

FERTILIZACIÓN CON CALCITA Y YESO EN ALFALFA (*Medicago sativa*. L.)

Cecilia Sardiña*; Mirian Barraco; Inés Vankeirsbilck; Diez Marianela; Clarisa Ottaviano

EEA INTA General Villegas, Área de Producción Animal.

[*sardinia.cecilia@inta.gob.ar](mailto:sardinia.cecilia@inta.gob.ar)

Palabras claves: enmiendas calcicas, producción de materia seca, persistencia, propiedades químicas del suelo, alfalfa.

INTRODUCCIÓN

Para alcanzar los altos potenciales productivos de las nuevas variedades de alfalfa, se necesita, entre otros, una adecuada nutrición de los suelos y valores de pH edáficos cercanos a la neutralidad. La alfalfa requiere aproximadamente 12 kg de Ca, 2,8 kg de P y 3,8 kg de S por tonelada de materia seca (**MS**) producida (Díaz-Zorita y Gambaudo, 2007). Deficiencias de estos nutrientes pueden limitar la producción del cultivo.

La acidificación de los suelos responde a varias causas naturales y antrópicas, entre ellas, el lavado de bases y su exportación por producción agrícola y pecuaria (Vázquez, 2005). Esto trae aparejado alteraciones en procesos químicos, como la liberación de Al^{3+} , que además de resultar fitotóxico, reduce la disponibilidad de fosfatos e inhibe la absorción de Ca^{2+} y Mg^{2+} (Zapata Hernández, 2004), pudiendo provocar disminución de la capacidad de intercambio catiónico (**CIC**). La acidificación puede limitar también la actividad de los rizobios del suelo, disminuyendo la cantidad de N fijado (Racca y González, 2007). Estos problemas pueden ser tratados con enmiendas básicas (Bachiega Zambrosi et al., 2007) tales como calcita ($CaCO_3$) o yeso ($CaSO_3$). El objetivo del trabajo fue cuantificar el impacto de la aplicación de distintas dosis de calcita (**Cal**) y yeso (**Ye**) sobre la producción de MS acumulada y persistencia de alfalfa y sobre propiedades químicas del suelo (pH y P).

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en el campo experimental de la EEA INTA Gral. Villegas (34° 54' S, 63° 44' W) en la localidad de Drabble (Bs. As.), sobre un suelo Hapludol Típico, franco arenoso. Para caracterizar el ensayo se tomaron muestras de suelo en las profundidades de 0 a 5, 5 a 10 y 10 a 15 cm, en las que se hicieron determinaciones de pH, CIC, Ca y S (Tabla 1). También se determinaron los contenidos iniciales de P (17 ppm) y de materia orgánica (**MO**; 2,3%) en la capa de 0 a 20 cm.

Tabla 1. Capacidad de intercambio catiónico (CIC), pH, S en forma de sulfatos (S-SO₄) y Ca en muestras de suelo tomadas a distintas profundidades.

Profundidad	CIC (Meq·100g ⁻¹)	pH	S-SO ₄ (ppm)	Ca (% ¹)
0-5 cm	12,3	5,6	12,7	49,8
5-10 cm	11,1	5,7	10,8	49,7
10-15 cm	11,1	5,7	8,8	49,4

¹ Expresado como porcentaje de la CIC

El diseño del ensayo fue en parcelas divididas con 3 repeticiones, donde la parcela principal, de 9 × 5 m, fue la dosis de Cal (0 [Cal0], 1000 [Cal1000] o 2000 kg·ha⁻¹ [Cal2000]) y la subparcela, de 4,5 × 5 m, estuvo definida por la dosis de Ye (0 [Ye0] o 200 kg·ha⁻¹ [Ye200]). En diciembre de 2012, el suelo fue laboreado utilizando una rastra de discos y el día 4/3/2013 se aplicaron las enmiendas con su posterior incorporación en los primeros 10-15 cm de suelo con rastra de discos. Previa preparación de la cama de siembra con vibrocultivador, el cultivo

de alfalfa se sembró el 18/4/2013 a razón de 15,8 kg·ha⁻¹ (463 semillas m⁻²). Se utilizó el cultivar WL 903 (grupo 9). Se aplicó fosfato diamónico después de la siembra y al voleo a razón de 80 kg·ha⁻¹ en todos los tratamientos.

