

EFFECTOS DEL MAGNESIO INTERCAMBIABLE SOBRE ALGUNAS PROPIEDADES FISICAS DE VARIOS SUELOS DEL VALLE DEL CAUCA

Oscar H. Mendoza R.*

Alvaro García O.**

COMPENDIO

En 57 suelos del Valle del Cauca se evaluó, mediante análisis de correlación, el efecto de la saturación de Mg intercambiable sobre algunas propiedades físicas. Se encontró poca influencia del PMgI sobre las densidades real y aparente, la porosidad y la conductividad hidráulica. La saturación de Mg intercambiable tuvo efecto agregante. En condiciones de laboratorio no se observó un efecto definido de la saturación de varios suelos con Mg sobre las mismas propiedades físicas.

ABSTRACT

EFFECTS OF EXCHANGEABLE MAGNESIUM ON PHYSICAL PROPERTIES OF CAUCA VALLEY SOILS

The effect of high Mg saturation on the physical properties of 57 soils of Cauca Valley was evaluated using regression and correlation analysis. It was found that EMgP did not affect soil bulk density, porosity or hydraulic conductivity. High EMgP does not promote dispersion in the soils studied but it causes soil aggregation. Under laboratory conditions any EMgP effect on the soil physical properties was observed.

1. INTRODUCCION

El Mg^{+2} tiene diversos efectos sobre el suelo. Promueve el desarrollo y el mantenimiento de la estructura del suelo por su efecto floculante (Beckett, 1965; Van Bladel y Geyi, 1980); por sus características dispersivas causa efectos adversos sobre las propiedades físicas del suelo, de manera similar a como lo hace el Na^+ , produciendo oclusión de macro y microporos, deteriorando en consecuencia las propiedades de conducción de agua de los suelos, al tiempo que también crea problemas de expansión de arcillas produciendo alta pegajosidad y plasticidad. Estos tipos de suelos son pesados, difíciles de laborar y generalmente presentan estructura masiva (Ellis y Caldwell, 1935; Smith y Wichstron, 1949).

El efecto dispersante del Mg^{+2} en suelos disminuye la conductividad hidráulica (Alperovitch et al, 1981; Chi et al, 1977 y Rahman y Rowell, 1979). Debido a su tamaño el ión hidratado, separa las interláminas de las arcillas, dando origen a la dispersión afectando inicialmente las unidades estructurales y microagregados y al aumentar su concentración puede producir expansión. La expansión y la dispersión de las arcillas son una respuesta a la composición de electrolitos y a su concentración en la solución del suelo o en el agua de riego cambiando la geometría de los poros y afectando la conductividad hidráulica en forma determinante (Shainberg y Letey, 1984). El grado de dispersión y expansión puede aumentar al incrementarse la relación Mg: Ca en las aguas de riego o de lavado (García, 1986).

* Estudiante de pre-grado. Universidad Nacional de Colombia / Universidad del Valle.

** Instituto Colombiano Agropecuario -ICA. A. A. 233, Palmira.

Por otra parte, el Mg^{2+} tiene la capacidad de promover el desarrollo de niveles altos de Na^{+} intercambiable en arcillas y en suelos. También, se ha sugerido que algunos suelos sódicos pueden deber al menos su génesis a la acción de la dispersión del Mg^{2+} intercambiable y se ha demostrado que en los suelos hidromórficos bajos hay tendencia a la acumulación de cantidades relativamente más altas de Mg^{2+} que de Ca^{2+} , sugiriendo que en estas circunstancias el agua freática que lixivia del medio circundante de los suelos ubicados en zonas más elevadas remueve relativamente más Mg^{2+} que Ca^{2+} (Beckett, 1965).

