

Aplicación de correctores básicos y fertilizantes cálcico-magnésicos en el cultivo de soja*

Paula Girón^{1**}, Alejandra Macchiavello¹, Mirian Barraco¹, Clarisa Ottaviano², Daniel Ferro³, y Mabel Vázquez³

Introducción

El pH de una solución se define como el logaritmo negativo de la actividad de iones de hidrógeno (H^+), es decir su potencial químico (Essington, 2005). La acidez de un suelo responde tanto a causas naturales como antrópicas. El proceso natural de mayor incidencia es la lixiviación de bases -calcio (Ca^{++}), magnesio (Mg^{++}), potasio (K^+), y sodio (Na^+)-, producto de la interacción del clima, geomorfología y dinámica de agua (Sylla et al., 1996), así como también de la naturaleza químico-mineralógica y alterabilidad de los minerales (Essington, 2005). En cuanto a las causas antrópicas, se pueden mencionar la exportación de bases por la producción agropecuaria (Gelati y Vázquez, 2008; Zhang, 2009) y el empleo de fertilizantes nitrogenados amoniacales (Bohn et al., 2001; Chien et al., 2009). Entonces, la acidificación del suelo puede definirse como la resultante de los procesos naturales (edáficos, climáticos y biológicos) y antropogénicos (Ramírez, 2002).

La acidificación de los suelos en la región pampeana Argentina es ya es un fenómeno probado en varios casos

(Casas, 2000; Vázquez et al., 2000; Gelati y Vázquez, 2008). La soja (*Glycine max* (L.) Merr.) es una leguminosa cuya extracción de nutrientes básicos estimada para un rendimiento de 4000 kg ha⁻¹ es de 12, 11 y 76 kg ha⁻¹ de Ca, Mg y K, respectivamente (Gutiérrez Boem y Scheiner, 2007). Para la producción de soja, el grado de acidez en los suelos en los que se implanta este cultivo es sumamente importante, ya que además de la deficiencia de nutrientes básicos, un bajo pH del suelo (ácido) reduce la disponibilidad de nutrientes como el fósforo (P) y el molibdeno (Mo), nutrientes de alta demanda en esta especie, y la actividad de los microorganismos responsables de la fijación biológica de nitrógeno (N), a la vez que se afectan propiedades físicas relacionadas con la estabilidad estructural. A través de todos estos mecanismos, es posible esperar reducción en el rendimiento de especies sensibles (Vázquez et al., 2010). Estos perjuicios pueden revertirse con la aplicación de enmiendas básicas que suben el pH tales como las calizas o conchillas que además aportan Ca, o las dolomitas que suministran Ca y Mg, mientras que los fertilizantes cálcico-magnésicos actuarían sólo sobre la deficiencia de ambos nutrientes para la planta.

Tabla 1. Tratamientos de fertilización cálcico-magnésica aplicados en el cultivo de soja. Campaña 2014/15. Estancia La Clarita, General Villegas.

Tratamiento	Descripción
T1	Testigo absoluto
T2	50 kg ha ⁻¹ de calcita (carbonato de calcio)
T3	50 kg ha ⁻¹ de calcita tratada* (carbonato de calcio)
T4	50 kg ha ⁻¹ de dolomita (carbonato de calcio y carbonato de magnesio)
T5	150 cm ³ ha ⁻¹ de Mg foliar aplicado en V3
T6	400 cm ³ ha ⁻¹ de Mg foliar aplicado en R1
T7	1000 kg ha ⁻¹ de calcita (carbonato de calcio)
T8	1000 kg ha ⁻¹ de calcita tratada (carbonato de calcio)
T9	1000 kg ha ⁻¹ de dolomita (carbonato de calcio y carbonato de magnesio)
T10	50 kg ha ⁻¹ de calcita (carbonato de calcio) + 150 cm ³ ha ⁻¹ de Mg foliar en V3
T11	50 kg ha ⁻¹ calcita (carbonato de calcio) + 400 cm ³ ha ⁻¹ de Mg foliar en R1
T12	50 kg ha ⁻¹ calcita tratada (carbonato de calcio) + 150 cm ³ ha ⁻¹ de Mg foliar en V3
T13	50 kg ha ⁻¹ calcita tratada (carbonato de calcio) + 400 cm ³ ha ⁻¹ de Mg foliar en R1

* *Calcita tratada es carbonato de calcio micronizado y aperdigonado.*

¹ EEA INTA General Villegas. General Villegas, Buenos Aires, Argentina

² Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires (FAUBA)

³ Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad Nacional de La Plata (FCAyF-UNLP)

* Trabajo publicado en el XXV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, 27 de junio al 1ro de julio de 2016, Río Cuarto, Córdoba, Argentina

** Autor de contacto. Correo electrónico: giron.paula@inta.gob.ar

Tabla 2. Contenidos de Ca, Mg, Na y K para la calcita, calcita tratada y dolomita.

