

“Evaluación de propiedades edáficas en suelos acidificados de la Región Pampeana Argentina, incidencia en la producción agropecuaria, diagnóstico y tratamiento”

Grupo de Investigación:

Directores: Dra. Mabel Vázquez, Ing. Agr. Antonino Terminiello, Ing. Agr. Mirta García, Ing. Agr. Laura De Luca, Ing. Agr. Roberto Michelena, Ing. Agr. Carlos Irurtia

Institución:

Cátedra de Edafología, Departamento de Ambiente y Recursos Naturales, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata, Argentina

Contactos:

Electrónico:

mvazquez@agro.unlp.edu.ar

amtermi@ceres.agro.unlp.edu.ar

Postal:

FCAyF/UNLP, CC31, La Plata (CP 1900), Argentina

Temática:

La acidificación edáfica en ámbitos templados como la Pradera Pampeana Argentina, responde a causas naturales, pero fundamentalmente a causas antrópicas, principalmente, la exportación de elementos básicos (calcio, magnesio, potasio) por la producción y el empleo de fertilizantes ácidos.

Desde el punto de vista de la producción vegetal, los perjuicios son: disminución y desbalance de los nutrientes básicos, afectación de la dinámica de otros nutrientes, propiedades físicas y procesos microbiológicos.

Algunos suelos de la Región Pampeana padecen en la actualidad este fenómeno, especialmente a consecuencia de su historia productiva, que en la mayor parte de los casos supera la centuria, con la modalidad de la prácticamente nula reposición de estos elementos y el uso creciente de fertilizantes nitrogenados de las últimas décadas. La situación ha llegado al punto de comprometer la posibilidad de desarrollar ciertas especies vegetales exigentes en este sentido. El grupo de investigación trabaja desde hace varios años en la evaluación de las causas naturales/antrópicas de la acidificación edáfica de algunas subregiones del área, las propiedades químicas, físicas y microbiológicas de los suelos afectados y su incidencia en la producción vegetal, particularmente de soja y alfalfa, brindando pautas para su diagnóstico, tratamiento y recuperación. Los resultados obtenidos hasta el presente muestran una amplia difusión areal de la problemática, modificaciones negativas de la fertilidad química, física y microbiológica causadas por la misma, la necesidad de criterios científicos para la elección del corrector más apropiado para el tratamiento y su dosis, así como la importante respuesta cuali y cuantitativa a la aplicación de productos enalantes.

DINÁMICA EDÁFICA DE CORRECTORES DE LA ACIDEZ Y YESO APLICADOS SUPERFICIALMENTE EN UN SUELO BONAERENSE

VÁZQUEZ Mabel, Antonino TERMINIELLO, Guillermo MILLÁN. Ariel GUSSONI SALU. Juan M. ALVAREZ

FCAyF/UNLP. Av. 60 y 119, La Plata (1900). TE 0221-4236758 Int. 428.E-mail: mvazquez@agro.unlp.edu.ar

Introducción

Diferentes suelos de ámbitos templados sujetos a actividades productivas agrícolas y pecuarias prolongadas, sin una reposición de nutrientes que garantice situaciones de equilibrio, conducen, en particular para aquellos elementos químicos sin aportes naturales, a situaciones de empobrecimiento de la fertilidad química (Juo et al., 1995; Cruzate y Casas 2004; Gelati y Vázquez, 2004; Vázquez, 2005). Algunos fertilizantes se han usado con más asiduidad, tal el caso de aquellos conteniendo nitrógeno y fósforo. Otros elementos, entre ellos los de carácter básico, como calcio y magnesio, prácticamente no han tenido reposición en éstos ámbitos, en especial en Argentina. Paralelamente, el incremento del uso de fertilizantes acidificantes (Juo et al., 1995; Barak et al., 1997), sumados a procesos naturales como la lixiviación de bases (Irrutia et al., 2004), han conducido, en conjunto, a la acidificación progresiva de algunos suelos. Existen evidencias del fenómeno en la región Pampeana Argentina (Vivas, 2004; González y Gambaudo, 2004; Vazquez, 2005).

El tratamiento de esta problemática se realiza mediante el agregado de diferentes enmiendas denominadas, genéricamente, productos encalantes. Los más utilizados en la actualidad son la caliza (CaCO_3) y la dolomita ($\text{CaCO}_3/\text{MgCO}_3$). La escasa solubilidad de estos minerales, en particular cuando no son incorporados mediante las labranzas, podría comprometer la eficiencia de su empleo en el corto y mediano plazo. Cabe señalar que para la campaña 2004/2005, alrededor de 16 millones de hectáreas, en Argentina, se implantaron bajo el sistema de siembra directa (AAPRESID, 2005). En este contexto y para otros ámbitos se ha planteado la posibilidad de la adición conjunta de estos productos con yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), por su condición de mayor solubilidad y eventual incidencia sobre la de las enmiendas citadas (Saigusa et al., 1996; Bakker et al., 1999; Salvada Wadt y Oliveira Wadt, 1999). Adicionalmente, el contenido de S del yeso, podría tener beneficios en cultivos de leguminosas, especies particularmente sensibles a la acidez.

