



Universidad Nacional de La Plata  
Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales

## Trabajo final de carrera

Aplicación de dolomita aperdigonada en forma conjunta con urea y sulfato de amonio como neutralizante de la acidificación generada por el fertilizante utilizando como cultivo indicador raigrás anual (*Lolium multiflorum* L)

Alumno: Julián Mainero

Carrera: Ingeniería Agronómica

Número de legajo: 26178/7

D.N.I.: 35073575

Dirección de correo electrónico: [julianmburs@gmail.com](mailto:julianmburs@gmail.com)

Teléfono: 0221-15-5318479

Director: Ing. Agr. Guillermo Millán

Co-director: Ing. Agr. Víctor Hugo Merani

Fecha de entrega:

1	<b>ÍNDICE</b>	
2	<u>RESUMEN.</u>	<u>2</u>
3	<u>INTRODUCCIÓN.</u>	<u>3</u>
4	<u>MATERIALES Y MÉTODOS.</u>	<u>13</u>
5	<u>Diseño experimental del ensayo.</u>	<u>13</u>
6	<u>Variables químicas determinadas.</u>	<u>15</u>
7	<u>Análisis estadístico de los resultados.</u>	<u>17</u>
8	<u>RESULTADOS.</u>	<u>18</u>
9	<u>Efecto sobre el pH actual, pH potencial y el rendimiento.</u>	<u>18</u>
10	<u>Efecto sobre el complejo de intercambio (CIC), y las bases intercambiables Ca<sup>+2</sup></u>	
11	<u>y Mg<sup>+2</sup>.</u>	<u>23</u>
12	<u>DISCUSIÓN.</u>	<u>31</u>
13	<u>Efecto sobre el pHA actual, pHP potencial y el rendimiento de Raigrás.</u>	<u>31</u>
14	<u>CONCLUSIÓN.</u>	<u>35</u>
15	<u>BIBLIOGRAFÍA.</u>	<u>36</u>
16	<u>ANEXO I</u>	<u>42</u>
17		

## 18 RESUMEN

19 La agricultura extensiva se caracteriza por ser extractiva y con una baja reposición  
20 de bases. El incremento del uso de fertilizantes nitrogenados de reacción ácida agudizó y  
21 aceleró la manifestación del fenómeno de acidificación natural de los suelos. En este  
22 trabajo se evaluó mediante un ensayo de simulación el efecto neutralizante de las  
23 enmiendas dolomíticas aperdigonadas aplicadas junto a dos fertilizantes nitrogenados de  
24 reacción ácida, sulfato de amonio (SA) y urea (U), en el cultivo de raigrás anual (*Lolium*  
25 *multiflorum* L.). Se utilizaron dos suelos con características contrastantes de textura,  
26 contenido de carbono orgánico y CIC. La fertilización nitrogenada fue equivalente a 100  
27 kg de N ha<sup>-1</sup>. Se calculó la dosis teórica de corrector para neutralizar la acidez generada  
28 por el proceso de nitrificación. Se observó que la disminución del pH siempre fue más  
29 marcada en la fertilización con SA. El efecto neutralizante va aumentando con las dosis  
30 de corrector, aunque no se observan diferencias significativas para los tratamientos  
31 fertilizados con U. En el suelo de textura gruesa se evidencia con mayor magnitud el  
32 efecto neutralizante del corrector. En los valores de materia seca se observó que en  
33 Belgrano la aplicación de correctores mejoró el rendimiento de raigrás en la fertilización  
34 con U, en tanto que en el caso de 25 de Mayo se observa que la producción aumenta con  
35 las dosis más bajas de corrector y decrece con las más altas para ambos fertilizantes. En  
36 conclusión, la neutralización del fertilizante se alcanza con dosis inferiores a la calculada  
37 teóricamente en función de la cantidad de H<sup>+</sup> producidos durante el proceso de  
38 nitrificación; en suelos de bajo poder buffer la acidificación alcanza valores críticos (4,2)y

39 el efecto neutralizante se expresa con mayor magnitud aumentando hasta 1,5 puntos el  
40 valor de pH.

41

## 42 **INTRODUCCIÓN**

43 La agriculturización definida como el uso creciente y continuo de las tierras para  
44 cultivos agrícolas, en lugar de usos ganaderos o mixtos, se manifiesta de manera  
45 constante desde la década del 70 del siglo pasado en la región pampeana argentina  
46 (Navarrete *et al.*, 2005). Este proceso se vio favorecido por la modernización de los  
47 procesos productivos caracterizados por una mecanización total de las labores agrícolas,  
48 el perfeccionamiento de las técnicas de manejo, la incorporación de semillas mejoradas y  
49 el uso de fertilizantes y plaguicidas (Albanesi *et al.*, 2007).

50 Este cambio en el uso de la tierra, registrado en los últimos años, es consecuencia  
51 de la conversión de ecosistemas naturales a cultivados, la simplificación de los esquemas  
52 de rotaciones en tierras agrícolas y el incremento del sistema de engorde a corral de  
53 ganado vacuno. Además, la mayor rentabilidad de la agricultura frente a la ganadería,  
54 hizo que los productores se volcaran hacia un mayor uso agrícola del suelo (Rearte,  
55 1996), tendencia que aún subsiste.

56 La mencionada intensificación de las actividades agrícolas en la región pampeana  
57 trajo aparejada una gran extracción de nutrientes del suelo, que no fueron repuestos con  
58 la misma intensidad. Los nutrientes más afectados por los procesos de degradación a  
59 causa de la agricultura continuada son aquellos que provienen de la materia orgánica del  
60 suelo tales como el nitrógeno (N), el fósforo (P) y el azufre (S) (Salvagiotti *et al.*; 2002).



61 Del mismo modo, (Andriulo *et al.*; 1991) expone que la agriculturización implicó para la  
62 subregión pampa ondulada la disminución del contenido de materia orgánica de los  
63 suelos por el balance negativo que resulta del monocultivo de soja, tanto para el N como  
64 para el carbono (C). Aunque el consumo de fertilizantes a escala nacional y,  
65 fundamentalmente, en cultivos extensivos de la región pampeana ha aumentado  
66 marcadamente desde la década del 90, el balance de nutrientes (extracción en grano vs.  
67 reposición vía fertilizantes) sigue siendo negativo (García & González Sanjuan, 2013). Es  
68 por esta razón que el empleo de fertilizantes debe promoverse, pero, particularmente,  
69 bajo criterios técnicos adecuados que garanticen el menor impacto negativo sobre los  
70 suelos.

71 El proceso de acidificación de suelos puede tener un origen natural o antrópico. La  
72 acidez natural de los suelos se origina principalmente por el lavado de los cationes  
73 formadores de bases: calcio, magnesio y potasio ( $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$  y  $\text{K}^{+}$ ) con las precipitaciones,  
74 que dejan el complejo de intercambio empobrecido en estos elementos y dominado por  
75 los iones hidrógeno ( $\text{H}^{+}$ ) y aluminio ( $\text{Al}^{+3}$ ), en casos extremos. La intensidad del lavado  
76 difiere en zonas tropicales de las templadas, generándose niveles de acidez mayores en  
77 las primeras, debido, principalmente, a un lavado más intenso generado por las mayores  
78 precipitaciones. En estas condiciones el  $\text{Al}^{+3}$  se vuelve soluble y está ligado muy  
79 fuertemente a la materia orgánica o está presente en la forma de cationes de Al iónico o  
80 hidrox-Al, siendo estos los cationes predominantes en el complejo. El  $\text{Al}^{+3}$  adsorbido  
81 contribuye a la acidez proporcionando iones  $\text{Al}^{+3}$  a la solución del suelo, los que son  
82 hidrolizados para producir  $\text{H}^{+}$ .

83 En zonas templadas, las precipitaciones no producen un excesivo lavado de bases  
84 y el aluminio no puede existir como  $Al^{+3}$ , salvo en condiciones de pH por debajo de 5,5  
85 aproximadamente, pero puede ser convertido a iones hidroxil-Al, los cuales pueden ser  
86 adsorbidos y actuar como cationes intercambiables. Los mismos están en equilibrio con  
87 cationes similares en la solución del suelo, donde producen iones hidrógeno mediante  
88 reacciones de hidrólisis (Zapata Hernández, 2004).

89 También la nitrificación, el intercambio de bases por  $H^+$  en las raíces de las plantas  
90 cuando absorben nutrientes ( $Ca^{+2}$ ,  $Mg^{+2}$ ,  $K^+$ ), la descomposición de la materia orgánica y  
91 la deposición atmosférica de dióxido de azufre ( $SO_2$ ), óxidos de nitrógeno ( $NO_x$ ) y  
92 amoníaco ( $NH_3$ ) son procesos que generan acidez en el sistema edáfico (Billett *et al.*,  
93 1990; Blake *et al.*, 1999).

94 La acidificación antrópica es favorecida por una agricultura intensiva, extractiva y  
95 con baja reposición de bases, combinada con el incremento del uso de fertilizantes de  
96 reacción ácida, principalmente fertilizantes nitrogenados como la urea, los cuales  
97 acelerarían este fenómeno (Iturri *et al.*, 2010; Vázquez & Pagani, 2012).

98 Los fertilizantes más usados en la región pampeana son los nitrogenados, y  
99 particularmente los amoniacales o que producen amonio en su transformación en el suelo.  
100 Parte del  $NH_4^+$  liberado por estos fertilizantes es absorbido por las plantas, el resto se  
101 transforma en  $NO_3^-$  por la oxidación biológica durante la nitrificación. Como resultado de  
102 este proceso biológico se liberan iones  $H^+$  que acidifican el suelo, y son los responsables  
103 de la disminución del pH que se observa luego del uso continuado de fertilizantes  
104 amoniacales (Vázquez & Pagani, 2012).

105 El grado de acidez que se induce depende de la fuente de N que se utiliza. Entre  
106 los fertilizantes nitrogenados de uso más frecuente se encuentran la urea (U), el nitrato de  
107 amonio (NA) y el sulfato de amonio (SA). Durante su transformación en el suelo, la  
108 reacción da como resultado la producción de igual cantidad de N por mol con las tres  
109 fuentes, pero los protones liberados son mayores para el SA. Así, tenemos que por cada  
110 mol de SA se liberan 4 moles de  $H^+$ , mientras que cada mol de U y NA producen solo 2  
111 moles de  $H^+$  (Chien *et al.*, 2001). Por lo tanto, si a un suelo le agregamos una cantidad  
112 determinada de  $N\ ha^{-1}$  con cada una de estas tres fuentes, la acidez inducida por la  
113 nitrificación debería seguir el siguiente orden sulfato de amonio > urea = nitrato de amonio  
114 (SA > U = NA).

115 El SA fue uno de los primeros y más ampliamente utilizados fertilizantes  
116 nitrogenados para la producción de cultivos. El mismo contiene 21.0 % (masa/masa) de N  
117 amoniacal y 24.0 % de S en forma de sulfato, proveyendo una excelente fuente de S,  
118 elemento que tiene numerosas funciones en las plantas, incluyendo la síntesis de  
119 proteínas. En la actualidad es menos usado, pero es especialmente valioso donde ambos  
120 nutrientes, N y S, son requeridos. Su alta solubilidad provee versatilidad para un gran  
121 número de aplicaciones agrícolas. El SA es una excelente fuente de fertilización en  
122 cultivos que extraen grandes cantidades de S del suelo como lo son los cultivos forrajeros  
123 (pastos y alfalfa), hortalizas (crucíferas, cebolla y ajo), cereales (trigo y cebada) y  
124 gramíneas (maíz, sorgo y caña de azúcar), entre otros. Frecuentemente se adiciona una  
125 solución con SA a las soluciones de herbicidas post-emergentes para mejorar su eficacia  
126 en el control de malezas (IPNI, 2015).

127           La U es el fertilizante más popular en la agricultura. Es el sólido granulado de  
128 mayor concentración de N 46% (masa/masa). Se adapta a diferentes tipos de cultivos y  
129 distintos tipos de aplicaciones. La U se puede aplicar al voleo, en cobertura, pero la mejor  
130 eficiencia se logra en líneas, al costado o debajo de la línea de siembra, donde además  
131 no existen limitaciones en las dosis a aplicar generadas por fitotoxicidad. Para evitar  
132 pérdidas de N por volatilización, en situaciones con temperaturas promedio superiores a  
133 18°C, se recomienda también su incorporación al suelo. Como todo fertilizante  
134 nitrogenado, puede aplicarse antes de la siembra o al momento de la misma (YPF, 2015).

135           En base a las características expuestas queda clara la importancia del SA y la U  
136 en la nutrición de los cultivos agrícolas a la vez que el mayor riesgo potencial de generar  
137 descensos de pH en relación a otros fertilizantes.

138           La acidificación en la mayoría de los suelos agrícolas, además de ser causada por  
139 la aplicación de fertilizantes en base a amonio, se debe a la exportación de nutrientes  
140 básicos que provocan las cosechas agrícolas y pecuarias, sin una adecuada reposición  
141 (Vázquez, 2007).

142           El incremento de la acidez del suelo trae aparejado la alteración de procesos  
143 químicos naturales. La disponibilidad de nutrientes se ve afectada. En el marco de la  
144 región pampeana, con suelos particularmente ricos en  $K^+$ , en la mayor parte de los casos,  
145 en circunstancias de acidificación, además de la disminución de nutrientes como  $Ca^{+2}$  y  
146  $Mg^{+2}$ , en general se producen desbalances de bases, igualmente perjudiciales para el  
147 crecimiento de las plantas (Bordoli, 2005; Vázquez *et al.*, 2010).



148 La acidificación no sólo acarrea deficiencias de nutrientes básicos, sino que  
149 también produce perjuicios como la reducción de la disponibilidad de fósforo (P) y  
150 molibdeno (Mo), de la actividad de microorganismos responsables de la nitrificación y  
151 fijación simbiótica de N, y hasta toxicidad por  $Al^{+3}$ , en este último caso en situaciones  
152 donde el pH es menor a 5,5 (Estelrich, 2012).

153 Distintas especies y variedades vegetales muestran diferente susceptibilidad frente  
154 a distintos niveles de pH. Así, por ejemplo, las leguminosas que reciben N desde la  
155 fijación simbiótica son más sensibles que las que reciben N inorgánico por fertilización. Es  
156 conocido que uno de los primeros efectos de la acidificación del suelo se produce sobre la  
157 nodulación de las raíces de soja por parte de bacterias fijadoras de N (Gallardo & Borie,  
158 1999). Por otra parte, en el caso de especies gramíneas se ha estudiado que la reducción  
159 de la división celular de la raíz, y por consiguiente su crecimiento, es el proceso fisiológico  
160 que primero se afecta a bajo valores de pH.

161 En suelos representativos de la región pampeana (Argiudol típico, Hapludol típico y  
162 Haplustol éntico), la acidificación provocó efectos negativos sobre la producción de  
163 biomasa aérea y el crecimiento radical de soja y de maíz, afectando en forma similar el  
164 crecimiento aéreo y radical del maíz, pero inhibiendo más el crecimiento aéreo que el  
165 radical de la soja. Posiblemente, esto sea debido a que la acidificación produce una  
166 disminución de la población de *Bradyrhizobium japonicum*, lo cual inhibe una adecuada  
167 nodulación de las raíces y posterior fijación de N (Pérez Habiaga *et al.*, 2012).

168 La magnitud de este proceso de acidificación esta correlacionada con las  
169 características de los suelos, debido a su capacidad buffer y a la naturaleza del complejo

170 de intercambio. Este poder regulador o tampón de los suelos condiciona la reacción del  
171 suelo frente a acciones que acidifican o alcalinizan el medio. Dicho poder está  
172 determinado por las características del complejo de cambio y se define como la  
173 resistencia que éste presenta al cambio de pH debido a la adición de iones  $H^+$  u  $OH^-$ . Un  
174 suelo con buen poder regulador es aquel que no tiene cambios importantes de pH ante la  
175 adición de productos como los fertilizantes nitrogenados, o ante otra perturbación causada  
176 por el hombre o la naturaleza. Este poder tampón aumenta con el contenido de arcilla y  
177 con el de materia orgánica, así como por el tipo de arcilla (Alconada, 2010).

