

# INFORMACIÓN QUÍMICA DE ARGIUDOLES DEL CENTRO DE SANTA FE (ARGENTINA)<sup>1</sup> 2) PH Y CATIONES INTERCAMBIABLES, POTASIO, CALCIO Y MAGNESIO

PILATTI, M. A.<sup>2</sup>; GRENON, D. A.<sup>3</sup> & CARRIZO, M. E.<sup>4</sup>

## RESUMEN

Se da a conocer información sobre los tenores de pH, potasio, calcio y magnesio intercambiable de Argiudoles del centro de la provincia de Santa Fe. También se presenta el análisis de diversas relaciones de nutrimentos (Ca:Mg, Ca:K, K:Mg). Los datos corresponden a muestras tomadas del horizonte A (0 a 30 cm) entre 1998 y 2002.

Además, se presenta una ecuación que permite para cada determinación analítica conocer cuántas submuestras deben integrar una muestra compuesta para obtener cierto porcentaje de exactitud y precisión.

La reacción del suelo es adecuada para la mayoría de los cultivos implantados en la Región, excepto para la alfalfa.

Los niveles de potasio encontrados resultan satisfactorios para la nutrición de los principales cultivos que se realizan en la Región.

Los contenidos de calcio y magnesio intercambiable en  $\text{cmol}/\text{kg}$  de los lotes evaluados aún son adecuados para el crecimiento de los cultivos más practicados de la zona.

*Palabras claves:* Argiudoles, pH, potasio, magnesio, calcio, cationes intercambiables, agotamiento.

## SUMMARY

### **Chemical information of Argiudolls of the center of Santa Fe (Argentina) II) pH and interchangeable cations, potassium, calcium and magnesium.**

This research shows information of pH, potassium, calcium and interchangeable magnesium of Argiudolls of the center of the Santa Fe state. The analysis of several relationships of nutriments is also presented (Ca:Mg, Ca:K, K:Mg). The data correspond to samples of the A horizon (0-30 cm) that were taken from 1998 to 2002.

Also, for each analytic determination an equation is presented, which allows knowing how many sub-samples should integrate a composite sample to obtain certain percentage of accuracy and precision.

---

1.- Facultad de Ciencias Agrarias (UNL). (3080) Kreder 2805, Esperanza, provincia de Santa Fe. Email: mpilatti@fca.unl.edu.ar. Trabajo subsidiado por Secretaría Políticas Universitarias (2006): "Potencialidad y vulnerabilidad de la base de recursos naturales del departamento Las Colonias (Santa Fe, Argentina)" y UNL CAI+D (2006). Proy 49, Prog. 7 y CAI+D 2006.

2.- Ing. Agrónomo, M.Sc. en Riego y Drenaje. Profesor Asociado de Edafología, FCA (UNL).

3.- Ing. Agr., DCSI. Profesor Asociado de Agromática, FCA (UNL).

4.- Ing. Agrónoma, Becaria de CONICET. Pasante Graduada en Edafología FCA (UNL).

Manuscrito recibido el 1º de octubre de 2007 y aceptado para su publicación el 8 de febrero de 2008.

*M.A. Pilatti et al.*

---

The soil reaction is adequate for most of the crops of the region, except for lucerne.

Levels of potassium are satisfactory for the nutrition of the main crops that are produced in the Region. The contents of calcium and interchangeable magnesium in  $\text{cmolc kg}^{-1}$  of the evaluated plots are still sufficient for the crop growth.

Key words: Argiudolls, pH, potassium, magnesium, calcium, interchangeable cationes, exhaustion

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### REACCIÓN DEL SUELO (pH)

En la Fig. 1 se observa las frecuencias relativas porcentuales; el 84% de los valores de pH está entre 5,6 y 6,2, con un promedio de 5,9. Sólo el 5% de los lotes de la Región presentan valores de pH inferiores a 5,6.

Los valores del cuartil superior corresponden a muestras extraídas bajo alambrado o de situaciones naturales, con un valor de pH promedio de 6,2. En el otro extremo -el valor promedio del cuartil inferior- correspondiente a las situaciones de acidez acentuada, presenta un pH de 5,6. Esto indica que hubo, aproximadamente, una disminución de 0,6 unidades de pH por acción antrópica.