Producida la solubilización de las enmiendas, los iones básicos interactúan con las fases sólida y líquida del suelo, en particular intercambiándose en el complejo coloidal. La dinámica del intercambio estará afectada por la modificación del pH del suelo, a través de su incidencia en las cargas variables producida por las propias enmiendas, así como por la naturaleza y concentración de los iones presentes tanto en la solución interna como externa del suelo, naturales y aportados (Blake et al., 1999). Adicionalmente, cabe esperar un comportamiento particular para cada situación textural y mineralógica. La escasa experiencia nacional en el uso de estas enmiendas en ámbitos templados y la complejidad de la dinámica edáfica expuesta, señalarían la necesidad de mayores estudios en éste área temática.

Se plantea como hipótesis que la adición superficial de correctores carbonáticos de la acidez con agregado de yeso, afecta la dinámica del movimiento descendente de las bases. El objetivo de este trabajo es evaluar la dinámica del movimiento descendente de las bases en el horizonte superior de un suelo de tipo Hapludol Thaptoárgico tratado en superficie con CaCO_3 , $\text{CaCO}_3/\text{MgCO}_3$ y $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

Materiales y Métodos

Suelo: horizonte superficial (0- 20 cm) de un suelo Hapludol Thaptoárgico de la localidad de Roberts, Pdo. de Lincoln, al NO de Bs. As, correspondiente a la Serie Ortiz de Rozas, flia. franca, fina, mixta y térmica. En la Tabla 1 se muestran los datos analíticos del suelo utilizado.

Ensayo: las unidades experimentales fueron columnas de suelo no perturbado de 20 cm de largo por 10 cm de diámetro. Para ello el suelo fue muestreado mediante un barreno dentro del cual se instaló un tubo de PVC, al que posteriormente se le colocó un papel de filtro y una malla metálica en la parte inferior para evitar pérdida de suelo. La interfase superficial tubo-suelo se selló con parafina a los fines de prevenir la circulación preferencial del agua por la misma. Los tratamientos aplicados fueron: T (testigo), C1000 (equivalente a 1000 kg ha⁻¹ de CaCO₃), D1000 (equivalente a 1000 kg ha⁻¹ CaCO₃/MgCO₃, en proporciones habituales de la dolomita; 54 % de CaCO₃ y 46% MgCO₃), C1000y, D1000y (ambos productos con la adición del equivalente a 500 kg ha⁻¹ de CaSO₄.2H₂O). Se hicieron 3 repeticiones de cada tratamiento. Todos los productos fueron drogas comerciales pulverulentas y se aplicaron superficialmente emulando una aplicación en condiciones de siembra directa. Las columnas fueron mantenidas a 90 % de la capacidad de campo, mediante riegos diarios con agua destilada. Al cabo de 15 días se procedió a aplicaciones semanales de volúmenes correspondientes a 150% de la capacidad de campo (equivalente a 6,81 mm semanales, 108,94 mm en todo el período) y se recogieron los lixiviados a lo largo de 16 semanas.

Análisis de laboratorio: se realizó análisis químico de los lixiviados, según metodología estandarizada (SAGPyA, 2004), determinándose Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Na⁺, CO₃⁼, CO₃H⁻ y SO₄⁼.

Análisis estadístico: se realizó análisis de la varianza paramétrico de cada una de las variables medidas y comparaciones múltiples por el método de Dif. Mín. Sign. (LSD).

Tabla 1. Datos analíticos del suelo utilizado (0-20 cm).

pH 1:2,5	pH extr. sat.	C.E. dS.m ⁻¹	C.I.C. -----	Determinación				P mg kg ⁻¹	M.O. -----g kg ⁻¹ --	Nt	Clase text.
				Ca ⁺⁺ (int)	Mg ⁺⁺ (int)	Na ⁺ (int)	K ⁺ (int)				
5.7	5.44	0.49	14.1	7.9	1.4	0.1	2.0	11	25	1,35	franco

Resultados

En las Figuras 1 a 6 se ilustran los resultados de los cationes y aniones lixiviados a lo largo de 16 semanas. Cabe destacar que en ningún caso se registró contenido de CO₃⁼.

