



XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

FERTILIZACIONES CÁLCICO-MAGNÉSICAS/CORRECCIONES DOLOMÍTICAS EN 5 SUELOS DE LA PAMPA HÚMEDA CON AVENA SATIVA L.

LUCIANO LARRIEU^{1*}; GUILLERMO MILLÁN¹; VICTOR MERANI¹; DANIEL FERRO²; LUCIANO JUAN¹; DANIEL BENNARDI¹; NATALIA MACHETTI²; LEANDRO NUGHES¹; JULIÁN MAINERO^{1,3} & MABEL VÁZQUEZ²

1- Cátedra de Edafología, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, U.N.L.P. 2 - Cátedra de Manejo y Conservación de suelo, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, U.N.L.P. 3- Becario BENTRE de la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires. * FCAYF/UNLP. Av. 60 y 119, La Plata (CP1900) Buenos Aires. larrieuluciano@gmail.com.

Palabras-clave: encalado, fertilizantes foliar y vía suelo, estadio vegetativo

Resumen

La acidificación es una limitante para los cultivos y la sustentabilidad de los suelos, siendo los procesos antrópicos uno de sus principales orígenes en la región templada, estos procesos generan un desequilibrio de las bases y una disminución de su disponibilidad para los cultivos. El objetivo de este trabajo fue comparar los efectos generados sobre el rendimiento de avena (*Avena sativa* L.) al aplicar 1.500 kg ha⁻¹ de dolomita (D1500), 40/6,5 y 60/9,75 kg ha⁻¹ de Ca/Mg vía suelo (S40 y S60 respectivamente), 40/6,5 y 60/9,75 kg ha⁻¹ de Ca/Mg vía foliar (F40 y F60 respectivamente) y un tratamiento testigo (T), sin agregado de Ca y Mg, en 5 suelos de ligera a moderada acidez de la Región Pampeana, (Lincoln (Li), 25 de Mayo (25M), Chascomús (Ch), Belgrano (Be) y Los Hornos (LH)). Se realizó un ensayo en invernáculo con un diseño completamente al azar (DCA) con 3 repeticiones por tratamiento, a las que se les efectuaron cortes del material vegetal pesándose la materia seca generada a los 60 y 105 días de iniciado el ensayo. Los tratamientos no presentaron una tendencia definida, ni entre suelos, ni dentro de un mismo suelo. En el primer corte D1500 fue el que presentó la mayor variabilidad en la respuesta del vegetal frente al testigo, y entre los suelos en LH se generó 30% más que el T ($p < 0,05$); mientras que en 25M y Li no se encontraron diferencias significativas de este tratamiento, y en Ch y Be fueron significativamente inferiores al T en un 30% ($p < 0,05$). En el segundo corte D1500 produjo un incremento en la producción de materia seca para todos los suelos con respecto a T, siendo estadísticamente significativo ($p < 0,05$) en LH (2,9 y 1,8 kg MS maceta⁻¹). En la producción total de materia seca D1500 produjo diferencia estadísticamente significativa ($p < 0,05$) respecto a T en los suelos texturalmente más arenosos (Li y 25M). La aplicación de D1500 en suelos texturalmente finos no presentó un único patrón de comportamiento. Se observan aumentos en LH, reducción en Ch y no hubo diferencias en Be. En F40 y F60 se observa que hubo un incremento de productividad para LH y Li, un comportamiento similar al T en Be y 25M,



XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

y una diferencia entre las diferentes vías de aplicación de fertilizante en Ch. En los suelos ensayados la práctica de encalado de suelos resultó ventajosa en comparación con la fertilización tanto foliar como aplicada al suelo. La fertilización cálcico/magnésica generó un aumento de rendimiento en 2 de los suelos ensayados. En las aplicaciones cálcico/magnésicas incorporadas al suelo es importante conocer la disponibilidad de fósforo debido a la precipitación y disminución de solubilidad a corto plazo de este elemento.

Introducción

La seguridad alimentaria y nutricional es un tema de preocupación mundial. Se estima que la población podría llegar a 9.000 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 puede mencionarse la disminución de la disponibilidad de nutrientes básicos y de aquellos que varían su solubilidad en función del pH, la aceleración de la alteración de los minerales edáficos, propensión a estructuras inestables, toxicidad de 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 ácidos, el aumento de la oxidación de restos orgánicos, entre otros (Vázquez & Pagani, 2014). 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 & Vázquez, 2004) y el uso de fertilizantes ácidos (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). Los mismos tiene como objetivo adicional al de incrementar el pH, la incorporación de Ca/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



XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

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.

La hipótesis de este trabajo es que no pueden obtenerse resultados comparables de rendimiento de materia seca entre el agregado de dolomita y la fertilización cálcico-magnésica.

