

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA (UNLP)
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y FORESTALES (FCAyF)



Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

TRABAJO FINAL DE CARRERA

**EFFECTOS DEL ENCALADO SOBRE PROPIEDADES QUÍMICAS EN UN HAPLUDOL
DEL PARTIDO DE 25 DE MAYO, PROVINCIA DE BUENOS AIRES**

Carrera: Ingeniería Agronómica

Alumno: Ribadulla Santiago

Legajo: 26746/8

DNI: 36.292.290

santi.riba@hotmail.com

011-3930-1049

Carrera: Ingeniería Agronómica

Alumno: Bruballa Germán

Legajo: 26516/5

DNI: 35.630.962

germanbruballa@gmail.com

011-6669-6658

Directora: Ing. Agro. Andrea Pellegrini, Cátedra de Edafología, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP.

Codirectora: Ing. Agro. Natalia Machetti, Cátedra de Manejo y Conservación de Suelos, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP.

Octubre 2018

RESUMEN

En la región templada la exportación de nutrientes básicos por parte de los cultivos y la fertilización nitrogenada frecuente, son las principales causas de acidificación de los suelos. Este proceso produce modificaciones en las propiedades químicas y físicas del suelo que se puede manifestar en la reducción en los rendimientos de los cultivos. Este trabajo propone evaluar en el tiempo los efectos del encalado sobre las propiedades químicas de un suelo *Hapludol* de la localidad del 25 de Mayo. Se analizó pH, capacidad de intercambio catiónico (CIC), Ca y Mg intercambiables, suma de bases, nitrógeno total (Nt), carbono orgánico total (COT), carbono particulado, a los 9 y 21 meses posteriores a la aplicación de dolomita, con y sin yeso. Se evaluó el impacto sobre el rendimiento de la alfalfa. Los tratamientos fueron 0, 1.000, 2.000 y 3.000 kg.ha⁻¹ con y sin 200 kg ha⁻¹ de yeso. Se sembraron 18 kg.ha⁻¹ alfalfa en parcelas de 10m x 5m en un diseño en bloques al azar con 3 repeticiones. La respuesta del suelo ante el encalado tuvo comportamiento diferencial según las variables analizadas. Transcurridos 21 meses posteriores al encalado los valores de pH, CIC, Mg, suma de bases, Nt y COT se incrementaron respecto a los 9 meses. Con la dosis de 1000 kg ha⁻¹ de dolomita se observaron los mayores valores de CIC, Nt y COT, mientras que los aumentos en el contenido de Mg y la suma de bases se evidenciaron con dosis de 3000 kg ha⁻¹. El pH se incremento conforme al aumento de la dosis de la enmienda, presentando además, respuesta positiva a la adición de yeso. El cultivo de alfalfa respondió a la técnica del encalado con incrementos del rendimiento entre 24 y 33%, según la dosis de dolomita empleada. La adición del yeso mejoro los rendimientos en un 15%.

INTRODUCCIÓN

La acidificación de los suelos responde a varias causas naturales y antrópicas, entre las más relevantes se mencionan el lavado de bases y su exportación por la producción agrícola y pecuaria (Vázquez, 2005). Este fenómeno puede derivar principalmente en la disminución de la reserva de los nutrientes básicos y su desbalance, además de afectar las propiedades físicas.

Tradicionalmente para la corrección de acidez se han usado correctores o enmiendas, tales como calcita, dolomita, cal viva o apagada, entre otros, dando origen a la práctica denominada encalado. La aplicación de estos materiales básicos produce dos efectos en el suelo, uno nutricional que es el suministro de Ca y/o Mg, y por otra parte, produce un incremento en el pH del suelo. Si bien el pH del suelo podría elevarse a través del agregado de otros compuestos, generalmente se emplean los cálcico/magnésicos con el objetivo de reponer estos elementos con funciones nutricionales para los cultivos y microflora edáfica, aprovechando sus características de estructurantes edáficos (Vázquez, 2015). Estos productos pueden aplicarse en cualquier época del año. En general se incorporan al suelo algunos meses antes de la siembra de los cultivos para favorecer su solubilidad. Según indican Farina et al. (2000) y Caires et al. (2003) se puede adicionar yeso para facilitar la movilidad profunda del calcio.

La periodicidad de la aplicación de los correctores va desde frecuencias anuales, en situaciones de elevada acidez y cultivos sensibles, a encalados cada 2-4 años, en situaciones menos limitantes, dependiendo de la residualidad en cada sistema suelo-planta (Vázquez, 2015).

El proceso de encalado, al elevar el pH, produce un aumento de la carga eléctrica negativa en el complejo de cambio y, por lo tanto, mejora la capacidad de intercambio catiónica (CIC). El valor de la CIC de un suelo depende de la cantidad y tipo de arcilla,

humus y pH del medio. En consecuencia, la CIC no es un valor único, sino que aumenta con el pH y, por lo tanto, con la dosis de enmienda aplicada (Miner, 1995).

El encalado propicia mayor actividad microbiana y con ello la mineralización de la materia orgánica lábil, responsable de la unión de macroagregados (Baldock et al. 1994; Roth & Pavan 1991). Los cambios propiciados por el encalado pueden ser variables en un mismo suelo en escalas de tiempo distintas, como resultantes de cambios en la materia orgánica, por un lado, y el poder estructurante de los cationes divalentes agregados, por el otro (Chan & Heenan, 1998).

El carbono orgánico total (COT) ha mostrado ser menos sensible a los cambios ocurridos en el suelo en el corto plazo, producidos por distintas prácticas de manejo. Por eso se recurre a la evaluación de las fracciones más sensibles a modificarse según los usos del suelo (Galantini & Suñer, 2008). La separación por tamaño del COT, denominado carbono orgánico particulado (COP), es una técnica que mide el carbono de la fracción de materia orgánica más fácilmente mineralizable, siendo por lo general más lábil que la fracción de carbono orgánico asociada a las partículas de limo y arcilla. El COP está compuesto por una mezcla de residuos de plantas y animales en diferentes etapas de su transformación, que incluye microorganismos, esporas, polen, semillas, fitolitos y residuos carbonizados (Spycher et al., 1983; Baisden et al., 2002). Esta mezcla tan heterogénea hace que su composición sea muy variable, con características intermedias entre la materia orgánica del suelo y la de los residuos de cultivos (Galantini y Suñer, 2008).

La acidez de los suelos limita el crecimiento de las plantas debido a una combinación de factores. En el caso particular de las leguminosas, tiene efecto negativo sobre la simbiosis leguminosa-rizobio (en alfalfa *Ensifer meilotii*) causado principalmente por la reducción del proceso de nodulación (Campillo & Sadzawka). La corrección de la acidez

pone en disponibilidad otros nutrientes como el P y promueve la fijación biológica del N, por poner en disponibilidad al Mo, indispensable para la simbiosis (Terron, 2010). La implantación, producción y persistencia de los alfalfares se ven afectados, por sus altos requerimientos de Ca y Mg. Esta especie puede disminuir su rendimiento hasta un 42% si es cultivada a un pH 5,7 (Romero, 2003).

Por todo lo expuesto se justifica el estudio de los efectos del encalado sobre el sistema suelo-planta.

HIPÓTESIS

La capacidad de intercambio catiónica, los contenidos de Calcio (Ca) y Magnesio (Mg) intercambiables y los niveles de pH, medidos a los 9 y 21 meses posteriores a la aplicación se incrementa con el agregado de dolomita y dolomita con yeso conforme al aumento de las dosis.

El rendimiento de la alfalfa se incrementa con el agregado de dolomita, siendo mayor el incremento cuando se adiciona yeso en la enmienda.

El contenido de Nitrógeno total (Nt), la síntesis del carbono orgánico total (COT) y la fracción lábil (COP), evaluados a los 9 y 21 meses posteriores a la aplicación se modifican con el agregado de dolomita sola o junto al yeso.

OBJETIVOS

Generales

Propiciar la conservación de la capacidad productiva agropecuaria de un *Hapludol* de la Pampa Arenosa.

Específicos

Evaluar el comportamiento de pH, la CIC, Ca y Mg intercambiables, a los 9 y 21 meses posteriores a la aplicación de diferente dosis de dolomita, con y sin yeso.

Evaluar la incidencia de diferentes dosis de dolomita y dolomita con yeso sobre el rendimiento de la alfalfa.

