

El magnesio en la relación suelo-planta dentro del ámbito de la pradera pampeana¹

L. A. BARBERIS E I. MIZUNO *

(Recibido : 25 de Julio de 1970)

RESUMEN

Este trabajo ofrece los resultados de estudios sobre la situación del magnesio en suelos y forrajes de la pradera pampeana, con especial referencia a los problemas de hipomagnesemia que se presentan en la producción animal.

Los resultados expuestos sobre la composición química de la capa arable corresponden a promedios de varios cientos de análisis practicados sobre suelos Brunizem con horizonte B textural (Argiudoles) del norte de la pradera pampeana, Brunizem sin horizonte B textural (Hapludoles) del noroeste y oeste de la pradera pampeana y suelos hidrohalomórficos de la cuenca del río Salado, al sud-este de la provincia de Buenos Aires.

En materia de forrajes se ofrecen valores de verdeos invernales, gramíneas perennes y leguminosas, provenientes de iguales lugares geográficos.

En la discusión de resultados se juzga la disponibilidad de magnesio del suelo a través de parámetros de intensidad absoluta y relativa. Los valores de intensidad absoluta encontrados, tanto de magnesio intercambiable como de porcentaje de saturación magnésica, son satisfactorios en relación a los requerimientos de los forrajes.

Sin embargo se advierten bajos niveles de magnesio en verdeos invernales (inferiores al índice de hipomagnesemia de Kemp de 0,2) cuya amplia justificación se encuentra al considerar los valores de intensidad relativa del magnesio del suelo, especialmente a través de la relación Potasio/Magnesio. En los suelos Brunizem esta relación llega a un promedio de 1,7 (en peso), debido al muy elevado tenor de potasio asimilable, excediendo los límites de equilibrio de esta relación, fijados en el rango de 1 a 1,6 por la mayor parte de la bibliografía internacional.

Esta intensa deficiencia inducida de magnesio no parece presentarse en los suelos hidrohalomórficos, donde la relación Potasio/Magnesio llega a 0,8 y en los cuales los altos niveles de sodio en el suelo deprimen considerablemente la absorción potásica de los forrajes tal como se evidencia en la composición mineral de las gramíneas anuales estudiadas.

SUMMARY

Studies about magnesium in soils and forages of the pampas region, with special reference to hypomagnesemia in cattle are reported.

The results on the chemical composition of tilled soil correspond to analysis made on Brunizen soil with B-textural horizon (Argiudoles) of the pampas region, Brunizen soils without B-textural horizon (Hapludo-

¹ Trabajo presentado a la 5ª Reunión Argentina de la Ciencia del Suelo. Santa Fe, 14-19 de julio de 1969.

* Profesor adjunto de Edafología y Profesor titular de la cátedra de Edafología del Departamento de Biología y Ecología de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad de Buenos Aires, respectivamente.

les) of the north-west and west of the pampas region and hydrohalomorphic soils of the Salado river basin in the south-west of the Buenos Aires province. Values for winter forages, perennial graminæ and leguminosae were also determined.

The values of absolute intensity of interchangeable magnesium and the percentage of magnesic saturation are satisfactory in relation with the forage requirements.

Low levels of magnesium are found in winter forages specially in Brunizem soils. The deficiency in hydrohalomorphic soils is not so high.

INTRODUCCION

La situación del magnesio en la pradera pampeana no ha merecido, hasta el presente, una atención comparable con otros elementos mayores, particularmente en lo que concierne a la relación suelo-planta. Al respecto son muy pocos los trabajos de investigación realizados, pese a que se han evidenciado numerosas inquietudes en el campo técnico profesional de agrónomos y veterinarios.

Desde hace bastante tiempo se viene destacando en el ambiente ganadero la existencia de casos de hipomagnesemia, conocidos también como mal de los avenales o tetania de los forrajes. En la pradera pampeana estos cuadros clínicos se vinculan con el pastoreo de verdes invernales por vacas en crianza o novillos en engorde.

En cítricos la existencia de casos de deficiencias relativas de magnesio fue señalada por MIZUNO (1963) al estudiar el estado nutricional de plantaciones cítrícolas del noreste de Buenos Aires, siendo atribuida esta deficiencia al exceso de potasio en el suelo.

El problema de hipomagnesemia provocado por la utilización de verdes invernales en el sureste de Buenos Aires ha sido analizado por CULOT y TUÑÓN (1967), quienes destacan la existencia de bajos niveles de magnesio en el forraje como consecuencia del desequilibrio entre el potasio y el magnesio intercambiable del suelo.

