resta este valor, el suelo no requiere de aplicación de enmienda calcarera ($8.1 - 5.2 = 2.9$), al restar la dosis del cuadro 4 de la columna "CaCO₃(-)", por tanto, la dosis será 0 (904- 904 kg/ha de CaCO₃).

En el caso de sumar la D.S. ($8.1 + 5.2$) se obtiene una saturación de aluminio inicial de 13,3%, es decir, se debe sumar a la dosis promedio de 904 kg la dosis de la columna "CaCO₃(+)" que es de 905 (904 + 905) es decir la dosis será de 1809 kg/ha de CaCO₃.

4. Dosis de enmiendas calcáreas utilizando análisis de suelo.

Para estimar la dosis de CaCO_3 necesaria para bajar la saturación de aluminio a 5%, se utilizarán las tablas de los cuadros 7 y 8 (estudio de microrregiones), para cultivos y praderas respectivamente. Estos cuadros tienen las dosis de CaCO_3 para niveles iniciales de saturación de aluminio desde 50% hasta 5%, para tres grupos de suelos representativos de la región (Trumaos, Rojos Arcillosos y Transición).

El cuadro 7, muestra la tabla de dosis de carbonato de calcio para cultivos o aplicaciones incorporadas y el cuadro 8 para aplicaciones en praderas establecidas o en cobertera para diferentes niveles iniciales de saturación de aluminio y tipos de suelos.

El cuadro 9, tiene las dosis de CaCO_3 para aplicar el criterio del pH. Se utiliza solamente cuando la saturación de aluminio es menor o igual a 5% y el pH menor a 5,8. El cuadro presenta dosis de CaCO_3 , para alcanzar un pH de 5.8 de acuerdo al tipo de suelo y según la profundidad de 10 cm para aplicaciones en cobertera y 20 cm para aplicaciones incorporadas para los suelos de la Xª región (Trumaos, Nadis, Rojo y Transición).

La utilización de estas tablas se explica gráficamente en la figura 3, donde se detalla la secuencia de entrada a la tabla y la forma de obtener la dosis de enmienda de acuerdo al nivel inicial de saturación de aluminio del suelo.

La forma de proceder es la siguiente:

- Primero se debe verificar en el análisis de suelo el nivel inicial de saturación de aluminio (ej.: 20%), posteriormente se va a la tabla de corrección de saturación de aluminio 5% y se trabaja con la profundidad según corresponda (10 cm fertilización de pradera y 20 cm para cultivos). Después se debe seleccionar el tipo de suelo y finalmente se utilizará la dosis recomendada que corresponda según el número de años en que se realice la corrección (parcialización).

La cantidad de CaCO_3 para aplicaciones 2 años y 3 años debe dividirse en 2 o 3 aplicaciones según corresponda aplicando una mayor dosis el primer año. En aplicaciones a 2 años, como criterio se puede usar el 60% de la dosis el primer año y el 40% el segundo año. En aplicaciones a tres años usar el 40% el primer año, el 30% el segundo año y el 30% restante al tercer año.

La dosis de CaCO_3 no debe exceder los 3.500 Kg/ha año en cobertera y 4.700 Kg/ha año incorporado, para evitar desbalances de bases en el suelo.

Profundidad de muestra (fertilización de pradera)	Sat Al(%) inic.	Dosis en Kg/ha de CaCO ₃ para 10 cm				
		Trumao			Rojo	
		1 año	2 año	3 año	1 año	2 año
Tipo de suelo	25	3.019	3.169	3.260	2.083	2.187
Nº años Plan	24	2.942	3.089	3.177	2.030	2.131
	23	2.862	3.005	3.091	1.975	2.074
	22	2.779	2.918	3.001	1.917	2.013
	21	2.692	2.826	2.907	1.857	1.950
Sat. Al Inicial	20	2.600	2.730	2.808	1.794	1.884
	19	2.504	2.629	2.704	1.728	1.814
	18	2.402	2.523	2.595	1.658	1.741
	17	2.295	2.410	2.479	1.584	1.663
Dosis recomendada	16	2.182	2.291	2.356	1.505	1.581
	15	2.060	2.184	2.246	1.422	1.507
	14	1.931	2.047	2.105	1.332	1.412
	13	1.792	1.900	1.953	1.237	1.311
	12	1.642	1.740	1.790	1.133	1.201
	11	1.479	1.568	1.612	1.020	1.082

Cuadro 7: Dosis de carbonato de calcio para bajar saturación de aluminio al 5% en cultivos.