Como en el Valle del Cauca el área afectada por la alta saturación de Mg^{2+} se estima entre 8 000 y 12 000 ha y con el propósito general de contribuir al conocimiento de los efectos del Mg intercambiable sobre los suelos y a la determinación de los cuidados y prácticas de manejo más adecuadas se planeó la siguiente investigación teniendo como objetivos: a) determinar la relación existente entre el contenido de Mg intercambiable de los suelos y la variación en sus propiedades físicas especialmente su efecto sobre la estabilidad de agregados, porosidad, densidad aparente y densidad real, y b) verificar, en condiciones de laboratorio, el efecto del Mg intercambiable sobre las propiedades físicas encontradas en el campo.

2. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

2.1. Experimento 1

Se tomaron muestras del horizonte superficial de 57 suelos del valle geográfico del río Cauca, usando como criterio para la selección de los sitios de muestreo la saturación de Mg^{2+} intercambiable, los contenidos de materia orgánica y arcilla y la clasificación taxonómica. El 42 o/o de los suelos escogidos fueron Vertisoles, 30 o/o Molisoles, 18 o/o Inceptisoles y 10 o/o Entisoles. A las muestras seleccionadas se les hizo caracterización química y física de acuerdo con las metodologías consignadas en el Manual de Técnicas de

Laboratorio para análisis de suelos, tejidos y aguas para riego del ICA (1986).

Para determinar el efecto de saturación de Mg^{2+} (PMgI) sobre las propiedades físicas de los suelos, se evaluó el grado de asociación existente entre ellos mediante el análisis de correlación.

2.2. Experimento 2

Con el propósito de observar el efecto de diversas saturaciones de Mg^{2+} sobre los parámetros físicos en evaluación, se trató de promover dichos efectos a nivel de laboratorio. Para ello se seleccionaron cuatro suelos pertenecientes a cada uno de los órdenes predominantes en el Valle del Cauca.

Se saturaron 2.5 kg de suelo con soluciones de sulfato de Mg en relación suelo-solución 1:1 a concentraciones de Mg en la solución de 0, 50, 100, 200 y 400 mol/l. Se permitió la saturación de los suelos durante un período de un mes tratando de alcanzar el equilibrio en el intercambio suelo-solución, luego se secaron al aire para realizar las evaluaciones físicas y químicas.

Cada tratamiento se repitió tres veces y el efecto del Mg intercambiable sobre algunas propiedades físicas de los suelos se estimó por medio de un análisis de correlación entre el PMgI y cada uno de los parámetros en estudio.

3. RESULTADOS Y DISCUSION

3.1. Experimento 1

Para evaluar el efecto del Mg intercambiable sobre las propiedades físicas se hizo análisis de correlación entre el PMgI y cada una de ellas, tanto a nivel general como agrupando los suelos a nivel de orden. En el Cuadro 1 se presenta la variación en las propiedades químicas y físicas de los suelos estudiados de acuerdo con su clasificación taxonómica.

El grado de asociación entre el PMgI y las densidades aparente y real, la porosidad y la

conductividad hidráulica fue muy bajo, indicando que en los suelos estudiados el PMgI no es la causa de los cambios observados con respecto a suelos con bajas saturaciones de Mg.

Aunque algunos investigadores han informado disminución en la conductividad hidráulica en varios suelos con contenidos elevados de Mg^{+2} (Alperovitch et al, 1981), dicho parámetro es afectado por la cantidad y tipo de arcillas presente (McNeal et al, 1966) y el factor que la controla es la concentración de electrolitos.

En general, la conductividad hidráulica disminuye al disminuir la concentración de electrolitos debido a los fenómenos de dispersión y expansión de las arcillas. Estos son una respuesta a la composición de electrolitos y a su concentración en la solución del suelo o en el agua de riego cambiando la geometría de los poros (Shainberg y Letey, 1984). El desprendimiento y migración de partículas de arcillas durante flujos prolongados de agua puede traer como consecuencia el taponamiento de los poros.

Lo anterior y los resultados obtenidos permiten concluir que el Mg^{+2} , intercambiable no es la causa primaria del deterioro de las propiedades físicas mencionadas en suelos del Valle del Cauca saturados con Mg^{+2} en las circunstancias y metodologías en que se realizó esta investigación.