Evaluar la incidencia de diferentes dosis de dolomita y dolomita con yeso sobre el contenido de nitrógeno total, carbono orgánico total y lábil a los 9 y 21 meses de la aplicación del corrector.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ensayo

Se realizó un ensayo a campo con un diseño en bloques al azar con 3 repeticiones en un *Hapludol*, serie Ortiz de Rosas (SISINTA), con pH de 5,5; CIC 11,63 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$; 18,7 gC kg suelo, 29,8 de gMO kg; 7,7 meq Ca 100g^{-1} suelo (Ca/CIC:66%); 0,5 meq Mg 100g^{-1} suelo (Mg/CIC:4,3%); suma de bases de 9,9 meq 100g^{-1} (suma de bases/CIC: 85%) y 0,21% de Nitrógeno; ubicado en el Partido de 25 de Mayo, en la Provincia de Buenos Aires.

Los tratamientos estuvieron constituidos por distintas dosis de dolomita (21% CaCO_3 y 13% MgCO_3) 0, 1.000, 2.000 y 3.000 kg ha^{-1} (T, D1000, D2000, D3000) en parcelas de 10 m x 5 m. Simultáneamente se realizará los mismos tratamientos pero adicionando 200 kg ha^{-1} de yeso a las distintas dosis de dolomita (TY, D1000Y, D2000Y, D3000Y). Los productos fueron agregados al voleo manualmente e incorporados mediante disco tres meses previos a la siembra. Se fertilizó a la siembra con MAP (100 kg ha^{-1}) y se sembró alfalfa (*Medicago sativa L.*) variedad WL 1058, que corresponde a un grado de reposo sin latencia, con una densidad de 18 kg ha^{-1} .

Análisis químicos

El muestreo se realizó a los 9 (tiempo 1) y 21 meses (tiempo 2) posteriores al encalado, extrayendo una muestra compuesta de 5 submuestras/parcela en la capa de 0-20 cm. Las muestras se secaron al aire y se tamizaron a 2 mm. Se realizaron las siguientes determinaciones químicas mediante metodología SAGPyA (2004): pH actual (suelo: agua 1:2,5); capacidad de intercambio catiónica a pH 7 con acetato de amonio 1 N (CIC); Ca y Mg intercambiables, por complejometría con EDTA. El nitrógeno total se evaluó por el método micro-Kjeldahl. El carbono total (COT) se analizó por el micrométodo de Walkley-Black modificado, y el carbono particulado (COP) se evaluó por fraccionamiento granulométrico con tamices de 105 y 53 μm , según método de Duval et al., (2013) obteniendo las fracciones COP gruesa 2000-105 μm (COPg) y COP fina 105-53 μm (COPf)

Evaluación de rendimiento de alfalfa

En 2 momentos diferentes del cultivo se realizó 1 corte por parcela de 0,5m². El material fue secado a 60°C y posteriormente se determinó su peso. Se realizaron 7 cortes de alfalfa, los primeros 3 cortes (M1) agrupados en tiempo 1, (hasta los 9 meses del encalado) mientras que los 4 últimos cortes (M2) abarcan hasta los 21 meses.

Análisis estadístico

Los resultados fueron evaluados mediante un ANOVA y la comparación (LSD, Tukey), correlación de variables, análisis de correlación (STATISTICA, 2005).

RESULTADOS

pH

La adición de enmienda produjo cambios significativos de pH, evaluado a los 9 y 21 meses ($p < 0,01$) posteriores al encalado. La aplicación de yeso junto a la dolomita generó diferencias significativas respecto a los testigos ($p < 0,01$). El tratamiento D3000 se diferencio de D1000 y T, mostrando un incremento respecto a este último de 0,77, mientras que D2000 solo se diferencio de T (Figura 1).

CIC

Los valores de CIC evaluadas a los 21 meses posteriores a la aplicación fueron significativamente mayores ($p < 0,01$) que a los 9 meses. La incorporación de yeso a la enmienda no mostró cambios significativos en la CIC. El tratamiento D1000 presentó mayores valores que T ($p < 0,01$). D2000 y D3000 no mostraron diferencia con el resto de los tratamientos (Figura 2).

Ca

La adición de dolomita generó incremento significativo entre T evaluado en el tiempo 1 y D3000Y evaluado en el tiempo 2 ($p < 0,01$), teniendo en cuenta que existe interacción entre los factores yeso, dosis y tiempo (Figura 3).

Ca/Mg

La relación Ca/Mg presentó interacción entre dosis y tiempo ($p < 0,01$). T y D1000 en tiempo 2 se diferenciaron con valores menores que en el tiempo 1 (Figura 4).

Mg

El contenido de Mg fue mayor en el tiempo 2 respecto al tiempo 1 ($p < 0,01$). El factor yeso no produjo diferencia significativa. La aplicación de enmienda mostró incrementos en D3000 respecto a T (Figura 5).

Suma de bases

La diferencia de resultados obtenidos entre los dos momentos de tomas de muestras (9 meses y 21 meses) fue significativa ($p < 0,01$) siendo mayor en el tiempo 2. La aplicación de enmienda mostró incrementos significativos ($p < 0,01$) en la dosis de $3000 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ respecto al testigo (Figura 6).

Nitrógeno

La adición de enmienda produjo incrementos significativos ($p < 0,01$) en el porcentaje de nitrógeno evaluado a los 21 meses, respecto a los 9 meses posteriores al encalado. Los tratamientos con yeso presentaron menores valores respecto a los tratamientos sin yeso ($p < 0,01$). La dosis de 1000 kg ha^{-1} de dolomita se diferenció positivamente respecto de la dosis de 2000 kg ha^{-1} ($p < 0,01$), mientras que T y D3000 presentaron valores intermedios (Figura 7).

COT

La adición de enmienda produjo mayores contenidos de COT evaluado a los 21 meses ($p < 0,01$) posteriores al encalado. La dosis de 2000 kg ha^{-1} y $3000 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de dolomita se diferenció significativamente de la dosis de 1000 kg ha^{-1} ($p < 0,01$) presentando esta última los mayores valores en los dos momentos evaluados (Figura 8).

COPg

Esta fracción de COP presentó interacción entre dosis y yeso ($p < 0,07$). Presento diferencias significativas entre el testigo con yeso, y el testigo y D2000 sin yeso, observándose la misma tendencia entre ambos tiempos (Figura 9).

COPf

La adición de dolomita con yeso y sin yeso medida en dos tiempos distintos presentó interacción entre los factores yeso y tiempo, diferenciándose el tiempo 2 sin yeso, al resto de los tratamientos (Figura 10a y 10b).

Materia seca

El rendimiento de la alfalfa se incrementó significativamente ante la incorporación de dolomita ($p < 0,01$) en un 24%, 33% y 30% en los tratamientos de D1000, D2000 y D3000, respectivamente. La adición de $200 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de yeso a la dolomita generó en promedio un incremento del 15%. Hubo diferencia significativa entre MS1 y MS2 ($p < 0,01$) (Figura 11).

DISCUSIÓN

La adición creciente de dosis de dolomita generó aumentos en los valores de pH, esto coincide con lo hallado por Vázquez *et al.* (2012) en un suelo *Argiudol típico* bonaerense, donde luego de la aplicación de los productos observaron que el agregado de las diferentes dosis de correctores elevó el pH de la capa de 0-20 cm, manteniéndose estos incrementos después de dos años de efectuada la aplicación.

Debido a la gradual solubilización de la enmienda, en aquellas muestras tomadas a los 21 meses posteriores a la aplicación se evidenciaron valores mayores de pH. Los tratamientos a los cuales se les incorporó yeso también mostraron valores mayores de pH, coincidiendo con lo mencionado por Carrizo *et al.* (2014) quienes para mejorar la solubilidad de la dolomita a mediano a corto plazo la combinó con yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) que incrementó la solubilidad del calcio de dicha fuentes. Vázquez *et al.*, (2008) por su parte comprobaron que la aplicación conjunta de caliza y yeso mejora la movilización profunda del Ca, en aplicaciones superficiales de los productos.