El coeficiente de variación de los datos fue de 4% indicando baja dispersión de los valores alrededor del valor medio que es de 5,9. Aplicando la ecuación 1 se verifica que, para obtener una exactitud de 2% y una precisión del 95%, la muestra compuesta debería estar integrada por 16 submuestras ( $n$ ), así en 95 de 100 casos que se analicen, el

valor de pH estará  $\pm 2\%$  del valor informado en el análisis.

Melgar *et al.*, (2003) mencionan que en la región pampeana el 10% de los lotes agrícolas presenta problemas de acidez con pH menores a 5,8; 25% con problemas menos severos con niveles de pH entre 5,8 y 6,2 y un 30% entre 6,2 y 6,5. En este trabajo alrededor del 20% de los lotes presentan pH menores a 5,8; en cambio cerca del 60% de los casos tiene pH entre 5,8 y 6,2. Carrizo (2007) analizando 32 de lotes en los primeros 30 cm de profundidad en esta Región encontró que el 30% de los lotes presentaba pH inferior a 5,4, el 40% de los casos evaluados tenían pH entre 5,4 y 5,7 y sólo el 7% pH entre 5,9 y 6,1.

La alfalfa, principal forrajera de los sistemas ganaderos de la Región, disminuye su capacidad de producción al ser cultivada en éstos suelos que tienen valores medios de pH inferiores a los requeridos. Cultivos como trigo, soja, sorgo y girasol son medianamente tolerantes entre un intervalo de 5,5-6 (Rowel, 1992), los cuales no tendrían su cre-

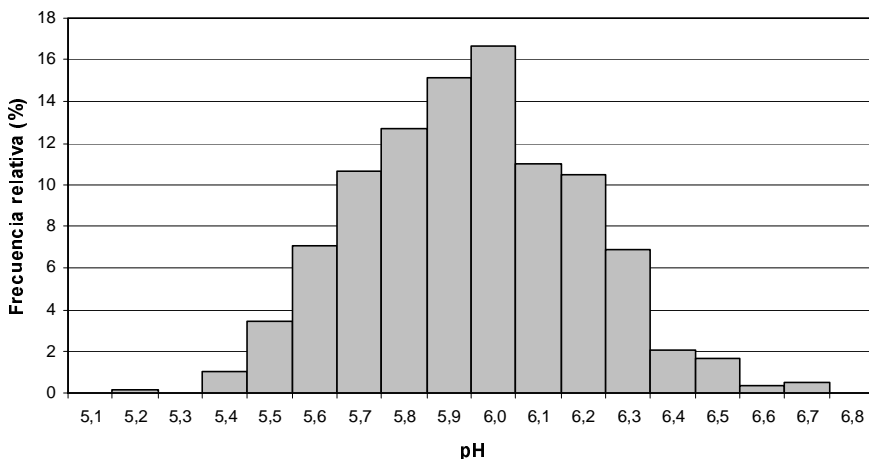


Fig. 1: Distribución de frecuencias relativas de la reacción del suelo (pH) correspondientes a 581 muestras del horizonte A de Argiudoles del centro de Santa Fe

cimiento afectado por los valores de pH encontrados en la Región.

Gambaudo y Fontaneto (1996); Vivas (1999); Gambaudo *et al.* (2001) y Gambaudo y Micheloud (2002) para realizar ensayos de encalado utilizaron al comienzo de sus experiencias valores de pH ubicados por debajo del cuartil inferior de esta serie de datos; encontrando diferencias importantes en los rendimientos de los cultivos debidas al encalado.

### POTASIO INTERCAMBIABLE

En la Fig. 2 se observa la distribución de frecuencias relativas del potasio intercambiable la cual presenta una concentración de los datos en los valores inferiores. Los valores más frecuentes están en el intervalo 234-362 g Mg<sup>-1</sup>, (45% de los datos). El valor promedio es de 342 g Mg<sup>-1</sup>.

Considerando que los valores superiores corresponden a muestras extraídas bajo alambrado o de situaciones naturales, el horizonte superficial de estos suelos presenta más de 428 g Mg<sup>-1</sup> con valores que superan los 600 g Mg<sup>-1</sup>, siendo en promedio 514 g Mg<sup>-1</sup>.