El objetivo de este trabajo es comparar el efecto sobre el rendimiento de avena, de la aplicación de 1.500 kg ha⁻¹ de dolomita, en contraste con una aplicación de 40 kg ha⁻¹ de Camas 10 kg ha⁻¹ de Mg y 60 kg ha⁻¹ de Camas 10 kg ha⁻¹ de Mg a través de fertilizantes vía suelo y foliar, respectivamente.

Metodología

Se realizó un ensayo en invernáculo de 4 meses de duración, utilizando macetas de PVC de 2 l. Los suelos se seleccionaron por su textura (capacidad buffer) y condición de acidez (pH menor a 6,5). Los suelos más gruesos pertenecieron a la localidad de Lincoln (Li) y 25 de Mayo (25M), mientras que los más finos fueron extraídos de Chascomús (Ch), Belgrano (Be) y Los Hornos (LH), todos de la provincia de Buenos Aires. Posteriormente se analizó la disponibilidad de P de los mismos, debido a la interacción negativa que existe entre este elemento y las enmiendas, a fin de evaluar la posible necesidad de realizar alguna fertilización fosforada. Durante todo el ensayo se mantuvieron las macetas a 90% de la capacidad de campo. Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial (5x6) y 3 repeticiones. Los tratamientos fueron la combinación de los siguientes factores:

- ✓ 5 suelos:
 - Lincoln (Li)
 - 25 de Mayo (25M)
 - Chascomus (Ch)
 - Belgrano (Be)
 - Los Hornos (LH)

XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

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

| | CIC | Ca | Mg | Na | K | Saturación | Ca/Mg | pH | C.E. | P |
|----------------|------|------------------------|-----|-----|-----|------------|-------|-----|--------------------|----------------------------------|
| | | cmolc kg ⁻¹ | | | | % | | | dS m ⁻¹ | mg ₁ 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 |
| Chascomús | 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 |

✓ 4 Tratamientos:

- 40 y 6,5 kg ha⁻¹ de Ca y Mg, respectivamente, con fertilizantes en suelo
- 60 y 9,75 kg ha⁻¹ de Ca y Mg, respectivamente, con fertilizantes en suelo
- 40 y 6,5 kg ha⁻¹ de Ca y Mg, respectivamente, con los fertilizantes foliar
- 60 y 9,75 kg ha⁻¹ de Ca y Mg, respectivamente, con fertilizantes foliar
- 1.500 kg ha⁻¹ de dolomita
- Testigo

Los fertilizantes utilizados para los tratamientos fueron

- 1 fertilizante foliar (3% N, 8% Ca, 1,8% Mg) de S. Ando & Cía S.A.
- 1 fertilizante líquido magnésico vía suelo al 30%: ASP MagFlo ®
- nitrato de calcio sólido (Ca(NO₃)₂)
- dolomita comercial (MgCa(CO₃)₂)

El fertilizante utilizado para la fertilización de base fue

- NO₃NH₄

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 incorporados el día de la siembra (2/7/14) momento en que también se realizó una fertilización equivalente a 50 kg de N ha⁻¹ en la totalidad de los tratamientos, la cual se repitió posteriormente al 1er corte. Se sembraron 50 semillas de *Avena sativa* L. para finalmente seleccionar 9 plantas/maceta.

Se realizaron 2 cortes de la parte aérea vegetal (15/9 y 29/10/2014) y se determinó peso seco de los mismos en estufa de flujo continua a 60°C. Los resultados fueron evaluados estadísticamente por medio de ANOVA, comparaciones múltiples (LSD, Tukey) y correlación de variables (INFOSTAT, 2011).

Resultados y Discusión

Como se puede observar en la Tabla 1 todos los suelos empleados tienen un pH considerado de moderadamente a fuertemente ácido, a excepción de Belgrano, cuya



XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

calificación es de ligeramente ácido (Schoeneberger et al., 2000). Dado que la avena tiene un pH óptimo comprendido entre 5,5-7 (Porta et al., 1999), todos los suelos tienen una condición dentro del límite inferior de esta propiedad, a excepción del suelo de Belgrano. La condición de saturación básica es suficiente en todos los casos, aunque se evidencia una relativamente baja relación Ca/Mg, en todos los suelos, con la excepción de Chascomús. La totalidad de los suelos son no salinos.

Los resultados del análisis estadístico de la materia seca obtenida en los diferentes suelos y tratamientos, se ilustran en la Figura 1. Puede generalizarse que los tratamientos no presentaron una tendencia definida en los diferentes suelos ni en los 2 cortes, aun dentro de un mismo suelo. Si analizamos el primer corte (Figura 1 a), el tratamiento D1500 fue el que ocasionó la mayor variabilidad en la respuesta del vegetal entre los suelos. Este tratamiento arrojó en LH un valor significativo ($p < 0,05$) en un 30% superior a T, en 25M y Li no se encontraron diferencias significativas de este tratamiento respecto a T, y en Ch y Be fueron significativamente inferiores ($p < 0,05$) a T en un 30%. Esto indica que no se observa un patrón definido entre respuesta al agregado de Ca/Mg y textura, como sería esperable debido a la estrecha relación entre esta propiedad y el poder buffer de los suelos. Para los tratamientos S40, S60, F40 y F60 no se observaron diferencias significativas con T. Cabe aclarar que la dosis foliar, debido a la evolución de la biomasa aérea de la planta, no fue aplicada en forma contemporánea a la fertilización en el suelo y era esperable una respuesta dilatada en el tiempo.