178 Los suelos de las zonas húmedas tienen una tendencia natural a incrementar su  
179 acidez debido a que a los procesos de lixiviación de bases se adicionan a la extracción  
180 por los cultivos y en algunos casos a la erosión (Boschetti *et al.*, 2003). Sin embargo,  
181 Parisi (1989) señala que los suelos de regiones húmedas presentan una capacidad  
182 amortiguadora más elevada que aquellos de regiones semiáridas, debido a su mayor  
183 capacidad de intercambio catiónico y grado de saturación de bases.

184 Como solución a los problemas de acidificación de los suelos podemos  
185 mencionar a la técnica de encalado, la cual consiste en la aplicación al suelo de sales o  
186 minerales básicos que neutralizan la acidez. Tradicionalmente para la corrección de la  
187 misma se han usado productos correctores o enmiendas, tales como calcita, dolomita y  
188 cal viva o apagada, entre otros. Dentro de las más utilizadas en la agricultura  
189 encontramos la cal agrícola o calcita, que contiene principalmente carbonato de calcio  
190  $CaCO_3$ , se obtiene a partir de roca caliza o calcárea, se muele y se hace atravesar  
191 diferentes mallas para separarla en diferente grado de finura. Las rocas calizas pueden

192 contener impurezas. En su forma pura contiene alrededor de un 40 % de  $\text{Ca}^{+2}$ . Otro  
193 producto de uso muy frecuente es el mineral rico en carbonato doble de calcio y  
194 magnesio ( $\text{CaCO}_3/\text{MgCO}_3$ ) denominado dolomita. El material puro contiene alrededor de  
195 21,6 % de  $\text{Ca}^{+2}$  y 13,1 % de  $\text{Mg}^{+2}$ . A pesar que la dolomita reacciona más lentamente con  
196 respecto a la calcita, cabe destacar que la primera hace aportes de  $\text{Mg}^{+2}$  (Espinosa &  
197 Molina, 1999).

198 Estos productos pueden aplicarse en cualquier época del año. En general se  
199 anticipan algunos meses a los cultivos de mayor sensibilidad, incorporándolos al suelo,  
200 para permitir su solubilización. Sin embargo, en planteos de siembra directa en suelos  
201 tropicales Ciotta *et al.* (2002) y Amaral *et al.* (2004a y 2004b) demostraron que la  
202 aplicación en superficie de caliza puede tener efecto hasta los 20 cm de profundidad. La  
203 reacción de neutralización de estas enmiendas ocurre en presencia de agua, por lo cual la  
204 aplicación debe realizarse cuando la humedad del suelo sea correcta condición necesaria  
205 para que las reacciones de neutralización se produzcan. En condiciones apropiadas de  
206 humedad, las reacciones se llevaran adelante de manera relativamente rápida.

207 La velocidad de reacción de Oca está dada fundamentalmente por el tamaño de la  
208 partícula, en donde las porciones más finas son las que reaccionan más rápidamente, en  
209 comparación con los agregados de mayor tamaño.

210 Para lograr que se produzca la reacción de neutralización no solamente es  
211 necesario que exista humedad en el perfil, sino que las partículas deben estar en íntimo  
212 contacto con el suelo, debido a que estas se mueven muy poco en el mismo debido a que

213 el ion  $\text{CO}_3$  se disipa como  $\text{CO}_2$  después de las reacciones de hidrólisis (Espinosa &  
214 Molina, 1999). Por este motivo es que los efectos de neutralización sólo ocurren en la  
215 zona de aplicación. Para que la aplicación sea efectiva es necesario mezclar  
216 completamente el material en los primeros 15 o 20 cm del perfil, permitiendo de esta  
217 manera lograr la neutralización y servirle al cultivo para nutrirse. Para lograr este íntimo  
218 contacto es necesaria la incorporación de la enmienda al suelo mediante el uso de arado,  
219 rastra o cualquier otro implemento de labranza que produzca una inversión total o parcial  
220 del pan de tierra. La corrección del pH lograda por parte de la práctica de encalado tiene  
221 una duración variable en el tiempo dependiendo del nivel de acidez y capacidad buffer del  
222 suelo, generalmente del orden de unos pocos años, luego de los cuales mediante análisis  
223 de suelos se determinará la necesidad o no de una nueva incorporación de enmienda al  
224 sistema para corregir la acidificación.

225 Uno de los principales problemas del uso de enmiendas cálcicas es el tamaño  
226 pequeño de partícula que se utiliza en general, debido a la deriva que genera la  
227 aplicación, los altos volúmenes de corrector que se deben manejar y al costo adicional  
228 que trae aparejada tanto la aplicación del producto como la incorporación del mismo al  
229 suelo.

230 Teniendo en cuenta que la agricultura es la actividad que predomina en la región  
231 pampeana y su alta dependencia de fertilizantes nitrogenados, así como la dificultad que  
232 genera la corrección de pH por medio de enmiendas pulverulentas, se visualiza la  
233 importancia de conocer el efecto de la aplicación de dolomita aperdigonada junto a

234 fertilizantes nitrogenados directamente en la siembra para evitar las sucesivas labores  
235 frecuentes en la aplicación tradicional.

236 Por otro lado el raigrás anual (*Lolium multiflorum* L.), luego de la avena es el  
237 verdeo de invierno más utilizado en todo el país (Scheneiter, 2014). Si bien es originario  
238 del sur de Europa actualmente está naturalizado en la región pampeana húmeda y en las  
239 dos últimas décadas se ha convertido en una especie clave para los sistemas ganaderos  
240 de producción carne que requieren contar con una fuente de alimento alternativa en el  
241 período de bajas tasas de crecimiento de las pasturas perennes en invierno (Scheneiter,  
242 2014).

243 La disponibilidad invernal de nitrógeno es uno de los factores que restringe la  
244 normal producción de los verdeos de invierno en la región subhúmeda pampeana. El  
245 agregado de este nutriente, a través de la fertilización, es una alternativa para incrementar  
246 la oferta y la calidad del forraje. El agregado de nitrógeno en avena, triticale o raigrás en  
247 la región subhúmeda pampeana argentina incrementa su receptividad y mejora la  
248 producción de carne (Amigone, 1995; Gonella & Díaz-Zorita, 1995). Así mismo se obtiene  
249 mayor respuesta fertilizando raigrás que trigo o avena (Zanoniani, 2000). Por otro lado, el  
250 raigrás es el verdeo que presenta mayor crecimiento invierno-primaveral determinando  
251 que si el objetivo es la producción temprana otoñal se deba recurrir a la utilización de  
252 avenas, mientras que si se desea producciones a partir de mediados de invierno se deba  
253 utilizar el raigrás, que además posee un mayor macollaje (Zanoniani, 2000).

254 En base a lo expuesto anteriormente se plantea:

255 **Hipótesis:**

256 El empleo de dolomita aperdigonada aplicada en forma conjunta con fertilizantes  
257 nitrogenados, de naturaleza amoniacal o que producen amonio en sus transformaciones  
258 en el suelo, permitirá neutralizar la acidificación edáfica producida por los fertilizantes en  
259 el proceso de nitrificación.

260 **Objetivo:**

261 Evaluar el efecto que producirá la aplicación de fertilizantes nitrogenados  
262 aplicando conjuntamente dolomita aperdigonada sobre el pH (actual y potencial), el  
263 complejo de intercambio, las bases intercambiables y la producción de materia seca de  
264 raigrás anual en 2 suelos de características físico-químicas contrastantes.

265 **MATERIALES Y METODOS**

266 **Diseño experimental del ensayo**

267 Se realizó un ensayo con un diseño completamente al azar y un arreglo factorial  
268 (suelo, tipo de fertilizante y dosis de corrector) utilizando como unidad experimental  
269 macetas de pvc de 1.500 ml. Se utilizaron dos suelos de la Provincia de Buenos Aires de  
270 características contrastantes en relación a sus propiedades fisicoquímicas, principalmente  
271 relacionadas con textura, carbono orgánico y CIC, las cuales pueden observarse en la  
272 tabla N°1. El procedimiento de obtención del suelo consistió en la extracción de los 20 cm  
273 superficiales de un Argiudol típico de la localidad de General Belgrano y de un Hapludol  
274 típico de la localidad de 25 de Mayo. El suelo se colocó en macetas y se sembró raigrás

275 anual (100 semillas). Se fertilizó con nitrógeno utilizando como fuente dos tipos de  
 276 fertilizantes: urea de tipo comercial (U) y (SA) droga pura de grado analítico. El primero  
 277 por ser el de mayor difusión a nivel nacional y el segundo por ser el de mayor potencial de  
 278 acidificación. Ambos fueron aplicados a la siembra mezclados con una enmienda  
 279 granulada a base de Dolomita buscando la neutralización de la acidificación producida por  
 280 dichos fertilizantes.

281 Tabla N°1: Propiedades de los suelos utilizados en el ensayo.

	Unidades	Gral. Belgrano. (B)	25 de Mayo (25M)
pH Actual		5,54	5,07
pH Potencial		5,05	4,75
Nt	%	0,372	0,151
M.O	%	6,435	2,373
C org.	%	3,732	1,376
P	ppm	47	18
Clase textural		Franco	Franco arenoso
Cationes de intercambio			
Ca <sup>+2</sup>	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	13.2	6.9
Mg <sup>+2</sup>	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	1.2	0.6
Na <sup>+</sup>	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	0.2	0.24
K <sup>+</sup>	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	2.85	1.11
CIC	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	25,5	11,6
Suma de bases	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	17,45	8,85
Saturación de Bases	%	68,7	76,2

282

283 Referencias: Nt: nitrógeno total, M.O: materia orgánica, C org.: carbono orgánico, P:  
284 fósforo

## 285 **Diseño del ensayo**

286 Se llevaron adelante 8 tratamientos en cada suelo:

287 Un testigo, sólo con U y 3 dosis diferentes de corrector y un testigo, solo con SA y  
288 sus correspondientes 3 dosis de corrector, por cada tratamiento se realizaron 3  
289 repeticiones.

290 La fertilización realizada equivale a 100 kg de N ha<sup>-1</sup>, y se calculó la dosis teórica  
291 de corrector para neutralizar la acidez generada por el mismo. Una vez calculado esto, se  
292 definieron los diferentes tratamientos:

- 293 • Un testigo al cual solamente se le aplica fertilizante.
- 294 • Un tratamiento de mínima con el 75% de la dosis teórica de corrector.
- 295 • Un tratamiento con la dosis teórica de corrector.
- 296 • Un tratamiento de máxima con un 50 % más de la dosis teórica de  
297 corrector (tabla N°2).

298 Tabla N°2: Detalle de los tratamientos, dosis y denominación.

<b>Fertilizante / Dosis equivalente N Ha<sup>-1</sup></b>	<b>% neutralización / Dosis equivalente Ca CO<sub>3</sub></b>	<b>Suelo</b>	<b>Denominación</b>
Urea/100 kg N ha <sup>-1</sup>	0%/0 kg ha <sup>-1</sup>	25 de Mayo	25MUC <sub>0</sub>



Urea/100 kg N ha <sup>-1</sup>	75%/396 kg ha <sup>-1</sup>	25 de Mayo	25MUC <sub>0,75</sub>
Urea/100 kg N ha <sup>-1</sup>	100%/528 kg ha <sup>-1</sup>	25 de Mayo	25MUC <sub>1</sub>
Urea/100 kg N ha <sup>-1</sup>	150%/792 kg ha <sup>-1</sup>	25 de Mayo	25MUC <sub>1,5</sub>
Sulfato de Amonio/100 kg N ha <sup>-1</sup>	0%/0 kg ha <sup>-1</sup>	25 de Mayo	25MSAC <sub>0</sub>
Sulfato de Amonio/100 kg N ha <sup>-1</sup>	75%/792 kg ha <sup>-1</sup>	25 de Mayo	25MSAC <sub>0,75</sub>
Sulfato de Amonio/100 kg N ha <sup>-1</sup>	100%/1056 kg ha <sup>-1</sup>	25 de Mayo	25MSAC <sub>1</sub>
Sulfato de Amonio/100 kg N ha <sup>-1</sup>	150%/1584 kg ha <sup>-1</sup>	25 de Mayo	25MSAC <sub>1,5</sub>
Urea/100 kg N ha <sup>-1</sup>	0%/0 kg ha <sup>-1</sup>	Belgrano	BUC <sub>0</sub>
Urea/100 kg N ha <sup>-1</sup>	75%/396 kg ha <sup>-1</sup>	Belgrano	BUC <sub>0,75</sub>
Urea/100 kg N ha <sup>-1</sup>	100%/528 kg ha <sup>-1</sup>	Belgrano	BUC <sub>1</sub>
Urea/100 kg N ha <sup>-1</sup>	150%/792 kg ha <sup>-1</sup>	Belgrano	BUC <sub>1,5</sub>
Sulfato de Amonio/100 kg N ha <sup>-1</sup>	0 %/0 kg ha <sup>-1</sup>	Belgrano	BSAC <sub>0</sub>
Sulfato de Amonio/100 kg N ha <sup>-1</sup>	75 %/792 kg ha <sup>-1</sup>	Belgrano	BSAC <sub>0,75</sub>
Sulfato de Amonio/100 kg N ha <sup>-1</sup>	100%/1056 kg ha <sup>-1</sup>	Belgrano	BSAC <sub>1</sub>
Sulfato de Amonio/100 kg N ha <sup>-1</sup>	150%/1584 Kg Ha <sup>-1</sup>	Belgrano	BSAC <sub>1,5</sub>

299

300 En cada maceta se colocó 1,5 kg de suelo seco, homogeneizado, desagregado y  
 301 tamizado por 2 mm. Se sembraron aproximadamente 100 semillas de raigrás por maceta,  
 302 que luego de la emergencia se ralearon a 50 plantas, las que fueron regadas cada 48  
 303 horas con la cantidad de agua destilada suficiente para mantener el contenido hídrico al  
 304 80% de capacidad de campo, controlado en forma gravimétrica. La elección de una  
 305 densidad de 50 plantas se realiza con la necesidad de obtener una densidad alta a fin de  
 306 acelerar los procesos metabólicos de absorción de nutrientes (Moreyra *etal.* 2014). El

307 objetivo fue lograr 250, plantas por m<sup>2</sup>. Las macetas utilizadas un diámetro de 0,05 m<sup>2</sup>,  
308 densidad utilizada fue de 1000 pl/m<sup>2</sup>.

309 Se realizaron 4 simulaciones de fertilización para lo cual, cada 30 días se  
310 realizaron cortes del material vegetal y se realizó una lixiviación con un contenido de agua  
311 destilada equivalente a 200% de capacidad de campo de cada suelo. El material verde  
312 cosechado se secó en estufa a 60 ° hasta llegar a peso constante y se determinó la  
313 materia seca.

314 Así cada ciclo de simulación quedo comprendido por un período de 30 días de  
315 crecimiento de las plantas, corte y lixiviación. El tiempo de simulación fue decidido  
316 teniendo en cuenta fundamentalmente la velocidad de los procesos de hidrolisis de la  
317 urea y nitrificación. Según García *et al.* (1997) el proceso de hidrólisis de la urea demora  
318 en el suelo como máximo un tiempo de 14 días, mientras que la nitrificación, que se  
319 desarrolla de manera más rápida, demorando un máximo de 10 días. Dichos tiempos son  
320 dependientes de la temperatura y humedad del suelo. Cumplido este ciclo se procedió a  
321 la aplicación de fertilizante más corrector, comenzando de esta manera la simulación de  
322 un nuevo ciclo. Una vez efectuada la simulación de 4 ciclos, se realizó sobre cada una de  
323 las macetas la determinación de variables químicas.

324

### 325 **Variables químicas determinadas**

- 326 • pH actual: relación suelo:H<sub>2</sub>O de 1:2,5, determinación potenciométrica
- 327 • pH potencial: relación suelo: KCl 1N de 1:2,5, determinación potenciométrica.