El carbono orgánico total disminuyó cuando se utilizó dosis de 2000 kg ha^{-1} , esto podría deberse a que los microorganismos responsables de la dinámica degradativa de la materia orgánica y por lo tanto del ciclaje del N, P y S orgánico incrementan su nivel de actividad a pH cercanos a la neutralidad (Magra y Ausilio, 2004), con lo cual disminuiría el contenido de materia orgánica. El incremento de la mineralización aumentaría la oferta de

nutrientes disponibles para la alfalfa, lo que explicaría el mayor rendimiento con dicha dosis. Con dosis de 3000kg ha^{-1} no se produjo aumento de rendimiento respecto a la dosis de 2000 kg ha^{-1} , probablemente debido a la recristalización de la dolomita y una posterior modificación de las propiedades físicas del suelo, afectando las condiciones para el cultivo (Vázquez, 2014).

La CIC mostró diferencias significativas entre los testigos y los tratamientos D1000. También lo hizo entre los diferentes momentos de muestreo, presentando una misma tendencia, incrementándose en D1000 y D3000, respecto a T y D2000 (Figura 2). Estos resultados se deberían a que la capacidad de intercambio se encuentra, en parte, en sitios dependientes del pH, teniendo la aplicación superficial de la cal y el movimiento resultante de un flujo neutralizante compuesto por aniones alcalinos (OH^- , HCO_3^- , CO_3^{2-} (Cregan *et al.*, 1989)) a través del suelo, influencia en la capacidad de intercambio (Blake *et al.*, 1999). De este modo, puede visualizarse que los cambios de pH y de materia orgánica siguen la misma tendencia que la CIC.

El agregado de productos correctores de la acidez, tales como CaCO_3 . MgCO_3 (dolomita), liberan calcio y magnesio hacia la solución del suelo, que entran en equilibrio con las formas intercambiables o son absorbidos por las plantas. Los resultados mostraron disminución de los valores de Ca y Mg en el suelo, paralelamente al aumento del rendimiento de la alfalfa. La aplicación de yeso incrementa la disponibilidad de calcio, viéndose claramente reflejado en los mayores contenidos de Ca en los tratamientos que lo incluyen.

El nitrógeno del suelo es uno de los nutrientes básicos para el crecimiento vegetal, la alfalfa se provee de este elemento tomándolo en sus formas inorgánicas, principalmente NO_3^- y por ser una leguminosa incorpora, además, este elemento por simbiosis. El nitrógeno está íntimamente relacionado a la MO, siguiendo la tendencia de esta. La

D2000 mejoró las condiciones edáficas permitiendo un mayor rendimiento del cultivo y por lo tanto mayor consumo del nitrógeno edáfico. En el tiempo 2 se presentó un aumento del contenido respecto al tiempo 1, probablemente por la mayor fijación del Nitrógeno por la leguminosa, tema estudiado por Toniutti et al., (1977) donde observó que el encalado producía un importante incremento en el número de nódulos en los 5 meses de implantada la alfalfa teniendo como consecuencia un menor consumo del nitrógeno edáfico.

El azufre es un nutriente requerido por las leguminosas, constituye un elemento de gran importancia en la formación de las proteínas de la pastura y su demanda guarda relación con los niveles de producción de MS. La incorporación de yeso junto con la dolomita aportó azufre provocando un mayor crecimiento del cultivo, observándose un aumento en la producción de materia seca de la alfalfa encalada con yeso, coincidiendo con lo observado por Vivas, H. y H. Fontanetto *et al* (2003) quienes describen que la producción de materia seca de la alfalfa en tratamientos con agregado de azufre superaron significativamente a sus respectivos testigos, con y sin calcio.

CONCLUSIONES

La respuesta ante el encalado de un Hapludol de la serie Ortiz de Rosas tuvo comportamiento diferencial según las variables analizadas.

El pH se incrementó conforme al aumento de la dosis de la enmienda, presentando además, respuesta positiva a la adición de yeso.

El cultivo de alfalfa respondió a la técnica del encalado con incrementos del rendimiento entre 24 y 33%, según la dosis de dolomita empleada. La adición del yeso mejoró los rendimientos en un 15% extra.

Transcurridos 21 meses posteriores al encalado los valores de pH, CIC, Mg, suma de bases, Nt y COT se incrementaron respecto a los 9 meses.

Con la dosis de 1000 kg ha⁻¹ de dolomita se observaron los mayores valores de CIC, Nt y COT, mientras que los aumentos en el contenido de Mg se evidenció con dosis de 3000 kg ha⁻¹.

BIBLIOGRAFÍA

Baisden, W.T.; R. Amundson; D.L. Brenner; A.C. Cook; C Kendall & J.W. Harden. 2002. A multi-isotope C and N modeling analysis of soil organic matter turnover and transport as a function of soil depth in a California annual grassland soil chronosequence. *Global Biogeochemical Cycles*, 16: 1135.

Baldock, J.A.; M. Aoyama; J.M. Oades; Susanto & C.D. Grant.1994. Structural amelioration of South Australian Red-Brown carth using calcium and organic amendments. *Aust. J. Soil Res.* 32: 571-594.

Blake, L; K.W. Goulding; C.J.B. Mott & A.E. Johnston. 1999. Changes in soil chemistry accompanying acidification over more than 100 years under woodlandgrass at Rothamsted Experimental Station, UK. *Eur. J. Soil Sci.* 50: 401-412.

Caires, E.F.; J. Blum; G. Barth; F.J. Garbuio & M.T. Kusman. 2003. Alterações químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na implantação do sistema plantio direto. *Rev. Bras. Ciênc. Solo* 27(2): 275.

Campillo R., R.; Sadzawka R., A. s.f. La Acidificación de los Suelos. Origen y Mecanismos Involucrados. INIA. 17 p.

Carrizo, M. E.; Alesso, C. A.; Billoud, H. y Pilatti, M. Ángel. 2014. Comparación del poder de neutralización de enmiendas calcáreo-magnésicas en suelos de la Pampa llana santafesina. *Rev. Fac. Cienc. Agrar., Univ. Nac. Cuyo.*, vol.46, n.2

Chan, K.Y. & D.P. Heenan.1998. Effect of lime (CaCO₃) application on soil structural stability of a red carth. *Aus. J. Soil Res.* 36: 73-86.

Cregan, P.D.; J.R. Hirth & M.K. Conyers. 1989. Amelioration of soil acidity by liming and other amendments. In: *Soil Acidity and Plant Growth* (ed. A.D. Robson), pp. 205±264. Academic Press, Sydney.

Duval M.E.; Galantini J.A; Iglesias J.O.; Canelo S.; Martinez J.M & Wall L. 2013. Analysis of organic fractions as indicators of soil quality under natural and cultivated systems. *Soil Till. Res.* 131: 11-19.

Farina, M.P.W.; P. Channon & G.R. Thibaud. 2000. A comparison of strategies for ameliorating subsoil acidity: I. Long-term growth effects. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 61: 646- 651.

Galantini, J.A. & Suñer, L. 2008. Las fracciones orgánicas del suelo: análisis en los suelos de la Argentina. Univesidad Nacional de Córdoba (Argentina). Facultad de Ciencias Agropecuarias. 15 pp

Magra, G. y Ausilio A. 2004. Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Rosario. 8/2014. *Rev. Agromensajes.* 5 p

Miner, J. A.1995. Fertilidad del suelo: acidez y complejo de cambio. *Revista Sustrai.* Edición N°36. 5pp.

Romero, N. 2003. Alfalfa: limitantes productivas en la región pampeana. Producción bovina de carne. www.produccion-animal.com.ar

Roth, C.H. & M.A. Pavan. 1991. Effects of lime and gypsum on clay dispersion and infiltration in samples of a brazilian Oxisolls. *Geoderma* 48: 351-361.

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.

Sistema de Información de Suelos del INTA (SISINTA). <http://sisinta.inta.gob.ar/>

Spycher, G.; P. Sollins & S. Rose.1983. Carbon and nitrogen in the light fraction of a forest soil: Vertical distribution and seasonal patterns. *Soil Sci.* 135, 79-87.

StatSoft, Inc. 2005. STATISTICA (data analysis software system), version 7.1. www.statsoft.com.

Toniutti, M. A., L. Fornasero y D. Tenorio. 1977. La alfalfa: inoculación, fertilización y encalado. In: II Jornadas Nacionales sobre Corrección y Mejoramiento de Suelos con Encalado. Convenio ENCaLAR-NTA-Universidad Nacional de Córdoba - Universidad Tecnológica Nacional. Vaquerías, Córdoba, Nov. 13-14

Terron, P. U. 2010. Tratado de fitotecnia general. 2da edición. Mundi prensa. Madrid. PP 895.

