

Efectos del agregado de dolomita y fertilizantes cálcico-magnésicos en el rendimiento de *Avena sativa* L. en suelos ácidos de la región templada argentina

D. Ferro^{1,*}, G. Millán, V. Merani, N. Machetti, L. Larrieu, L. Nughes, y M. Vázquez

Introducción

La seguridad alimentaria y nutricional es un tema de preocupación mundial. Se estima que la población podría llegar a 9000 millones de habitantes en el 2050. Paralelamente, el 40% de las tierras cultivables del mundo se encuentran degradadas, proceso que puede agravarse por el cambio climático. En razón de ello, los países desarrollados debieran duplicar su producción para lograr suplir sus necesidades (FIDA, 2011). Lo descripto señala la necesidad de concientizar acerca de la importancia de la conservación de las tierras productivas.

La acidificación de los suelos es una limitante a la producción de los cultivos, principalmente en zonas tropicales. América Latina cuenta con el 81% de su superficie en dicha condición de acidez, mientras que en África esa cifra alcanza el 56% y en Asia el 38% (IAEA, 2000). Dentro de las consecuencias de esta problemática pueden mencionarse la disminución de la disponibilidad de nutrientes básicos y de los nutrientes que varían su solubilidad en función del pH, la aceleración de la alteración de los minerales edáficos, propensión a estructuras inestables, y toxicidad de aluminio (Al), entre otras (Azcarate et al., 2012).

La acidez se origina naturalmente durante la pedogénesis y puede aumentar por el mecanismo de “bomba de protones” que utilizan los vegetales en el proceso de absorción de nutrientes. También a través de ácidos provenientes de la actividad industrial, el uso de fertilizantes de reacción ácida, y el aumento de la oxidación de restos orgánicos, entre otros (Vázquez y Pagani, 2015). En los últimos tiempos se ha observado una tendencia a la acidificación de suelos de la región pampeana argentina (Vázquez, 2011), causada principalmente por la elevada extracción de bases sin reposición (Gelati y Vázquez, 2004) y el uso de fertilizantes de reacción ácida (Esterlich et al., 2012).

Con el objetivo de aumentar la reacción básica del suelo se ha utilizado desde épocas muy antiguas la práctica del “encalado”. La misma consiste en la aplicación de enmiendas como calcita, óxido o hidróxido de calcio, dolomita o yeso, entre otros (Vázquez, 2007). Las mismas tienen como objetivo adicional incrementar el pH, la incorporación de calcio (Ca) y/o magnesio (Mg), deficitarios en estas condiciones. Esta práctica adolece de la dificultad de la deriva en la aplicación debido a la finura del material que es necesaria para su mejor disolución.

Otro problema es la lenta disolución de los productos, aun con material fino, debido a la baja solubilidad de los carbonatos. Otra forma de tratar esta problemática, particularmente en situaciones con ausencia de toxicidad de Al, es incorporar los cationes mencionados mediante fertilización vía suelo o foliar. La fertilización foliar tiene la ventaja de corregir las demandas de los nutrientes durante estadios críticos de los cultivos, superando la restricción que significan la insolubilización o inmovilización que dichos elementos sufren en algunos suelos. Sin embargo, la tasa de absorción y transporte a través de las hojas depende del tipo y movilidad del elemento que se trate (Salas, 2002). En relación a ello, el Ca posee una velocidad de absorción foliar mucho menor que el Mg. Bertsch (1995) estima entre 2 a 5 horas para que se absorba el 50% del producto magnésico, mientras que para el cálcico la demora sería de entre 1 y 2 días. Es por esta razón que el Ca suele proveerse mediante fertilizantes vía suelo. Sin embargo, es común encontrar fertilizantes foliares de este elemento.

El objetivo de este trabajo es comparar el efecto sobre el rendimiento de avena de dosis equivalentes a 0 y 1500 kg ha⁻¹ de dolomita, respecto de 40 kg ha⁻¹ de Ca y 10 kg ha⁻¹ de Mg, a través de fertilizantes vía suelo y foliar, respectivamente.