328 • Capacidad de intercambio catiónico (CIC) y bases de intercambio: extracción con  
329 acetato de amonio ( $\text{NH}_4\text{COOCH}_3$ ) 1N pH7 (SAMLA. SAGPyA, 2004), Determinación  
330 de CIC por destilación microKjeldahl,  $\text{Ca}^{+2}$  y  $\text{Mg}^{+2}$  por complejometría con EDTA (ácido  
331 etilen-diamino tetraacético) y  $\text{Na}^+$  y  $\text{K}^+$  por fotometría de llama.

332 • Determinación de materia seca: secado en estufa a 60 °C hasta peso constante.  
333 Determinación gravimétrica.

#### 334 **Análisis estadístico de resultados:**

335 Los datos fueron evaluados estadísticamente por medio de ANOVA, y las medias  
336 se compararon con los test de comparaciones múltiples (Duncan, Tukey), y correlación de  
337 variables (INFOSTAT, 2011).

## 338 **RESULTADOS**

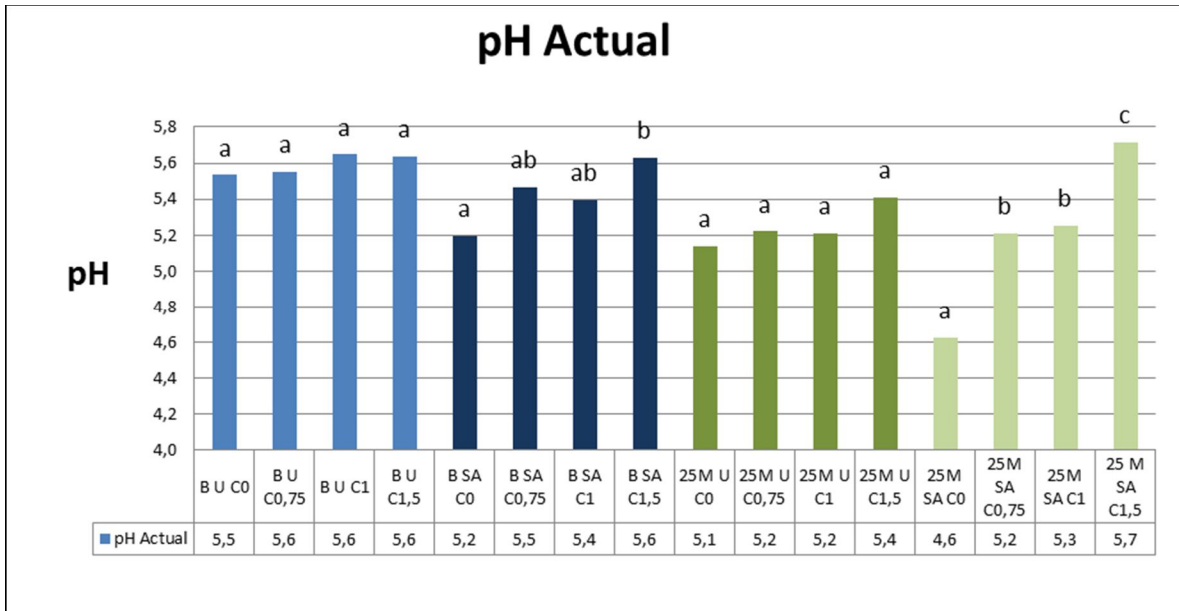
### 339 **Efecto sobre el pH actual, pH potencial y el rendimiento.**

340 El análisis de los resultados permite observar que no existe variación de los  
341 valores de pHs actual y potencial cuando se aplicó U respecto a los testigos, lo que sí  
342 ocurrió al utilizar SA como fertilizante. Esto se observa en ambos suelos con un descenso  
343 notable de los valores de pH. Asimismo se observa que la adición de corrector en dosis  
344 crecientes mejora las condiciones de pH tanto actual como potencial con respecto al suelo  
345 original (tabla N°1 y gráficos N°1 y N°2).

346 La reacción del pH actual ( $pH_A$ ) mantiene una tendencia al aumento a medida que  
347 las dosis de corrector se incrementan con diferencias en la magnitud de dicho aumento en  
348 los distintos suelos, y también en función del fertilizante aplicado, aunque no siempre se  
349 evidencia una diferencia estadísticamente significativa. Como puede observarse en el  
350 Grafico N°1 para el suelo Belgrano (B) fertilizado con U no existe una variación marcada  
351 del  $pH_A$ . Cuando la fertilización es con SA el aumento del  $pH_A$  entre  $BSAC_0$  y el  
352 tratamiento  $BSAC_{1,5}$  alcanza significancia, mientras que entre los tratamientos  $BSAC_0$ ,  
353  $BSAC_{0,75}$  y  $BSAC_1$ , si bien hay un leve incremento, no presentan diferencias  
354 estadísticamente significativas.

355 Al analizar los tratamientos realizados con el suelo de 25 de Mayo (25M), se  
356 evidencia un comportamiento similar a los realizados con el suelo B. También se puede  
357 apreciar que sólo se manifiestan diferencias en los valores de  $pH_A$  cuando se utilizó SA  
358 como fertilizante. Asimismo, estas diferencias alcanzan mayor expresión en el suelo 25M.

359 Cuando el fertilizante aplicado fue U no se registran diferencias entre el testigo y  
360 las distintas dosis de corrector aplicadas, en cambio cuando se utilizó SA se registró un  
361 aumento de  $pH_A$ , en relación al testigo, en todos los tratamientos que incorporaron  
362 corrector. Asimismo se observa que las dosis intermedias,  $25MSAC_{0,75}$  y  $25MSAC_1$  son  
363 similares entre sí, lo que indicaría que con la dosis menor se alcanzaría la neutralización  
364 teórica. El tratamiento  $25MSAC_{1,5}$  es el que alcanzó el valor más alto de  $pH_A$ , siendo 5,7.  
365 Dicho valor, inclusive, es superior al que poseía el suelo en su estado original.



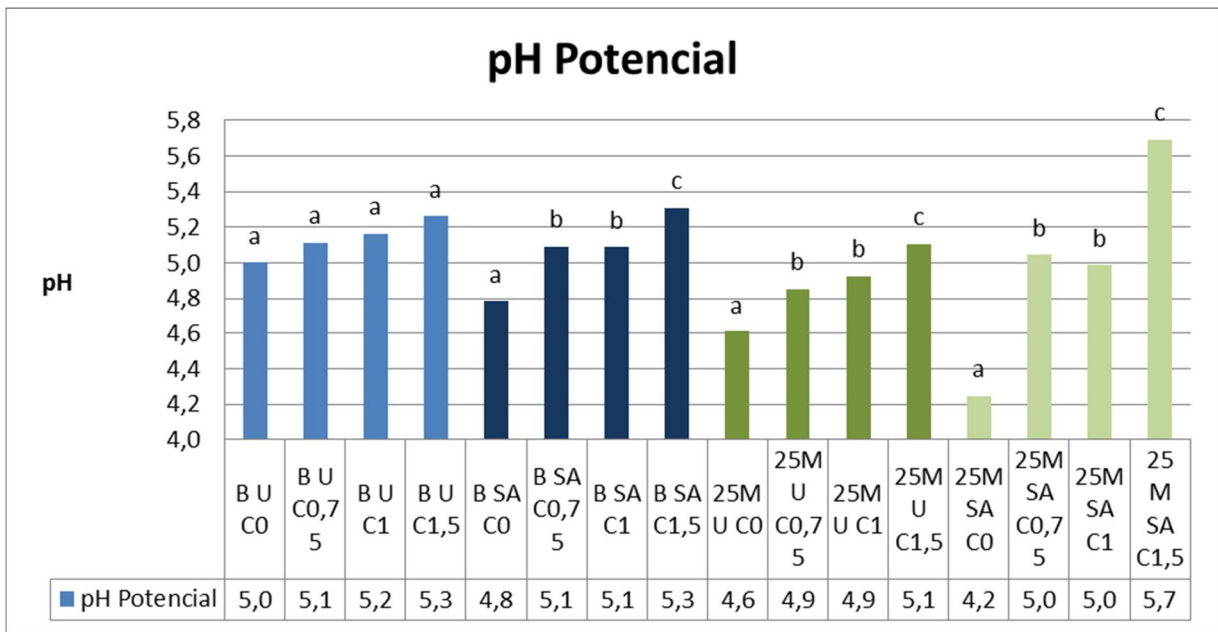
366

367 Grafico N°1: Evolución del  $pH_A$  en los suelos B y 25M bajo diferentes tratamientos de  
 368 fertilización–corrección. Letras diferentes representan diferencias significativas dentro de  
 369 la interacción suelo por fertilizante. ( $p > 0.01$ )

370 El análisis de pH potencial ( $pH_p$ ), indica que a medida que se comienza a aplicar  
 371 conjuntamente corrector con el fertilizante los valores de éste aumentan en ambos  
 372 suelos, pero se evidencia con mayor magnitud en el suelo 25M fertilizado con SA. Como  
 373 puede observarse en el Gráfico N°2, en el suelo B fertilizado con U, no existe una  
 374 variación del  $pH_p$ , pero se evidencia un pequeño aumento, mientras que cuando la  
 375 fertilización fue realizada con SA encontramos que este aumento del  $pH_p$  es significativo  
 376 entre  $BSAC_0$  y el resto de las dosis de corrector, sin embargo no existen diferencias  
 377 significativas entre los tratamientos intermedios  $BSAC_{0,75}$  y  $BSAC_1$  siendo similares entre

378 sí, indicando que la neutralización práctica puede alcanzarse con una dosis de corrector  
 379 menor a la teórica.

380 Analizando lo ocurrido en el suelo 25M fertilizado con U, se observa un  
 381 comportamiento idéntico al ocurrido con la fertilización con SA, donde existen diferencias  
 382 entre el testigo y el resto de los tratamientos, pero no las hay entre los tratamientos de  
 383 75% y 100% de corrector, por otro lado se distingue que cuando la fertilización se lleva  
 384 adelante con SA la variación del  $pH_p$  es la más notoria, pudiendo ver que 25MSAC<sub>0</sub> es el  
 385 que arroja los valores más bajos de  $pH_p$ , de todo el ensayo. También se evidencia que el  
 386 tratamiento 25MSAC<sub>1,5</sub> presenta el mayor valor de  $pH_p$ , y si lo relacionamos con los  
 387 valores de  $pH_A$  se aprecia que también es el más elevado, por otro lado los valores de  $pH_A$   
 388 y  $pH_p$  para este tratamiento son iguales.

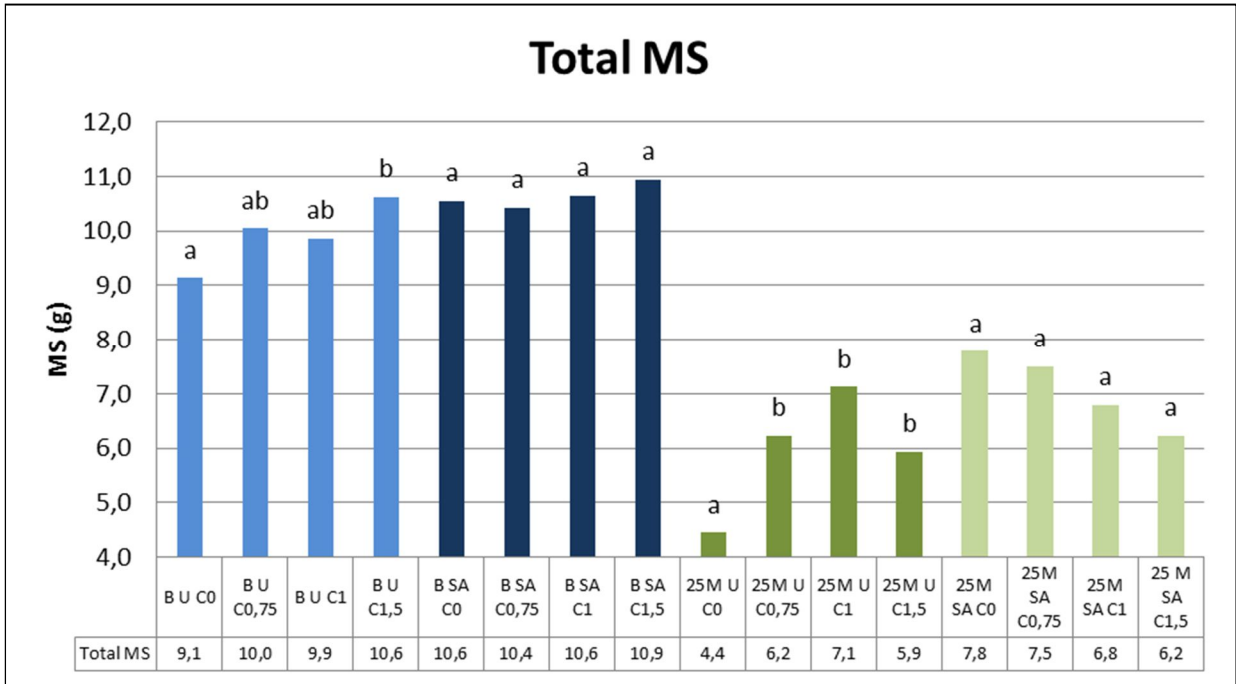


389



390 Grafico N°2: Evolución del  $pH_p$  en suelos B y 25M bajo diferentes tratamientos de  
391 fertilización–corrección. Letras diferentes representan diferencias significativas dentro de  
392 la interacción suelo por fertilizante. ( $p>0.01$ )

393 En el gráfico N°3 se presentan los valores de rendimiento de materia seca. En los  
394 mismos se observa que en B la aplicación del corrector presentó una mejora en el  
395 rendimiento de raigrás con valores significativos en la fertilización con U, sólo para el  
396 tratamiento BUC<sub>1,5</sub>, mientras que el para resto de las dosis solo se evidenció una  
397 tendencia al incremento, al igual que en la fertilización con SA. Para el suelo 25M se  
398 observa que cuando la fertilización es con U la producción de materia seca presenta un  
399 aumento para todos los tratamientos, pero estos a su vez no presentan diferencias entre  
400 sí, aunque si se observa una tendencia a disminuir el rendimiento en el tratamiento  
401 25MUC<sub>1,5</sub>. Por otro lado cuando el fertilizante empleado es SA el rendimiento no presenta  
402 diferencias significativas, pudiéndose observar una tendencia a la disminución a medida  
403 que aumenta la dosis de corrector.