En el Cuadro 2 se presenta la variación de la estabilidad de agregados de los suelos de acuerdo con su clasificación taxonómica. Para todos los ordenes de suelos la suma de agregados mayores de 2 mm y menores de 0.25 mm de diámetro, considerados como no estables al agua, fue mayor que la suma de los estables al agua (agregados de 0.25 a 0.50 mm, 0.50 a 1.00 mm y 1.00 a 2.00 mm de diámetro). El 48.7 o/o de los Vertisoles presentaron agregados estables al agua en comparación con el 7.8 o/o de los Inceptisoles. Para los Entisoles y los Molisoles los agregados no estables al agua fueron 77.2 o/o y 71.9 o/o respectivamente. El índice de estabilidad pro-

medio fue de 105.9 o/o, 63.4 o/o, 48.1 o/o y 9.6 o/o para los Vertisoles, Molisoles, Entisoles e Inceptisoles, respectivamente.

Se presentaron correlaciones estadísticamente significativas entre el contenido de Mg intercambiable y la proporción de agregados de distintos tamaños. Para todos los suelos en general, se encontró una correlación negativa y altamente significativa entre el porcentaje de Mg^{+2} intercambiable y los agregados mayores de 2 mm ($r = -0.56^{**}$), lo que sugiere que el Mg no promueve la formación de este tipo de agregados. Entre el PMgI y los agregados de 1.0 a 2.0 mm se encontró una correlación positiva y altamente significativa con valor de $r = 0.64^{**}$. Igualmente, se encontraron correlaciones positivas pero con coeficientes de correlación muy bajos entre el PMgI y el porcentaje de agregados de 0.5 a 1.0 mm de diámetro ($r = 0.48^{**}$), los agregados de 0.25 a 0.5 mm ($r = 0.30^{*}$) y los menores de 0.25 mm ($r = 0.28^{*}$).

Si el Mg dispersa las arcillas ese efecto debe manifestarse en una reducción de la proporción de agregados estables al agua y en aumento de los inestables en los suelos afectados por alta saturación de este ión. Los resultados anteriores sugieren que el Mg no causa dispersión de las arcillas en los suelos estudiados, sino que por el contrario favorece la formación de agregados de 0.5 a 1.0 y de 1.0 a 2.0 mm de diámetro y disminuye la formación de agregados mayores de 2 mm.

Adicionalmente, se encontró que en estos suelos, el Na promueve la formación de agregados mayores de 2 mm y de los menores de 0.25 mm, mientras que causa la disminución de los agregados estables al agua.

Entre el PMgI y el PSI se encontró correlación negativa altamente significativa con un valor de $r = -0.59$, indicando una disminución de 0.65 o/o en el PSI por cada aumento de 1 o/o en el PMgI. En los Vertisoles a mayor PMgI menor PSI, mientras que en los Inceptisoles y en los Entisoles se encontraron altos valores de saturación de ambos iones.

Cuadro 1

Variación de las propiedades químicas y físicas de los suelos estudiados de acuerdo con su clasificación taxonómica

	Inceptisol	Vertisol	Entisoles	Molisol
pH	8.1 - 9.1 8.58	6.5 - 8.1 7.5	7.9 - 9.2 8.43	6.8 - 9.2 7.66
M O (o/o)	0.98 - 4.2 2.02	0.98 - 4.4 2.68	2.17 - 5.32 3.76	0.38 - 7.71 2.96
PSI (o/o)	1.14 - 80.63 34.46	0.53 - 2.99 1.20	0.97 - 49.80 25.96	0.43 - 44.65 4.97
PMgI (o/o)	7.06 - 50.1 21.70	24.85 - 78.63 50.58	10.21 - 42.64 23.38	9.71 - 50.09 26.96
C E dS/m	1.60 - 5.4 3.04	0.1 - 1.6 0.70	0.31 - 6.3 2.57	0.25 - 5.7 0.97
Ar (o/o)	27.04 - 66.32 50.72	29.04 - 70.32 55.58	23.04 - 47.04 39.71	15.04 - 35.76 25.82
A (o/o)	5.68 - 30.40 15.54	10.24 - 30.24 19.17	8.24 - 30.24 15.15	10.24 - 40.40 22.57
L (o/o)	26.0 - 48.72 33.74	15.28 - 44.0 25.25	40.0 - 50.72 45.15	31.28 - 74.72 51.60
d. Ap (mg/m ³)	1.0 - 1.30 1.18	0.74 - 1.36 1.07	1.30 - 1.81 1.46	1.1 - 1.91 1.49
d. Real (mg/m ³)	2.61 - 2.88 2.69	2.46 - 2.83 2.66	2.49 - 2.83 2.71	2.46 - 2.88 2.68
Poros. (o/o)	54.74 - 77.01 65.30	51.07 - 77.86 63.66	54.02 - 75.97 63.07	51.63 - 81.23 58.86