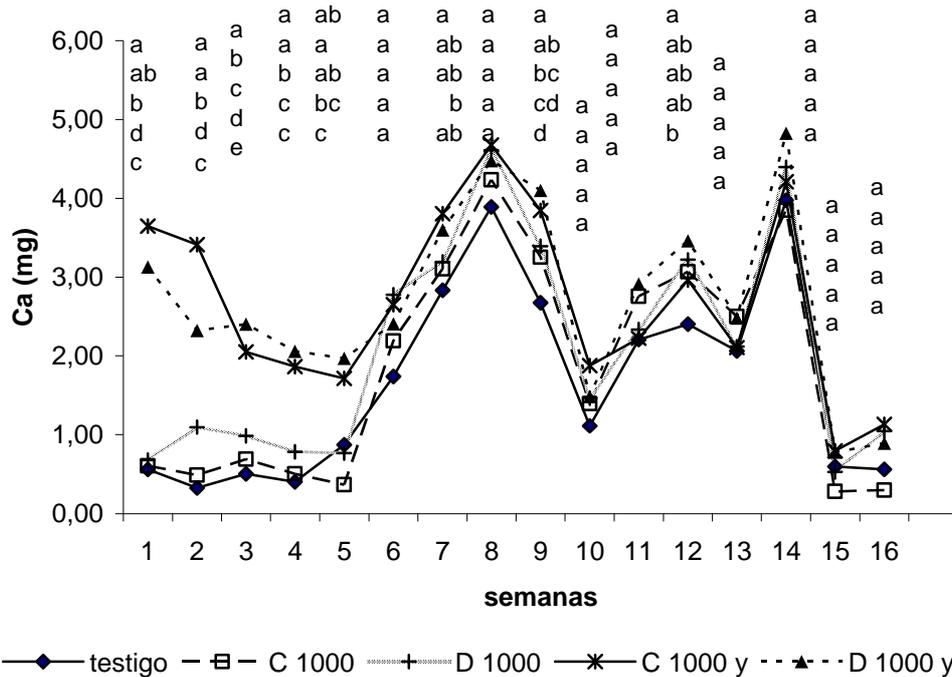


Figura 1. Evolución del Ca percolado en 16 semanas de lixiviación. Letras distintas en sentido vertical corresponden a dif. est. sign. (LSD $p \leq 0,05$) dentro de cada semana en el orden descendente: T, C1000, D1000, C1000y, D1000y.

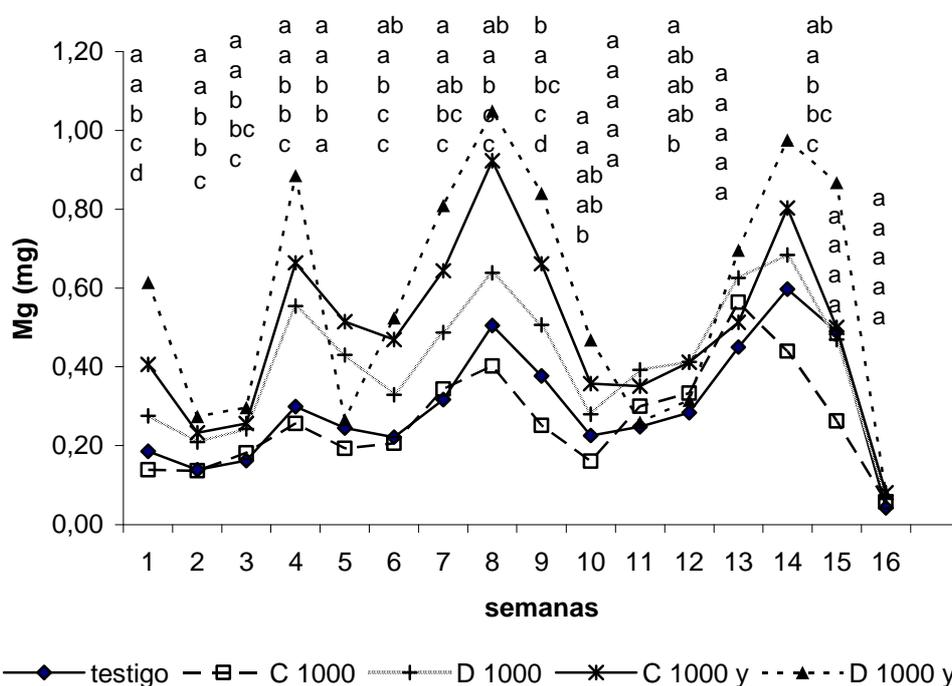


Figura 2. Evolución del Mg percolado en 16 semanas de lixiviación. Letras distintas en sentido vertical corresponden a dif. est. sign. (LSD $p \leq 0,05$) dentro de cada semana en el orden descendente: T, C1000, D1000, C1000y, D1000y.