En contraparte, si el cuartil inferior corresponde a lotes agotados se observa que todo valor inferior a 261 g Mg<sup>-1</sup> corresponde a esa situación. En promedio los lotes agotados presentan sólo el 44% del potasio que hay en la situación prístina.

Cuando un suelo presenta menos de 100 ppm el nivel de potasio recién resulta pobre para los cultivos (Demolón, 1932, 1960; Cobertera, 1993). De ahí que el nivel de potasio aún resulta satisfactorio para la nutrición de los principales cultivos que se realizan en la Región.

Los tréboles y la alfalfa muestran elevadas exigencias en potasio, especialmente si han de competir con gramíneas en las praderas (Wild, 1992). La cantidad de potasio que deben ser absorbidos para producir una tonelada de grano o materia seca el maíz, soja, trigo, girasol y alfalfa es de 19, 33, 19, 28 y 21 kg respectivamente (García, 2003). En los lotes estudiados los requerimientos de estos cultivos –los más practicados en la zona– tienen ampliamente cubiertas las necesidades de este nutriente para producir rendimientos aceptables.

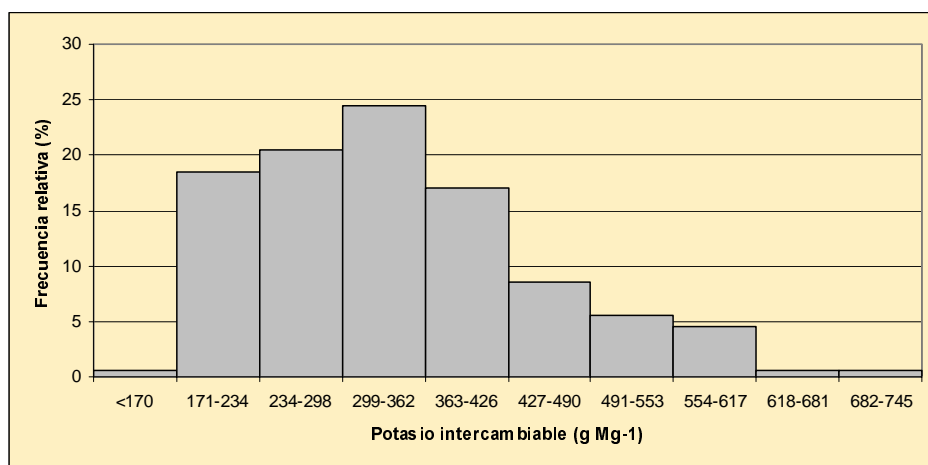


Fig. 2: Distribución de frecuencias relativas del contenido de potasio intercambiable correspondientes a 200 muestras del horizonte A de Argiudoles del centro de Santa Fe.

Si se considera una profundidad de 30 cm y una densidad del suelo de 1,35 g/cm<sup>3</sup>, en promedio en la zona se habrían perdido y exportado con la producción –al menos- 1514 kg de K/ha.

A partir del análisis de los datos pueden distinguirse cuatro categorías de lotes, los que:

- a) poseen un elevado contenido de K (más de 405 g Mg<sup>-1</sup>);
- b) aún mantienen un contenido alto (cuartil medio superior, entre 328 y 405 g Mg<sup>-1</sup>);
- c) se encuentran en proceso de agotamiento, corresponden a los ubicados en el cuartil medio inferior entre 261 y 328 g Mg<sup>-1</sup>.
- d) presentan agotamiento con menos de 261 g Mg<sup>-1</sup>.

Si bien los contenidos de K son elevados en comparación con otras zonas del país o regiones del mundo, debido a los materiales de origen de estos suelos, se evidencia que aproximadamente un 10% de los lotes presentan dotaciones inferiores a 210 g Mg<sup>-1</sup>,

correspondiendo a una situación de agotamiento de las reservas.