Cuadro 2

Variación de la estabilidad de agregados de los suelos estudiados de acuerdo con su clasificación taxonómica

Agregados	Inceptisol	Vertisol	Entisoles	Molisol
> 2 mm	40.11 - 91.74	0.94 - 69.06	11.34 - 86.83	0.06 - 85.38
(o/o)	67.64	16.86	45.29	47.29
2 - 1 mm	0.48 - 11.33	10.24 - 44.32	0.15 - 26.74	1.57 - 26.12
(o/o)	2.85	25.98	8.79	10.05
1 - 0.5 mm	0.75 - 13.57	4.62 - 27.24	0.14 - 27.03	1.94 - 28.08
(o/o)	2.90	15.93	8.83	11.26
0.5 - 0.25 mm	0.55 - 7.4	2.74 - 11.57	0.15 - 12.29	1.71 - 15.10
(o/o)	2.02	6.82	5.17	6.75
< 0.25 mm	3.85 - 53.15	8.12 - 65.03	12.73 - 83.75	4.48 - 79.11
(o/o)	24.59	34.41	31.92	24.65
IE	1.83 - 47.71	29.56 - 215.00	0.44 - 146.37	5.95 - 185.39
(o/o)	9.63	105.9	48.08	63.44

Lo anterior sugiere que es el sodio el ión responsable del deterioro de la estabilidad de los suelos en estudio.

3.2. Experimento 2

La saturación de los suelos Roldanillo (Vertic Ustropept), Palmaseca (Vertic Tropic Fluvaquent), San Carlos (Typic Pelludert) y CNI-Palmira (Pachic Haplustoll) con las diferentes soluciones de Mg, no produjo efectos consistentes sobre las densidades aparente y real, el contenido de humedad a saturación, la porosidad y la conductividad hidráulica de los suelos.

Al aumentar la saturación de Mg⁺² en la solución saturante disminuyó el porcentaje de agregados mayores de 2 mm en los suelos Roldanillo y San Carlos. Los agregados menores de 0.25 mm de diámetro, considerados con la

fracción mayor de 2.0 mm de diámetro como agregados no estables al agua, aumentaron con la saturación de Mg⁺² en los suelos Palmaseca y San Carlos en forma similar a lo encontrado en el campo. En los suelos Roldanillo y CNI-Palmira, las concentraciones de 50 y 100 mmol/l redujeron el porcentaje de estos agregados, mientras que las concentraciones de 200 y 400 mmol/l dieron origen a aumentos en esta fracción.

Los anteriores resultados indican que la saturación de Mg en cualquier concentración estimula la formación de agregados menores de 0.25 mm de diámetro en algunos suelos (Palmaseca y San Carlos); mientras que en otros suelos (Roldanillo y Palmira) se requieren concentraciones de la solución superiores a 200 mmol/l para producir el mismo efecto (Cuadro 3).