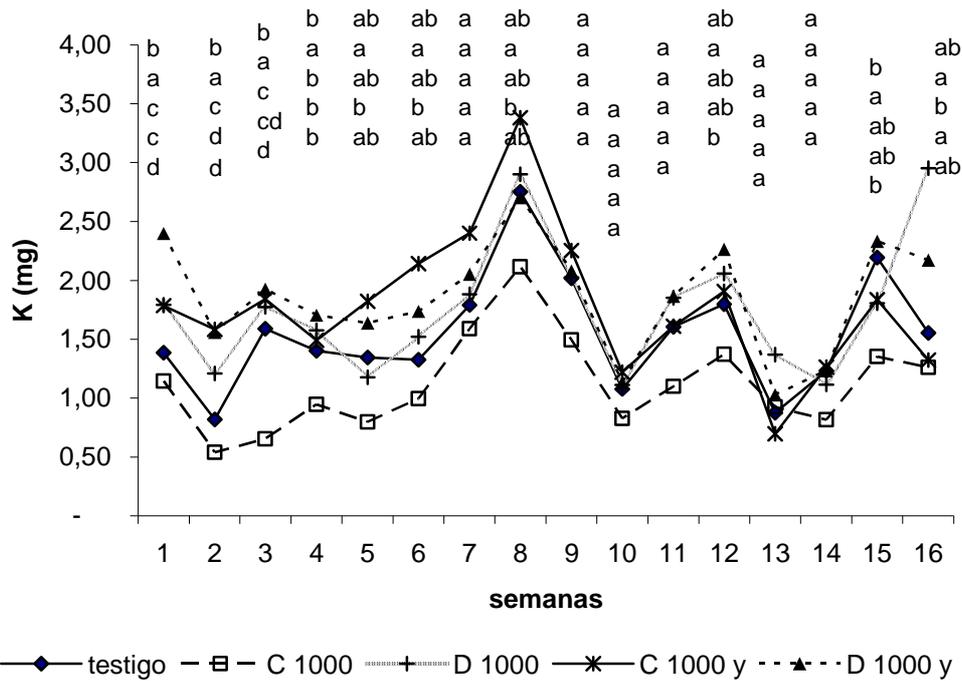


Figura 3. Evolución del K percolado en 16 semanas de lixiviación. Letras distintas en sentido vertical corresponden a dif. est. sign. (LSD $p \leq 0,05$) dentro de cada semana en el orden descendente: T, C1000, D1000, C1000y, D1000y.

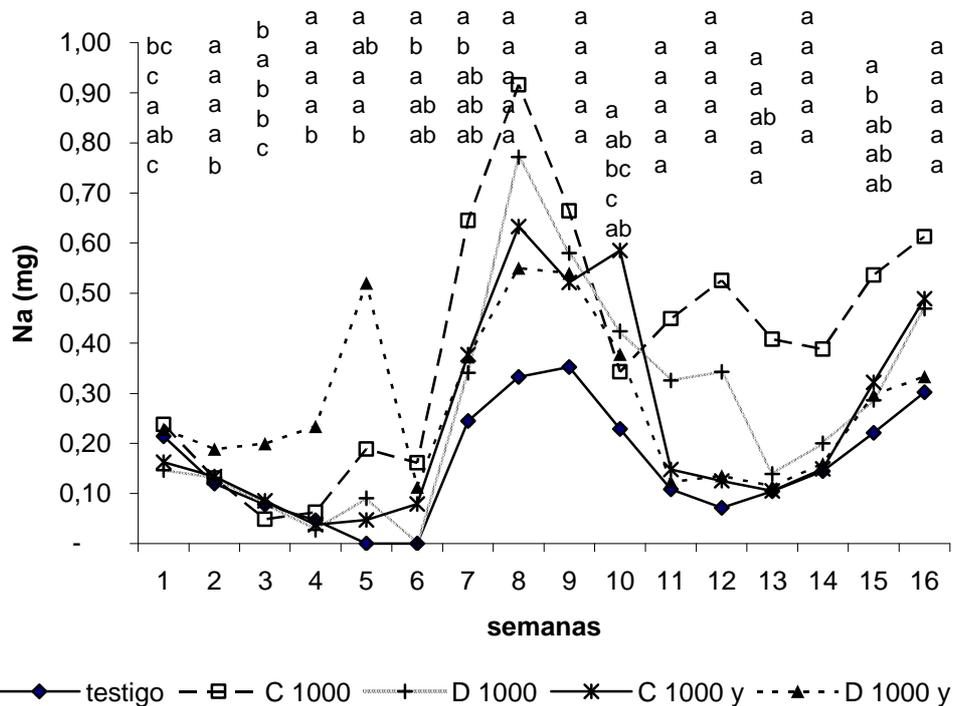


Figura 4. Evolución del Na percolado en 16 semanas de lixiviación. Letras distintas en sentido vertical corresponden a dif. est. sign. (LSD $p \leq 0,05$) dentro de cada semana en el orden descendente: T, C1000, D1000, C1000y, D1000y.