El coeficiente de variación poblacional de los lotes laboreados es de 23%, por lo tanto según la Ecuación 2, el número de submuestras que deberían componer una muestra compuesta para lograr un 10% de exactitud y 95% de precisión, es de 21. Carrizo (2007) analizando 32 lotes en la misma profundidad encontró un coeficiente de variación similar (28%) indicando baja homogeneidad de los valores respecto del valor medio y valores de K satisfactorios para el crecimiento y desarrollo de los cultivos tradicionales de esta Región.

**DISTRIBUCIÓN DEL POTASIO INTERCAMBIABLE EN EL PERFIL**

Al analizar la distribución relativa de potasio en el perfil (Fig. 3), en los primeros 30 cm, se puede observar la extracción de este nutriente por los cultivos dentro de la profundidad enraizable y un aumento de su concentración en superficie producto de los residuos vegetales

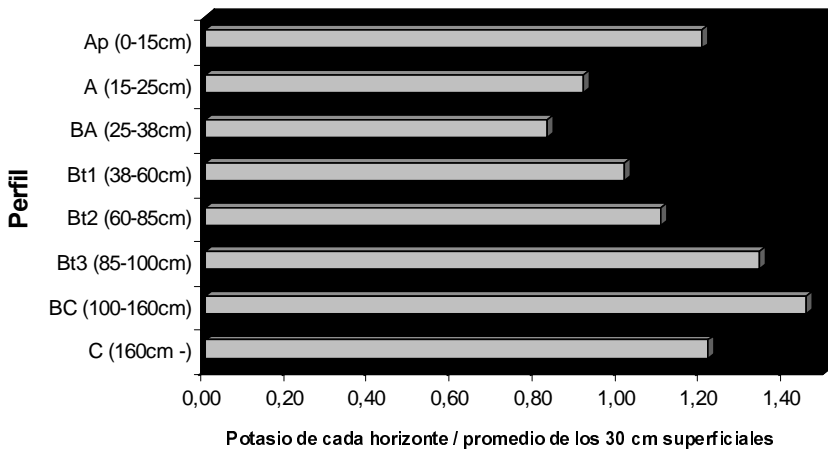


Fig. 3: Distribución relativa de potasio intercambiable en los diversos horizontes de un perfil característico de Argiudoles del centro de Santa Fe, respecto al tenor evaluado de 0 a 30 cm

### CALCIO INTERCAMBIABLE

La Fig. 4 muestra la distribución de frecuencias relativas porcentuales de calcio intercambiable. El 43% de los valores se encuentran entre 9,3 y 11,0  $\text{cmol}_c/\text{kg}$  y el promedio es de 9,0  $\text{cmol}_c/\text{kg}$ .

Los valores del cuartil superior corresponden a muestras extraídas bajo alambrado o de situaciones naturales, con un valor promedio de 11,4  $\text{cmol}_c/\text{kg}$  de Ca. Los lotes con mayor grado de agotamiento (promedio cuartil inferior) presentan una media de 8,1  $\text{cmol}_c/\text{kg}$ , es decir que se ha consumido 29% del Ca original. Si bien a este contenido se lo puede considerar aún como moderado para la nutrición de la mayoría de los cultivos (Cobertera, 1993), su efecto sobre otras propiedades del suelo, como la estabilidad estructural, coloca a estos lotes en situación de alarma respecto de su deterioro.

Para una profundidad de 30 cm y una densidad del suelo de 1,35  $\text{g}/\text{cm}^3$ , en promedio en la zona se habrían perdido y exportado con la producción 1944 kg de Ca/ha.

El coeficiente de variación es del 16%. Por lo tanto, según la ecuación 1, para obtener una exactitud del 0,05 (5%) y una precisión del 95% la muestra compuesta debería estar integrada por 41 submuestras ( $n$ ), así en 95 de 100 casos que se analicen, el valor de Ca del análisis estará  $\pm 5\%$  del valor actual de cada lote.

Dada la naturaleza calco-magnésica de los materiales sedimentarios, el complejo de intercambio aparece saturado en esos elementos (De Petre *et al.*, 1977).

Carrizo (2007) analizó 32 lotes en los 0-30 cm de profundidad y encontró al igual que en este trabajo que los datos de Ca intercambiable presentan un bajo coeficiente de variación (15%), y que la mayoría de los lotes (60%) presentan contenidos de calcio entre 8,3-11  $\text{cmol}_c/\text{kg}$ .