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.

Vázquez, M.; A. Terminiello & G. Millán. 2008. Lixiviación de iones en un suelo tratado con enmiendas carbonáticas y yeso. XXI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. 16/5/08, Potrero de Funes, San Luis. ACTAS: 342. Trabajo completo versión electrónica.

Vázquez, M.; Terminiello A.; Casciani A.; Millán G.; Gelati P.; Giulino F.; García Diaz J.; Kostiria J. & García M. 2012. Evaluación del efecto de enmiendas básicas sobre la producción de alfalfa (*Medicago sativa* L.) y propiedades edáficas en ámbitos templados argentinos. Universidad Nacional de La Plata.

Vázquez M. 2014. Pérdida de nutrientes básicos, sus consecuencias y posibilidades de tratamiento. XXIV Congreso Argentino de la Ciencia de Suelo.

Vázquez M. y A. Pagani. 2015. Calcio y Magnesio del suelo. En: Manejo de fertilización y enmiendas. Fertilidad de suelos y fertilización de cultivos. Ed. Echeverría H., García F. INTA, Cap. 1: 317-356. 904 p.

Vivas, H. y H. Fontanetto. 2003. Fuentes azufradas con y sin aplicación de calcio en la producción de alfalfa. In: INPOFOS (org) Simposio «El fósforo en la Agricultura Argentina». Rosario, Mayo 8-9, pp.89-90.

ANEXO

pH

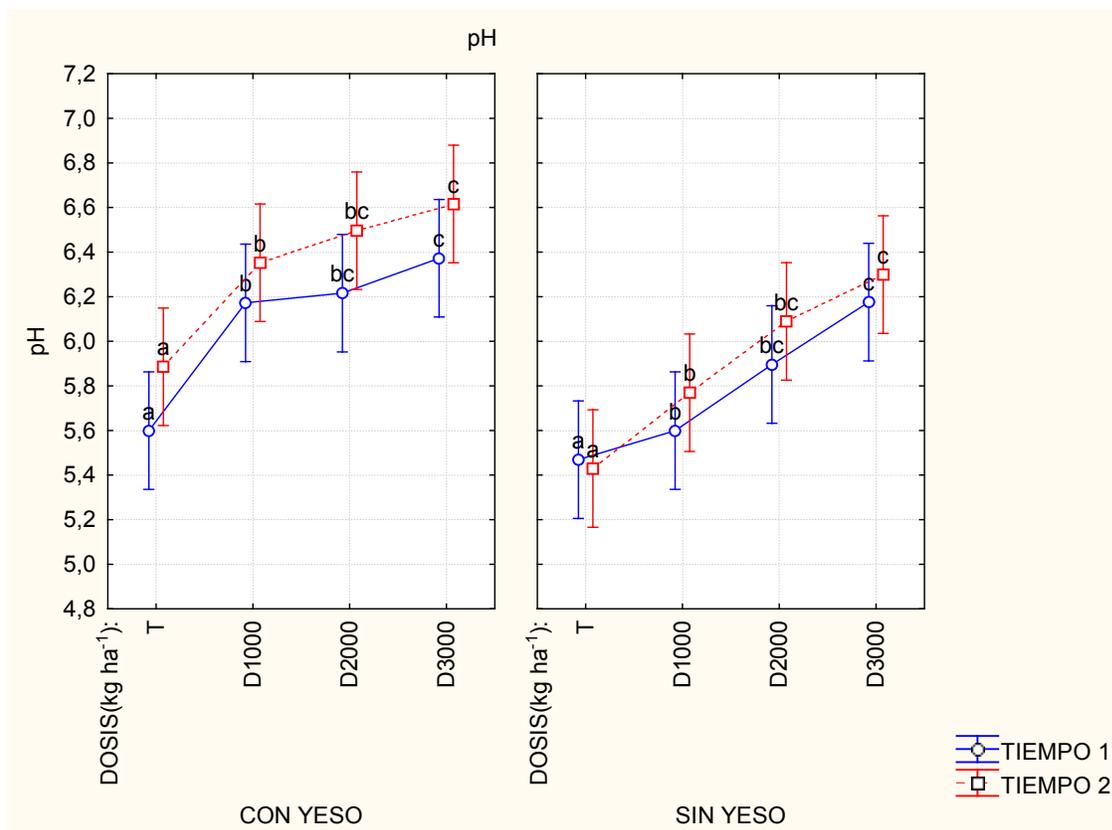


Figura 1. pH actual (1:2,5 suelo/H₂O) según tratamiento aplicado: T=0 kg ha⁻¹, D1= 1.000 kg ha⁻¹ D2= 2.000 kg ha⁻¹ D3= 3.000 kg ha⁻¹ de dolomita, con adición de 200 kg.ha⁻¹ de yeso y sin adición, para 9 meses (tiempo 1) y 21 meses (tiempo 2) posteriores al encalado. Letras diferentes indican diferencias significativas entre dosis. Colores diferentes indican diferencias significativas entre tiempos. Dos gráficos distintos indican diferencias significativas para yeso.

Capacidad de Intercambio Catiónico

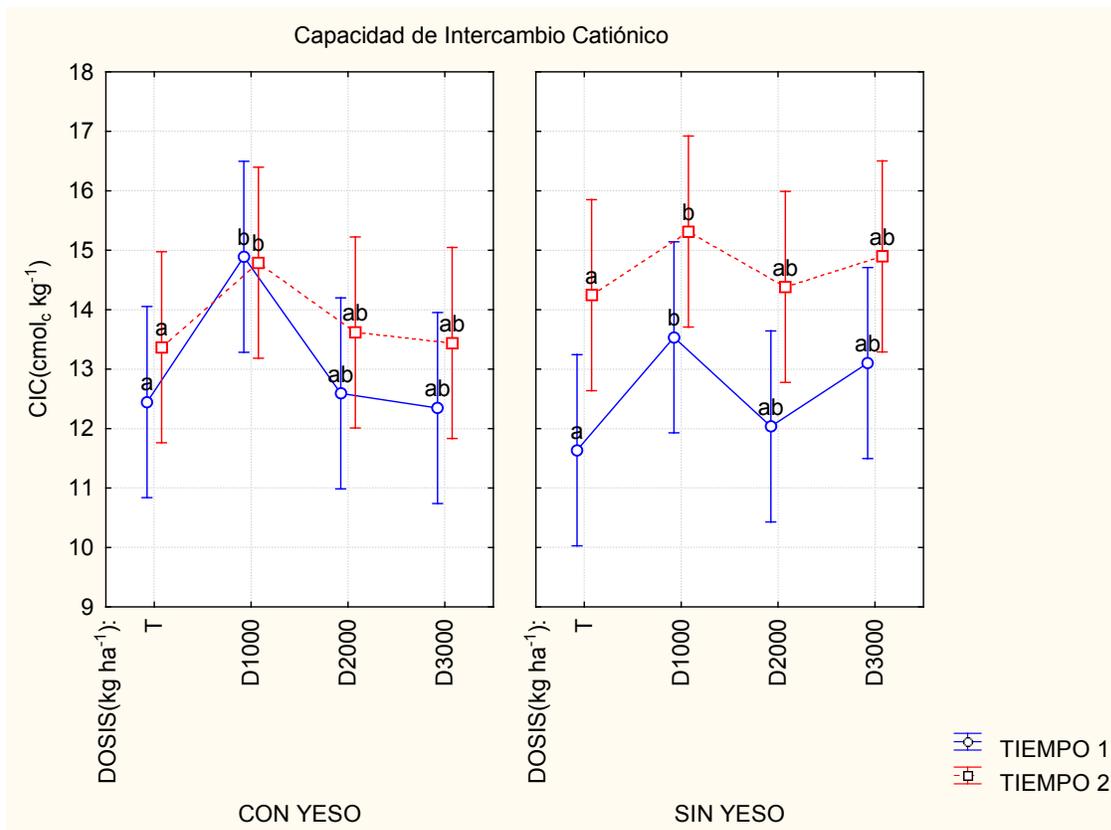


Figura 2. Capacidad de intercambio catiónico (CIC, $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$) según tratamiento aplicado: T=0 kg ha^{-1} , D1= 1.000 kg ha^{-1} D2= 2.000 kg ha^{-1} D3= 3.000 kg ha^{-1} de dolomita, con adición de 200 kg ha^{-1} de yeso y sin adición, para 9 meses (tiempo 1) y 21 meses (tiempo 2) posteriores al encalado. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos para un mismo tiempo. Colores diferentes indican diferencias significativas entre tiempos.