Cuadro 3

Estabilidad de agregados en suelos del experimento 2⁽¹⁾

Solución saturante (mmol/l)	Ind. Est. (o/o)	Porcentaje de Agregados					Cond. Hidra. (mm/día)
		> 2 mm	2 - 1 mm	1-0.5 mm	0.25- 0.5 mm	0.25 mm	
Suelo Roldanillo (Vertic- Ustropept)							
0	73.13	7.03	14.13	14.36	13.75	50.73	0.26
50	45.58	45.98	12.09	12.14	7.08	22.71	0.87
100	104.79	20.04	22.42	21.29	7.46	28.79	0.10
200	80.21	9.23	17.78	15.46	11.27	46.26	0.38
400	63.80	15.40	14.25	15.69	9.01	45.65	0.31
Suelo Palmaseca (Vertic- Tropic- Fluvaquent)							
0	96.62	2.94	5.73	23.28	20.13	47.92	1.28
50	46.05	3.68	5.18	12.23	14.12	64.79	2.48
100	29.03	2.87	3.09	8.38	11.03	74.63	0.21
200	25.64	1.95	3.53	6.29	10.59	77.64	0.23
400	23.30	3.99	3.64	7.38	7.88	77.11	0.10
Suelos San Carlos (Typic Pelludert)							
0	90.44	37.49	23.85	18.22	5.42	15.02	2.18
50	157.93	29.24	26.82	16.07	18.34	9.53	0.69
100	117.82	1.32	20.59	24.19	9.31	44.59	0.22
200	105.42	1.85	15.13	21.27	14.92	46.83	0.26
400	52.42	0.52	6.01	13.78	14.60	65.09	3.42
Suelo CNI Palmira (Pachic- Haplustoll)							
0	40.70	0.25	2.94	10.92	15.07	70.82	0.23
50	46.63	0.22	3.38	9.68	18.74	67.98	0.99
100	63.34	0.26	5.98	15.40	17.40	60.96	0.33
200	15.02	0.68	1.62	4.13	7.31	86.26	0.09
400	8.64	0.76	2.49	1.96	3.50	91.29	0.55

(1) Promedio de tres repeticiones

4. BIBLIOGRAFIA

1. ALPEROVITCH, N.; SHAINBERG, I. and KEREN, R. Specific effect of magnesium on the hydraulic conductivity of sodic soils. *J. Soil Sci.* 32: 543 - 544. 1981.
2. BECKETT, P. H. T. The cation- exchange equilibrium of Ca and Mg. *Soil. Sci.* 100: 118 - 123. 1965.
3. BLADEL, R. VAN, and GHEYI, H. R. Thermodynamic study of Calcium- Sodium and Calcium- Magnesium exchange in calcareous Soils. *Soil Sci. Amer. J.* 44: 938-42. 1980.
4. CHI, C. L.; EMERSON, W. W. and LEWIS, D. C. Exchangeable calcium and the dispersion of illite in water. I. Characterization of illites and exchange reactions. *Aust. J. Soil Res.* 15: 243-253. 1977.
5. ELLIS, J. H. and CALDWELL, O. G. Magnesium Clay Solonetz. In: *Int. Cong. Soil Sci.* 3th, 1935. Trans. p. 1348 - 1350.
6. GARCIA, A. Cation exchange in some soils of Northern California. Riverside, University of California, 1986. 133 p. (Thesis Ph. D.).
7. INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. Manual de Técnicas de Laboratorio para Análisis de Suelos. Aguas y Tejidos. 1986. 280 p.
8. MC. NEAL, B. L.; MORVELL, W. A. and COLEMAN, N. T. Effect of solution composition on soil hydraulic conductivity and the swelling of extracted soil clays. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 30: 308 - 15. 1966.
9. RAHMAN, W. A., and ROWELL, O. L. The influence of Magnesium in saline and sodic soils; a specific effect or a problem of cation exchange. *J. Soil Sci.* 30: 535-46. 1979.
10. SHAINBERG, I., and LETEY, J. Response of soil to sodic and saline conditions. *Hilgardia* 52 (2): 57. 1984.
11. SMITH, H. V., and WICHSTROM, G. A. Effect of exchangeable Magnesium on the chemical and the physical properties of some Arizona Soils. *Soil Sci* 68:451-52. 1949.