Gambaudo (2000); Gambaudo *et al.*, (2001); Vivas *et al.*, (2001); Vivas y Quaino (2002) los niveles de calcio intercambiable que tomaron como punto de partida para llevar a cabo experiencias de encalado, corres-

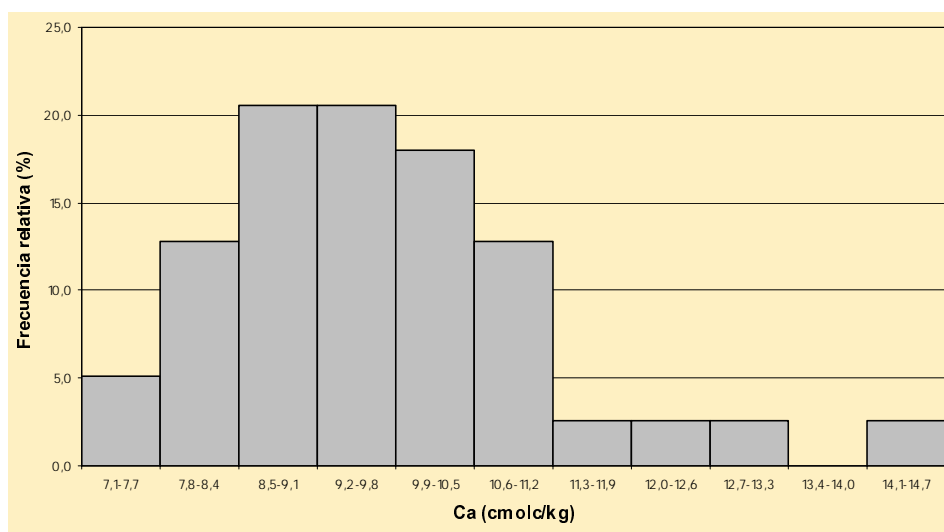


Fig. 4: Distribución de frecuencias relativas del contenido de calcio intercambiable correspondiente a 40 muestras del horizonte A de Argiudoles del centro de Santa Fe.

ponden en esta serie de datos a valores ubicados debajo del cuartil inferior, luego de la experiencia encontraron diferencias en los niveles de calcio con respecto a los contenidos iniciales y respuesta en los rendimientos de los cultivos.

**MAGNESIO INTERCAMBIABLE**

En la Fig. 5 se muestra la distribución de frecuencias relativas porcentuales, se observa una gran dispersión de resultados. Sin embargo, se puede constatar que aproximadamente el 80% de los datos se encuentran con contenidos muy elevados para la nutrición vegetal (Darwich, 1998; Cobertera, 1993).

Considerando que los valores del cuartil superior corresponden a muestras extraídas bajo alambrado o de situaciones naturales, se puede inferir que los Argiudoles de esta zona presentan un contenido de Mg superior a 2,3 cmol/kg cuando no están deteriorados. Si se acepta que los datos del cuartil inferior corresponden a los lotes degradados se observa que todo valor inferior a 1,2 cmol/kg corresponde a esta situación de

agotamiento. En promedio los lotes muy deteriorados presentan el 43% del Mg que hay en la situación prístina.

El coeficiente de variación fue de 17%; para obtener una exactitud del 0,05 (5%) y una precisión del 95% la muestra compuesta debería estar integrada (ecuación 1) por 46 submuestras (*n*), así en 95 de 100 casos que se analicen, el valor de Mg del análisis estará ± 5% del valor actual de cada lote.

Carrizo (2007) halló que el contenido promedio de Mg en 32 lotes analizados en los primeros 30 cm de profundidad en esta Región fue de 1,6 cmol/kg con contenidos máximos y mínimos de 3,9 y 0,5 cmol/kg, encontrando los niveles más frecuentes (40% de los lotes) entre 1,2-1,9 cmol de Mg/kg.