En la Figura 1 b se observan los resultados obtenidos 45 días más tarde (2º corte). En el tratamiento D1500 se produjo un incremento en la producción de materia seca para todos los suelos con respecto a T, siendo estadísticamente significativo ($p < 0,05$) en LH (2,9 y 1,8 kg MS maceta⁻¹). Por tratarse de un producto de baja solubilidad y mediar sólo 45 días al primer corte, este comportamiento puede adjudicarse a la falta de solubilización del producto, y es por esto que sus efectos se manifiestan recién de manera uniforme en el segundo corte. Para los tratamientos con fertilización cálcica se aprecia que no hubo diferencias significativas, excepto en F40 de LH, en el cual se produjo un incremento de producción en relación a T.

Si se analizan los resultados de la producción total de materia seca (Figura 1c), se observa que D1500 produjo una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0,05$) respecto a T sólo en los suelos texturalmente más arenosos (Li y 25M). La aplicación de D1500 en los suelos texturalmente finos no presentó un único patrón de comportamiento. Se observan aumentos en LH, reducción en Ch y no hubo diferencias en Be. En F40 y F60 se observa que hubo un incremento de productividad para LH y Li, un comportamiento similar a T en Be y 25M, y una diferencia entre las diferentes vías de aplicación de fertilizante en Ch. Este último caso, posee la particularidad de presentar el valor más bajo de fósforo (P) disponible y en él, S40 y S60 generaron reducciones en rendimiento. Esto podría atribuirse a la precipitación del P con Ca ante la incorporación del primero a los suelos (White & Taylor, 1977). Cuando el contenido de P disponible

XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

alcanza valores de medianamente provistos a altamente provistos no se manifiesta este efecto antagónico y confirmaría lo anterior. Por otro lado se manifestó una tendencia a un mayor rendimiento de materia seca con el empleo del fertilizante foliar respecto del aplicado al suelo. Esto puede deberse a la disponibilidad inmediata de los elementos aplicados foliarmente.