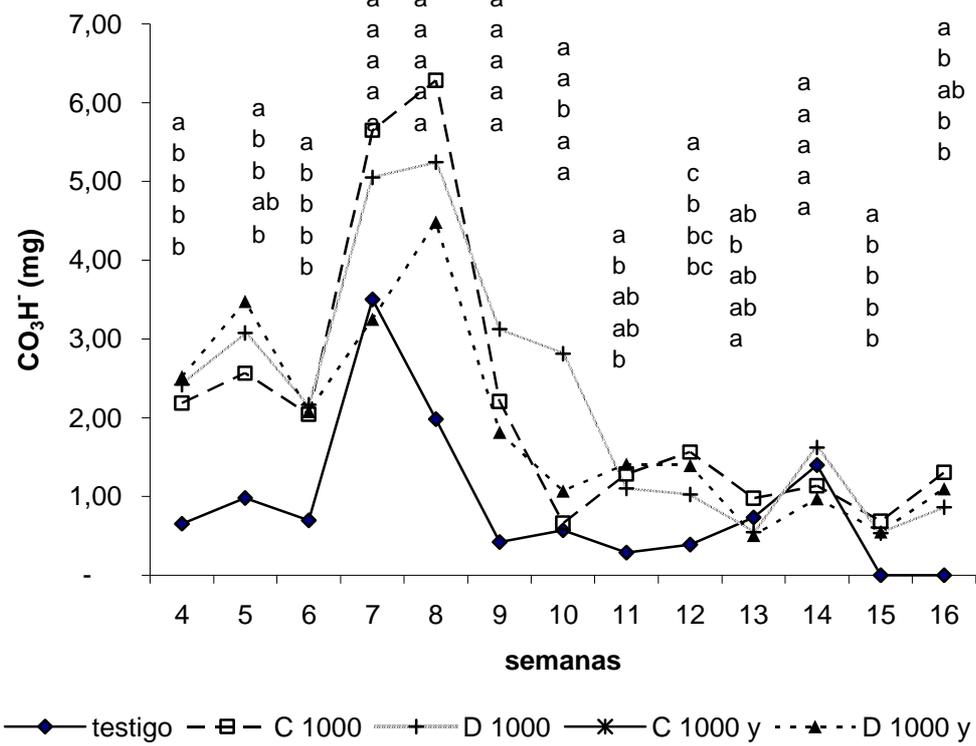


Figura 5. Evolución del CO₃H⁻ percolado en 16 semanas de lixiviación. Letras distintas en sentido vertical corresponden a dif. est. sign. (LSD p ≤ 0,05) dentro de cada semana en el orden descendente: T, C1000, D1000, C1000y, D1000y.

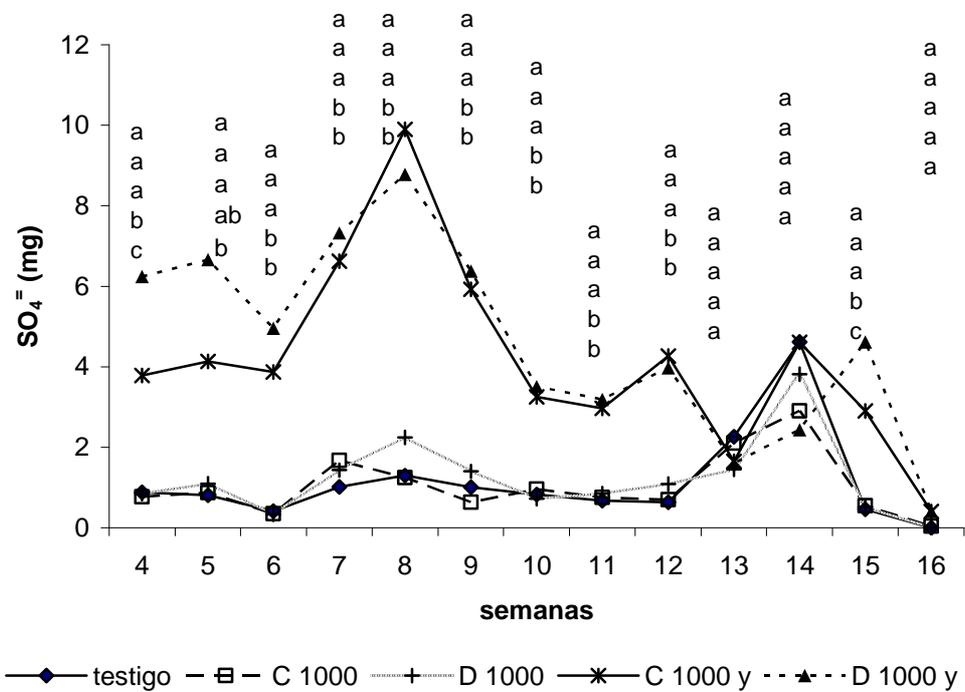


Figura 6. Evolución del SO₄⁼ percolado en 16 semanas de lixiviación. Letras distintas en sentido vertical corresponden a dif. est. sign. (LSD p ≤ 0,05) dentro de cada semana en el orden descendente: T, C1000, D1000, C1000y, D1000y.