Contenido	Calcita	Calcita tratada	Dolomita
Ca %	47.7	41.5	20.5
Mg %	nd	nd	9.5
Na ppm	nd	nd	19
K ppm	nd	nd	40

nd: no determinado

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el impacto que tiene la aplicación de correctores básicos y fertilizantes cálcicos/magnésicos sobre el rendimiento del cultivo de soja y las propiedades químicas del suelo relacionadas a la acidez.

Materiales y métodos

En un trabajo conjunto entre un grupo de investigadores de INTA EEA General Villegas y de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad Nacional de La Plata, se llevó a cabo una experiencia en la Estancia “La Clarita”, en el partido de General Villegas (Buenos Aires, Argentina) durante la campaña 2014/15, sobre un lote agrícola en un suelo clasificado taxonómicamente como Hapludol típico.

El lote fue elegido en base al resultado del análisis de pH actual del suelo (1:2.5 suelo:agua). El mismo fue de 5.53. Si bien este nivel de acidez estaría dentro del rango de tolerancia para soja (4.5-7), se ubicaría por debajo del rango óptimo de entre 6 y 7 (Vázquez, 2007).

La siembra de la soja (Variedad NA5009) se realizó el 21 de noviembre de 2014, con una densidad de siembra de 350 000 semillas ha⁻¹. Las aplicaciones de los correctores y fertilizantes se realizaron al voleo sin incorporación en el suelo un mes antes de la siembra y los tratamientos con Mg foliar (ASP Mag Flo®) se aplicaron en estado vegetativo (V3) o en estado reproductivo (R1) de la soja,

con dosis de 150 cm³ ha⁻¹ (equivalente a 43.5 g Mg ha⁻¹) y 400 cm³ ha⁻¹ respectivamente. Los tratamientos evaluados se describen en la **Tabla 1**.

La **Tabla 2** presenta los resultados de los análisis de los correctores que se aplicaron. La disponibilidad de agua en el suelo a la siembra fue de 196 mm (0 a 140 cm).

Se evaluó además el contenido de agua del suelo (% método gravimétrico) en capas de suelos de 20 cm hasta los 140 cm de profundidad al momento de la siembra. Los resultados se expresaron como mm de agua disponible, afectando el porcentaje de humedad por la densidad aparente, profundidad de la capa y restando el contenido de humedad en punto de marchitez permanente.

La cosecha se realizó el 7 de abril de 2015 en forma manual, sobre una superficie de 2.52 m² y se trilló con máquina estática. Se determinó el rendimiento, y sus componentes número de granos m² y peso de 1000 granos. Los resultados se expresaron con contenidos de 14% de humedad. Al momento de la cosecha también se realizaron los muestreos del suelo en la capa 0-20 cm para evaluar pH y las bases de cambio (Ca y Mg) en cada una de las parcelas.

El diseño estadístico del ensayo fue en bloques completos al azar (DBCA) con tres repeticiones. Los resultados se analizaron mediante ANOVA y diferencias de medias mediante la prueba de Di Rienzo, Guzmán y Casanoves (DGC) ($p < 0.1$), y se analizaron contrastes entre tratamientos específicos de interés, empleando el programa estadístico InfoStat versión 2014 (Di Rienzo et al., 2014).

Resultados y discusión

Los rendimientos de soja variaron entre 3745 y 4511 kg ha⁻¹. No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ($p = 0.63$) (**Figura 1**). Al analizar diferentes contrastes, se observó que al comparar tratamiento testigo (T1) vs el resto de los tratamientos hubo diferencias significativas entre rendimientos ($p = 0.094$). No obstante, cuando se