Materiales y métodos

Se realizó un ensayo en invernáculo de 4 meses de duración, utilizando macetas de 2 L. Se seleccionaron cinco suelos contrastantes por su textura (capacidad buffer) (**Tabla 1**). Los suelos gruesos pertenecieron a la localidad de Lincoln (Li) y 25 de Mayo (25M), mientras que los más finos a Chascomús (Ch), Belgrano (Be) y Los Hornos (LH), todos de la provincia de Buenos Aires. Todos los suelos empleados tenían un pH moderadamente a fuertemente ácido, a excepción de Be, cuya calificación es de ligeramente ácido (Schoeneberger et al., 2000). Dado que la avena tiene un pH óptimo entre 5.5-7 (Porta et al., 1999), todos los suelos tenían una condición dentro del límite inferior de esta propiedad, a excepción del suelo de Be. La condición de saturación básica es normal en todos los casos, aunque se evidencia una relativamente baja relación Ca/Mg, con la excepción del suelo de Ch. Se trata de suelos no salinos.

Se mantuvieron las macetas a 90% de la capacidad de campo. Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con 3 repeticiones. Se incluyeron en total seis tratamientos:

¹ Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP

* Autor de contacto. Correo electrónico: daniel_ferro91@hotmail.com

Tabla 1. Análisis químico de los suelos de los diferentes sitios experimentales (0-20 cm).

Suelo	CIC	Ca	Mg	Na	K	Saturación de bases %	Relación Ca/Mg	pH	C.E. dS m ⁻¹	P Bray mg kg ⁻¹
25 de Mayo	12.6	6.6	1.5	0.5	0.9	75.8	4.4	5.5	0.4	30
Lincoln	13.0	6.9	1.7	0.5	1.2	78.5	4.1	5.7	0.3	16
Chascomus	19.2	11.4	1.6	0.5	1.5	78.0	7.1	5.5	0.4	7
Los Hornos	19.9	11.6	2.1	0.5	1.8	80.1	5.6	5.7	0.6	39
Gral. Belgrano	20.1	11.2	2.6	0.5	1.7	79.1	4.4	6.2	0.5	46

Tabla 2. Tratamientos evaluados.

Tratamiento	Fuente	Dosis
Testigo	-	-
D1500	Dolomita comercial (CaCO ₃ •MgCO ₃ , 52 y 45.5%, respectivamente) (Granulometría: < 75 µm: 27 %, 75-250 µm: 40.5 %, > 250 µm: 32.5 %)	780 y 682 kg ha ⁻¹ de Ca y Mg, respectivamente (1500 kg ha ⁻¹ de dolomita comercial)
S40	Fertilizante líquido magnésico vía suelo (30% Mg):	40 y 6.50 kg ha ⁻¹ de Ca y Mg, respectivamente
S60	ASP MagFlo [®] + Ca(NO ₃) ₂	60 y 9.75 kg ha ⁻¹ de Ca y Mg, respectivamente
F40	Fertilizante foliar (3% N, 8% Ca, 1.3% Mg) de S.	40 y 6.50 kg ha ⁻¹ de Ca y Mg, respectivamente
F60	Ando & Cía S.A. [®]	60 y 9.75 kg ha ⁻¹ de Ca y Mg, respectivamente

de dolomita comercial, dos dosis de fertilizante líquido al suelo, dos dosis de fertilización foliar, y un testigo (**Tabla 2**).

A todos los tratamientos se les aplicó una dosis equivalente a 50 kg N ha⁻¹ mediante NH₄NO₃. La fertilización foliar se llevó a cabo en forma fraccionada en 3 oportunidades (3/8, 1/9 y 29/9/14). La dolomita y el fertilizante vía suelo fueron mezclados con el mismo previo al ensayo. El 7/7/14 se sembraron 50 semillas por maceta para, luego de la germinación, seleccionar 9 plantas/maceta de *Avena sativa* L. Se realizaron 2 cortes de la parte aérea vegetal y se determinó peso seco (60 °C) (15/9 y 29/10/2014). Los resultados fueron evaluados estadísticamente [ANOVA, comparaciones múltiples (Tukey), correlación de variables] (Di Rienzo et al., 2011).