Un panorama más amplio fue presentado por MIZUNO y BARBERIS (1968) al describir la situación del magnesio en la relación suelo-planta de diferentes casos ubicados dentro de la pradera pampeana, pertenecientes a suelos Brunizem (con y sin horizonte B textural) y a suelos hidrohalomórficos.

Recientemente BARBERIS (1969) realizó un estudio sobre el magnesio en el sistema suelo-planta, parte de cuyo contenido básico es utilizado en este trabajo.

El presente artículo ofrece los resultados de varios años de estudio sobre el panorama del magnesio en suelos y forrajes de la pradera pampeana, permitiendo extraer conclusiones que aclaran satisfactoriamente varios de sus interrogantes.

MATERIALES Y METODOS

Suelos

En este trabajo se emplearon muestras de suelos correspondientes al horizonte superficial (capa arable) de Brunizem con B textural (Argiudoles) del norte de la pradera pampeana (333), Brunizem sin B textural (Hapludoles) del noroeste y oeste de la provincia de Buenos Aires y sur de Santa Fe (205) y suelos hidrohalomórficos de la cuenca del río Salado (este y sureste de la provincia de Buenos Aires) (120). En la mayoría de los casos, además de la descripción y muestreo de la capa arable se procedió a caracterizar morfológicamente a los otros horizontes del suelo, y posteriormente se analizaron sus muestras en laboratorio.

Para fines de información general sobre estos grandes grupos de suelos (subórdenes en la 7ª aproximación del U.S.D.A.) puede consultarse los trabajos de MIACZINSKI y TSCHAPEK (1965) y BONFILS (1966).

Técnicas analíticas

pH: suspensión acuosa en relación suelo: agua de 1:2,5; determinación potenciométrica con electrodo de vidrio.

Carbono orgánico: método colorimétrico con bicromato de potasio en medio sulfúrico. Lectura fotocolorimétrica utilizando solución de glucosa como patrón.

Cationes asimilables: extracción con acetato de amonio normal a pH 7 en relación suelo: extractante de 1:4.

Determinación de calcio y magnesio: complejometría con EDTA.

Determinación de potasio y sodio: fotometría de llama.

Forrajes

La toma de muestras de forrajes se hizo sobre especies puras, a la altura del pastoreo de los animales, teniendo en cuenta el criterio de su destino al estudio de la ingesta mineral de la hacienda (MIZUNO, 1965). Para este trabajo se han empleado parte de los resultados expuestos anteriormente por los autores (BARBERIS y MIZUNO, 1964, BARBERIS 1967) donde se detallan las condiciones de muestreo. Los datos seleccionados pertenecen a verdeos invernales (Avena y Cebada), festuca alta (*Festuca arundinacea* SCHREBER) y alfalfa, muestreadas en correspondencia con la distribución de los grandes grupos de suelos mencionados anteriormente. En todos los casos se procedió a un secado inicial, posterior molienda y nuevo secado a estufa hasta constancia de peso.

Técnicas analíticas

Dstrucción de materia orgánica por vía húmeda con ácidos sulfúrico, nítrico y perclórico.

Determinación del calcio y magnesio: Complejometría en EDTA, previa separación del calcio por precipitación (Técnica descrita por BECKER, p. 110).

Determinación de potasio y sodio: Fotometría de llama.

RESULTADOS Y DISCUSION

Suelos

Los resultados sobre la composición química de los suelos analizados se presentan en el cuadro 1. Los valores ofrecidos son promedios de las muestras analizadas y van acompañados de sus correspondientes medidas de desviaciones standard. Para facilitar la interpretación se añaden los datos de las relaciones Potasio/Magnesio (en peso).

Interpretación del nivel de magnesio en los suelos

La disponibilidad de magnesio para los vegetales puede ser juzgada siguiendo diferentes criterios, aunque siempre se tienda a medir la cantidad del nutriente que se halla en el suelo en condiciones de ser absorbida por los vegetales. Para interpretar los valores obtenidos seguiremos tres vías diferentes, que corresponden a distintos parámetros de intensidad de dotación. No se incluye la consideración del magnesio total, dada su escasa gravitación como representante de asimilabilidad del nutriente.

a) Nivel absoluto de magnesio intercambiable (intensidad absoluta)

En primer lugar puede utilizarse el valor de magnesio intercambiable para calificar la disponibilidad del mismo, ya sea en términos absolutos