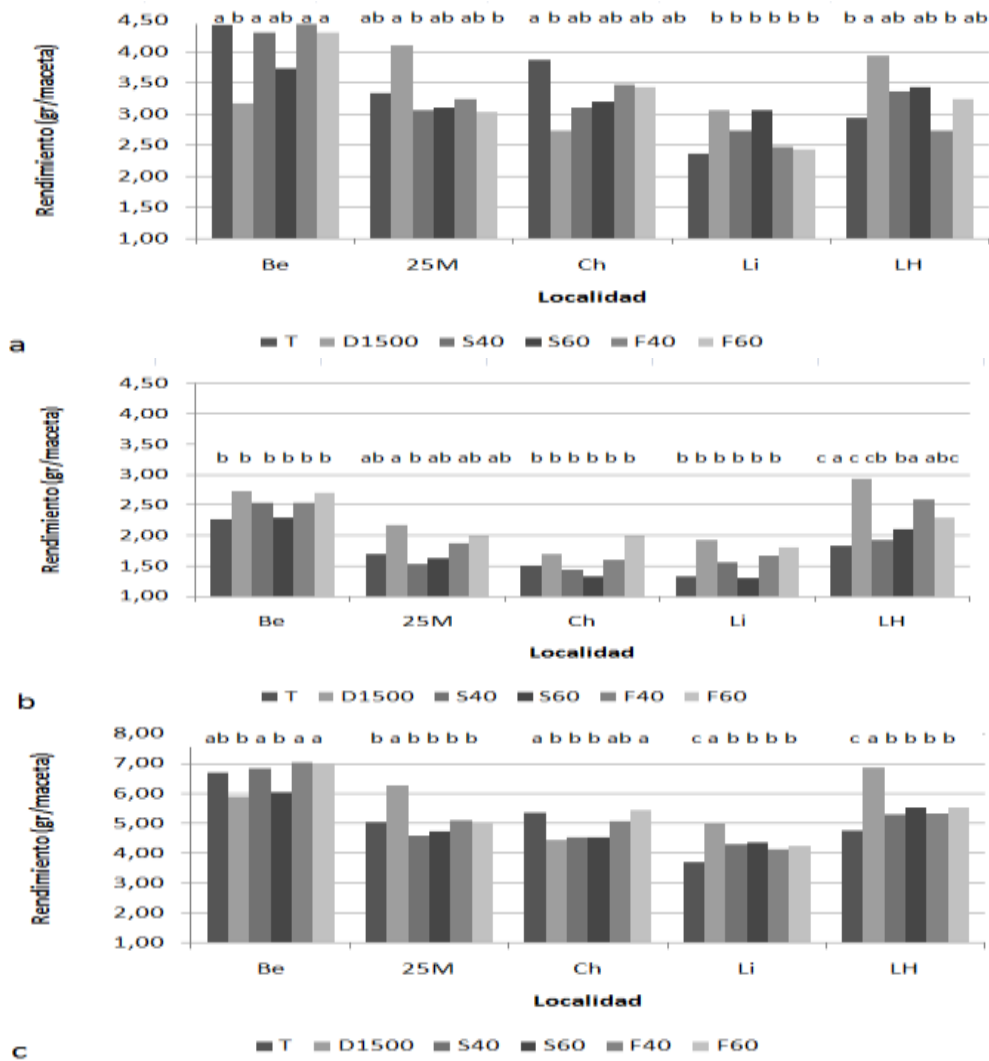


Figura 1. Peso seco aéreo según tratamiento y tipo de suelo. T: testigo, D1500: dolomita 1.500 kg ha⁻¹, S40: fertilizante vía suelo 40 kg Ca ha⁻¹; S60: fertilizante vía suelo 60 kg Ca ha⁻¹; F40: fertilizante foliar 40 kg Ca ha⁻¹; F60: fertilizante foliar 60 kg Ca ha⁻¹. Be: Belgrano; 25M: 25 de Mayo; Ch: Chascomús; Li: Lincoln; LH: Los Hornos. a: 1^{er} corte. b: 2^{do} corte. c: sumatoria de ambos cortes. Letras distintas indican diferencias estadísticas significativas entre tratamientos dentro de cada suelo (p<0,05).



XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

Los resultados obtenidos muestran una considerable variabilidad de respuestas de producción de acuerdo al tratamiento empleado para abordar la problemática, pudiendo generalizarse que el encalado produciría efectos positivos en la mayor parte de los casos, aún en el corto plazo. Este efecto podría ser magnificado en el mediano-largo plazo debido a la escasa solubilidad inicial de este tipo de enmiendas.

Conclusiones

En los suelos ensayados la práctica de encalado de suelos resultó ventajosa en comparación con la fertilización tanto foliar como aplicada al suelo.

La fertilización cálcico/magnésica generó un aumento de rendimiento de *Avena sativa* L. en 2 de los suelos ensayados.

En las aplicaciones cálcico/magnésicas incorporadas al suelo es importante conocer la disponibilidad de fósforo debido a la precipitación y disminución de solubilidad a corto plazo de este elemento.

Bibliografía

Azcarate P.; N. Kloster & 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, p: 19-24.

Esterlich, C.; J. Ossola; L. Juan; M. Vázquez & 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.

Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola (FIDA). 2011. El futuro de la seguridad alimentaria y nutricional mundial. En: www.ifad.org/pub/factsheet/food/foodsecurity_s.pdf. Último acceso: noviembre de 2014.

Gelati, P. & M. Vázquez. 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 Uruguaya de Economía Ecológica (ASAUEE), 12-13/11, Lujan, Argentina. p: 28-29.

International Atomic Energy Agency (IAEA). 2000. Management and conservation of tropical acid soils for sustainable crop production. En: International Atomic Energy Agency. Wagramer Strasse 5.P. O. Box 100. A-1400 Vienna, Austria.

Porta, J.; M. López Acevedo & C. Roquero. 1999. Edafología para la Agricultura y el Medio Ambiente. 2º Ed. Ediciones Mundi Prensa, Madrid. 849 p.



XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

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

Schoeneberger, P.J.; D.A. Wysocky; E.C. Benham & 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, Departamento de Agricultura -EEUU, Lincoln, Nebraska 9 (10)p.

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

Vázquez, M. 2011. Causas de la acidificación en el ámbito templado argentino, consecuencias y avances para su diagnóstico. Simposio Fertilidad 2011. IPNI (International Plant Nutrition Institute) y Fertilizar Asociación Civil. Rosario. 18-19/05/11, Rosario, Santa Fe. Argentina. Actas: 13-29.

Vázquez, M. & A. Pagani. 2014. Calcio y Magnesio del suelo. Manejo de fertilización y enmiendas. En: Echeverría, H. & F. García. Fertilidad de suelos y fertilización de cultivos. Ed. INTA, Cap. 11. p: 317-355.

White, R. & A. Taylor. 1977. Effect of pH on phosphite adsorption and isotopic exchange in acid soli and high aditions of soluble phosphate. J. Soil Science, 28: 46-61.