

## EL CALCIO EN LOS SUELOS VOLCANICOS DEL ALTIPLANO DE PASTO\*

Jorge Gabdán,\*\* Mario Blasco\*\*\* y Ricardo Guerrero\*\*\*

### I. INTRODUCCION

El calcio es uno de los elementos más usados en el mejoramiento de los suelos; es además necesario para el desarrollo de las plantas y en pedogénesis sirve para establecer la clasificación de algunos grandes grupos. Es un catión que aparece en los suelos en distintos grados de solubilidad, interesando, desde el punto de vista agrícola, aquellas fracciones que, en forma más o menos inmediata, son asequibles a las plantas y que constituyen el objeto del trabajo presente.

### II. REVISION DE LITERATURA

De acuerdo a Berger y Pratt (2) el contenido total de calcio en los suelos no calcáreos está comprendido entre 0,1 y 2,0%, llegando hasta un 25% en suelos calcáreos; el calcio intercambiable va desde 1,0 a 50 me/100 g. mientras que la fracción soluble en agua es muy variable. Las determinaciones de López y Rodríguez (12) mostraron que el contenido de CaO de las rocas del volcán Galeras, en cuyas faldas se encuentran los suelos objeto del estudio, representaba de 4 a 6,3% de la masa total. Según Duchaufour (6), el calcio activo lo constituyen partículas finas de carbonatos solubles en aguas cargadas de CO<sub>2</sub>, formando bicarbonatos que fácilmente ceden el calcio al complejo adsorbente del suelo. Drouineau (5) señala que las partículas con tamaños inferiores a 20  $\mu$  son las responsables de la actividad calcárea de los suelos.

Distintas investigaciones (Burbano, et al, 4; Fassbender y Molina, 7; Fox, 8; Letelier 10.) han demostrado que el encalamiento de suelos volcánicos, a diferencia de lo que ocurre en suelos ácidos de

\* Parcial de la Tesis presentada por el primer autor para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Nariño, Pasto.

\*\* Profesor Asistente Universidad Tecnológica del Magdalena, Santa Marta.

\*\*\* Químico de Suelos IICA-CTEI, Turrialba, Costa Rica y Profesor Asistente Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto, respectivamente.

fracción arcillosa cristalina, no origina en muchos casos un aumento significativo de la producción vegetal. Mahilum, et al (13) recapitulan una serie de consideraciones tendientes a explicar esta diferencia de comportamiento. El presente trabajo trata de demostrar que aunque las concentraciones de calcio intercambiable sean bajas en ciertos suelos volcánicos, el porcentaje de calcio activo llega a ser bastante elevado, lo cual es, posiblemente, otra causa explicativa del comportamiento de la cal en esos suelos.

### III. MATERIALES Y METODOS

La región estudiada se encuentra en el Departamento de Nariño (SO Colombia), al pie del Volcán Galeras (4.200 m.s.n.m.). El Altiplano de Pasto, situado a 2.500 - 2.800 m. de altitud, es una depresión del Nudo de los Pastos, Cordillera Andina. El área pertenece en su mayor parte al Bosque Seco Montano Bajo, con precipitación y temperatura medias anuales de 784 mm. y 13° C. Geológicamente el Altiplano está constituido por materiales volcánicos, principalmente andesitas, cenizas y derrames andesíticos, con contenidos medios de sílice variables entre 48 y 55%. Las características generales de los suelos han sido publicadas previamente en esta misma Revista (Ordóñez y Blasco, 16).

El calcio total se determinó de acuerdo a la metodología de Jackson (9) fundiendo el suelo con carbonato de sodio anhidro y disolviendo la masa formada con ácido clorhídrico. Para el calcio activo se empleó la técnica de Drouineau (5), mediante extracción con oxalato de amonio y titulación con permanganato de potasio. Se empleó una relación suelo/agua 1:10, agitando por dos horas, para obtener el calcio soluble en agua. Estas mismas muestras se emplearon después para determinar el calcio intercambiable utilizando acetato de amonio normal y neutro (Jackson, 9).

Muestras de suelos (2 Kgs.) de Botana y Cujacal fueron tratadas con 0,1, 2½, 5, 10, 15, 20 y 50 ton/ha. de carbonato de calcio. Las muestras se colocaron en macetas y se mantuvieron a capacidad de campo y temperatura ambiental por espacio de 30, 60 y 90 días, fraccionándose a continuación el calcio de acuerdo a la metodología previamente descrita.