Las evaluaciones del ensayo se hicieron durante los dos primeros años de producción de la pastura (marzo 2013 hasta mayo 2015). La producción de MS durante los dos ciclos, se obtuvo realizando dos submuestreos de 3 m² cada uno, por cada sub-parcela de, con máquina segadora de 1 m de ancho. Dichos muestreos se realizaron cuando el cultivo alcanzó el 10% de floración, o cuando los rebrotes desde la corona midieron 5 cm. Para las determinaciones del porcentaje de MS se extrajeron, en cada muestreo, 200 gr de forraje fresco por sub-parcela, que se secaron en estufa con circulación forzada de aire a 100°C hasta peso constante. La persistencia se estimó por diferencia entre la cobertura inicial (15 días después del primer corte del ciclo) y final del ensayo (15 días después del último corte del segundo ciclo). La cobertura se estimó de manera indirecta por fórmula a través de la medición de espacios vacíos en el surco. Un espacio fue considerado como vacío cuando éste fue mayor a 15 cm lineales. Al año de aplicadas las enmiendas (marzo 2014) se realizaron muestreos de suelo en 4 profundidades (0-5, 5-10, 10-15 y 15-20 cm) en todos los tratamientos para determinar pH y P.

Se realizó análisis de varianza de la producción de MS acumulada en cada ciclo y total, de la persistencia y del P y pH en el suelo. El nivel de significancia fue 5%. Las medias se compararon utilizando el test de LSD Fisher, mediante el programa estadístico InfoStat (Di Rienzo et al., 2011).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las precipitaciones acumuladas durante los meses previos a la implantación (enero y febrero) fueron un 94% inferior al promedio histórico (Figura 1). Para todo el año 2013, las lluvias fueron también inferiores al promedio (524,4 vs 887,2 mm); sin embargo, durante el periodo de cortes (agosto-mayo) del primer año se acumuló 838 mm, durante el del segundo año 780,4 mm y el histórico para ese período registró 849,9 mm (Figura 1).

Las temperaturas durante el año de implantación (2013) resultaron muy similares a los registros históricos (15,9 °C). Durante el año 2014, las temperaturas fueron levemente inferiores (15 °C) al histórico; esto mismo se observó en los meses de enero, febrero y marzo de 2015 (20,2 °C) respecto del histórico para dichos meses (21,7 °C).

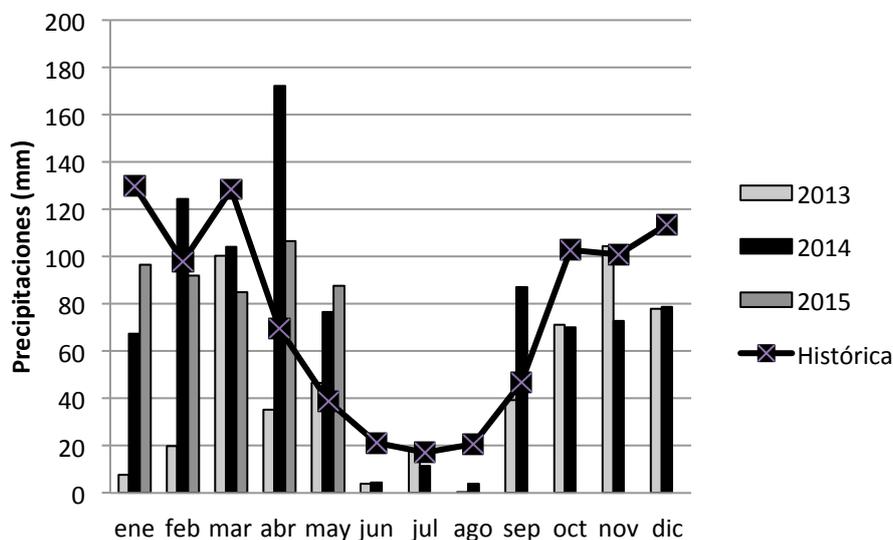


Figura 1. Precipitaciones mensuales de los años 2013, 2014 y 2015 y promedio histórico (1974-2014). Valores registrados por la estación meteorológica del INTA EEA General Villegas

El efecto del agregado de calcita sobre cualquiera de las variables analizadas fue independiente del nivel de yeso agregado ($Cal \times Ye$, $P > 0,19$). En consecuencia, sólo se presentan y discuten los efectos principales del agregado de calcita o de yeso.