CUADRO 1. — Composición química promedio de la capa arable de los grandes grupos de suelos estudiados

Gran grupo de suelo	pH	Carbono orgánico %	Cationes extraíbles en acetato amonio N; 1: 4				Relación Potasio/Magnesio
			K	Mg	Ca	Na ¹	
Brunizem con B text.	5,58	2,07	61,2	36,6	197,1	4,6	1,68
σ	0,43	0,35	13,5	10,7	33,5	1,9	
Brunizem sin B text.	5,76	1,61	64,6	39,1	166,9	3,4	1,65
σ	0,40	0,39	10,1	13,2	31,3	1,5	
Hidrohalomórfico	7,61	1,76	62,7	77,2	154,7	117,6	0,81
σ	0,65	0,51	12,4	17,2	30,6	44,3	

¹ En miligramos por 100 gramos de suelo seco.

de peso o equivalentes químicos. La gran mayoría de los métodos químicos por extracción incluyen en el magnesio intercambiable a la forma de magnesio soluble, ya que no tiene sentido práctico el separarlos.

En los suelos Brunizem, tanto con o sin horizonte B textural, encontramos valores promedio entre 35 y 40 mg/100 g de suelo seco (2,9 a 3,3 mg/100 g suelo). Estas cifras deben considerarse satisfactorias si se las juzga de acuerdo a los antecedentes que ofrece la bibliografía internacional. REITH (1963), para suelos escoceses, ha sugerido que el límite a partir del cual hay respuesta de los cultivos a la aplicación de magnesio es el de 3 mg/100 g, usando como extractante el acetato de amonio normal. Un límite algo mayor, de 5 mg de magnesio por 100 g, ha sido establecido por HARROD y CALDWELL (1967) trabajando con solución de cloruro de calcio 0,25 N como medio de extracción. Empleando nitrato de amonio normal como extractante estos mismos autores han encontrado respuesta a la aplicación del magnesio cuando su nivel estaba por debajo de 4 mg/100 g, llegando a resultados espectaculares con valores de magnesio en suelo menores a 2,5 mg/100 g. Por su parte LÓPEZ RITAS (1967) indica que para la mayoría de los suelos un miliequivalente de magnesio de cambio (12 mg) por 100 g de suelo es una cantidad apropiada.

De las referencias anteriores se desprende que, con el criterio del nivel absoluto de magnesio intercambiable, no se pueden justificar los bajos valores de magnesio que se presentan en verdes invernales del norte de la pradera pampeana, que serán luego detallados. El contenido absoluto de magnesio en los suelos hidrohalmórficos es prácticamente del doble (77 mg/100 g) que en los suelos Brunizem.

b) Porcentaje de saturación de magnesio intercambiable

Esta segunda forma de apreciar la disponibilidad del magnesio es algo menos arriesgada que la anterior, pero también ofrece reparos teóricos. Consiste en expresar la cantidad de magnesio intercambiable como porcentaje de la capacidad de cambio total (Valor T de Hissink) o del total de bases adsorbidas (Valor S de Hissink).

En nuestros suelos Brunizem con horizonte B

textural el magnesio de cambio representa del 10 al 15 % del valor T, y del 13 al 19 % del valor S, suponiendo un promedio de 23 me/100 g de capacidad de cambio, con una saturación de bases del 60 al 70 % (datos obtenidos por los autores en menor número de muestras que la del cuadro 1).

Podemos comparar estas cifras con los antecedentes que nos muestra la bibliografía. En relación al valor T y para el caso de alfalfa, se califica (BEAR *et al.*, 1945) de contenido óptimo un valor de magnesio del 10 %, siendo el porcentaje de saturación de bases (V) del 80 %, y estando normales los niveles de calcio (65 %) y potasio (5 %). ADAMS y HENDERSON (1962) consideran como deficientes en magnesio a los suelos que presentan menos del 4 % de magnesio intercambiable, siendo los niveles absolutos de esos suelos de 1 a 2 mg/100 g.

Con respecto al valor S se califica (LÓPEZ RITAS, 1967) de bien provisto a un suelo cuyo contenido en magnesio llega a un 10 % de S, y se considera deficiente, con posibilidades de respuesta a la fertilización magnésica cuando esta cifra está por debajo del 6 % (PRINCE, ZIMMERMAN y BEAR, 1947).