404

405 Grafico N° 3: Valores de Materia seca total para los suelos B y 25M con SA y U y las 4  
 406 dosis de Corrector. Letras diferentes representan diferencias significativas dentro de la  
 407 interacción suelo por fertilizante. ( $p < 0.01$ )

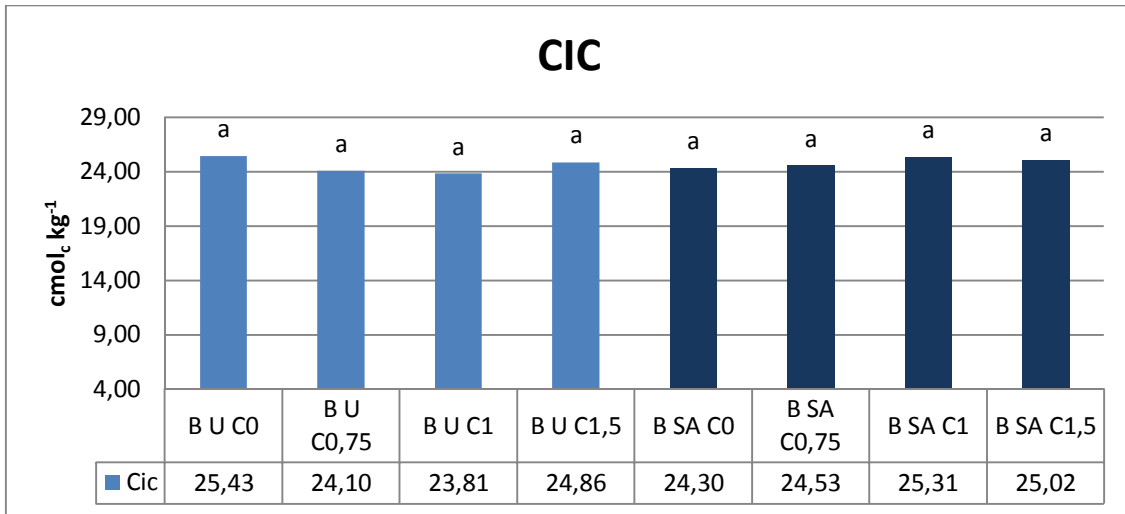
408

409 **Efecto sobre el complejo de intercambio (CIC), y las bases intercambiables  $Ca^{+2}$  y**  
 410  **$Mg^{+2}$**

411 En ambos suelos se observa que no existen diferencias significativas cuando se  
 412 usa uno u otro fertilizante, ni cuando se aplican diferentes dosis de corrector (gráficos N°4  
 413 y N°5)

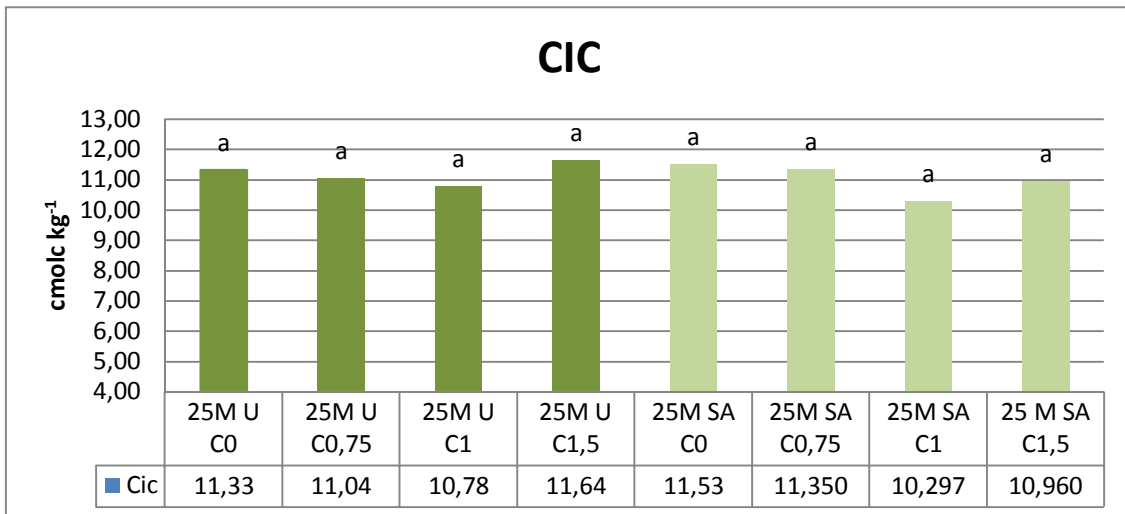


Aplicación de dolomita aperdigonada en forma conjunta con urea y sulfato de amonio como neutralizante de la acidificación generada por el fertilizante utilizando como cultivo indicador raigrás anual (*Lolium multiflorum* L)



414

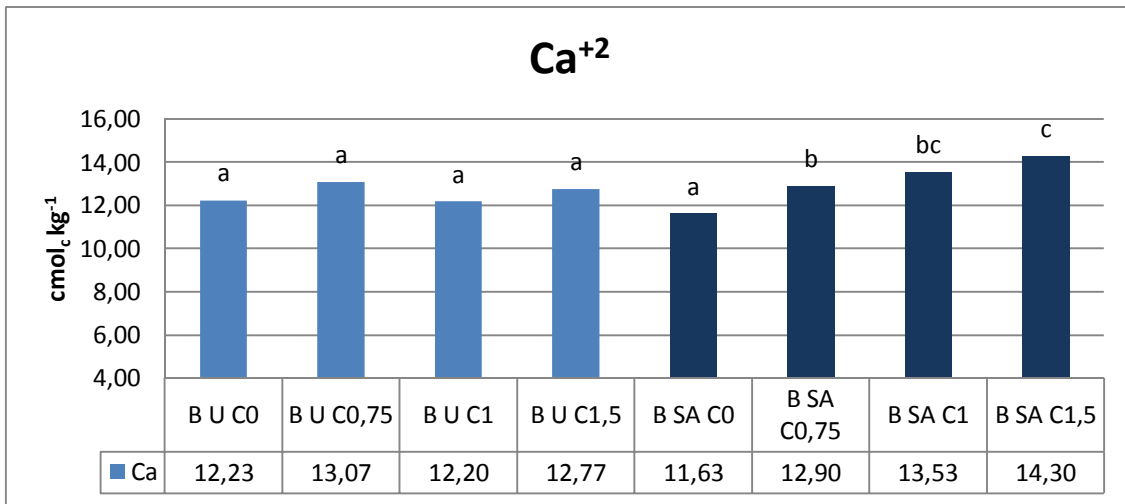
415 Grafico N° 4: Evolución de la CIC (capacidad de intercambio catiónico) en el suelo B bajo  
 416 diferentes tratamientos de fertilización–corrección. Letras diferentes representan  
 417 diferencias significativas dentro de los diferentes fertilizantes. (p<0.01)



418

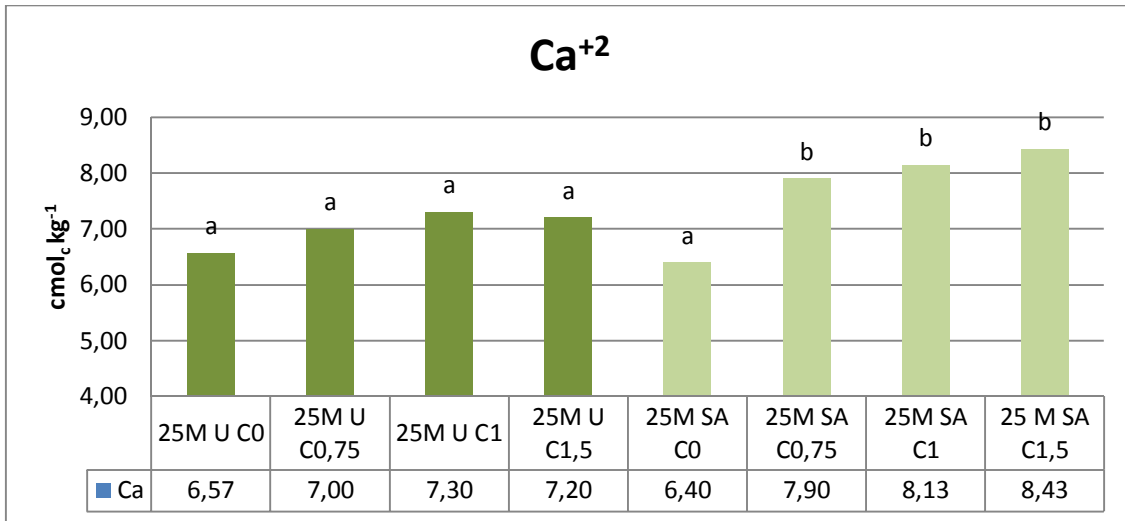
419 Grafico N° 5: Evolución de la CIC (capacidad de intercambio catiónico) en el suelo 25M  
 420 bajo diferentes tratamientos de fertilización-corrección. Letras diferentes representan  
 421 diferencias significativas dentro de los diferentes fertilizantes. ( $p < 0.01$ )

422 El contenido de  $\text{Ca}^{+2}$  en el suelo B, muestra una tendencia positiva cuando se  
 423 fertilizó con SA, fue significativamente mayor en el tratamiento  $\text{BSAC}_{1,5}$ , a diferencia de lo  
 424 que ocurre cuando se fertiliza con U, el contenido de  $\text{Ca}^{+2}$ , si bien varía a medida que  
 425 aumentan las dosis de corrector aplicada, no existen diferencias significativas entre ellas  
 426 (gráfico N° 6)



427

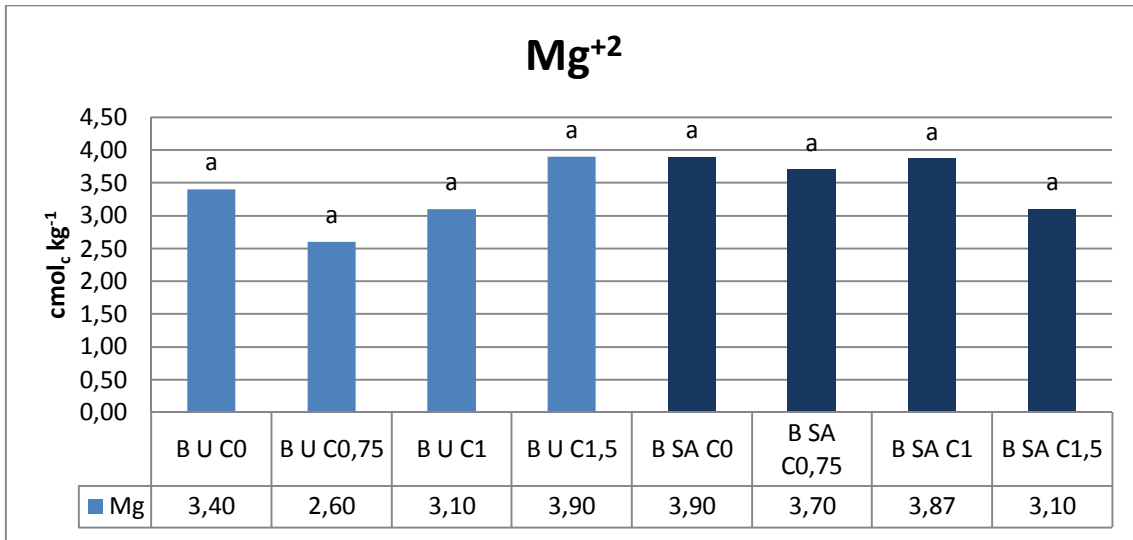
428 Grafico N° 6: Evolución del contenido de Ca en el suelo B bajo diferentes tratamientos de  
 429 fertilización-corrección. Letras diferentes representan diferencias significativas dentro de  
 430 los diferentes fertilizantes. ( $p < 0.01$ )



431

432 Grafico N° 7: Evolución del contenido de Ca<sup>+2</sup> en el suelo 25M bajo diferentes  
 433 tratamientos de fertilización–corrección. Letras diferentes representan diferencias  
 434 significativas dentro de los diferentes fertilizantes. (p<0.01).

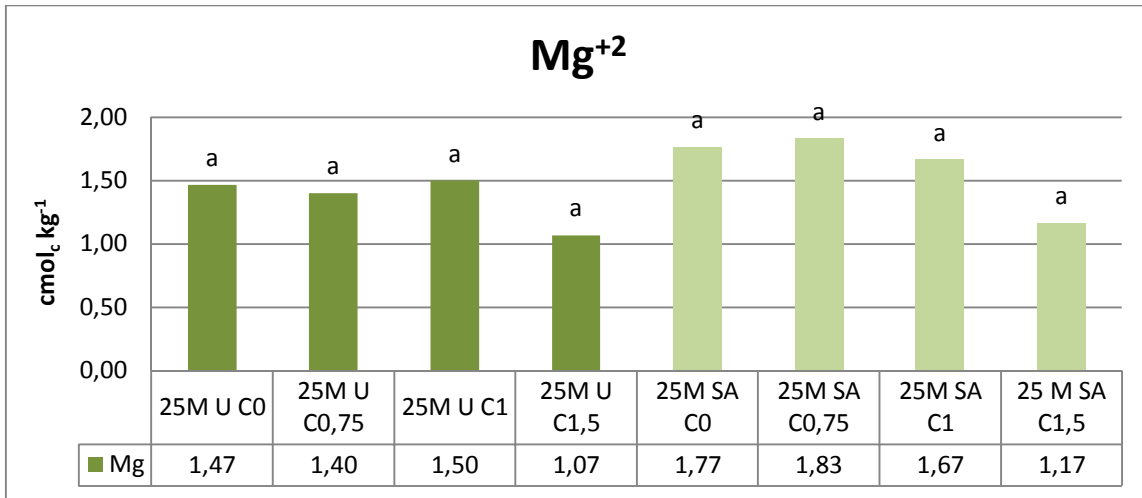
435 En el suelo 25 M, si bien el contenido de Ca<sup>+2</sup> es menor que en el suelo B, se  
 436 puede apreciar que la cantidad de Ca<sup>+2</sup> no varía con el incremento de corrector en la  
 437 fertilización con U. Cuando la fertilización se realiza con SA, se observa que el contenido  
 438 de Ca<sup>+2</sup> aumenta en las tres dosis de corrector aplicadas, pero no presenta diferencias  
 439 entre las dosis (gráfico N°7).



440

441 Grafico N° 8: Evolución del contenido de Mg<sup>2+</sup> en el suelo B bajo diferentes tratamientos  
 442 de fertilización–corrección. Letras diferentes representan diferencias significativas dentro  
 443 de los diferentes fertilizantes. (p<0.01)

444 Como se puede observar en los gráficos N° 8 y 9 no existen variaciones en los  
 445 contenidos de Mg<sup>2+</sup> en ninguno de los tratamientos, pero se puede observar una  
 446 tendencia a la disminución de este elemento al fertilizar con SA y en las dosis más altas  
 447 de corrector 150%.



448

449 Grafico N°9: Evolución del contenido de Mg<sup>+2</sup> en el suelo 25M bajo diferentes  
 450 tratamientos de fertilización–corrección. Letras diferentes representan diferencias  
 451 significativas dentro de los diferentes fertilizantes. (p<0.01).

452 Se analizaron mediante regresión lineal los datos obtenidos a partir de los análisis  
 453 de laboratorio para los diferentes tratamientos.

454 Para el suelo B fertilizado con U se encontró que cuando se comparó los valores  
 455 de pH<sub>A</sub> y pH<sub>P</sub> vs la CIC, Ca<sup>+2</sup> y Mg<sup>+2</sup>, no hay interacción entre ellos. Al comparar la  
 456 materia seca producida con los valores de CIC y los cationes se observó que la relación  
 457 entre los diferentes datos no es significativa arrojando valores de R<sup>2</sup> cercanos a cero, en  
 458 cambio, cuando se analizó la interacción entre el pH<sub>A</sub> y el pH<sub>P</sub> vs la materia seca  
 459 producida, se aprecia que hay una alta relación entre el aumento del pH<sub>P</sub> y el rendimiento

460 en materia seca con valores de  $R^2$  cercanos a uno, en cambio el  $pH_A$  continuó con la  
461 tendencia anterior (figura N° 1, N° 2 y N° 3).

462 Cuando se analizó el efecto de la fertilización con SA no se encontró una relación  
463 entre ambos pH y la CIC, aunque se evidencia una tendencia al aumento de la misma a  
464 medida que disminuye la acidez. Cuando se enfrentan los valores de  $pH_A$  y  $pH_P$  con el  
465  $Ca^{+2}$  se puede apreciar que al aumentar los valores de pH el contenido de dicho catión  
466 también incrementa con una correlación importante entre ellos, a diferencia de lo que  
467 sucede con el  $Mg^{+2}$ , el cual tiende a disminuir. Al comparar el rendimiento en materia seca  
468 con la CIC y ambos cationes, se observa que la producción crece, con cierta relación con  
469 respecto a la CIC y a los cationes, siendo el  $Mg^{+2}$  el que tiende a disminuir con el  
470 aumento del rendimiento. Si bien con los aumentos de pH el rendimiento se incrementa,  
471 no aparece relación entre los datos en cuestión dados los valores arrojados de  $R^2$   
472 cercanos a cero (figura N° 4, N° 5 y N° 6).

473 Analizando lo que ocurre en el suelo de 25M que es fertilizado con U se observa  
474 que hay una alta relación entre el aumento del  $pH_A$  y la disminución del contenido de  
475  $Mg^{+2}$ , a diferencia de lo que ocurre con la CIC y con el contenido de  $Ca^{+2}$ . En cuanto a lo  
476 que sucede con el  $pH_P$  se puede observar que a medida que este va en aumento, el  
477 contenido de  $Ca^{+2}$  también sigue la misma tendencia. Esto mismo se puede apreciar  
478 cuando se analiza la interacción entre el rendimiento y el contenido de  $Ca^{+2}$ , donde el  
479 aumento de la producción tiene relación con la cantidad de dicho catión en el suelo.