Calcio

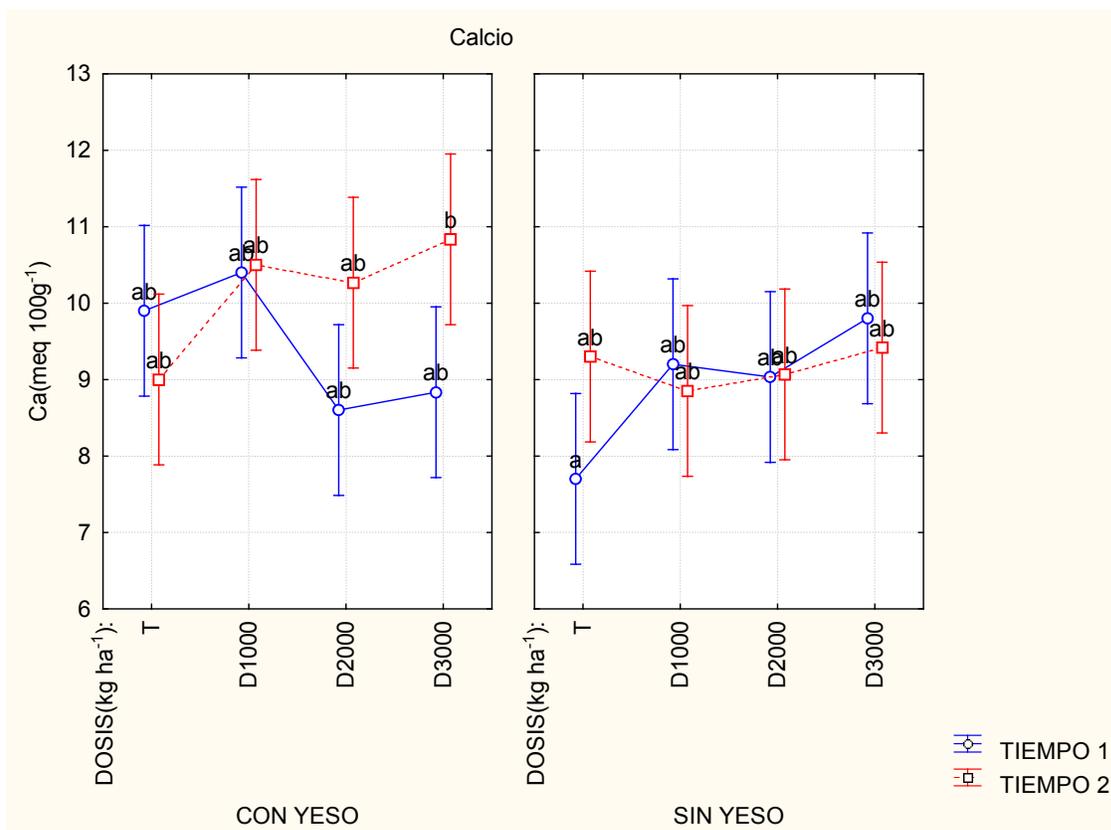


Figura 3. Calcio (Ca meq 100g⁻¹) según tratamiento aplicado: T=0 kg ha⁻¹, D1= 1.000 kg ha⁻¹ D2= 2.000 kg ha⁻¹ D3= 3.000 kg ha⁻¹ de dolomita, con adición de 200 kg ha⁻¹ de yeso y sin adición, para 9 meses (tiempo 1) y 21 meses (tiempo 2) posteriores al encalado. Letras diferentes indican diferencias significativas teniendo en cuenta la interacción entre los tres factores, yeso, dosis y tiempo.

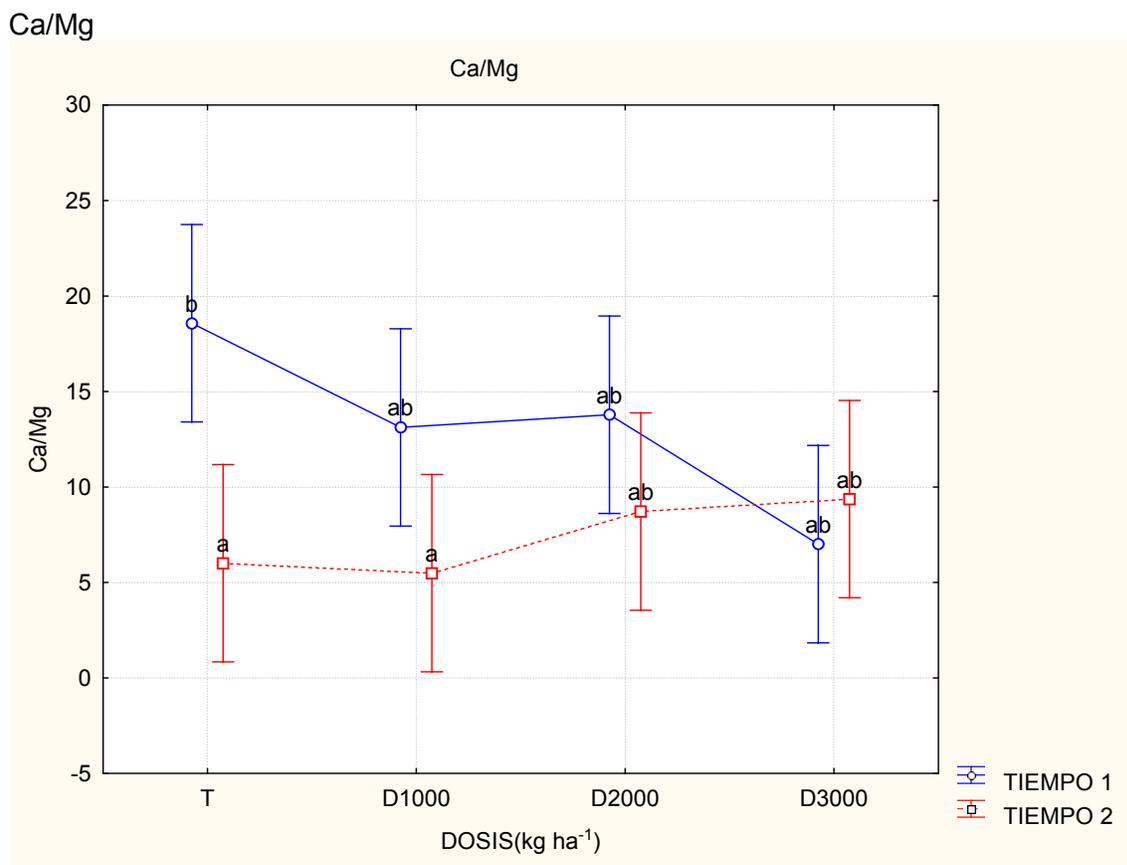


Figura 4. Relación Ca/Mg según tratamiento aplicado: T=0 kg ha⁻¹, D1= 1.000 kg ha⁻¹ D2= 2.000 kg ha⁻¹ D3= 3.000 kg ha⁻¹ de dolomita, con adición de 200 kg ha⁻¹ de yeso y sin adición, para 9 meses (tiempo 1) y 21 meses (tiempo 2) posteriores al encalado. Letras diferentes indican diferencias significativas teniendo en cuenta la interacción entre los dos factores, dosis y tiempo.