Vivas *et al.*, (2001); Vivas y Quaino (2002); Gambaudo y Micheloud (2002) para llevar a cabo ensayos de encalado los niveles de magnesio intercambiable que utilizaron como testigo, son valores ubicados debajo del cuartil inferior en esta serie de datos, representan valores de magnesio pobres; luego del ensayo hallaron diferencias en los nive-

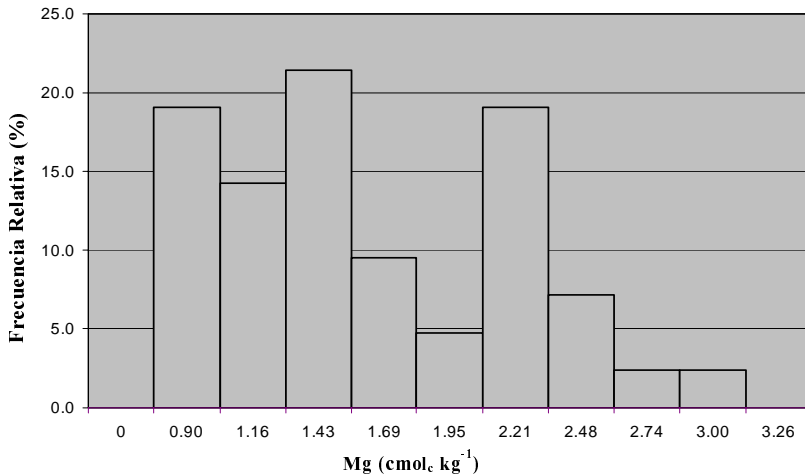


Fig. 5: Distribución de frecuencias relativas del contenido de magnesio intercambiable correspondientes a 40 muestras del horizonte A de Argiudoles del centro de Santa Fe.

les de magnesio y obtuvieron beneficios productivos con respecto al comienzo de la experiencia. Sandoval (1984) trabajando con el Chaminade también había detectado deficiencias de Mg.

### RELACIONES ENTRE NUTRIMENTOS

La relación Ca/Mg debe estar entre 4 y 7,5 para que no se presenten antagonismos (Albrecht, 1967). En la Fig. 6 se ve que cerca del 20% de los datos está por debajo de aquella relación y el 28% por encima.

Por lo tanto, según Albrecht (1967) en el 28% de los lotes aquí estudiados los cultivos presentarían problemas en la absorción de Mg como consecuencia de la interacción que provoca el Ca. En estos lotes se esperaría respuesta a la adición de Mg. En el 20% de los lotes existe predominancia del Mg sobre el Ca por lo que es esperable respuesta a la adición de éste.

Albrecht (1967) propone que las proporciones del calcio respecto al potasio se deberían encontrar entre 15:1 a 38:1. Según lo anterior el 22% los lotes aquí estudiados presentan relaciones inferiores a las indicadas,

lo que supone que los cultivos que se desarrollen en estos lotes presentarían problemas en la absorción del calcio por antagonismo del potasio. Este problema se fundamenta además por el hecho de que los porcentajes de potasio dentro del complejo de intercambio son ampliamente mayores y los de calcio son inferiores a los necesarios para lograr una nutrición vegetal equilibrada. Por lo tanto es factible de esperar respuesta a la adición de calcio en los lotes que presenten este tipo de condiciones. No se encontraron relaciones superiores a 38.

Con respecto a deficiencias de Mg, producto de un antagonismo con el K, la totalidad de los suelos analizados presentan una relación K/Mg inferior a 1,5, límite superior para los cultivos extensivos (Vázquez, 2005) por lo que nos existen interferencias del K en la absorción de Mg. Todas las relaciones estudiadas se ubican entre 0,11 y 0,6.

### CONCLUSIONES

Los principales cultivos de la Región -trigo, soja, sorgo y girasol- no tendrían su cre-