También con este criterio debemos juzgar como satisfactorios a los niveles de magnesio de los suelos de la pradera pampeana, no pudiendo explicar posibles casos de hipomagnesemia en forrajes anuales.

c) Relación entre magnesio y otros cationes (intensidad relativa).

Desde hace tiempo se ha venido destacando la importancia de considerar el equilibrio entre nutrientes, y no a cada uno aisladamente, a los efectos de valorar su disponibilidad para los vegetales. Entre los numerosos casos de antagonismo citados para el magnesio, podemos centrar nuestra atención en las relaciones Potasio/Magnesio, Calcio/Magnesio, y en la integración de ambas, o sea la relación Calcio + Magnesio / Potasio o su inversa.

Sobre la base de estas situaciones de antagonismo debemos admitir que aun cuando se superen los umbrales mínimos absolutos de requerimiento de un cultivo, se pueden producir deficiencias relativas de magnesio cuando exista un exceso de potasio y/o calcio. La relación más utilizada para

juzgar la disponibilidad del magnesio ha sido el cociente Potasio/Magnesio.

Para cultivos frutales, MULDER (1950) encontró síntomas de deficiencia magnésica en suelos holandeses cuando la relación Potasio/Magnesio (extracción de MORGAN) en la capa arable estaba entre 1, 6 y 2 (en peso). En dicho trabajo se toma como relación normal la de 0,8. YAMASAKI y colaboradores (1967) califican como deficientes en magnesio por exceso de potasio, a los suelos con relaciones Potasio/Magnesio superiores a 1,6, cifra con la que coinciden otros investigadores (CULOT y TUÑÓN, 1967).

Los suelos Brunizem analizados, tanto con o sin B textural, ofrecen índices promedio de relación Potasio/Magnesio de aproximadamente 1,7, mientras que los hidrohalmórficos llegan a 0,8, como consecuencia de un mayor nivel absoluto de magnesio a igualdad de tenor potásico. El valor de 1,7 entra en la zona señalada como deficiencia inducida de magnesio para los vegetales debido al exceso de potasio, de acuerdo a los antecedentes bibliográficos, antes mencionados.

Como vemos, este tercer criterio de juicio, que tiene en cuenta la interacción entre iones antagónicos en la absorción, nos permite encontrar la clave que justifica bajos niveles de magnesio en los verdeos anuales desarrollados sobre Brunizem del norte y oeste de la pradera pampeana. Este acentuado exceso de potasio se revela nuevamente al considerar el cociente Calcio + Magnesio/Potasio que en los Brunizem estudiados llega a 3,8

frente a un óptimo de 7,3, hallado por BEAR y colaboradores (1945) para alfalfa.

En los suelos hidrohalmórficos analizados no se entra en la zona de deficiencia inducida de magnesio por exceso de potasio, pero en este caso, como veremos más adelante, gravita la acción del sodio intercambiable.

Forrajes

En el cuadro 2 se han expuesto los resultados promedios de la composición mineral de las forrajeras analizadas, agrupándolas de acuerdo con su origen. Como índices auxiliares se han volcado los datos de las relaciones Potasio/Magnesio, Potasio/Sodio y Calcio/Magnesio.

Interpretación del nivel de magnesio en los forrajes

Para analizar ponderadamente los valores del cuadro 2, debemos tener en cuenta su correspondencia con los suelos sobre los cuales crecieron, y lo dicho anteriormente sobre la fertilidad magnésica de los mismos.

De acuerdo con KEMP (1960) el problema de hipomagnesemia en los animales puede aparecer cuando el contenido de magnesio en los forrajes es menor a 0,20 %. A su vez otras investigaciones holandesas (KEMP y THART, 1957) han establecido como límite el cociente Potasio/Calcio + Magnesio de 1,8 (en miliequivalentes), ya que forrajeras

CUADRO 2. — Composición química, promedio de diferentes forrajes (g %/o g. s. seca)

Forrajes y suelos	Ca	Mg	K	Na	K/Mg	K/Na	Ca/Mg
<i>Verdeos invernales (Avena y cebada forrajera)</i>							
Brunizem con B textural.....	0,33	0,18	4,3	0,07	23,8	61,4	1,7
Hidrohalmórfico	0,25	0,24	2,2	0,50	9,1	4,4	1,0
<i>Festuca alta</i>							
Brunizem con B textural.....	0,42	0,25	2,5	0,06	10,0	41,6	1,7
Hidrohalmórfico.....	0,36	0,25	2,0	0,22	8,0	9,1	1,4
<i>Alfalfa</i>							
Brunizem con B textural.....	0,75	0,34	3,4	0,03	10,0	113,3	2,2

con valores mayores comienzan a ser causa de deficiencia de magnesio.