480 Analizando lo que sucede con los pH en función de la producción de materia seca se  
481 observa que no hay relación (figura N° 7, N° 8 y N° 9).

482 En lo que respecta al suelo 25M fertilizado con SA se observa que tanto la  
483 concentración de  $\text{Ca}^{+2}$  como de  $\text{Mg}^{+2}$  se encuentran relacionados con los valores de  $\text{pH}_A$  y  
484  $\text{pH}_P$ , aumentando el valor en el primer caso y disminuyendo en el segundo. Por el  
485 contrario los valores de CIC disminuyen con el aumento de los pH (figura N° 10).

486 Cuando la producción de materia seca aumenta, tanto la CIC como el  $\text{Mg}^{+2}$   
487 incrementan su valor, siendo éste aumento mayor en el caso del catión. Lo contrario  
488 sucede con el  $\text{Ca}^{+2}$  que disminuye en función del incremento del rendimiento. Si se  
489 compara el  $\text{pH}_A$  y el  $\text{pH}_P$  con la producción de materia seca observamos que el  
490 rendimiento cae en función del aumento del pH (figura N° 11 y N° 12).

491 Analizando el porcentaje de saturación de bases (%S) en función del  $\text{pH}_A$  y  $\text{pH}_P$  se  
492 observa que en el primer caso, los únicos tratamientos que tienen relación son lo que  
493 fueron fertilizados con SA en ambos suelos, mientras que los otros dos tratamientos que  
494 son fertilizados con U no presentaron relación, arrojando valores e  $R^2$  inferiores a 0.5  
495 (figura N° 13).

496 En el segundo caso, el %S se comporta de manera similar a lo visto anteriormente,  
497 en donde el único tratamiento que no presenta relación es 25M fertilizado con U arrojando  
498 un valor de  $R^2$  cercano a cero, seguido de 25M fertilizado con SA que tienen un valor  
499 medio o intermedio. Los restantes tratamientos pertenecientes a suelos de B presentan

500 valores de  $R^2$  superiores a los 0.9 indicándonos que existe relación entre el aumento del  
501  $pH_p$  y el %S (figura N° 14).

502 Con respecto a la cantidad de materia seca acumulada de raigrás anual, se  
503 observa que el tratamiento que presenta relación entre la producción y el %S es en el  
504 suelo B fertilizado con U, en donde aumenta el rendimiento en función del mismo,  
505 mientras que sucede lo contrario para el suelo 25M fertilizado con SA, disminuyendo a  
506 medida que el rendimiento aumenta. En los tratamientos restantes no hay relación ya que  
507 los valores de  $R^2$  no superan 0.5 (figura N° 15).

## 508 **DISCUSIÓN**

### 509 **Efecto sobre el $pH_A$ actual, $pH_p$ potencial y el rendimiento de raigrás.**

510 La utilización de dolomita como corrector del pH de los suelos es una herramienta  
511 muy efectiva cuando se desea corregir la acidez actual. En el presente trabajo, se evaluó  
512 este efecto en dos suelos con características contrastantes y en ambos suelos el  $pH_A$  se  
513 elevó cuando se empleó el corrector, este incremento se correlaciona con las dosis de  
514 dolomita aplicada, atribuyéndose la magnitud de las variaciones a la capacidad buffer que  
515 presentan los suelos y a la dosis de producto aplicadas. Un suelo con buen poder  
516 regulador es aquel que no tiene cambios importantes de pH ante la adición de productos  
517 como los fertilizantes nitrogenados, o ante otra perturbación causada por el hombre o la  
518 naturaleza. Este poder tampón aumenta con el contenido y tipo de arcilla, materia  
519 orgánica y la composición y concentración de la solución interna. (Zapata Hernández,



2004). Dicho esto atribuimos la escasa variación en el  $pH_A$  en el suelo proveniente de General Belgrano fertilizado tanto con urea como con sulfato de amonio a la capacidad buffer que tiene el suelo con respecto a 25 de mayo, debido a que presenta un mayor contenido de arcilla, de textura franca, con mayor contenido de materia orgánica (6,44%), mayor capacidad de intercambio catiónico ( $25,5 \text{ cmolc kg}^{-1}$ ), porcentaje de saturación (68,7%). Mencionado esto se observa que si bien no registró un incremento del  $pH_A$  cuando se fertiliza con urea, si se expresa cuando se aplica sulfato de amonio. Asimismo, este comportamiento está relacionado con capacidad acidificante de los fertilizantes de acuerdo con lo descrito por Chien *et al.*, 2001 en donde por cada mol de sulfato de amonio se liberan 4 moles de  $H^+$ , mientras que cada mol de urea y nitrato de amonio producen solo 2 moles de  $H^+$ . De esta manera demostrando que la acidez liberada por un mol de sulfato de amonio es mayor que la liberada por un mol de urea.

El suelo proveniente de 25 de mayo, con un contenido de arcilla inferior, y de textura franco-arenoso, con menor contenido de materia orgánica (2,37), menor capacidad de intercambio catiónico (11,6), y porcentaje de saturación (76,2), poseen una baja capacidad tampón que permita amortiguar las variaciones bruscas de la acidez. La capacidad de amortiguación es distinta según el tipo de suelo, en los suelos húmicos es mayor que en suelos arcillosos, mayor que en suelos francos y mayor que suelos arenosos (Irantsu & Mariscal-Sancho, 2002) explicando la magnitud del incremento del  $pH_A$  a medida que la dosis de dolomita crece, y también explicaría el descenso del mismo en el testigo que no presenta corrector.

541 De la misma manera que en el  $pH_A$ , en el  $pH_P$  se atribuyen los cambios en los  
542 valores a la capacidad tampón de los suelos, el suelo proveniente de General Belgrano  
543 fue el que presentó mayor resistencia al cambio. Los valores de  $pH_P$  al ser fertilizado con  
544 sulfato de amonio presentaron cambios significativos que los valores de  $pH_A$ , esto se debe  
545 a que la metodología para determinar  $pH_A$  considera sólo los protones de la solución del  
546 suelo, mientras que el  $pH_P$  cuantifica no sólo los que se encuentran en solución, sino que  
547 también los intercambiables, de esta manera permitiendo realizar una estimación de la  
548 capacidad de acidificación. (Vázquez, 2005)

549 Cabe destacar que en 4 ciclos de producción sin agregado de corrector no se  
550 registró variación en el  $pH_P$  del suelo de General Belgrano cuando se fertiliza con urea,  
551 mientras que cuando se emplea sulfato de amonio, se produce un descenso del mismo  
552 significativo estadísticamente. Sin embargo, se observó un aumento de producción con la  
553 fertilización con urea al igual que lo hicieron González *et al.* (2001) que probaron el  
554 agregado de  $100 \text{ kg ha}^{-1}$  de un granulado calcáreo dolomítico sobre un cultivo de trigo en  
555 San Nicolás, Provincia de Buenos Aires donde los productos fueron aplicados a la  
556 siembra y en línea, simultáneamente con una fertilización fosfórica ( $100 \text{ kg ha}^{-1}$  de fosfato  
557 diamónico) y nitrogenada ( $50 \text{ kg ha}^{-1}$  de urea), en donde las enmiendas produjeron ligeros  
558 incrementos del rendimiento. No se observó lo mismo con SA, donde las variaciones del  
559 rendimiento no fueron significativas, con una pequeña tendencia al incremento. En función  
560 de esto se realizó un análisis de regresión y se halló que existe relación ( $R^2$  de 0,90) entre  
561 el rendimiento en materia seca y el  $pH_p$ , aún cuando las variaciones encontradas no  
562 presentaron diferencias estadísticas. Así mismo Vázquez *et al.* (2002) demostraron que

563 en suelos de la provincia de Buenos Aires, la alfalfa respondió en forma diferencial en  
564 algunos casos, al agregado de caliza y dolomita demostrando la necesidad específica de  
565 alguna de las bases, mientras que en otros casos la respuesta a estos productos fue  
566 equivalente. Este aumento del rendimiento observado podría atribuirse a un leve  
567 incremento en los valores de  $pH_{A}$  y  $P$  que sin llegar a ser significativo estadísticamente  
568 podría originar una mejora en la disponibilidad de nutrientes en el suelo.

569 En ambos suelos estudiados en este trabajo, se evidenció un descenso de los  
570 valores de ambos pH, más significativo cuando se fertilizó con sulfato de amonio y menor  
571 en urea, sin embargo los rendimientos no presentaron una tendencia definida,  
572 aumentaron hasta la dosis de neutralización teórica de corrector ( $528 \text{ Kg ha}^{-1}$ ) en la  
573 fertilización con U, para luego disminuir cuando se aplicó la dosis más alta de corrector  
574 ( $792 \text{ Kg ha}^{-1}$ ). Una respuesta similar encontraron Vázquez *et al.* (2010, 2012) que  
575 comprobaron respuesta a campo de la práctica para los cultivos de alfalfa y soja en suelos  
576 de la región pampeana en donde en ambos casos resultaron más eficientes las dosis  
577 menores de encalado. Asimismo cuando la fertilización se realiza con sulfato de amonio la  
578 producción se mantiene sin diferencias estadísticas que nos indiquen un efecto positivo  
579 del empleo del corrector, pero se observa una tendencia a la disminución a medida que se  
580 hacen crecientes las dosis de corrector aplicadas. Pagani & Mallarino (2012) no  
581 encontraron diferencias en la respuesta de maíz y soja a la aplicación de caliza y  
582 dolomítica en suelos ácidos del estado de Iowa, EEUU. En algunos casos de suelos  
583 encalados se ha demostrado respuesta a la aplicación de fertilizantes fosforados, aun a  
584 valores de P extractable no señalados como limitantes para los cultivos. En esta

585 experiencia los dos suelos presentaban diferente provisión de P (General Belgrano: 47  
586 ppm y 25 de mayo: 18 ppm) siendo una posibilidad la inmovilización temporaria del P  
587 provocada por la precipitación con  $\text{Ca}^{+2}/\text{Mg}^{+2}$  contenidos en los correctores, como lo  
588 indican Vázquez *et al.* (2010, 2012) en donde encuentran una situación de esta naturaleza  
589 en un suelo Argiudol thaptoárgico con pH 5,7 de Lincoln, Provincia de Buenos Aires con  
590 24 ppm de P extractable por método Bray-1

591

## 592 **CONSIDERACIONES FINALES**

593 El empleo de dolomita aperdigonada aplicada en forma conjunta con fertilizantes  
594 nitrogenados permitió neutralizar la acidificación edáfica producida por los mismos en el  
595 proceso de nitrificación, en las dosis ensayadas y en las condiciones experimentales.

596 La neutralización del fertilizante nitrogenado se alcanzó con dosis inferiores a la  
597 calculada teóricamente en función de la cantidad de  $\text{H}^+$  producidos durante el proceso de  
598 nitrificación.

599 Estos resultados permitirían preveer que en suelos de bajo poder buffer la  
600 acidificación alcanza valores inferiores a 4,5, el efecto neutralizante se expresa con mayor  
601 magnitud y la neutralización adquiere importancia. También considerar que en suelos de  
602 baja fertilidad si bien este tipo de encalado disminuye el efecto acidificante, el mismo  
603 redunda en aumentos del rendimiento de raigrás. Esto pone en evidencia la necesidad de  
604 seguir investigando estos ambientes complejos desde el punto de vista de la  
605 sustentabilidad de los agroecosistemas.

606 **BIBLIOGRAFÍA**

- 607 • **Albanesi, R.; Propersi, P.; Preda, G. & De Nicola, M.** 2007. “Familias rurales. El fin de  
608 una historia en el inicio de una nueva agricultura”. Cloquell, S. (coordinadora). Homo  
609 Sapiens Ediciones. Rosario. 200 p.
- 610 • **Alconada, M.** 2010. Reacción del suelo. **Guía de Trabajos Prácticos.** Cátedra de  
611 Edafología, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de La Plata U.N.L.P.
- 612 • **Amaral, A. S.; Anghioni, I. & Deschamps, F. C.** 2004a. Resíduos de plantas de  
613 cobertura e do calcário aplicado na superfície do solo. Revista Brasileira de Ciência do  
614 Solo, v.28, 115-123 p.
- 615 • **Amaral, A. S.; Anghioni, I.; Hinrichis, R. & Bertol, I.** 2004b Movimentação de  
616 partículas de calcário no perfil de um Cambissolo em plantio direto. Revista Brasileira de  
617 Ciência do Solo, v.28, 359-367 p.
- 618 • **Amigone, M.; Kloster, A. M. & Latimori, N.** 1995. EEA INTA Marcos Juárez. Inf. para  
619 Extensión N°18, 13 p.
- 620 • **Andriulo, A.; Pecorari, C. & Torioni, J.** 1991. Distribución del carbono y el nitrógeno del  
621 suelo luego de 10 y 80 años de agricultura continúa. Carpeta de producción Vegetal,  
622 Tomo X, Serie Generalidades, Información 78. EEA Pergamino, INTA. 7 p.
- 623 • **Billett, M. F.; Parker-Jervis, F.; Fitzpatrick, E. A. & Cresser, M. S.** 1990. Forest soil  
624 chemical changes between 1949/50 and 1987. J. Soil Sci. 41, 133–145 p.

- 625 • **Blake, L.; Goulding, K.T.W.; Mott, C.J.B. & Jhonston, A. E.** 1999. Changes in soil  
626 chemistry accompanying acidification over more than 100 years under woodlandygrass at  
627 Rothamsted Experimental Station, UK. *European J. Soil Sci.* 50: 401-412 p.
- 628 • **Bordoli, J. M.** 2005. Encalado de alfalfa E. Chana. Simposio Binacional Impacto de la  
629 Intensificación Agrícola en el Recurso Suelo. Actas 1° Reunión Uruguay de la Ciencia del  
630 Suelo. Colonia del Sacramento, Uruguay, 6-7/10 p.
- 631 • **Boschetti, N.; Quintero, C & Lucca, C.** 2003. Alta producción en suelos de la cuenca  
632 lechera entrerriana. Proyecto Fertilizar. INTA. Disponible en: [www.fertilizar.org.ar](http://www.fertilizar.org.ar). último  
633 Acceso: Noviembre 2015
- 634 • **Ciotta, M.N.; Bayer, C.; Ernani, P.R.; Fontoura, S.M.V.; Albuquerque, J.A. & Wobeto,**  
635 **C.** 2002. Acidificação de um Latossolo sob plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do*  
636 *Solo*, v.26, 1055-1064 p.
- 637 • **Chien, S.; Gearhart, M & Collamer, C.** 2001. Efecto de diferentes fuentes de N  
638 amoniacal sobre la acidificación del suelo. Reporte de International Fertilizer Development  
639 Center. Adaptado por Ing. Ftal. Ana Maria Lupi Disponible en: [www.fertilizar.org.ar](http://www.fertilizar.org.ar). Ultimo  
640 Acceso: Noviembre 2015.
- 641 • **Estelrrich, C. 2012.** Tesis de Grado: Fertilización con sulfato de amonio: efecto sobre el  
642 pH en dos suelos de la Pradera Pampeana. Universidad Nacional de La Plata (UNLP). 64  
643 p.
- 644 • **Espinosa, J. & Molina, E.** 1999 *Acidez y encalado de suelos*. Primera edición.  
645 International Plant Nutrition Institute (IPNI). Quito – Ecuador. 49 p.