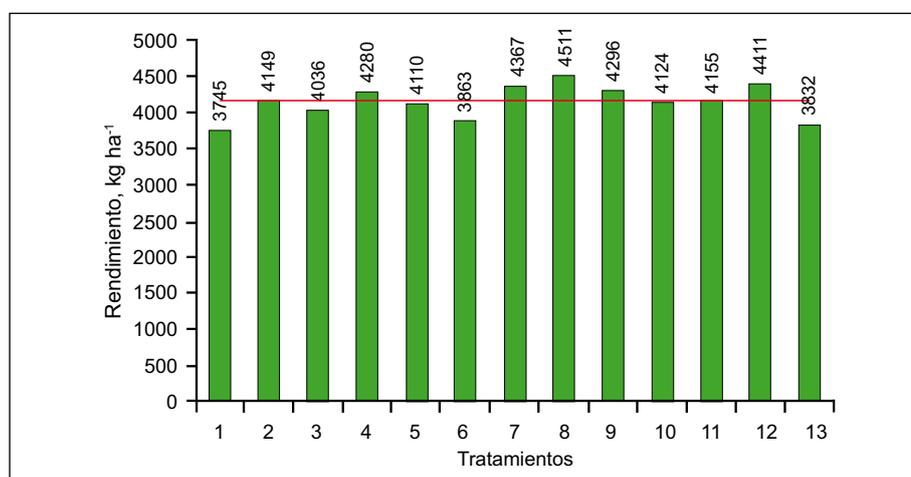


Figura 1. Rendimiento de soja según los distintos tratamientos (ver descripción completa en Tabla 1). La línea roja indica la media de rendimiento del ensayo.

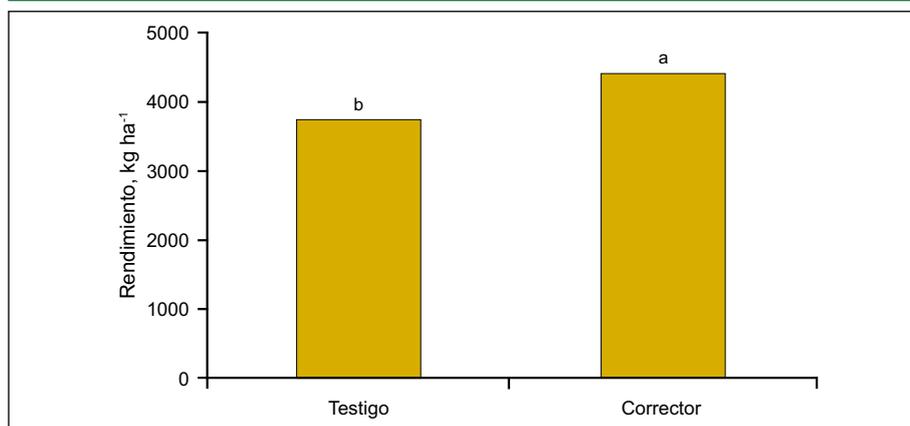


Figura 2. Rendimiento de soja del tratamiento testigo vs la media de los tratamientos de correctores (1000 kg ha⁻¹ de calcita, 1000 kg ha⁻¹ de calcita tratada, 1000 kg ha⁻¹ de dolomita). Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0.1$).

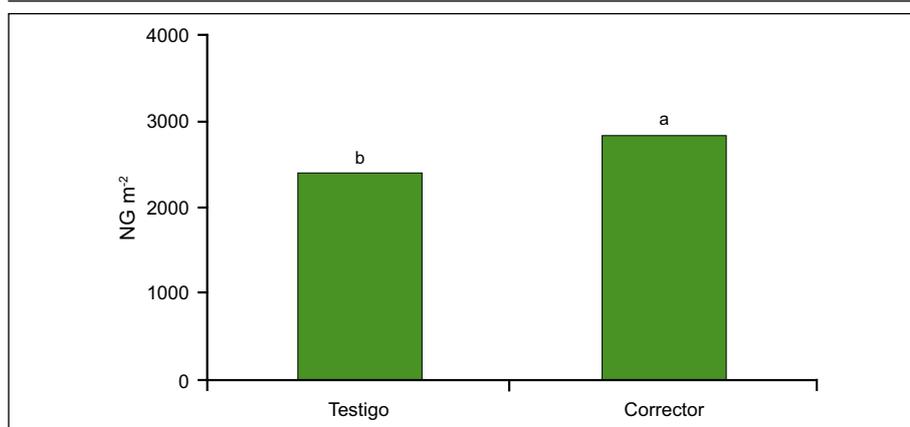


Figura 3. Número de granos (NG) de soja por m² del tratamiento testigo vs la media de los tratamientos de correctores (1000 kg ha⁻¹ de calcita, 1000 kg ha⁻¹ de calcita tratada, 1000 kg ha⁻¹ de dolomita). Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0.1$).