Resultados y discusión

Los resultados del análisis estadístico de la materia seca obtenida para cada suelo se ilustra en la **Figura 1**. Los tratamientos no tuvieron un comportamiento similar entre los diferentes suelos ni en los dos cortes, aun dentro de un mismo suelo. En el primer corte (**Figura 1a**), el tratamiento con dolomita fue el que mostró mayor variabilidad en la respuesta del vegetal entre los suelos. Este tratamiento arrojó valores superiores al Testigo (Los Hornos), comparables (25 de Mayo, Lincoln) y por debajo de él (Chascomús, Belgrano), sin un patrón asociado estrictamente a la textura del suelo. Al tratarse de un producto de baja solubilidad y mediar sólo,

prácticamente, 2 meses entre la aplicación y la cosecha, este comportamiento puede adjudicarse a la falta de solubilización del producto. Si se observa la **Figura 1b** de los resultados obtenidos 1 mes más tarde (segundo corte), puede decirse que existe una tendencia a mayores rendimientos con este tratamiento, lo que confirmaría la hipótesis descripta. Si se analizan los resultados de la suma de ambos cortes (**Figura 1c**), se aprecia que D1500 produjo resultados significativamente superiores al testigo ($p < 0.05$) en los suelos texturalmente más arenosos (Li, 25M) y en Los Hornos (LH). La aplicación de dolomita en los suelos texturalmente finos no presentó un único patrón de comportamiento.

En relación a los tratamientos con aplicación de fertilizantes, tanto vía suelo como foliar, en la totalidad de los casos no se detectaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) respecto del Testigo en el primer corte, aun habiendo recibido 2 aplicaciones previas. En el segundo corte, con otra aplicación foliar mediante, se manifestó una tendencia a un mayor rendimiento de materia seca con el empleo del fertilizante foliar respecto del aplicado al suelo. Este hecho puede deberse a la disponibilidad inmediata de los elementos aplicados por vía foliar. No debe dejarse de lado el hecho de que los suelos con condición de acidez y presencia de coloides (arcilla, materia orgánica) desplazan el equilibrio de los cationes hacia los sitios de intercambio, reduciendo la disponibilidad en el corto plazo de las bases aportadas vía