- 646 • **Gallardo, A. & Borie, B.** 1999. Sensibilidad y tolerancia de especies y cultivares a  
647 condiciones de acidez. *Frontera Agrícola (Chile)* 5(1-2): 3-18 p.
- 648 • **García, C.; T. Hernández, T. & Costa, F.** 1997. Potential use of dehydrogenase activity  
649 as an index of microbial activity in degraded soils. *Communication. Soil Science and Plant*  
650 *Analysis* 28: 123-134 p.
- 651 • **García, F. O. & González Sanjuan, M. F.** 2013. La nutrición de suelos y cultivos y el  
652 balance de nutrientes: ¿Cómo estamos? *Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica:*  
653 9: 2-7 p.
- 654 • **Díaz Zorita, M. & Gonella, C. A.** (1995). Fertilización nitrogenada de verdeos de invierno  
655 en la región noroeste bonaerense. I, Producción primaria neta. *Revista argentina de*  
656 *producción animal*, 15(1). 216-218p
- 657 • **González, B.; Gambaudo, S.; Bersano, D.; Tenorio, D.; Neifert, J. & Osenda, D.** 2001.  
658 Enmiendas en trigo. *Fertilizar* 6(23): 18-19 p.
- 659 • **Irantzu, G. & Mariscal-Sancho, I.** 2002. Incidencia de los fertilizantes sobre el pH del  
660 suelo. Fertiberia S.A. Disponible en:  
661 [http://oa.upm.es/3176/2/MARISCAL\\_MONO\\_2002\\_01.pdf](http://oa.upm.es/3176/2/MARISCAL_MONO_2002_01.pdf). Ultimo Acceso: Noviembre 2015.
- 662 • **Iturri, L.; Buschiazzo, D. & Díaz-Zorita, M.** 2010. Acidification evidences of no-tilled soils  
663 of the central Region of Argentina. *Ciencia del Suelo* 29(1):13-19 p.
- 664 • **IPNI, International plant Nutrition Institute.** Sulfato de amonio. Fuentes de Nutrientes  
665 Específicas. Disponible en: [www.ipni.net/specifics](http://www.ipni.net/specifics). Ultimo acceso: noviembre 2015.

- 666 • **Moreyra, F.; Giménez, F.; López, J. R.; Tranier, E.; Ortellado, M. R.; Krüger, H.; Mayo,**  
667 **A. & Labarthe, F.** 2014. Verdeos de invierno: utilización de verdeos de invierno en  
668 planteos ganaderos del sudoeste bonaerense. Primera edición. Bordenave, Buenos Aires:  
669 Ediciones INTA. E-Book. 52 p.
- 670 • **Navarrete, D.; Gallopín, G.; Blanco, M.; Díaz-Zorita, M.; Ferraro, D.; Herzer, H.;**  
671 **Lattera, P.; Morello, J.; Murmis, M.; Pengue, W.; Piñeiro, M.; Podestá, G.; Satorre,**  
672 **E.; Torrent, M.; Torres, F.; Viglizzo, E.; Caputo, M. & Celis, A.** 2005. Análisis sistémico  
673 de la agriculturización en la pampa húmeda argentina y sus consecuencias en regiones  
674 extra pampeanas: sostenibilidad, brechas de conocimiento, e integración de políticas.  
675 CEPAL. 65 p.
- 676 • **Parisi, V.** 1989. Biología y Ecología del suelo. Blume Ecología N° 6, Barcelona. 169  
677 p.**Pagani, A. & Mallarino, A. P. 2012.** Soil pH and crop grain yield as affected by the  
678 source and rate of lime. Soil science society of America journal, 76(5), 1877-1886 p.
- 679 • **Pérez Habiaga, G.; Buschiazzo, D. & Diaz-Zorita, M.** 2012. Ph edáfico y rendimiento de  
680 cultivos estivales en la región pampeana. Actas XIX Congreso Latinoamericano y XXIII  
681 Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, 16 al 20 de abril de 2012. Mar del Plata,  
682 Argentina. Acta: versión digital.
- 683 • **Rearte, D.** 1996. La integración de la ganadería argentina. INTA, SAGPyA. 48 p.
- 684 • **Salvagiotti, F.; Pedrol, H.; Castellarín, J.; Capurro, J.; Felizia, J.; Gargicevich, A.;**  
685 **Gentile, O.; Méndez, J. & Trentino, N.** 2002. Diagnóstico de la fertilización nitrogenada

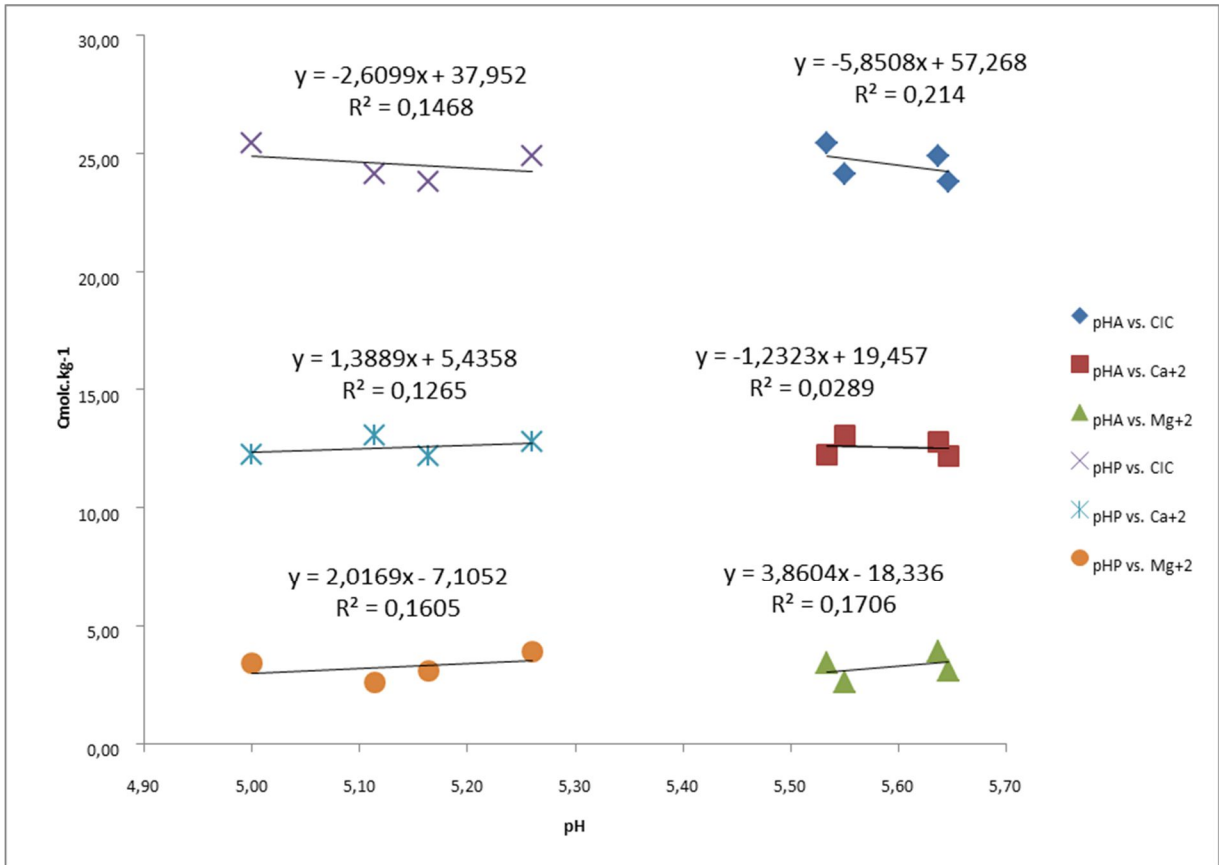


- 686 en maíz. I Relación entre la respuesta en rendimiento y la disponibilidad de N a la  
687 siembra. Para Mejorar la Producción N° 20. EEA Oliveros INTA. 67 – 70 p.
- 688 • SAGPyA **SAMLA-PROMAR**. 2004. (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y  
689 Alimentación de la Nación Argentina. Dirección de Producción Agrícola). Sistema de  
690 Apoyo Metodológico a los Laboratorios de Análisis de Suelos (SAMLA). Versión  
691 Electrónica.
- 692 • **Scheneiter, J. O.** 2014. El Raigrás anual en las regiones Pampeana y sur de la  
693 Mesopotamia. EEA Pergamino. 38 p.
- 694 • **Vázquez, M.; Piro, A.; Millán, G. & Lanfranco, J.** 2002. Pautas para el diagnóstico de la  
695 problemática asociada a suelos ácidos de zonas templadas subhúmedas. Revista de la  
696 Asociación Argentina de la Producción Animal 23(2): 69-80 p.
- 697 • **Vázquez, M. E.** 2005. Acidez del suelo. En: Tecnologías en análisis de suelos. Eds. L.  
698 Marbán y S. Ratto.. AACCS. Buenos Aires. 69-88 p.
- 699 • **Vázquez, M.** 2007. Calcio y Magnesio del suelo. Encalado y enyesado. En Fertilidad de  
700 suelos y fertilización de cultivos. Ed. Echeverría H, García F. Argentina, Buenos Aires:  
701 INTA, Cap 8: 161-188 p.
- 702 • **Vázquez, M.; Terminiello, A.; Casciani, A.; Millán, G.; Gelati, P.; Guilino, F.; García**  
703 **Díaz, J.; Kostiria, J. & García, M.** 2010. Influencia del agregado de enmiendas básicas  
704 sobre la producción de alfalfa (*Medicago sativa* L.) en ámbitos templados argentinos.  
705 Ciencia del Suelo 28 (2): 141-154 p.

- 706 • **Vázquez, M.;Terminiello, A.; Casciani, A.; Millán, G.; Cánova, D.; Gelati, P.; Guilino,**  
707 **F.; Dorronzoro, A.; Nicora, Z.; Lamarche, L & García, M.** 2012. Respuesta de la soja  
708 (glicine max l.merr) a enmiendas básicas en algunos suelos de las provincias de Buenos  
709 Aires y Santa Fe. Ciencia del Suelo 30(1): 43-55 p.
- 710 • **Vázquez, M. & Pagani, A.** 2012. Calcio y Magnesio del suelo. Encalado y enyesado.  
711 Fertilidad de suelo y fertilización de cultivos. Ed Echeverría H., García F. INTA, Bs. As.,  
712 Argentina, ya impreso.
- 713 • **YPF SA.** 2015. Productos y servicios. Disponible en:  
714 <http://www.ypf.com/ProductosServicios/Documents/UREA>. Ultimo acceso: diciembre  
715 2015.
- 716 • **Zanoniani, R. A.** 2000. Consideraciones a tener en cuenta en la elección de verdeos de  
717 invierno. Comunicación técnica. Revista Canque Nro. 18/Mayo 2000. 22-26 p.
- 718 • **Zapata Hernandez, R.** 2004. La química de la acidez del suelo. SCCS. Medellin,  
719 Colombia. 270 p.
- 720
- 721
- 722
- 723
- 724
- 725
- 726

727 **ANEXO I**

728 Figura N° 1: Regresión con el coeficiente de determinación del modelo entre  $pH_A$  y  $p$  con la  
729 CIC (capacidad de intercambio catiónico),  $Ca^{+2}$  y  $Mg^{+2}$ . Tratamiento en suelo B fertilizado  
730 con U más corrector ( $BUC_x$ ).



731

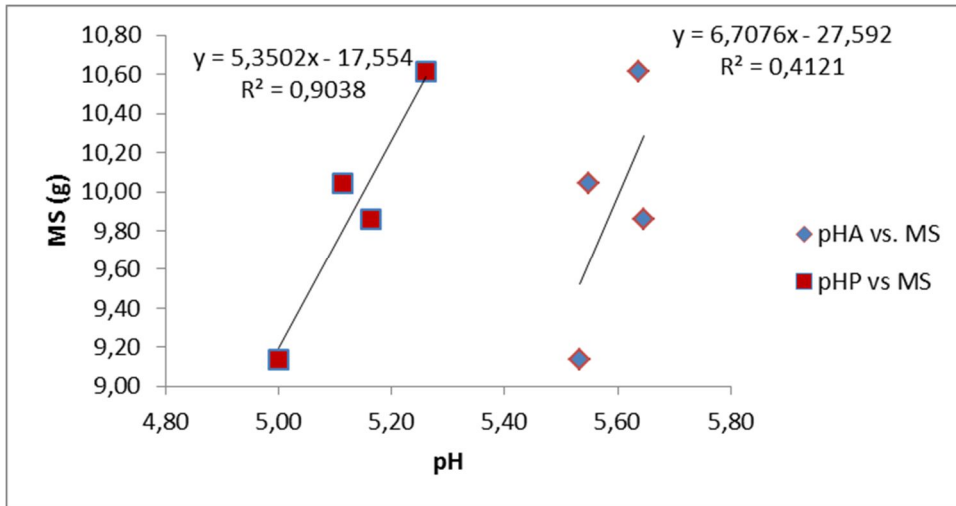
732

733

734

735

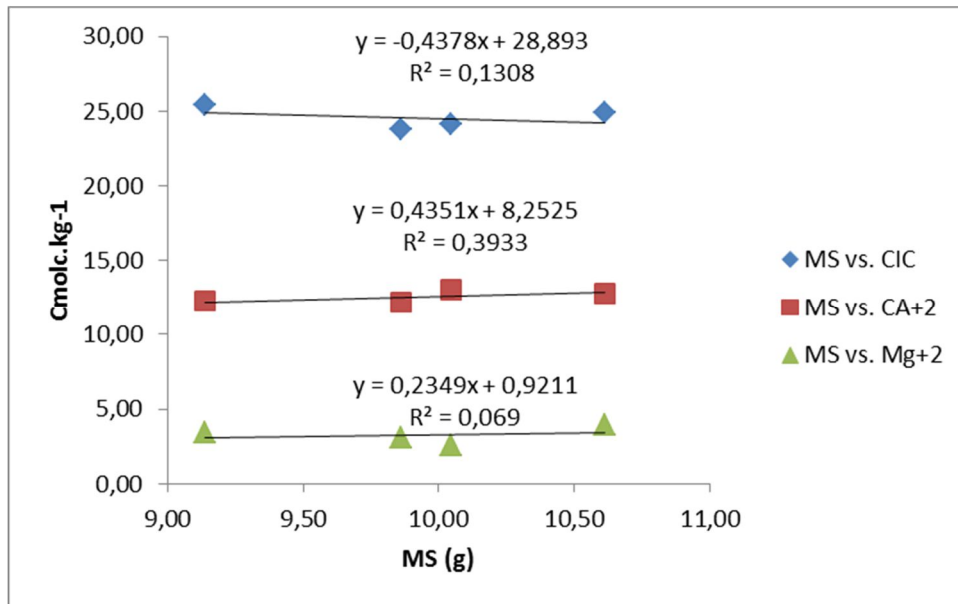
736 Figura N°2: Regresión con el coeficiente de determinación del modelo entre  $pH_A$  y  $P$  vs.  
737 Materia Seca (MS). Tratamiento en suelo B fertilizado con U más corrector (BUC<sub>x</sub>).