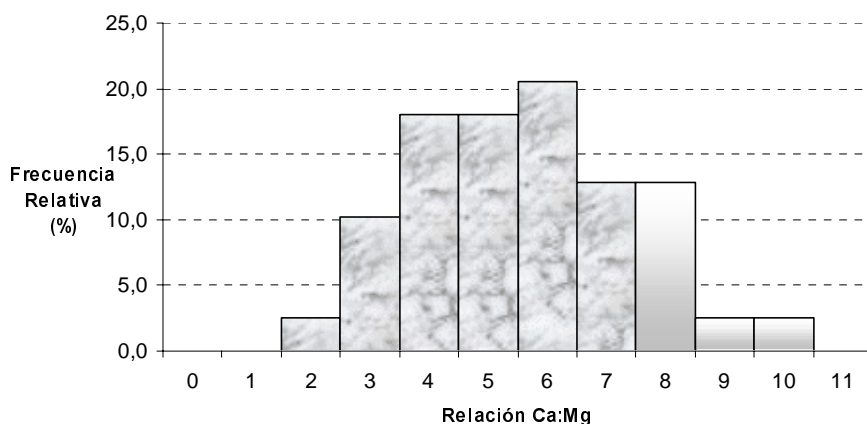


Fig. 6: Distribución de frecuencias relativas de la relación Ca:Mg correspondientes a 40 muestras del horizonte A de Argiudoles del centro de Santa Fe.



cimiento afectado por los valores de pH encontrados, aunque la principal forrajera -alfalfa- disminuye su capacidad de producción al ser cultivada en suelos que tienen valores de pH inferiores a los requeridos.

Las necesidades de potasio de los cultivos más practicados en la zona tienen ampliamente cubiertos los requerimientos para producir rendimientos aceptables.

Los contenidos de calcio y magnesio aún son suficientes para la nutrición de los cultivos, pero si se considerarían respecto de su porcentaje en el complejo de intercambio la aplicación de enmiendas cálcicas y magnésicas es necesaria en un importante número de lotes de la Región.

Alrededor del 50% de los casos evaluados presentan relaciones Ca/Mg inapropiadas provocando antagonismos. Un 22% de los lotes presentan problemas en la absorción del calcio por antagonismo del potasio. En todos los casos analizados las relaciones K/Mg son apropiadas.

Se determinó para el pH y los cationes intercambiables el número de submuestras que deberían integrar una muestra compuesta con determinado porcentaje de exactitud y precisión.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece la colaboración al Profesor Lázaro Priano †, por sus enseñanzas y confiabilidad analítica en el Servicio de Suelos de la Facultad de Ciencias Agrarias (UNL), a los ingenieros Mauricio Moresco y Maximiliano Weidmann por la compilación de datos.

## NOTAS

1.- La exactitud indica cuan cercano está el valor del análisis de suelo respecto del promedio real del campo. La precisión describe la reproducibilidad de los resultados.

2.- Para el uso de esta fórmula, se supone que: los datos se distribuyen normalmente; que es válido el teorema de límite central y que la información de cada propiedad contenida en cada sondeo es aditiva.

## BIBLIOGRAFÍA

- ALBRECHT, W.A.** 1967. Soil reaction (pH) and balanced plant nutrition mimeographed booklet distributed by the author. Obra no vista referencia tomada de FAITHFULL, N.T. 2005. Métodos de Análisis Químicos Agrícolas. Manual Práctico. Ed.: Acricbia. España. 292 pp.
- CARRIZO, M. E.** 2007. "Reacción del suelo (pH) y complejo intercambiable en Argiudoles del centro de Santa Fe. Prospección regional y cambios a la adición de carbonato de calcio". Tesis de Grado. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Litoral. Esperanza (Santa Fe). 69 pp.
- COBERTERA, E.** 1993. Edafología aplicada. Ed.: Cátedra. Madrid. 326 pp.
- DARWICH, N.A.** 1998. Manual de fertilidad de suelos y uso de fertilizantes. Mar del Plata. 182 pp.
- DE PETRE, A.; L.M. ESPINO; M.A. SEVESO Y S. PERMAN.** 1977. Carta de suelo del departamento Las Colonias. Esc. 1: 200000. Santa Fe. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Dirección General de Suelos y Aguas.
- DEMOLON, A.** 1932. Principes d' agronomie. I. Dynamique du sol. Dunod. Paris. 347 pp. Obra no vista referencia tomada de ORELLANA, J.A. de; L.J.J. Priano y M.A. Pilatti. 1988. Niveles de pH y de nutrimentos