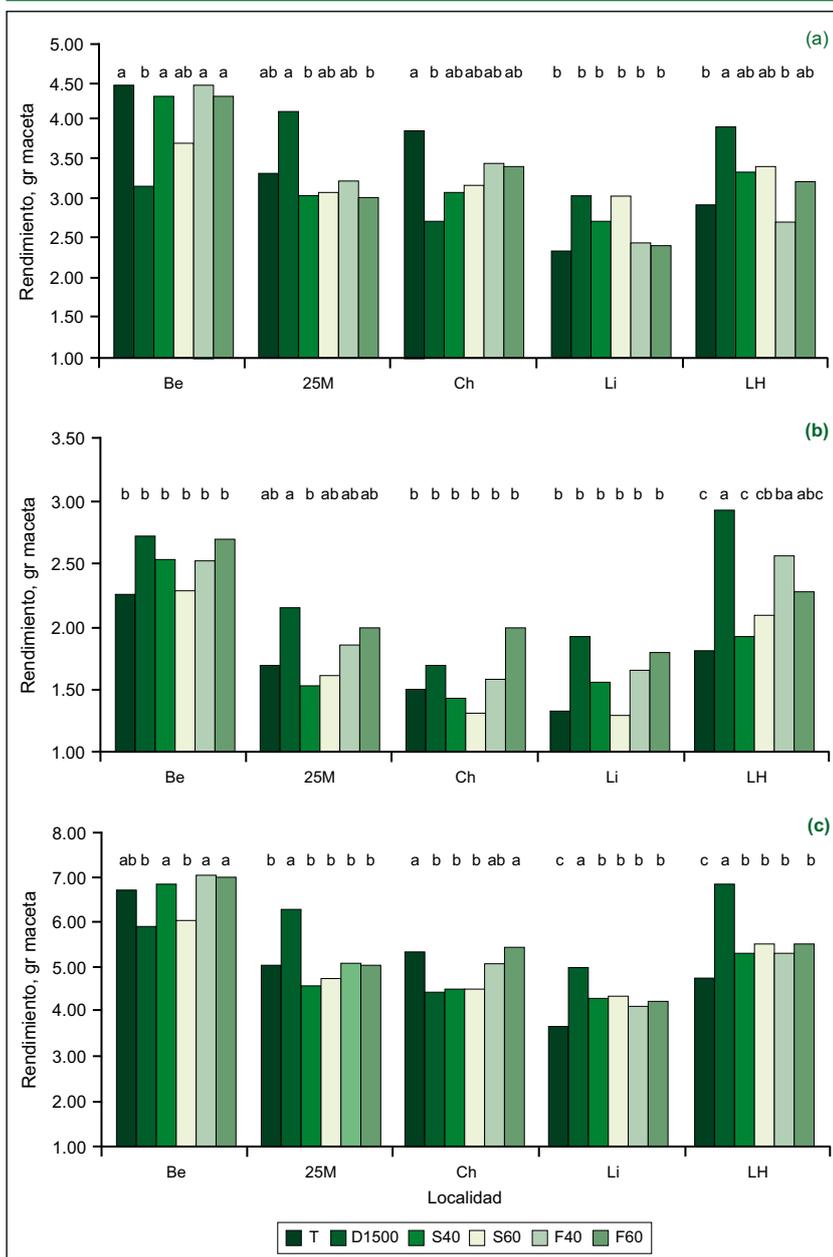


Figura 1. Peso seco aéreo según tratamiento y tipo de suelo. T: testigo, D1500: dolomita 1500 kg ha⁻¹, S40: fertilizante vía suelo 40 kg Ca ha⁻¹; S60: fertilizante vía suelo 60 kg Ca ha⁻¹; F40: fertilizante foliar 40 kg Ca ha⁻¹; F60: fertilizante foliar 60 kg Ca ha⁻¹. Be: Belgrano; 25M: 25 de Mayo; Ch: Chascomús; Li: Lincoln; LH: Los Hornos. a: 1er corte. b: 2do corte. c: sumatoria de ambos cortes. Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos dentro de cada suelo ($p < 0.05$).

suelo. En la sumatoria de ambos cortes, los tratamientos con fertilización, ya sea foliar o vía suelo, arrojaron valores similares entre sí ($p < 0.05$).

Los resultados obtenidos muestran una considerable variabilidad de respuestas de producción de acuerdo al tratamiento empleado para abordar la problemática, sin embargo, puede generalizarse que el encalado produciría efectos positivos en la mayor parte de los casos, aún en el corto plazo. Paralelamente, la residualidad de los correctores básicos y su acción sobre otras propiedades edáficas, por ejemplo de naturaleza física, los señalarían como más apropiados (Vázquez et al., 2009).

Conclusiones

Los distintos tratamientos no tuvieron un comportamiento similar en su incidencia sobre la materia seca en los diferentes suelos. El encalado produciría efectos positivos sobre la materia seca total cosechada en la mayor parte de los casos (4 de los 5 suelos), aún en el corto plazo. En 3 de los 5 suelos, el tratamiento con 1500 kg ha⁻¹ de dolomita produjo el mayor incremento de materia seca total, no asociándose estrictamente este resultado con las propiedades químicas edáficas evaluadas. Este efecto podría ser magnificado en el mediano-largo plazo debido a la escasa solubilidad inicial de este tipo de enmiendas. Los tratamientos con fertilización vía suelo o foliar, no se diferenciaron en su incidencia sobre el total de materia seca entre sí ni produjeron incrementos respecto del Testigo.