Tabla 2. Masa de iones recogidos en los lixiviados de 16 semanas según tratamiento (promedio 3r).

	T	Tratamiento			
		C1000	D1000 (mg)	C1000y	D1000y
Ca ²⁺	26,73	29,59	33,39	42,97	43,31
Mg ²⁺	4,79	4,23	6,61	7,79	9,22
K ⁺	24,76	17,92	28,13	28,56	29,82
Na ⁺	2,57	6,31	4,35	4,00	4,48
CO ₃ H ⁻	11,61	28,53	29,58	32,50	24,62
SO ₄ ⁼	14,88	13,52	15,76	54,27	60,06

Discusión

De acuerdo a la Figuras 1 a 6 puede comprobarse que los tratamientos correctores aplicados produjeron modificaciones variables de la lixiviación de bases, tanto de aquellas relacionadas con los correctores (Ca, Mg), como las no presentes en ellos (K, Na), así como de aniones (CO₃H⁻, SO₄⁼), en relación al testigo. De acuerdo a los resultados de la Tabla 2, puede verse que en el testigo, el movimiento profundo de los iones en el período contemplado osciló entre 2,57 mg para Na hasta 26,73 mg para Ca, lo que equivale a decir 0,02 y 0,25 mg mm⁻¹ de lluvia, respectivamente. Si se proyecta esta cifra a la precipitación local (900 mm), el resultado permitiría establecer una pérdida de bases de 194,5; 34,9; 180,2; 18,7 kg ha⁻¹ año⁻¹, para Ca, Mg, K y Na respectivamente, totalizando 428,3 kg ha⁻¹ año⁻¹, a partir de una profundidad comparable a la capa arable. En esa misma Tabla puede apreciarse que la movilidad de todos los iones, incluso los no agregados a través de los correctores, se modifica con los tratamientos en relaciones no estrictas con las cantidades agregadas por los mismos. A título de ejemplo, el Ca lixiviado en el tratamiento D1000 es superior a C1000, a pesar que este último tratamiento aporte casi el doble de Ca que D1000. La proporción del Ca lixiviado con la adición del corrector equivalente a la dolomita (D1000) se incrementó en un 12,86% en relación a C1000, mientras que los incrementos de los correctores adicionados de yeso fue de 45,24% y 46,39% para los tratamientos C 1000y D1000y, respectivamente. Comparativamente, la proporción del Mg lixiviado se incrementó significativamente en relación al tratamiento D1000, con la adición de yeso a ambos correctores (17,81% C1000y ; 39,48 % D1000y). Estos valores serían la resultante de las diferencias de solubilidad de estos productos, sus poderes neutralizantes e interacción con el complejo de cambio del suelo.

El agregado de yeso sinergiza la movilización en profundidad de iones en general. Estos resultados son coincidentes con los obtenidos por Saigusa et al., (1996), Saigusa y Toma (1997), Salvada Wadt y Oliveira Wadt (1999) y Farina et al., (2000) en suelos fuertemente ácidos, pero se opondrían a los obtenidos por Davis y Burgoa (1995), quienes reportaron una influencia positiva en la adsorción de Ca causada por los SO₄⁼, aspecto que los autores explicaron tanto por mecanismos de adsorción específica como no-específica de este anión, con la peculiaridad que, a diferencia de este ensayo, dichos autores trabajaron sobre suelos caoliniticos de considerable carga variable positiva. Como se sabe la capacidad de intercambio catiónica es la resultante de cargas electroestáticas negativas permanentes, derivadas de la sustitución isomórfica, y variables, dependientes del pH. Cabe suponer que el yeso, en su calidad de sal de ácido fuerte, podría provocar alteración de las cargas variables dependientes del pH en los sitios de disolución de la sal y a través de este mecanismo, incidir positivamente en la lixiviación de las bases. Adicionalmente, su mayor aporte de Ca, en una forma más soluble que la caliza y la dolomita, favorecería la movilización profunda de este elemento, coincidentemente con lo informado por

Shamshuddin y Ismail (1995), a la vez que por tratarse de un catión de alta afinidad por el complejo adsorbente, podría provocar la desorción de las otras bases. Los iones $\text{SO}_4^{=}$ también podrían ejercer efectos disolutorios de los $\text{CO}_3^{=}$ agregados, como parecería indicar la mayor lixiviación de CO_3H^- si se comparan los tratamientos C1000 vs C1000y. Resultados comparables obtuvieron Hernández et al., (2003) para suelos con carbonatos nativos (calizos). Cabe destacar que en las condiciones de estudio los productos carbonatados no migrarían como partículas sin disolver, de momento que no se registró concentración de $\text{CO}_3^{=}$ en los lixiviados, contrariamente con lo ocurrido en un suelo de pH 4,7, según lo informado por Amaral et al., (2004).