- en Argiudoles de Las Colonias. (Santa Fe). FAVE III (1-2): 51-57.
- DEMOLON, A.** 1960. Principes d' agronomie. I. Dynamique du sol. Dunod. Paris. 560 pp. Obra no vista referencia tomada de ORELLANA, J.A. de; L.J.J. Priano y M.A. Pilatti. 1988. Niveles de pH y de nutrientes en Argiudoles de Las Colonias. (Santa Fe). FAVE III (1-2): 51-57.
- GAMBAUDO, S.** 2000. Enmiendas calcáreas en la producción de trigo. [http://rafaela.inta.gov.ar/publicaciones/misc\\_92\\_7.htm](http://rafaela.inta.gov.ar/publicaciones/misc_92_7.htm). Acceso Mayo de 2008.
- GAMBAUDO, S. & H. FONTANETTO.** 1996. Respuesta del cultivo de soja al encalado. INTA EEA Rafaela. Área de Investigación Agronomía. Información Técnica N° 201. 3p.
- GAMBAUDO, S. & H. MICHELOUD.** 2002. Momento de aplicación de una dolomita para corregir la acidez edáfica. INTA EEA Rafaela. Anuario 2002.
- GAMBAUDO, S.; A. ZAMPAR; L. TOMATIS & O. QUAINO.** 2001. Respuesta de la alfalfa a la aplicación de dos enmiendas calcáreas. [http://www.inta.gov.ar/rafaela/info/documentos/anuario2000/a2000\\_p93.htm](http://www.inta.gov.ar/rafaela/info/documentos/anuario2000/a2000_p93.htm). Acceso 15 de Febrero 2008.
- GARCIA, F. O.** 2003. Hacia la sustentabilidad nutricional de los suelos. Resúmenes del primer seminario de AAPRESID para estudiantes. AAPRESID. 101 pp.
- GRUPO INFOSTAT.** 2002. Infostat/Profesional versión 1.1 Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina.
- M.A.G.** 1982. Toma de Muestra y determinaciones analíticas en suelos y aguas. Ministerio de Agricultura y Ganadería de Santa Fe. 152 pp.
- MELGAR, R.; M. E. CAMOZZI & J. LAVANDERA.** 2003. Trigo: fertilización con potasio, azufre y magnesio. Proyecto Fertilizar. INTA. <http://www.fertilizar.org.ar>. Acceso Mayo de 2008.
- ROWELL, D.** 1992. Acidez y alcalinidad del suelo. En: Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russell. Editado por Alan Wild. Capítulo 25: 885-940.
- SANDOVAL, P.** 1984. Exploración de deficiencias nutritivas en suelos de la Unidad Demostrativa de producción de Leche de Esperanza (UDPELE). Tesis de Grado. Facultad de Agronomía y Veterinaria de Esperanza. 12pp.
- VÁZQUEZ, M.** 2005. Calcio y magnesio, acidez y alcalinidad en el suelo. (pp. 161-188). En: H. ECHEVERRÍA Y F. GARCÍA (eds.). Fertilidad de suelos y fertilización de cultivos. Ed. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Balcarce.
- VIVAS, H.** 1999. Alfalfa: influencia del calcio en la eficiencia de fertilización fosfatada. Dptos Las Colonias y La Capital (Sta. Fe). Informaciones Agronómicas del Cono Sur. INPOFOS. 4:7.
- VIVAS, H. & O. QUAINO.** 2002. Fertilización y refertilización fosfatada de alfalfa, con y sin enmienda cálcica. [http://rafaela.inta.gov.ar/anuario2000/a2000\\_p87.htm](http://rafaela.inta.gov.ar/anuario2000/a2000_p87.htm). Acceso Mayo de 2007.
- VIVAS, H.S.; H. FONTANETTO & R. ALBRECHT.** 2001. Fertilización con calcio, magnesio y azufre sobre la producción de maíz en dos sitios del centro de Santa Fe. [http://rafaela.inta.gov.ar/anuario2001/a2001\\_130.htm](http://rafaela.inta.gov.ar/anuario2001/a2001_130.htm). Acceso Mayo de 2008.
- WILD, A.** 1992. Condiciones de suelo y desarrollo de las plantas según Russell. Ed.: Mundi-Prensa. Madrid. 1045 pp.