Los verdeos invernales desarrollados sobre suelos Brunizem con B textural presentan un valor de 0.18 % de magnesio y un cociente Potasio/Calcio + Magnesio de 3.5; lo que está configurando un notorio panorama de deficiencia magnésica para la hacienda. Este hecho se encuentra justificado por la amplísima relación Potasio/Magnesio encontrada en dichos suelos, pese a que son satisfactorios los tenores de magnesio intercambiable.

En cambio, los verdeos invernales que crecen sobre suelos hidrohalmórficos no manifiestan este desequilibrio, siendo su nivel de magnesio de 0.24 % y su cociente Potasio/Calcio + Magnesio es de 1.7. La causa de esta diferencia se halla, por un lado, en la existencia en el suelo de una relación Potasio/Magnesio más equilibrada, y por otro en la presencia de un elevado contenido de sodio en el suelo que deprime marcadamente la absorción potásica. Esto se refleja muy claramente en la composición de los verdeos de los suelos hidrohalmórficos, que tienen la mitad del potasio de los verdeos de los Brunizem y siete veces más de sodio.

Al considerar los valores de *Festuca alta* nos encontramos con tendencias parecidas a las evidenciadas en los verdeos de acuerdo a su origen, pero mucho menos acentuadas, por ser gramínea perenne. Este carácter determina que en el muestreo se tomen hojas de mayor edad promedio que en los verdeos anuales, teniendo en consecuencia menor contenido de potasio y mayor de cationes alcalino-térreos, tal como lo hemos señalado en anteriores investigaciones (BARBERIS y MIZUNO, 1964; BARBERIS, 1967). De todas maneras se observa una mayor amplitud en la relación Potasio/Magnesio de las festucas de los Brunizem, pero no llega a valores que pueden calificarse de deficiencias relativas de magnesio.

La alfalfa sirve de base de comparación, con una composición química de mayor riqueza mineral y relaciones catiónicas más equilibradas que las gramíneas, siendo de 1.3 el cociente Potasio/Calcio + Magnesio.

CONCLUSIONES

1. Los trabajos efectuados hasta el presente sobre la situación del magnesio, en distintos lugares de la pradera pampeana, indican que los posibles casos de deficiencia de magnesio para la producción vegetal y animal se deben a desequilibrios entre el magnesio y sus iones antagónicos. En esta investigación, de carácter general para la región pampeana, se confirma ampliamente la tesis mencionada.

2. Tanto el nivel absoluto de magnesio intercambiable de los suelos Brunizem (con o sin B textural) como el de los hidrohalmórficos deben calificarse de adecuados para la nutrición vegetal, sobre la base de las referencias de la bibliografía. Los suelos hidrohalmórficos tienen el doble de contenido de magnesio de cambio que los Brunizem, siendo sus valores promedios de 77 y 38 mg/100 g de suelo respectivamente.

3. En los Brunizem con horizonte B textural el porcentaje de saturación de magnesio de cambio es del 10-15 % de T y del 13-19 % del S, que superan ampliamente los umbrales críticos de deficiencia magnésica fijados en 4 % de T y 6 % de S.

4. Los bajos niveles de magnesio que se observan en los verdeos invernales (avena-cebada) desarrollados sobre suelos Brunizem del norte y oeste de la pradera pampeana sólo se pueden justificar si se mide al magnesio disponible del suelo en parámetros de intensidad relativa. Para ello es conveniente la utilización de las relaciones Potasio/Magnesio y Calcio + Magnesio/Potasio o su inversa.

5. La relación Potasio/Magnesio de los suelos Brunizem es de 1.7, valor que entra en la zona de deficiencia relativa de magnesio por exceso de potasio, superando el nivel crítico fijado por varios autores en 1.6. No ocurre esto en los suelos hidrohalmórficos, donde la relación Potasio/Magnesio es de 0.8, debido a un mayor contenido en magnesio de cambio a igualdad de tenor potásico.

6. Las diferentes condiciones de disponibilidad relativa del magnesio en los suelos analizados se ven fielmente reflejadas en la composición química de los forrajes que sustentan.