738  
739  
740  
741  
742  
743  
744  
745  
746  
747  
748

749 Figura N°3: Regresión con el coeficiente de determinación del modelo entre la Materia  
750 Seca (MS) y CIC (capacidad de intercambio catiónico),  $\text{Ca}^{+2}$  y  $\text{Mg}^{+2}$ . Tratamiento en suelo

751 B fertilizado con U más corrector (BUC<sub>x</sub>)



752

753

754

755

756

757

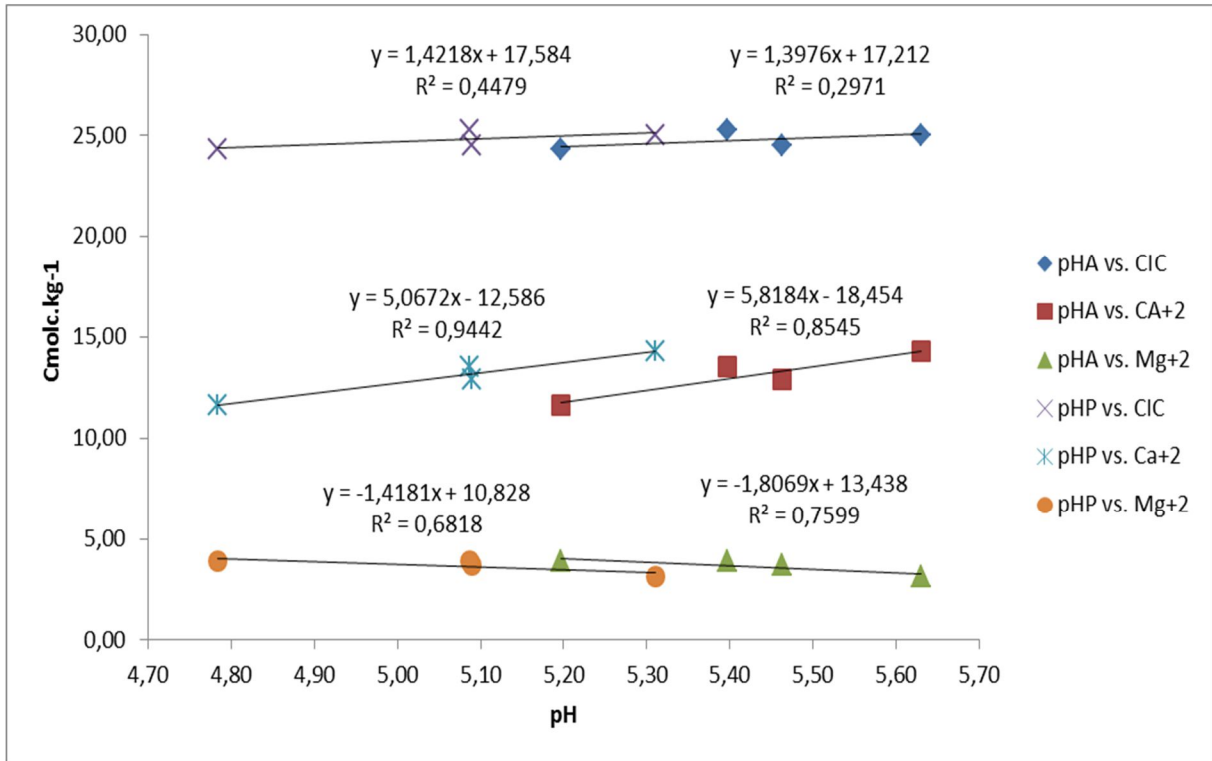
758

759

760

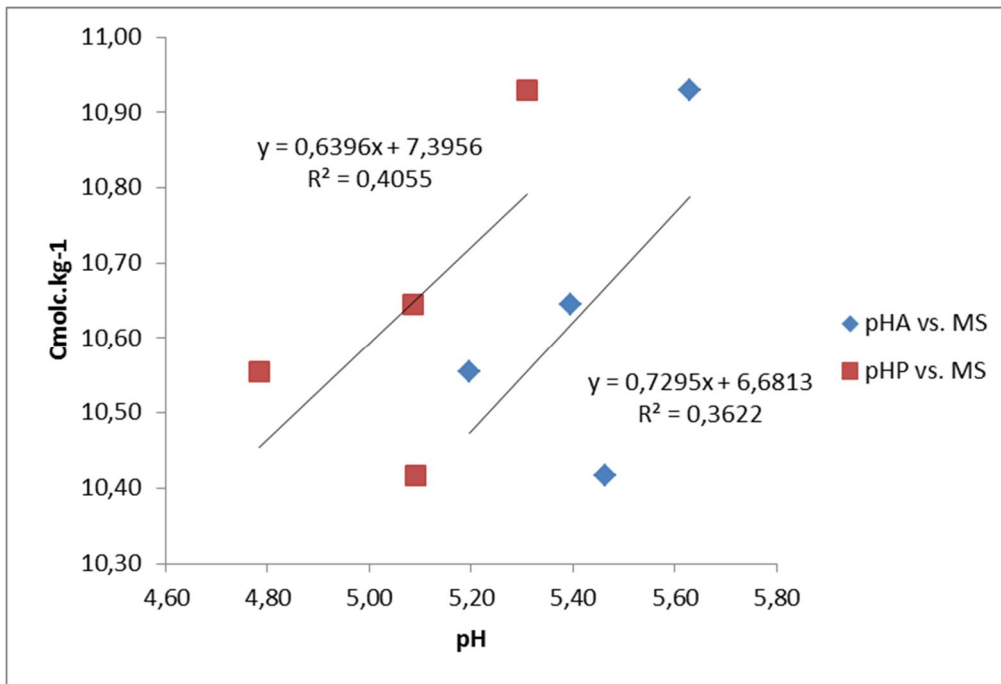
761

762 Figura N° 4: Regresión con el coeficiente de determinación del modelo entre  $pH_A$  y  $p$  con la  
 763 CIC (capacidad de intercambio catiónico),  $Ca^{+2}$  y  $Mg^{+2}$ . Tratamiento en suelo B fertilizado  
 764 con SA más corrector (BSAC<sub>x</sub>).



765  
 766  
 767  
 768  
 769  
 770  
 771  
 772

773 Figura N°5: Regresión con el coeficiente de determinación del modelo entre  $pH_A$  y  $P$  vs.  
774 Materia Seca (MS). Tratamiento en suelo B fertilizado con SA más corrector (BSAC<sub>X</sub>).



775

776

777

778

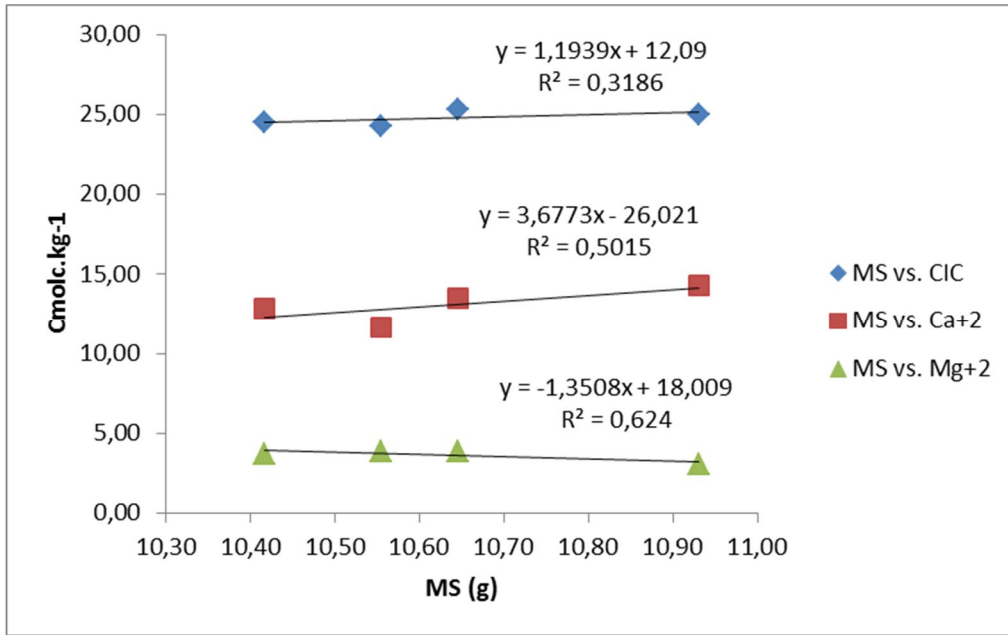
779

780

781

782

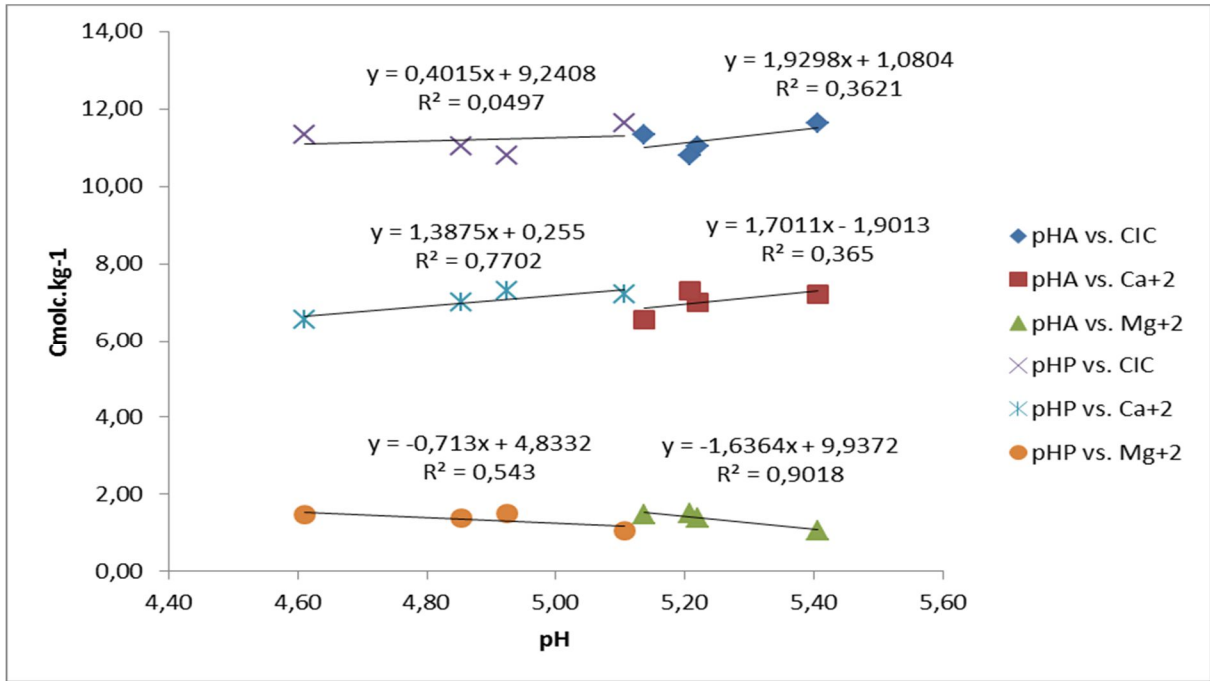
783 Figura N°6: Regresión con el coeficiente de determinación del modelo entre la Materia  
784 Seca (MS) y CIC (capacidad de intercambio catiónico), Ca<sup>+2</sup> y Mg<sup>+2</sup>. Tratamiento en suelo  
785 B fertilizado con SA más corrector (BSAC<sub>x</sub>).



786  
787  
788  
789  
790  
791  
792  
793  
794

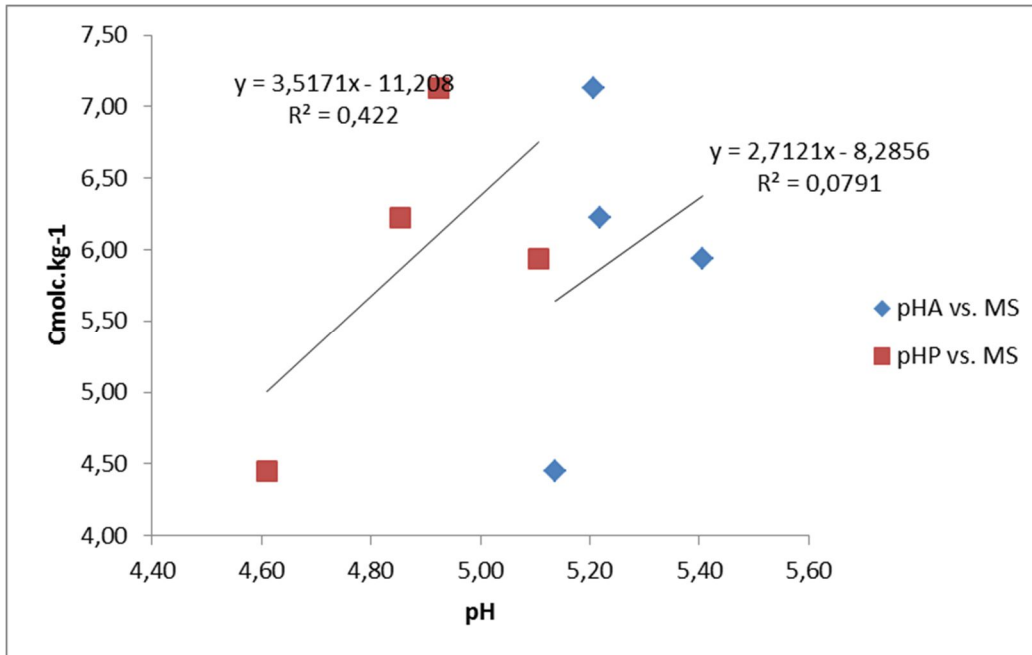


795 Figura N° 7: Regresión con el coeficiente de determinación del modelo entre  $pH_A$  y  $p$  con  
 796 la CIC (capacidad de intercambio catiónico),  $Ca^{+2}$  y  $Mg^{+2}$ . Tratamiento en suelo 25M  
 797 fertilizado con U más corrector (25MUC<sub>x</sub>).



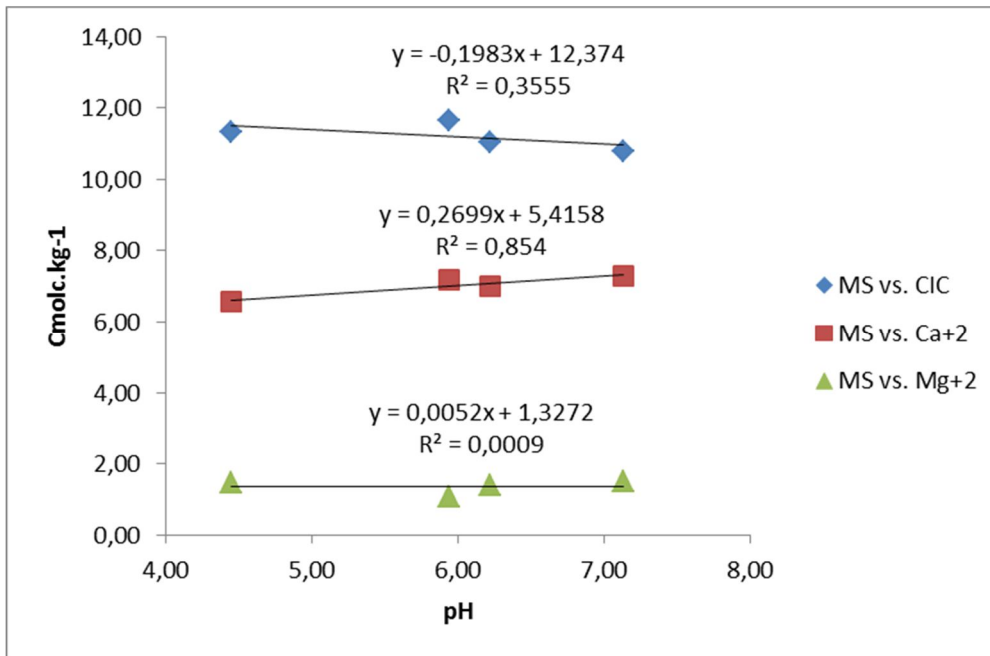
798  
 799  
 800  
 801  
 802  
 803  
 804  
 805  
 806

807 Figura N°8: Regresión con el coeficiente de determinación del modelo entre  $pH_A$  y  $P$  vs.  
808 Materia Seca (MS). Tratamiento en suelo 25M fertilizado con U más corrector (25MUC<sub>x</sub>).



809  
810  
811  
812  
813  
814  
815  
816  
817

818 Figura N°9: Regresión con el coeficiente de determinación del modelo entre la Materia  
819 Seca (MS) y CIC (capacidad de intercambio catiónico),  $\text{Ca}^{+2}$  y  $\text{Mg}^{+2}$ . Tratamiento en suelo  
820 25M fertilizado con U más corrector (25MUC<sub>x</sub>).