Cuando se analiza la evolución de la lixiviación a lo largo del tiempo (Figuras 1 a 6), puede verse que la misma no constituye tendencias de ascenso o descenso definidas, si no que existe un comportamiento alternante, mostrando la complejidad propia de la superposición de fenómenos de intercambio y disolutorios. Además de las variables ya expuestas (pH, concentración y tipo de iones presentes) que podrían ser alteradas por el agregado de los correctores a lo largo de la experiencia, debe señalarse que la naturaleza buffer del complejo coloidal del suelo, con rangos de concentración en la solución edáfica externa que se correlacionan con rangos de diferente grado de variación en la solución interna (zonas con diferente capacidad buffer), sería una causa adicional de la tendencia de estas gráficas.

El agregado de yeso (C1000y - D1000y) provoca un aumento importante de la movilización profunda del Ca en las primeras 5 semanas (Figura 1) que recibieron en promedio 34,1 mm de agua. A partir de ese momento, si bien pueden detectarse dif. est. sig. para plazos mayores, la movilización de este elemento tiende a la semejanza entre los tratamientos. En el caso de Mg las diferencias iniciales son de igual signo pero menores y más extendidas en el tiempo (Figura 2). La movilización profunda del Ca en suelos tratados con yeso ya ha sido demostrada por otros autores (Pearce y Sumner, 1997).

Si se comparan los efectos del agregado de CaCO_3 y $\text{CaCO}_3/\text{MgCO}_3$, puede apreciarse que el producto equivalente a la dolomita moviliza significativamente mayor cantidad de Ca y Mg en las primeras semanas (Figuras 1 y 2).

Estos resultados permiten afirmar que la aplicación conjunta de correctores carbonáticos de la acidez y yeso, sería una alternativa viable para la corrección de suelos ácidos bajo planteos de siembra directa, por su incidencia en la movilización en profundidad del Ca y el Mg. Sin embargo, deben intensificarse los estudios en este sentido, a los fines de elegir las dosis más apropiadas, con el objeto de evitar propiciar el lavado profundo de las bases en general, y con ello de una mayor acidificación en el mediano plazo. Es posible que en cultivos anuales deba privilegiarse el movimiento de las bases en el corto plazo, y en este sentido la dolomita y en particular, la adición de yeso junto con los correctores, sea positivo. Mientras que en planteos de corrección de la acidez para pasturas perennes se deba privilegiar la residualidad, en cuyo caso parece más conveniente la aplicación de caliza, eventualmente dolomita ante deficiencias magnésicas, pero en todos los casos sin la aplicación de yeso. De la misma manera es necesario advertir de estas posibles connotaciones en los casos de uso de yeso como fuente azufrada en el cultivo de soja, en particular sobre suelos texturalmente gruesos y susceptibles a la acidificación.

Conclusiones

- La movilización sin la adición de correctores es equivalente a 194,5; 34,9; 180,2; 18,7 kg ha^{-1} año^{-1} , para Ca, Mg, K y Na respectivamente.

- La adición de $\text{CaCO}_3/\text{MgCO}_3$ (D1000) y de ambos correctores con yeso (C1000y, D1000y), incrementa la proporción del Ca movilizado, 12,86%; 45,24% y 46,39% respectivamente, en relación al tratamiento C1000.
- La adición de yeso a ambos correctores (C1000y, D1000y), incrementa la proporción del Mg movilizado, 17,81% y 39,48 %, en relación al tratamiento D1000.
- Existe una tendencia a que la lixiviación de las bases no agregadas (K,Na) se incremente por los tratamientos aplicados.
- En parte, la mayor movilización de Ca y Mg con el agregado de yeso se produciría por la disolución de los correctores. No habría migración de partículas no disueltas de los correctores carbonáticos.

Agradecimiento: se agradece la colaboración de los alumnos F. Guliano y C. Antonelli por su valiosa colaboración en los análisis de suelos.