La producción de MS acumulada por ciclo y total no fue afectada por la dosis de Cal o Ye ($P \geq 0,20$; Tabla 2). Estos resultados no coinciden con los obtenidos por García et. al. (2008), quienes informaron incrementos en la producción de MS luego de 4 cortes de entre el 11 y 22% con enmiendas de caliza, yeso o dolomita. Similarmente, Gambaudo et. al. (2001) registraron incrementos de rendimiento respecto al testigo entre el 17 y 36% al aplicar enmiendas cálcicas. Vázquez et. al. (2004) encontraron que la respuesta de la alfalfa a distintas enmiendas varió según el tipo de suelo, lo cual estuvo asociado a diferentes valores de pH edáfico. Al respecto, Millán (2010) indicó que el incremento en la concentración de Al intercambiable, una de las consecuencias de la acidificación del suelo, se evidencia sólo cuando el pH del suelo es inferior a 5,5. En el presente trabajo, el pH inicial fue superior a 5,6, lo cual podría haber limitado las posibilidades de encontrar efecto del agregado de enmiendas.

Tabla 2. Producción de materia seca ($kg \cdot ha^{-1}$) acumulada de alfalfa durante los ciclos 2013-2014, 2014-15 y en el total de ambos ciclos (2013-2015) con distintas dosis de calcita (0 [Cal0], 1000 [Ca1000] o 2000 $kg \cdot ha^{-1}$ [Cal2000]) y yeso (0 [Ye0] o 200 $kg \cdot ha^{-1}$ [Ye200]).

Ciclo	Calcita					Yeso			
	Cal0	Cal1000	Cal2000	EEM ¹	P	Ye0	Ye200	EEM	P
2013-2014	21,3	20,0	19,0	2,3	0,78	20,2	19,9	0,6	0,74
2014-2015	12,5	12,7	12,3	0,1	0,20	12,5	12,6	0,2	0,59
Total	33,8	32,7	31,3	2,4	0,77	32,7	32,6	0,7	0,90

¹ Error estándar de la media

La persistencia fue similar ($P > 0,05$) entre Cal1000 y Cal2000 y mayor ($P < 0,05$) para estos 2 tratamientos respecto de Cal0 (Tabla 3). El tratamiento Ye0 no se diferenció del tratamiento Ye200 ($P = 0,11$). Resultados similares se obtuvieron en una experiencia realizada por Carta et al. (1997) en Junin, provincia de Buenos Aires, en la cual, al cabo de tres años, se logró incrementar la persistencia del cultivo de alfalfa de 46 a 75,9% mediante el agregado de 2 $t \cdot ha^{-1}$ de enmienda cálcica. En el sur de la provincia de Córdoba, Jove (1997) también observó mayor persistencia en lotes de alfalfa a los que se les había corregido el pH edáfico a valores superiores a 6 mediante el uso de enmiendas básicas.

Tabla 3. Persistencia (%) al final del segundo ciclo productivo de un cultivo de alfalfa con distintas dosis de calcita (0 [Cal0], 1000 [Ca1000] o 2000 $kg \cdot ha^{-1}$ [Cal2000]) y yeso (0 [Ye0] o 200 $kg \cdot ha^{-1}$ [Ye200]).