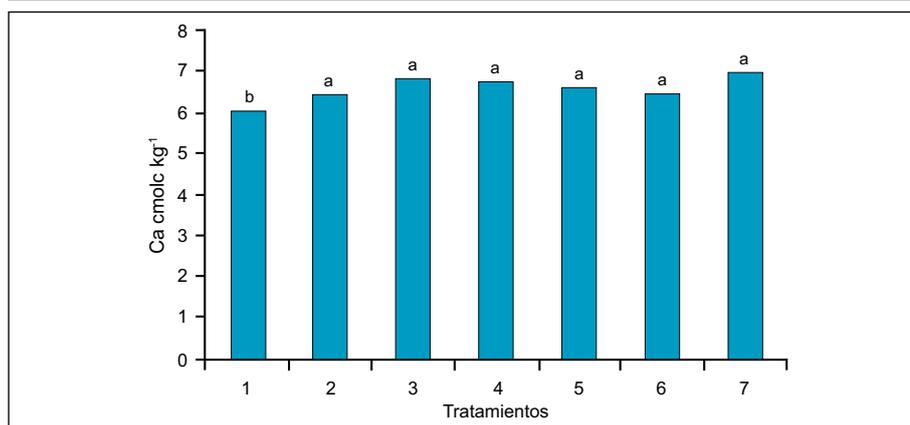


Figura 4. Contenido de Ca intercambiable del suelo para tratamientos selectos (ver descripción en Tabla 1). Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0.1$).

diferencia de rendimiento entre el testigo y el resto de los tratamientos está dada por las altas dosis de nutrientes básicos aplicados.

Al comparar los correctores entre las dosis de enmienda y las dosis de fertilizante no se hallaron diferencias estadísticas en el rendimiento ($p = 0.27$). Tampoco hubo diferencias entre aplicaciones de calcita o de dolomita ($p = 0.92$). En cuanto al peso de mil granos (PMG) y números de granos m² (NG) no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos (Tabla 3).

Cuando se analizan los siguientes contrastes: testigo vs Mg foliar, testigo vs enmiendas, testigo vs fertilizantes básicos, enmiendas vs fertilizantes básicos y calcita vs dolomita, en PMG no se encontraron diferencias ($p = 0.38$; $p = 0.48$; $p = 0.15$; $p = 0.31$ y $p = 0.95$, respectivamente). Mientras que en NG, sólo se encontraron diferencias significativas entre testigo vs enmiendas ($p = 0.01$), con aumentos del 19% en este último grupo (Figura 3).

El diagnóstico de la fertilidad básica puede realizarse a través de medidas absolutas (concentración de los cationes en sitios de intercambio). Para el caso del Ca se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0.10$), donde todos los tratamientos que tuvieron aplicación de correctores básicos o fertilizantes Ca/Mg tuvieron diferencias con el tratamiento testigo (+10.5%, Figura 4)

En el caso del Mg no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ($p = 0.36$, datos no mostrados). Esto es similar a lo encontrado por Lamarche (2012) donde la aplicación con dolomita elevó el contenido de Ca intercambiable, mientras que el Mg tuvo escasa variación.

comparó el T1 vs los tratamientos con 50 kg ha⁻¹ (T2, T3, y T4) y el T1 vs Mg foliar no se diferencias significativas ($p = 0.18$ y $p = 0.44$, respectivamente). Por otra parte, se observaron diferencias al comparar el T1 contra los tratamientos de correctores (1000 kg ha⁻¹: T7, T8, y T9) (Figura 2, $p = 0.04$), donde el aumento de rendimiento fue en promedio de 646 kg ha⁻¹ (+17.3%), similar a lo encontrado por Nicora (2012). Esto significa que la

El pH 1:2.5 medido en 0-20 cm de profundidad varió entre 5.73 y 6.05 y no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ($p = 0.19$, datos no mostrados).

Conclusiones

Se encontraron diferencias de rendimiento en soja con aplicaciones de altas dosis de correctores (1000 kg ha⁻¹

Tabla 3. Peso de mil granos (PMG) y número de granos m⁻² (NG) del cultivo de soja según los distintos tratamientos de fertilización aplicados (ver descripción completa en Tabla 1).

Tratamiento	Peso de mil granos g	Número de granos m ⁻²
T1	156.1	2402
T2	148.5	2795
T3	148.4	2719
T4	148.4	2888
T5	151.1	2738
T6	151.4	2569
T7	150.7	2881
T8	153.7	2935
T9	152.2	2828
T10	157.3	2625
T11	152.7	2716
T12	156.2	2822
T13	147.4	2600

calcita, 1000 kg ha⁻¹ calcita tratada y 1000 kg ha⁻¹ dolomita) frente al tratamiento testigo superiores al 17.3%.