Bibliografía

- AAPRESID.2005. Asociación de Productores en Siembra Directa. XIII Congreso de AAPRESID "El futuro y los cambios de paradigmas". Rosario. Argentina.
- AMARAL, A.S.; ANGHINONI, I.; HINRICHS, R.; BERTOL, I. 2004. Movimentação de partículas de calcarío no perfil de um Cambissolo em plantío direto. Revista Brasileira de Ciência do Solo 28 v. 2, p. 359-367.
- BAKKER, M.R.; KERISIT, R.; VERBIST, K.; NYS, C. 1999. Effects of liming on rhizosphere chemistry and growth of fine roots and of shoots of sessile oak (*Quercus petraea*). Plant and Soil 217, p. 243-255.
- BARAK, P.; JOBE, B.O.; KRUEGER, A.R.; PETERSON, L.A.; LAID, D.A. 1997. Effect of long-term soil acidification due to nitrogen fertilizer inputs in Wisconsin. Plant and Soil 197, p. 61-69.
- BLAKE, L.; GOULDING, K.W.T.; MOTT, C.J.B.; JOHNSTON, A.E. 1999. Changes in soil chemistry accompanying acidification over more than 100 years under woodland grass at Rothamsted Experimental Station, UK. European Journal Soil Science. 50, p. 401-412.
- CRUZATE, G.; CASAS, R. 2004. Balance de nutrientes. Revista Fertilizar. Año 8. Número Especial "Sostenibilidad". Argentina.
- DAVIS, J.G.; BURGOA, B. 1995. Interactive mechanism of anion adsorption with calcium leaching and exchange. Soil Science 160 v.4, p. 256-264.
- FARINA, M.P.W.; CHANNON, P.; THIBAUD, G.R. 2000. A comparison of strategies for ameliorating subsoil acidity: I. Long-term growth effects. Soil Science Society American Journal 61, p. 646-651.
- GELATI, P.; VÁZQUEZ, M. 2004. Exportación agrícola de nutrientes básicos en la zona N de la pcia. de Buenos Aires y el costo de su remediación. Acta Segundas Jornadas de la Asoc. Argentino Uruguayo de Economía Ecológica (ASAUEE), p. 12.
- GONZÁLEZ, B.; GAMBAUDO, S. 2004. Encalado en soja. Experiencia en restitución de calcio, magnesio y azufre. Fertilizar. www.fertilizar-org.ar, agosto.
- HERNÁNDEZ, J.C.; ORIHUELA, D.L.; PÉREZ-MOHEDANO, S.; MARIJUAN, L.; FURET, N.R. 2003. Efecto de la modificación del pH sobre la lixiviación de cationes en columnas de suelos calizos. Estudios de la Zona No Saturada del Suelo 6, p. 99-104.
- IRURTIA, C.; RIVERO, E.; MICHELENA, R. 2004. Pérdidas de nutrientes por lixiviación y escurrimiento en siembra directa. XVI Congreso Latinoamericano de Suelos, Cartagena. Colombia. 26 Septiembre al 1 de Octubre. Versión electrónica.
- JUO, A.S.R.; DABIRI, A.; FRANZLUEBBERS, K. 1995. Acidification of a kaolinitic Alfisol under continuous cropping with nitrogen fertilization in West Africa. Plant and Soil 171, p. 245-253.

PEARCE, R.C.; SUMNER, M.E. 1997. Apparent SALT sorption reactions in a infertilized acid subsoil. *Soil Science Society American Journal* 61, p. 765-772.

SAGPyA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación de la Nación Argentina). Dirección de Producción Agrícola. 2004. Sistema de Apoyo Metodológico a los Laboratorios de Análisis de Suelos (SAMPLA). Versión Electrónica. ISBN 987-9184-40-8.

SAIGUSA, M.; TOMA, M.; NANZYU, M. 1996. Alleviation of subsoil acidity in non-allophanic Andosols by phosphogypsum application in topsoil. *Soil Science Plant Nutrition* 42 v.2, p. 221-227.

SAIGUSA, M.; TOMA, M. 1997. Mechanism of reduction of exchangeable aluminium by gypsum application in acid Andosols. *Soil Science Plant Nutrition* 43 v.2, p. 343-349.

SALVADA WADT, P.G.; DE OLIVEIRA WADT, L.H. 1999. Movimentação de cátions em amostras de um Latossolo Vermelho- Amarelo incubadas com duas fontes de cálcio. *Sciencia Agricola* 56 v.4, p. 1157-1164.

SHAMSHUDDIN, J.; ISMAEL, H. 1995. Reactions of ground magnesium limestone and gypsum in soils with variable-charge minerals. *Soil Science Society American Journal* 59, p. 106-112.

VÁZQUEZ, M. 2005. Calcio y Magnesio del suelo. Encalado y enyesado. Fertilidad de suelos y fertilización de cultivos. Ed. Echeverría H., García F. INTA, Cap. 8, 525 p.

VIVAS, H. 2004. Fertilización con Fósforo, Calcio Y Azufre en la Producción de Alfalfa y Soja. Primera Jornada Nacional de Ca y Mg en la producción agropecuaria. La Plata. Versión electrónica.