Cal0	Calcita				P	Yeso			
	Cal1000	Cal2000	EEM ¹	P		Ye0	Ye200	EEM	P
81,6 b	93,3 a	89,1 a	1,8	0,02	89,2	86,7	1,0	0,11	

¹ Error estándar de la media

Letras distintas indican diferencias significativas ($P < 0,05$)

En los primeros 0-5 y 5-10 cm de profundidad se observó efecto ($P = 0,02$) de la aplicación de calcita sobre el pH edáfico; el mismo fue similar ($P > 0,05$) entre Cal1000 y Cal2000 y mayor ($P < 0,05$) para estos 2 tratamientos respecto de Cal0 (Tabla 4). En el resto de las profundidades evaluadas, la aplicación de calcita no afectó ($P \geq 0,18$) el pH del suelo. Respecto a la aplicación de yeso, la misma sólo tuvo efecto ($P \leq 0,04$) sobre el pH entre los 10-15 y 15-20 cm de profundidad, siendo mayor para Ye200 respecto de Ye0. De manera similar, Álvarez et. al. (2008), reportaron una tendencia a incrementar el pH con el uso de enmiendas, siendo tal incremento del orden de 0,4 unidades de pH como máximo y similar entre pH actual y potencial.

Tabla 4. Valores de pH edáfico registrados en diferentes profundidades y luego de transcurrido un año desde la aplicación de distintas dosis de calcita (0 [Cal0], 1000 [Ca1000] o 2000 kg·ha⁻¹ [Cal2000]) y yeso (0 [Ye0] o 200 kg·ha⁻¹ [Ye200]).

Profundidad	Calcita					Yeso			
	Cal0	Cal1000	Cal2000	EEM ¹	<i>P</i>	Ye0	Ye200	EEM	<i>P</i>
0-5 cm	5,70 b	6,07 a	6,12 a	0,06	0,02	5,97	5,96	0,03	0,80
5-10 cm	5,73 b	6,01 a	5,99 a	0,05	0,02	5,88	5,94	0,04	0,38
10-15 cm	5,88	5,99	5,79	0,07	0,29	5,84	5,93	0,02	0,04
15-20 cm	5,96	6,04	5,82	0,07	0,18	5,91	5,97	0,02	0,04

¹ Error estándar de la media

Letras distintas indican diferencias significativas ($P < 0,05$)

Respecto a la concentración de P en el suelo, medida a diferentes profundidades, la misma no fue afectada ni por la aplicación de calcita, ni por la de yeso ($P \geq 0,26$; Tabla 5). Sin embargo, en suelos de la región centro-este de la provincia de Santa Fe, Gambaudo et al. (2001) observaron incrementos en la concentración de P extractable debidos a la aplicación de calcitas y conchilla (38,7 y 27,2 ppm para tratamientos con y sin enmiendas, respectivamente). Dichos autores lograron incrementos del pH de hasta 0,9 unidades con el agregado de enmiendas, mientras que en el presente trabajo, el incremento máximo sólo fue del 0,4 unidades, lo que pudo haber limitado la posibilidad de encontrar diferencias en el P extractable con los distintos tratamientos evaluados.

Tabla 5. Valores de P extractable registrados en diferentes profundidades y luego de transcurrido un año desde la aplicación de distintas dosis de calcita (0 [Cal0], 1000 [Ca1000] o 2000 kg·ha⁻¹ [Cal2000]) y yeso (0 [Ye0] o 200 kg·ha⁻¹ [Ye200]).

Profundidad	Calcita					Yeso			
	Cal0	Cal1000	Cal2000	EEM ¹	<i>P</i>	Ye0	Ye200	EEM	<i>P</i>
0-5 cm	49,2	40,0	45,7	6,7	0,65	47,7	42,2	5,0	0,46
5-10 cm	15,5	17,9	23,0	4,0	0,46	21,0	16,6	2,5	0,26
10-15 cm	10,5	11,4	10,3	2,0	0,91	10,6	10,9	1,5	0,90
15-20 cm	10,0	10,2	8,6	2,0	0,84	9,1	10,2	1,6	0,65