Magnesio

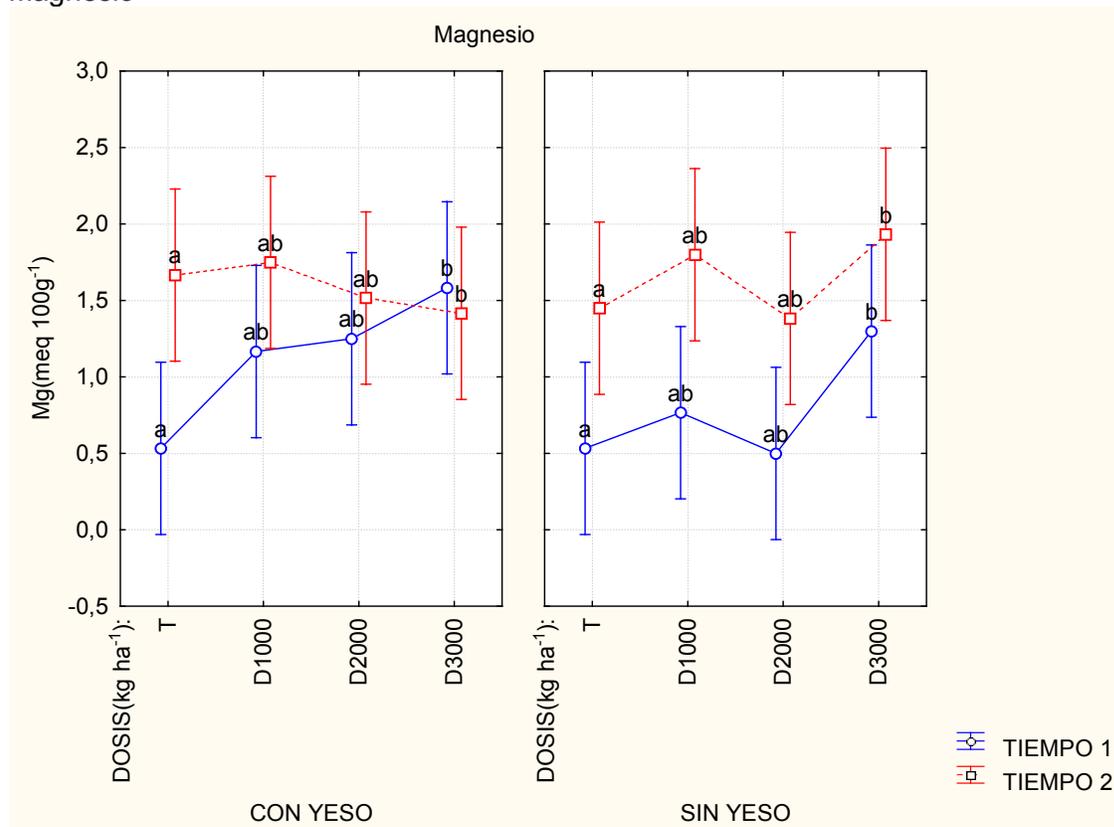


Figura 5. Magnesio (Mg, meq 100g⁻¹) según tratamiento aplicado: T=0 kg ha⁻¹, D1= 1.000 kg ha⁻¹ D2= 2.000 kg ha⁻¹ D3= 3.000 kg ha⁻¹ de dolomita, con adición de 200 kg ha⁻¹ de yeso y sin adición, para 9 meses (tiempo 1) y 21 meses (tiempo 2) posteriores al encalado. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos para un mismo tiempo. Colores diferentes indican diferencias significativas entre tiempos.

Suma de Bases

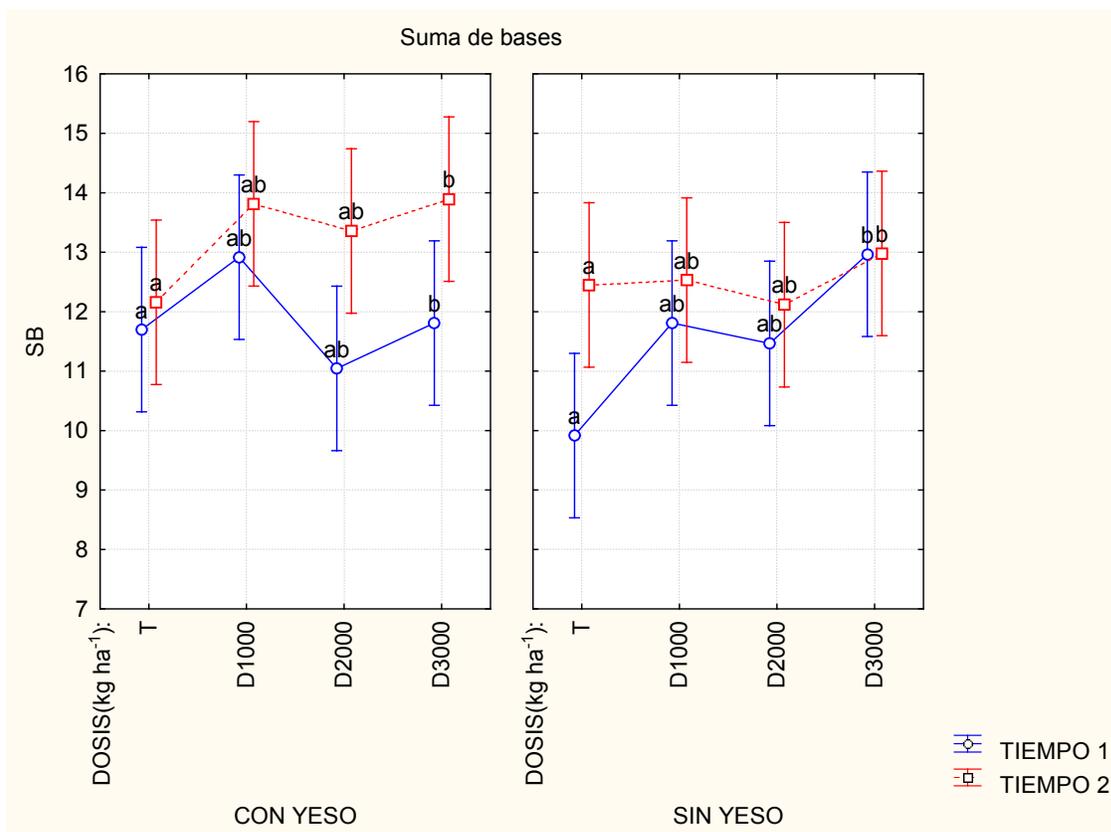


Figura 6. Suma de bases según tratamiento aplicado: T=0 kg ha⁻¹, D1= 1.000 kg ha⁻¹ D2= 2.000 kg ha⁻¹ D3= 3.000 kg ha⁻¹ de dolomita, con adición de 200 kg ha⁻¹ de yeso y sin adición, para 9 meses (tiempo 1) y 21 meses (tiempo 2) posteriores al encalado. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos para un mismo tiempo. Colores diferentes indican diferencias significativas entre tiempos.