Sat Al(% inic.	Dosis en Kg/ha de CaCO ₃ para 20 cm								
	Trumao			Rojo			Transición		
	1año	2año *	3año *	1año	2año *	3año *	1año	2año *	3año *
50		8.049	8.282		5.635	5.797		6.261	6.441
49		7.979	8.209		5.585	5.746		6.206	6.385
48		7.907	8.135		5.535	5.694		6.150	6.327
47		7.833	8.059		5.483	5.641		6.092	6.268
46		7.758	7.982		5.431	5.587		6.034	6.208
45		7.681	7.903		5.377	5.532		5.974	6.146
44		7.602	7.822		5.322	5.475		5.913	6.084
43		7.522	7.739		5.265	5.417		5.851	6.019
42		7.440	7.654		5.208	5.358		5.787	5.953
41		7.356	7.568		5.149	5.297		5.721	5.886
40		7.269	7.479		5.089	5.235		5.654	5.817
39		7.181	7.388		5.027	5.172		5.585	5.746
38		7.090	7.295		4.963	5.106		5.514	5.674
37		6.997	7.199	4.709	4.898	5.039		5.442	5.599
36		6.901	7.100	4.645	4.831	4.970		5.367	5.522
35		6.803	6.999	4.579	4.762	4.899		5.291	5.443
34		6.701	6.894	4.510	4.691	4.826		5.212	5.362
33		6.597	6.787	4.440	4.618	4.751		5.131	5.279
32		6.489	6.676	4.368	4.542	4.674		5.047	5.193
31		6.378	6.562	4.293	4.465	4.594		4.961	5.104
30		6.324	6.505	4.216	4.427	4.553	4.684	4.919	5.059
29		6.204	6.381	4.136	4.343	4.467	4.596	4.825	4.963
28		6.080	6.254	4.054	4.256	4.378	4.504	4.729	4.864
27		5.952	6.122	3.968	4.166	4.285	4.409	4.629	4.762
26		5.819	5.985	3.879	4.073	4.190	4.310	4.526	4.655
25		5.680	5.843	3.787	3.976	4.090	4.208	4.418	4.544
24		5.536	5.694	3.691	3.875	3.986	4.101	4.306	4.429
23		5.386	5.540	3.591	3.770	3.878	3.990	4.189	4.309
22		5.229	5.379	3.486	3.660	3.765	3.873	4.067	4.183
21		5.065	5.210	3.377	3.546	3.647	3.752	3.939	4.052
20	4.660	4.893	5.033	3.262	3.425	3.523	3.624	3.806	3.914
19	4.487	4.712	4.846	3.141	3.298	3.392	3.490	3.665	3.769
18	4.306	4.521	4.650	3.014	3.165	3.255	3.349	3.516	3.617
17	4.114	4.319	4.443	2.879	3.023	3.110	3.199	3.359	3.455
16	3.910	4.105	4.223	2.737	2.874	2.956	3.041	3.193	3.284
15	3.693	3.914	4.025	2.585	2.740	2.818	2.872	3.045	3.131
14	3.461	3.669	3.772	2.423	2.568	2.641	2.692	2.853	2.934
13	3.212	3.405	3.501	2.248	2.383	2.451	2.498	2.648	2.723
12	2.943	3.119	3.208	2.060	2.184		2.289	2.426	2.495
11	2.650	2.809	2.889	1.855	1.967		2.061	2.185	
10	2.330	2.470	2.540	1.631	1.729		1.812	1.921	
9	1.976	2.094		1.383			1.537	1.629	
8	1.580	1.675		1.106			1.229		
7	1.131			792			880		
6	613			429			477		

Cuadro 8. Dosis de carbonato de calcio para bajar saturación de aluminio al 5% en praderas.