Bibliografía

- Azcarate P., N. Kloster, y G. Pérez Habiag. 2012. Reacción del suelo: pH. En: Manual de Fertilidad y Evaluación de Suelos. Alberto Quiroga y Alfredo Bono (editores). Ed. INTA. Anguil. pp. 19-24.
- Di Rienzo, J.A., F. Casanoves, M.G. Balzarini, L. Gonzalez, M. Tablada, y C.W. Robledo. 2011. InfoStat versión 2011. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Esterlich, C., J. Ossola, L. Juan, M. Vázquez, y G. Millán. 2012. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el pH en dos suelos de la Pradera Pampeana. XIX Congreso Latinoamericano y XXIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, abril, Mar del Plata, Argentina.
- FIDA (Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola). 2011. El futuro de la seguridad alimentaria y nutricional mundial. Disponible en: http://www.ifad.org/pub/factsheet/food/foodsecurity_s.pdf. Ultimo acceso: noviembre de 2014.
- Gelati P. y M. Vázquez. 2004. Exportación agrícola de nutrientes básicos en la zona N de la provincia de Buenos Aires y el costo de su remediación. Acta Segundas Jornadas de la Asoc. Argentino Uruguayana de Economía Ecológica (ASAUEE), 12-13/11, Lujan, Argentina. pp. 28-29.
- IAEA (International Atomic Energy Agency). 2000. Management and conservation of tropical acid soils for sustainable crop production. En: International Atomic Energy Agency. Viena, Austria.

Porta, J., M. López Acevedo, y C. Roquero. 1999. Edafología para la agricultura y el medio ambiente Cap. 10:217-236. 2da Ed. Ediciones Mundi Prensa, Madrid. 849 p.

Salas, R. 2002. Herramientas de diagnóstico para definir recomendaciones de fertilización foliar. En: Fertilización Foliar: principios y aplicaciones. Ed. Meléndez G., Molina E. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. Cap 2:7-18. 142 p.

Schoeneberger, P.J., D.A. Wysocky, E.C. Benhamy, W.D. Broderson. 2000. Libro de campaña para descripción y muestreo de suelos. Versión 1.1. Instituto de Suelos, Centro de Recursos Naturales, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Argentina. Traducción en español del "Field Book for Describing and Sampling Soils", 1998. Centro Nacional de Relevamiento de Suelos, Servicio de Conservación de Recursos Naturales, Dpto. de Agricultura EEUU, Lincoln, Nebraska 9 p).

Vázquez, M. 2007. Calcio y Magnesio del suelo. Encalado y enyesado. En: Fertilidad de suelos y fertilización de cultivos. Ed. Echeverría, H., F. García. INTA, 2da reimpresión. 1ra Ed. Cap. 8:181-188. 525 p.

Vázquez M., A. Terminiello, A. Duhour, M. García y F. Guilino. 2009. Efecto de correctores de acidez sobre las propiedades físicas de un Argiudol típico de la pradera pampeana. Ciencia del Suelo 27(1):67-76.

Vázquez, M. 2011. Causas de la acidificación en el ámbito templado argentino, consecuencias y avances para su diagnóstico. Simposio Fertilidad 2011. IPNI y Fertilizar Asoc. Civil. Rosario. 18-19 Mayo, Rosario, Santa Fe. Argentina. Actas. pp. 13-29.

Vázquez, M., A. Pagani. 2015. Calcio y magnesio del suelo. Encalado y enyesado. En: Fertilidad de suelos y fertilización de cultivos. Echeverría, H., F. García (ed.). Cap. 11:317-355. Ed. INTA. Buenos Aires, Argentina.

AGRICULTURA 4

FACULTAD DE AGRONOMÍA
UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

IPNI
INTERNATIONAL
FLUANT NUTRITION
INSTITUTE

SUCS
SOCIETY OF
URUGUAYAN
SOIL SCIENTISTS

FAO
Organización de las Naciones
Unidas para la Alimentación
y la Agricultura

MINISTERIO DE GANADERÍA
AGRICULTURA Y PESCA
URUGUAY

INIA

IV SIMPOSIO NACIONAL DE AGRICULTURA
VII Encuentro de la SUCS
I Encuentro Regional de Políticas de Conservación de Suelos

**BUSCANDO EL CAMINO DE LA
INTENSIFICACIÓN SOSTENIBLE
PARA LA AGRICULTURA**

28 Y 29 DE OCTUBRE DEL 2015
PAYSANDÚ - URUGUAY

GTI
AGRICULTURA

Inscripciones en el sitio:
<http://www.fagro.edu.uy/~feacevedo/index.html>