Nitrógeno

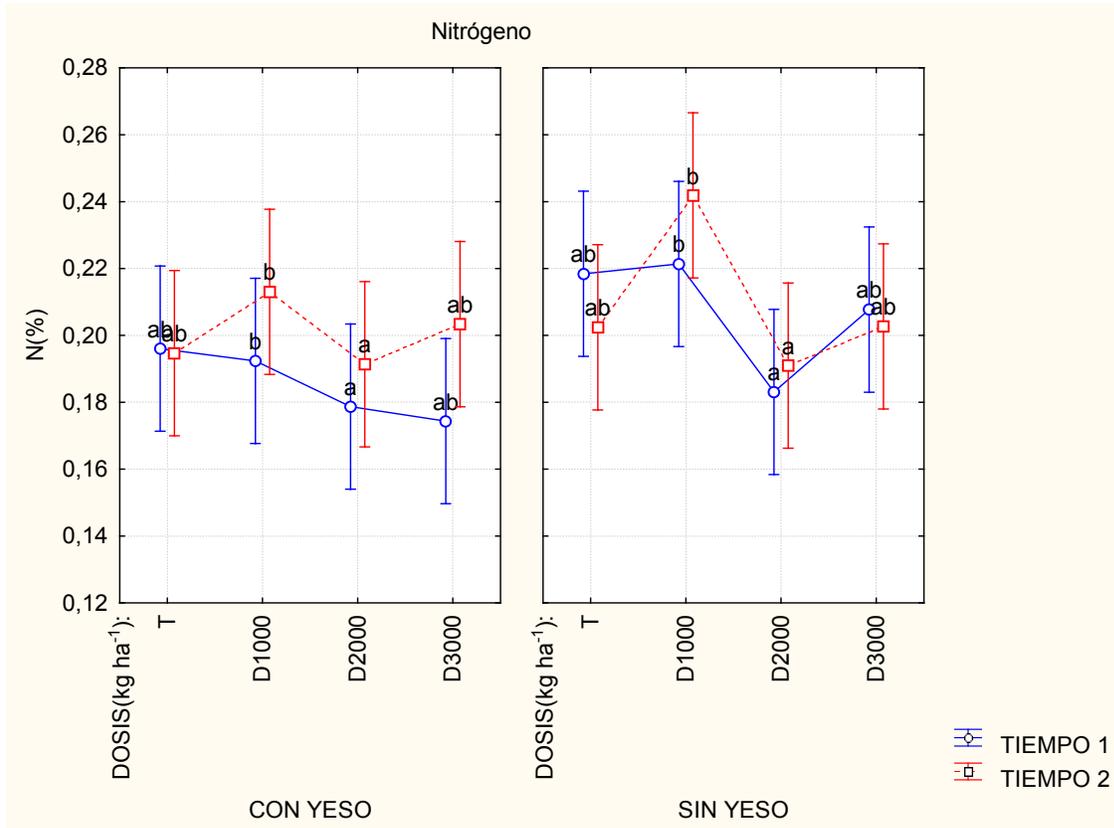


Figura 7. Nitrógeno total del suelo (Nt, %) según tratamiento aplicado: T=0 kg ha⁻¹, D1= 1.000 kg ha⁻¹ D2= 2.000 kg ha⁻¹ D3= 3.000 kg ha⁻¹ de dolomita, para 9 meses (tiempo 1) y 21 meses (tiempo 2). Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos para un mismo tiempo. Dos gráficos distintos indican diferencias significativas para yeso.

Carbono Orgánico Total

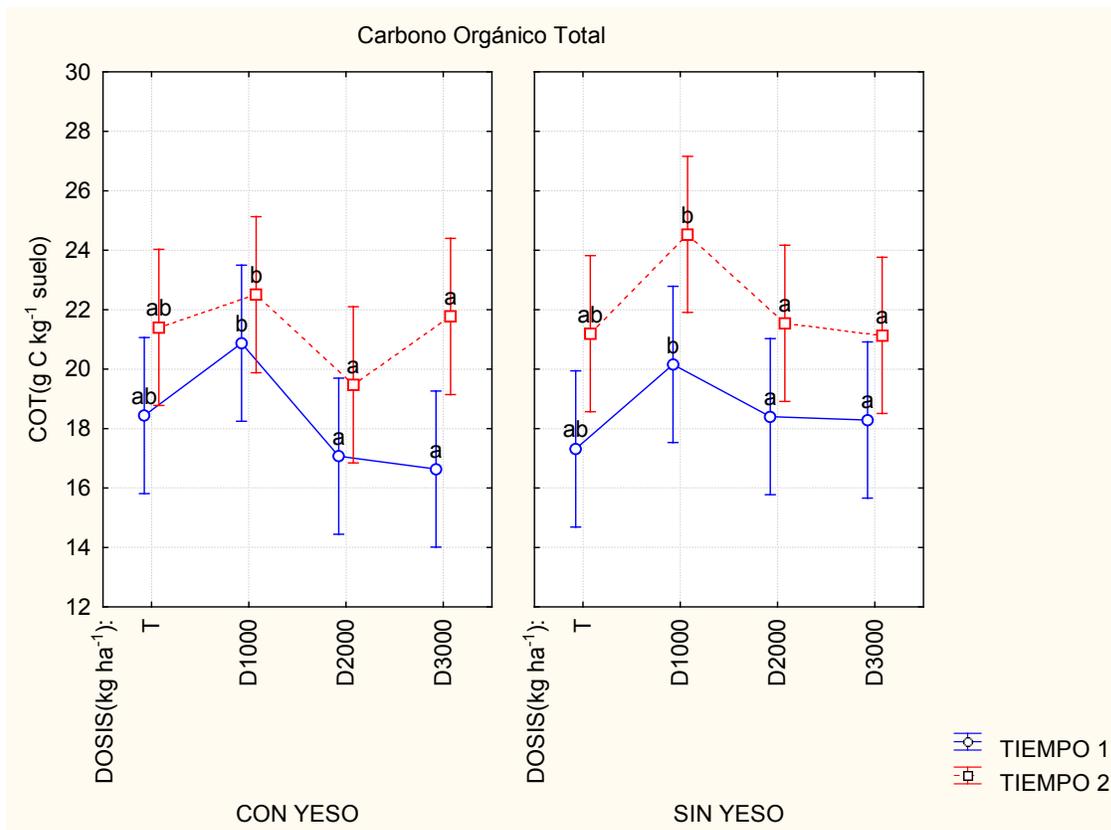


Figura 8. Carbono orgánico total (COT, gC kg⁻¹ suelo) según tratamiento aplicado: T=0 kg ha⁻¹, D1= 1.000 kg ha⁻¹ D2= 2.000 kg ha⁻¹ D3= 3.000 kg ha⁻¹ de dolomita, para 9 meses (tiempo 1) y 21 meses (tiempo 2). Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos para un mismo tiempo. Colores diferentes indican diferencias significativas entre tiempos.

COPg (2000-105 μ m)

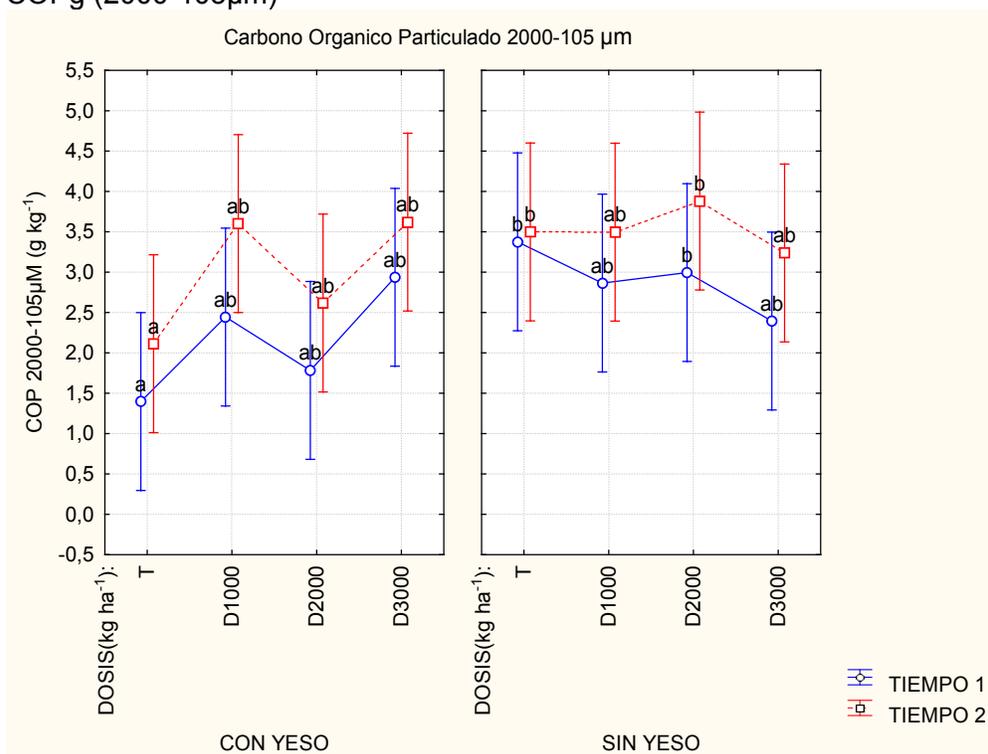


Figura 9. Carbono orgánico particulado fracción gruesa (COPg 2000-105 μ m, gC kg⁻¹ suelo) según tratamiento aplicado: T=0 kg ha⁻¹, D1= 1.000 kg ha⁻¹ D2= 2.000 kg ha⁻¹ D3= 3.000 kg ha⁻¹ de dolomita, con adición de 200 kg ha⁻¹ de yeso y sin adición, para 9 meses (tiempo 1) y 21 meses (tiempo 2) posteriores al encalado. Letras diferentes indican diferencias significativas para la interacción entre los dos factores, dosis y yeso. Colores diferentes indican diferencias significativas entre tiempos.