7. Consecuentemente, los verdeos invernales desarrollados sobre suelos Brunizem con B textural manifiestan bajos valores de magnesio (0,18 %)

y un cociente Potasio/Calcio + Magnesio muy desequilibrado (3.5), frente a la referencia de los límites de hipomagnesemia de 0,20 % y 1,8 respectivamente). En cambio, los verdeos invernales de los suelos hidrohalmórficos no evidencian este desequilibrio, siendo su nivel de magnesio de 0,24 % y su cociente catiónico de 1,7. Esta diferencia se debe a la existencia en el suelo de una relación Potasio/Magnesio más equilibrada y al elevado contenido de sodio de cambio, que deprime marcadamente la absorción potásica.

8. Las gramíneas forrajeras perennes, como *festuca alta*, denotan parecidas tendencias de composición con los verdeos, de acuerdo a su lugar geográfico de origen, pero con desequilibrios atenuados por la mayor edad promedio del tejido vegetal. En alfalfa el cociente catiónico llega al equilibrado nivel de 1,3.

BIBLIOGRAFIA

- ADAMS, F. y HENDERSON, J. *Magnesium availability as affected by deficient and adequate levels of potassium and lime*. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 26 : 65-68. 1962.
- BARBERIS, L. *La composición mineral de las principales especies forrajeras cultivadas en la pradera pampeana*. In Congreso Argentino de la producción animal. Actas. Tomo II : 37-41. Bs. Aires, 1967.
- *Magnesio en la relación suelo-planta y su aplicación en suelos de la pradera pampeana argentina*. Monografía. II. Seminario para profesores de Suelos. IICA, Turrialba, marzo de 1969. 21 p. (mimeogr.).
- BARBERIS, L. y MIZUNO, I. *Composición mineral de nuestras principales forrajeras*. Agronomía 1 : 12-18. 1964.
- BEAR, F. et. al. *Potassium needs of New Jersey soils*. New Jer. Agric. Exp. Sta. Bull. 721. 1945.
- BECKER, M. *Análisis y valoración de piensos y forrajes*. Zaragoza, Acribia, 1961, 209 p.
- BONFILS, C. *Rasgos principales de los suelos pampeanos*. Instituto de Suelos y Agropecuaria. Publ. 97. Bs. Aires. 1966, 66 p.
- CULOT, J. y TUÑÓN, E. *Condiciones edáficas relacionadas con la hipomagnesemia del ganado en el sudoeste bonaerense*. In Congreso Argentino de la producción animal. Tomo II : 130-135. Actas. Bs. Aires, 1967.
- HARROD, M. y CALDWELL, T. *The magnesium manuring of sugar beet on light sandy soils of East Anglia*. In Minist. of Agric. Fish. and Food. Tech. Bull. 14 : 127-142. London, 1967.
- KEMP, A. *Netherlands J. Agric. Sci.*, 8, 281, 1960.
- KEMP, A. y T'HART, M. *Grass tetany in grazing cows*. Netherlands J. Agric. Sci. 5 : 1-18, 1957.
- LÓPEZ RITAS, J. *El diagnóstico de suelos y plantas*. Madrid, Mundi-Prensa, 1967. 267 p.
- MIACZINSKI, R. y TSCHAPPEK, M. *Los suelos de estepa de la región pampeana*. Rev. de Invest. Agropecuariae, serie 3, II, 1965.
- MIZUNO, I. *Estudio de los suelos de las plantaciones cítricas de la firma Liguori Hnos. en Ramallo*. Laboratorios Inagro. Bs. Aires, 1963. (inédito).
- MIZUNO, I. *Introducción a la interpretación de los resultados analíticos*. Inagro 1 (2) : 1-31, Bs. Aires, 1965.
- MIZUNO, I. y BARBERIS, L. *Magnesio en suelos y forrajes de la pradera pampeana*. Relato presentado al 1^{er} Congreso Argentino e Internacional del Magnesio. Bs. Aires, 1968.
- MULDEE, D. *Magnesium deficiency in fruit trees on sandy soils and clay soils in Holland*. Plant and soil 2 : 145-157. 1950.
- PRINCE, A., ZIMMERMAN, M. y BEAR, F. *The magnesium-supplying power of 20 New Jersey soils*. Soil Sci. 63 : 69-78.
- REITH, J. *The magnesium contents of soil and crops*. J. Sci. Food Agric. 14 : 417-426, 1963.
- YAMASAKI, T. et. al. Citado por EDWARDS, G. *An evaluation of crop response to magnesium in the West Midland 1952-1958*. Minist. of Agric. Fish. and Food Tech. Bull. 14 : 147-159. London, 1967.