821

822

823

824

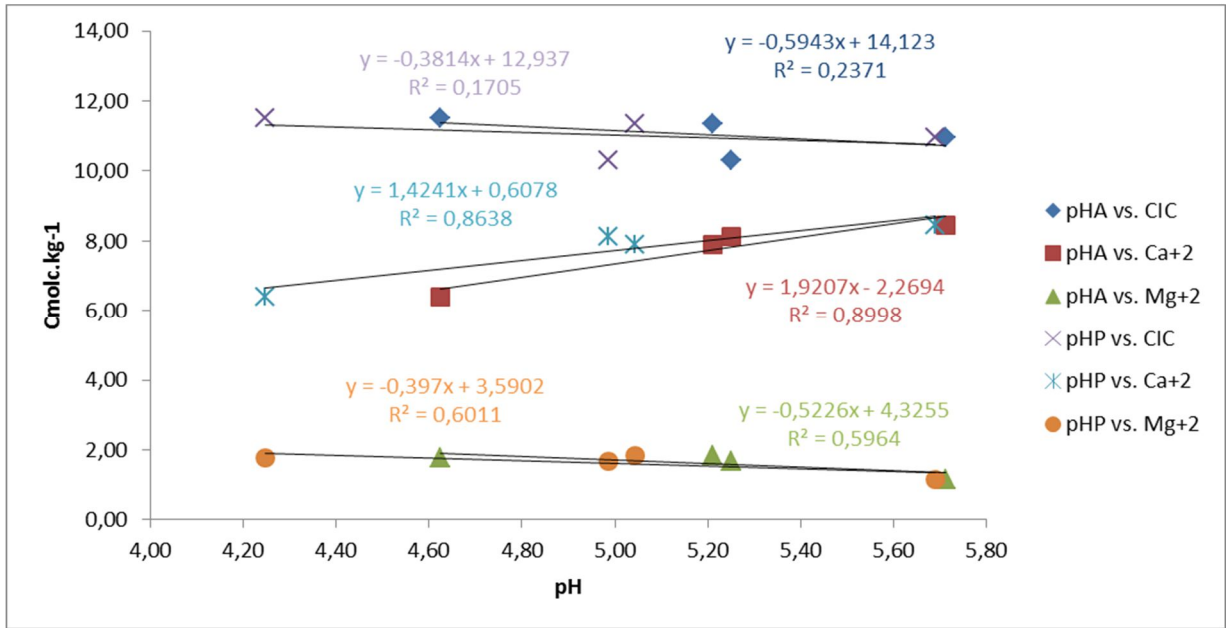
825

826

827

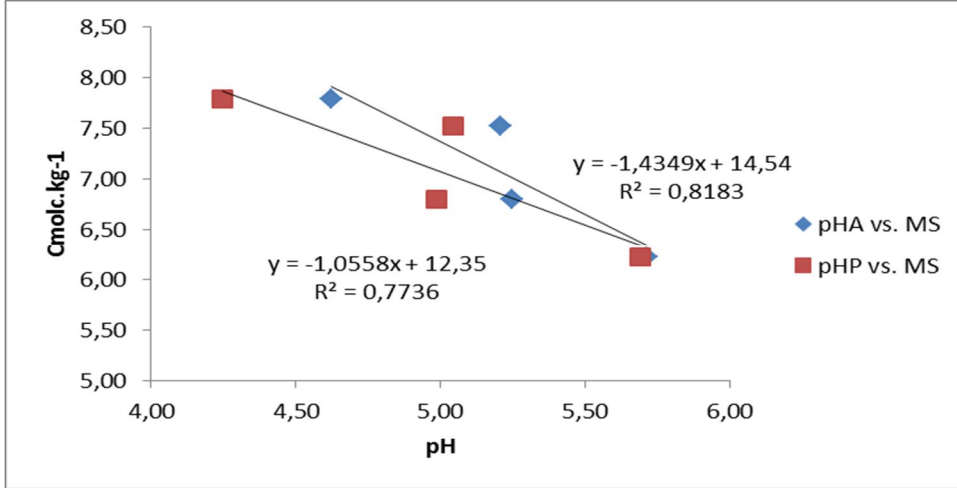
828

829 Figura N° 10: Regresión con el coeficiente de determinación del modelo entre  $pH_A$  y  $P$  con  
830 la CIC (capacidad de intercambio catiónico),  $Ca^{+2}$  y  $Mg^{+2}$ . Tratamiento en suelo 25M  
831 fertilizado con SA más corrector (25MSAC<sub>x</sub>).



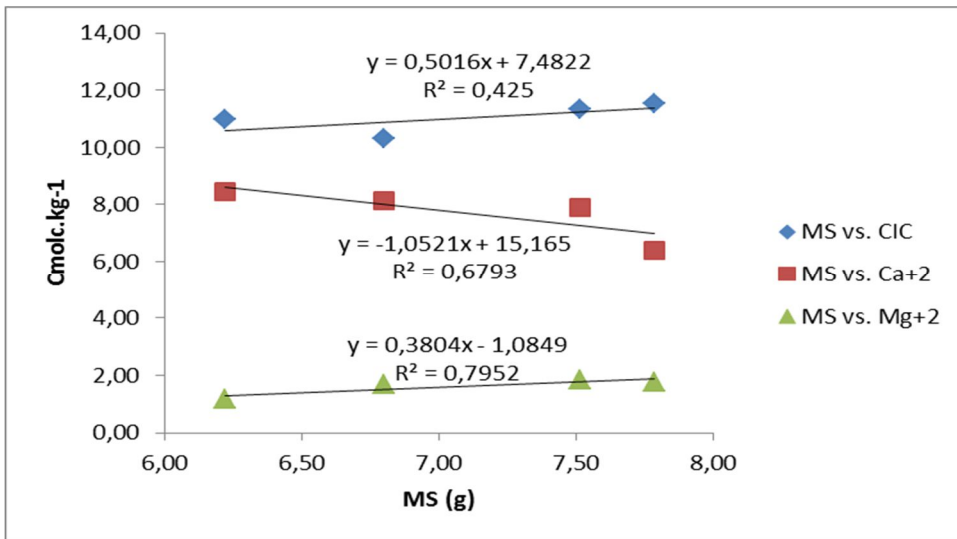
832  
833  
834  
835  
836  
837  
838  
839  
840  
841

842 Figura N°11: Regresión con el coeficiente de determinación del modelo entre  $pH_A$  y  $p$  vs.  
843 Materia Seca (MS). Tratamiento en suelo 25M fertilizado con U más corrector (25MUC<sub>x</sub>).



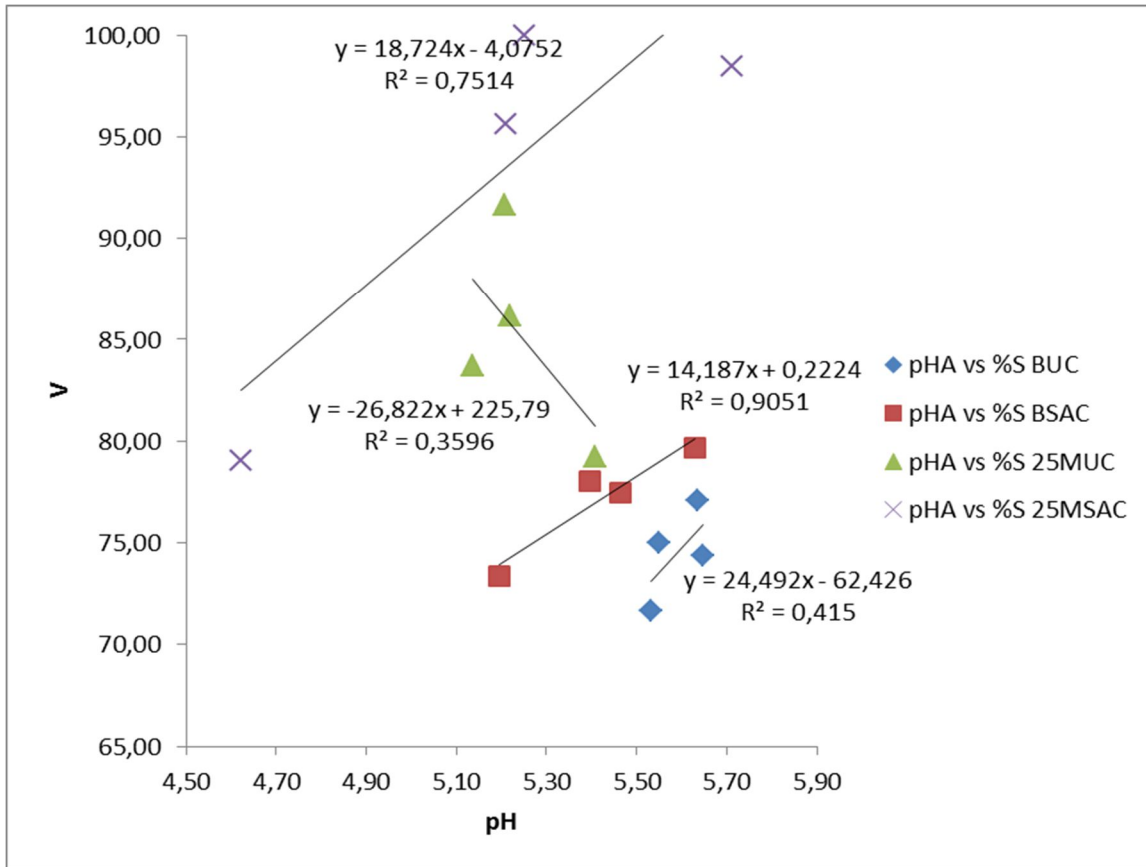
844

845 Figura N°12: Regresión con el coeficiente de determinación del modelo entre la Materia  
846 Seca (MS) y CIC (capacidad de intercambio catiónico),  $Ca^{+2}$  y  $Mg^{+2}$ . Tratamiento en suelo  
847 25M fertilizado con SA más corrector (25MSAC<sub>x</sub>).



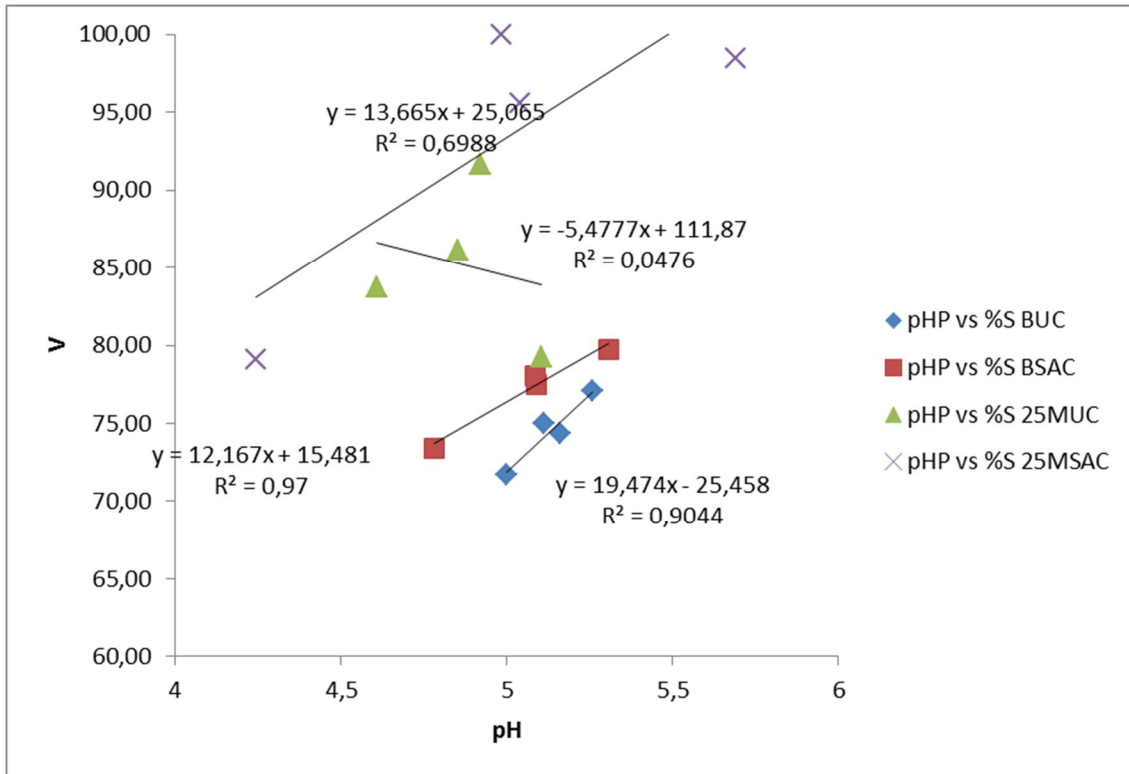
848

849 Figura N°13: Regresión con el coeficiente de determinación del modelo entre el pH<sub>A</sub> y V  
 850 (%) de los diferentes tratamientos BUC<sub>x</sub>, BSAC<sub>x</sub>, 25MUC<sub>x</sub>, 25MSAC<sub>x</sub>.



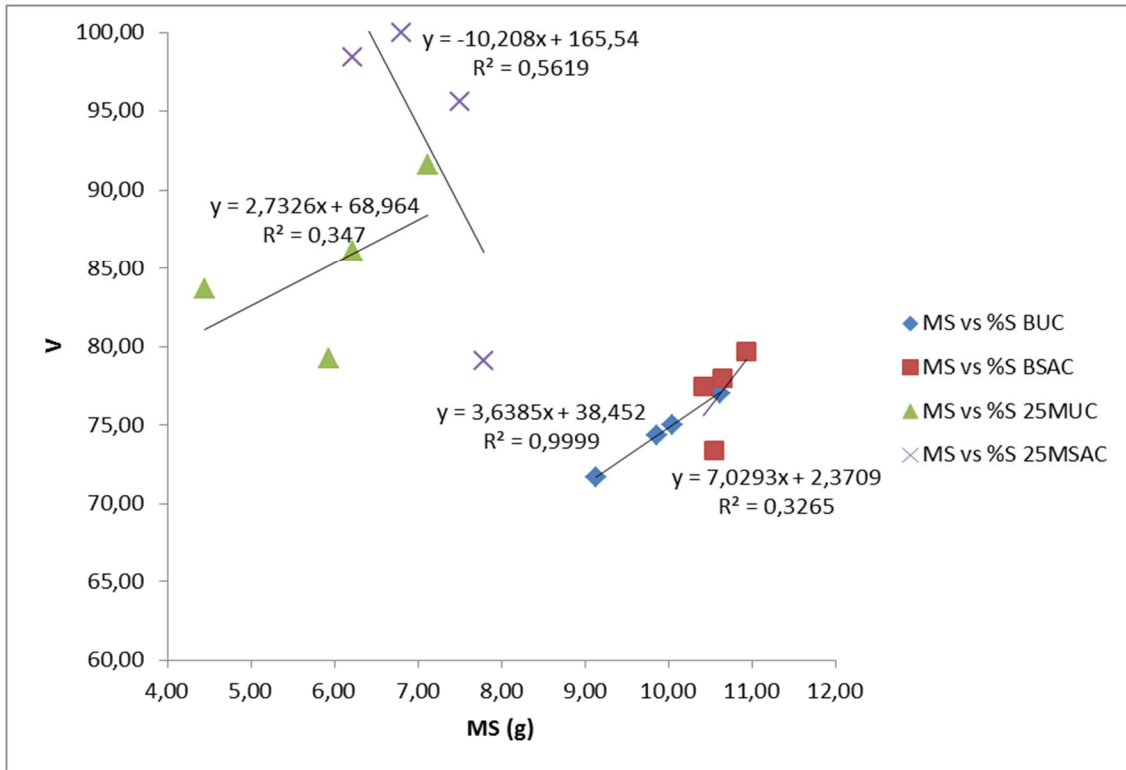
851  
 852  
 853  
 854  
 855  
 856

857 Figura N°14: Regresión con el coeficiente de determinación del modelo entre el pH<sub>p</sub> y V  
858 (%) de los diferentes tratamientos BUC<sub>x</sub>, BSAC<sub>x</sub>, 25MUC<sub>x</sub>, 25MSAC<sub>x</sub>.



859  
860  
861  
862  
863  
864  
865  
866

867 Figura N°15: Regresión con el coeficiente de determinación del modelo entre la Materia  
868 Seca (MS) y V (%) de los diferentes tratamientos BUC<sub>x</sub>, BSAC<sub>x</sub>, 25MUC<sub>x</sub>, 25MSAC<sub>x</sub>.



869

870