¹ Error estándar de la media

CONCLUSIONES

En las condiciones experimentales en las que se desarrollaron estas evaluaciones, se evidenciaron beneficios en la persistencia de la pastura al aplicar calcita, sin registrarse diferencias entre dosis de 1000 y 2000 kg.ha⁻¹. Se obtuvieron también mayores registros de pH en los primeros 0-5 y 5-10 cm de suelo a favor de los tratamientos con calcita y sólo entre los 10-15 y 15-20 cm a favor de la aplicación de 200 kg.ha⁻¹ de yeso. Los mencionados beneficios no se reflejaron en una mayor producción de MS luego de dos años de cortes. Tampoco se observaron diferencias en los niveles de fósforo luego de transcurrido un año desde la incorporación de las enmiendas. Es necesario profundizar estos estudios en distintas condiciones suelos iniciales debido a los múltiples factores que interactúan sobre la producción de alfalfa y sobre los beneficios de la técnica de encalado en la zona de estudio.

BIBLIOGRAFIA

- Álvarez, A.; Guaymasi, D.; Millán, G.; Terminiello, A. y Vázquez, M. 2008. Efecto de agregado de correctores de la acidez sobre un suelo Argiudol típico de la Pcia. De Buenos Aires. En XXI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Potrero de los funes (SL). Argentina.
- Bachiega Zambrosi F.C.; Ferracciú Alleoni, L. R. y Fávero, E. 2007. Teores de aluminio trocável após calagem e gessagem em Lotossolo sob plantio direto. *Bragantia* 66 (3): 487-495.
- Carta, H.; Ventimiglia, L. y Carlos, L. 1997. Efecto de la corrección de la acidez del suelo en la producción de forraje de alfalfa. *Revista Técnica Agropecuaria. INTA EEA Pergamino. Vol II (4): 36-19.*
- Díaz-Zorita, M. y Gambaudo, S. 2007. Fertilización y encalado en alfalfa. En: *El cultivo de la alfalfa en la Argentina*. Ed: Basigalup, D.H.. Buenos Aires: INTA. Cap. 11. p 227-246. (ISBN 978-987-521-242-8).
- Gambaudo, S.; Zampar, A.; Tomatis, L. y Quaino, O. 2001. Respuesta de la alfalfa a la aplicación de dos enmiendas calcáreas. *Anuario INTA 2001*. En: http://rafaela.inta.gov.ar/info/documentos/anuarios/anuario2000/a2000_p93.htm
- García, M.; Terminiello, A.; Ardanaz, G.; Casciani, A. y Vázquez, M. 2008. Respuesta de una pastura base alfalfa al encalado en un tambo del SO de Córdoba. En XXI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Potrero de los funes (SL). Argentina.
- InfoStat versión 2011. Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Jove, P. 1997. Experiencias de encalado en el sur de la Prov de Córdoba. En: *II Jornadas Nacionales sobre Corrección de Mejoramiento de Suelos con Encalado*. Convenio ENCaLAR-INTA-Universidad Nacional de Córdoba-Universidad Tecnológica Nacional. Vaquerías, Córdoba, Nov. 13-14.
- Millán, G.; Vázquez, M.; Terminiello, A. y Santos Sbuscio, D. 2010. Efecto de las enmiendas básicas sobre el complejo de cambio en algunos suelos ácidos de la Región Pampeana. En: *XXII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo-Rosario-31 de mayo al 4 de junio de 2010*.

- Racca, R. y González, N. 2007. Nutrición nitrogenada de la alfalfa e impacto de la fijación biológica del nitrógeno. En: El cultivo de la alfalfa en la Argentina. Ed: Basigalup, D.H.. Buenos Aires: INTA. Cap. 4. p 67-79. (ISBN 978-987-521-242-8)
- Vázquez, M.; Prio, A.; Millán, G. y Lanfranco, J. 2004. Correcciones de suelos ácidos en la Pampa húmeda para la producción de alfalfa. En: Información Agonómica, N° 23. Agosto 2004. p 1-6.
- Vázquez, M. 2005. Calcio y Magnesio del suelo. Encalado y enyesado. Cap. 8: 161-185. En Fertilidad de suelos y fertilización de cultivos. Echeverría H., García F. (Eds). INTA, Buenos Aires, Argentina. 525 p.
- Zapata Hernández, R. 2004. Química de la acidez del suelo. Cali, Colombia. ISBN 958-33-6712-5. p 208.