No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos en el peso de mil granos. Hubo diferencias en el número de granos m⁻², que con aplicación de correctores registró un 19% más de granos que el tratamiento testigo (T1).

El agregado de Ca aumentó en promedio un 10.5% los contenidos de Ca intercambiable de los suelos con respecto al testigo.

Los contenidos de Mg intercambiable y el pH no se modificaron con los tratamientos de correctores o fertilización.

Agradecimientos

Este trabajo fue financiado con fondos del Proyecto de INTA BANOR 11271305. Los autores agradecen a la Estancia "La Clarita" y a Agroservicios Pampeanos SA por los insumos aportados para llevar a cabo el ensayo.

Bibliografía

Bohn, H.L., B.L. McNeal, y G.A. O'Connor. 2001. Acids soils. En: Bohn H.L.; McNeal, B.L.; O'Connor, G.A. Soil Chemistry. New York, John Wiley and Sons. 3rd ed., cap. 10, p. 260-279.

Casas, R. 2000. La conservación de los suelos y la sustentabilidad de los sistemas agrícolas. Consultado: 19-08-2015 anterior.inta.gov.ar/suelos/actualidad/conferencias/Disertacion_R_Casas.htm

Chien, S.H., M.M. Gearhart, D.J. Collamer. 2009. Acidez generada por los fertilizantes nitrogenados: nueva evaluación de los requerimientos de cal. En: Informaciones Agronómicas 41:16-17.

Di Rienzo, J.A., F. Casanoves, M.G. Balzarini, L. González, M. Tablada, y C.W. Robledo. InfoStat versión 2014. Córdoba: Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>

Essington, M.E. 2005. Soil and water chemistry: an integrative approach. Boca Raton, CRC Press. 534 p.

Gelati, P., y M.E. Vázquez. 2008. Extracción agrícola de bases en el norte de la provincia de Buenos Aires, Argentina: costo de su remediación e implicancias económicas. En: Revista Iberoamericana de Economía Ecológica 7:117-129.

Gutierrez Boem, F.H., y J. Scheiner. 2007. Soja. En: Fertilidad de suelos y fertilización de cultivos. Ed. Echeverría, H. y García, F.O. INTA, Cap.13:283-300.

Lamarche, L. 2012. Efecto del agregado de correctores básicos sobre el rendimiento de soja y sus componentes, los cambios en la acidez y en el complejo de cambio. [Trabajo final de carrera] La Plata, Universidad Nacional de La Plata.

Nicora, Z. 2012. Efecto de la aplicación de correctores básicos sobre el suelo y el cultivo de soja en el centro este de la provincia de Buenos Aires. [Trabajo final de carrera] La Plata, Universidad Nacional de La Plata.

Ramírez, F.J. 2002. Principales fuentes de la acidez del suelo. En: Ramírez, F.J. Variación de la capacidad tampón en suelos derivados de cenizas volcánicas del sur de Chile. [Tesis de grado] Valdivia, Universidad Austral de Chile. Cap. 2.4, s.p.

Sylla M., A. Stein, M.E.F. van Mensvoort, y N. van Breemen. 1996. Spatial variability of soil actual and potential acidity in the Mangrove Agroecosystem of West Africa. En: SoilSci. Soc. Am. J. 60:219-229.

Vázquez, M. 2007. Calcio y magnesio, acidez y alcalinidad de suelo. EN: Fertilidad de suelos y fertilización de cultivos. Ed: Echeverría, H.E y García, F.O. Cap. 8:161:188. 175 p.

Vázquez, M. 2010. Calcio y magnesio del suelo. Dinámica en el suelo. Diagnóstico y fertilización. En: Fertilidad del suelo. Diagnóstico y manejo en la región pampeana. Ed. Rubio G., Álvarez R., C. Álvarez y R. Lavado. FAUBA. Buenos Aires. Cap. 4:371-394. 423 p.

Vázquez, M., E. Baridón, J. Lanfranco, y G. Malagrina. 2000. Evaluación de la potencialidad de la problemática de acidez en la región norte de la provincia de Buenos Aires. Actas XVII congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. 11-14 de abril, Mar del Plata, Argentina. CD-room.

Zhang, H.M., B.R. Wang, M.G. Xu, y T.L. Fan. 2009. Crop yield and soil response to long-term fertilization on a red soil in southern China. En: Pedosphere 19:199-207.*