COPf (105-53 μm)

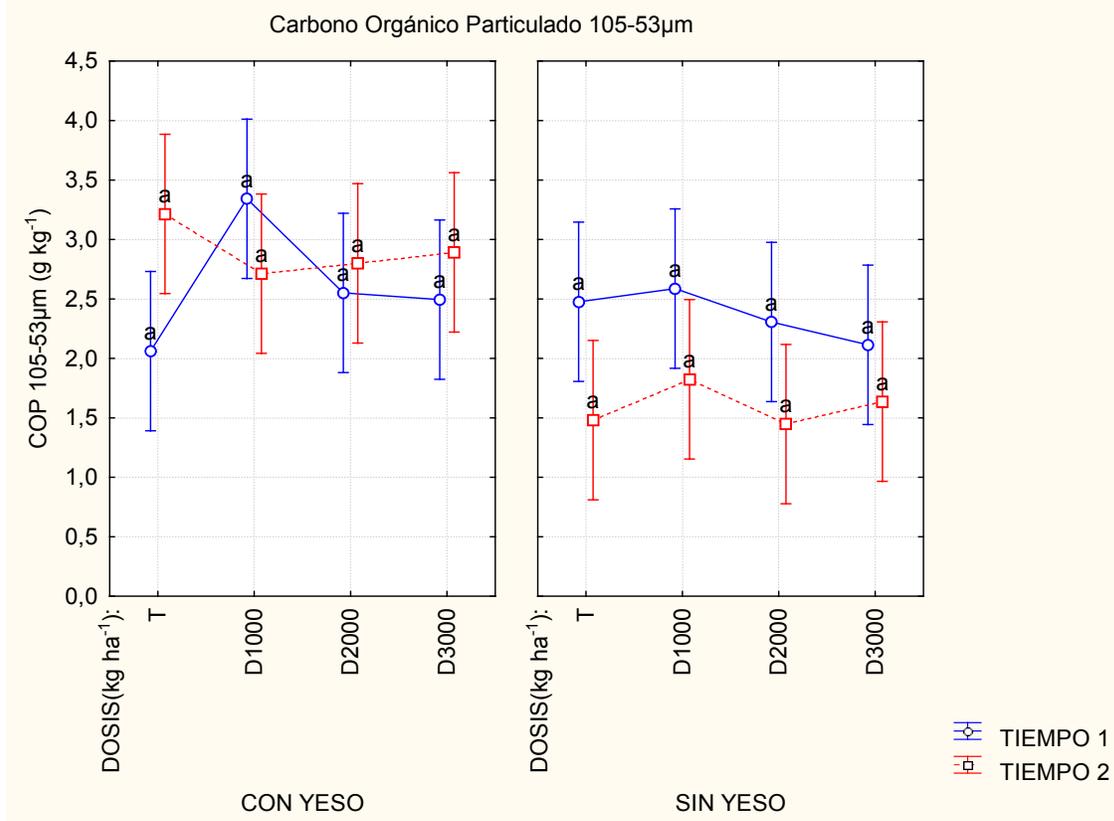


Figura 10a. Carbono orgánico particulado fracción fina (COPf 105-53 μm gC kg⁻¹suelo) según tratamiento aplicado: T=0 kg ha⁻¹, D1= 1.000 kg ha⁻¹ D2= 2.000 kg ha⁻¹ D3= 3.000 kg ha⁻¹ de dolomita, con adición de 200 kg ha⁻¹ de yeso y sin adición, para 9 meses (tiempo 1) y 21 meses (tiempo 2) posteriores al encalado. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos.

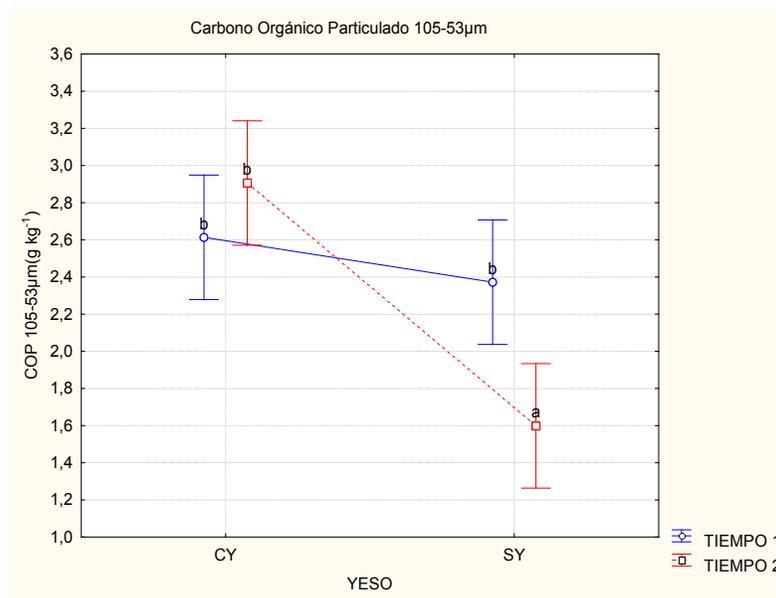


Figura 10b. Carbono orgánico particulado fino (COPf 105-53 gC kg⁻¹ suelo) según tratamientos con 200 kg.ha⁻¹ de yeso (CY) y sin yeso (SY) para 9 meses (tiempo 1) y 21 meses (tiempo 2) posteriores al encalado. Letras diferentes indican diferencias significativas para la interacción yeso/tiempo.

Materia Seca

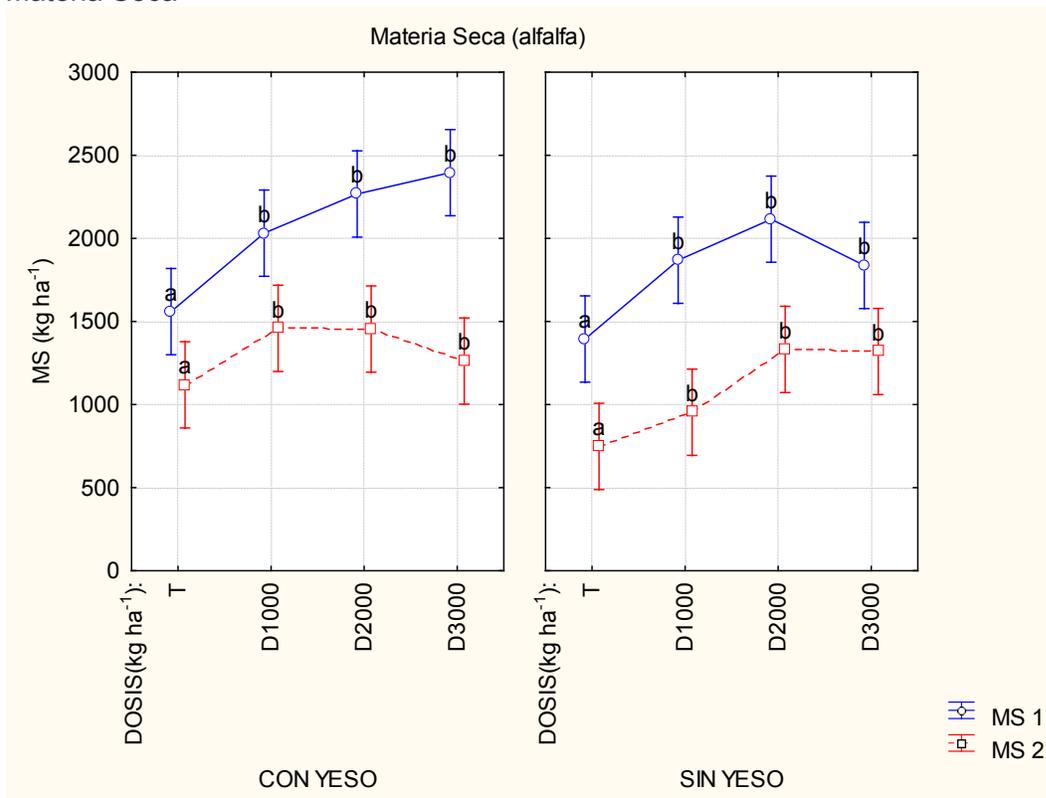


Figura 11. Materia seca (kg ha⁻¹) según tratamiento aplicado: T=0 kg ha⁻¹, D1= 1.000 kg ha⁻¹ D2= 2.000 kg ha⁻¹ D3= 3.000 kg ha⁻¹ de dolomita, 3 cortes iniciales (MS1) y 4 últimos cortes (MS2). Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos para un mismo tiempo. Colores diferentes indican diferencias significativas entre tiempos. Gráficos distintos indican diferencias significativas entre tratamientos.