Sat Al(% inic.)	Dosis en Kg/ha de CaCO ₃ para 10 cm								
	Trumao			Rojo			Transición		
	1año	2año *	3año *	1año	2año *	3año *	1año	2año *	3año *
50		4.491	4.621	2.980	3.099	3.188	3.311	3.443	3.543
49		4.452	4.580	2.954	3.072	3.160	3.282	3.413	3.512
48		4.412	4.539	2.927	3.044	3.132	3.252	3.382	3.480
47		4.371	4.497	2.900	3.016	3.103	3.222	3.351	3.447
46		4.329	4.454	2.872	2.987	3.073	3.191	3.319	3.414
45		4.286	4.409	2.843	2.957	3.043	3.159	3.286	3.381
44		4.242	4.364	2.814	2.927	3.011	3.127	3.252	3.346
43		4.197	4.318	2.785	2.896	2.980	3.094	3.218	3.311
42		4.151	4.271	2.754	2.864	2.947	3.060	3.183	3.274
41		4.104	4.223	2.723	2.832	2.914	3.026	3.147	3.237
40		4.056	4.173	2.691	2.799	2.879	2.990	3.110	3.199
39		4.007	4.122	2.658	2.765	2.844	2.954	3.072	3.160
38		3.956	4.070	2.625	2.730	2.808	2.916	3.033	3.120
37		3.904	4.017	2.590	2.694	2.771	2.878	2.993	3.079
36		3.851	3.962	2.555	2.657	2.734	2.839	2.952	3.037
35		3.796	3.905	2.518	2.619	2.695	2.798	2.910	2.994
34		3.739	3.847	2.481	2.580	2.654	2.756	2.867	2.949
33		3.681	3.787	2.442	2.540	2.613	2.713	2.822	2.903
32	3.482	3.621	3.725	2.402	2.498	2.570	2.669	2.776	2.856
31	3.422	3.559	3.662	2.361	2.456	2.526	2.624	2.728	2.807
30	3.361	3.529	3.629	2.319	2.435	2.504	2.576	2.705	2.782
29	3.297	3.462	3.561	2.275	2.389	2.457	2.528	2.654	2.730
28	3.231	3.393	3.490	2.229	2.341	2.408	2.477	2.601	2.675
27	3.163	3.321	3.416	2.182	2.292	2.357	2.425	2.546	2.619
26	3.092	3.247	3.339	2.134	2.240	2.304	2.371	2.489	2.560
25	3.019	3.169	3.260	2.083	2.187	2.249	2.314	2.430	2.499
24	2.942	3.089	3.177	2.030	2.131	2.192	2.256	2.368	2.436
23	2.862	3.005	3.091	1.975	2.074	2.133	2.194	2.304	2.370
22	2.779	2.918	3.001	1.917	2.013	2.071	2.130	2.237	2.301
21	2.692	2.826	2.907	1.857	1.950	2.006	2.064	2.167	2.229
20	2.600	2.730	2.808	1.794	1.884	1.938	1.993	2.093	2.153
19	2.504	2.629	2.704	1.728	1.814	1.866	1.920	2.016	2.073
18	2.402	2.523	2.595	1.658	1.741	1.790	1.842	1.934	1.989
17	2.295	2.410	2.479	1.584	1.663	1.710	1.760	1.848	1.900
16	2.182	2.291	2.356	1.505	1.581	1.626	1.673	1.756	1.806
15	2.060	2.184	2.246	1.422	1.507	1.550	1.580	1.674	1.722
14	1.931	2.047	2.105	1.332	1.412		1.480	1.569	1.614
13	1.792	1.900	1.953	1.237	1.311		1.374	1.456	
12	1.642	1.740	1.790	1.133	1.201		1.259	1.334	
11	1.479	1.568	1.612	1.020	1.082		1.134	1.202	
10	1.300	1.378		897			997	1.056	
9	1.102	1.169		761			845		
8	882			608			676		
7	631			435			484		
6	342			236			262		

Cuadro 9. Dosis de carbonato de calcio para subir el pH hasta 5,8 para praderas (10 cm) y para cultivos (20 cm).

pH inicial	Trumao		Transición		Rojo		Ñadi	
	10 cm	20 cm	10 cm	20 cm	10 cm	20 cm	10 cm	20 cm
5,0	4.145	7.273	3.800	6.667	3.040	5.333	4.750	8.333
5,1	3.627	6.364	3.325	5.833	2.660	4.667	4.156	7.292
5,2	3.109	5.455	2.850	5.000	2.280	4.000	3.563	6.250
5,3	2.591	4.545	2.375	4.167	1.900	3.333	2.969	5.208
5,4	2.073	3.636	1.900	3.333	1.520	2.667	2.375	4.167
5,5	1.555	2.727	1.425	2.500	1.140	2.000	1.781	3.125
5,6	1.036	1.818	950	1.667	760	1.333	1.188	2.083
5,7	518	909	475	833	380	667	594	1.042
5,8	0	0	0	0	0	0	0	0