### IV. RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados obtenidos para las distintas formas y concentraciones de calcio en suelos estudiados se presentan en la Tabla I. El análisis de las rocas del Volcán Galeras dió un contenido medio de 1,92% de calcio total. Es notable la elevada concentración de calcio en la cima del Volcán (muestra 13) debida a la abundancia de anortita. Loganathan y Swindale (11) atribuyen precisamente a la plagioclasa cálcica, las grandes cantidades de calcio encontradas en algunos suelos volcánicos de Hawaii.

Las muestras del Volcán, lo mismo que la primera capa del perfil Frailejón (situado a 3.750 m.s.n.m.) denotan la influencia de las

Formas y concentraciones de calcio en los distintos suelos estudiados

Suelo	Prof. cms.	Ca total ppm.	Ca activo ppm.	Ca activo %	Ca cambiabile ppm.	Ca cambiabile %	Ca sol. agua ppm.	Ca sol. agua %
1 Anganoy	0	9.802	8.688	88,6	555	5,6	2,7	0,03
	35	8.399	6.721	80,0	303	3,6	0,3	0,004
	80	13.639	5.152	37,7	520	3,8	0,7	0,005
2 Aranda	0	11.886	8.507	71,5	775	6,5	1,6	0,01
	30	9.552	5.189	54,3	840	8,7	4,3	0,04
	0	6.111	4.777	78,1	951	15,5	10,0	0,16
3 Botana	0	5.709	4.838	84,7	558	9,8	3,0	0,05
	25	8.898	6.947	78,0	1.652	18,6	4,3	0,05
	0	8.759	4.618	52,7	461	5,2	2,8	0,03
4 Catambuco	35	8.223	6.681	81,2	889	10,8	2,7	0,03
	0	9.996	6.649	66,5	478	4,7	1,3	0,01
	40	11.997	1.596	13,3	594	4,9	1,9	0,01
5 Cujacal	0	6.951	4.803	68,1	599	8,6	3,0	0,04
	30	7.884	4.514	57,2	676	8,5	1,4	0,02
	35	9.624	8.470	88,0	58,5	0,6	1,6	0,01
6 Jongobito	0	8.612	7.099	82,4	951	11,0	2,7	0,03
	40	9.346	3.802	40,6	322	3,4	1,4	0,01
	60	7.975	6.949	87,1	970	12,1	2,9	0,03
7 La Laguna	0	13.560	5.568	41,0	565	4,2	1,7	0,01
	30	8.083	7.226	89,3	290	3,5	0,9	0,01
	0	7.794	6.332	81,2	906	11,6	5,8	0,07
8 Mapachico	0	7.238	3.626	50,0	465	6,4	1,3	0,02
	25	5.548	4.232	76,2	783	14,1	5,4	0,09
	0	3.280	2.524	76,9	660	20,1	0,3	0,009
9 Mocondino	30	2.538	1.728	68,1	591	23,3	0,7	0,03
	80	16.692	8.041	48,1	32,1	0,2	1,6	0,01
	0	8.797	6.945	78,9	21,3	0,2	1,3	0,01
10 Obonuco	20	8.622	6.826	79,1	339	3,9	1,7	0,02
	50	8.179	7.880	96,3	73,4	0,9	0,7	0,008
	90	20.980	11.623	55,4	20,1	0,09	0,2	0,001
11 Yacuanquer	0	15.147	2.051	13,5	10,2	0,07	0,1	0,001
	20							
	80							
12 Frailejón	0							
	20							
	50							
13 Volcán	90							
	0							
	20							

\* % del Ca total

Valores de pH obtenidos después de 1, 2 y 3 meses de la aplicación de carbonato de calcio en los suelos de Botana y Cujacal.

Ton/Ha Aplicadas	Botana			Cujacal		
	pH 1 mes	pH 2 meses	pH 3 meses	pH 1 mes	pH 2 meses	pH 3 meses
0	5,45	5,40	5,40	5,55	5,55	5,60
1	5,60	5,50	5,60	5,60	5,60	5,65
2,5	5,80	5,70	5,80	5,70	5,90	5,90
5	5,90	6,00	6,00	6,20	6,30	6,25
10	6,40	6,60	6,80	6,80	6,90	6,95
15	7,00	7,05	7,20	7,10	7,20	7,20
20	7,30	7,35	7,50	7,35	7,55	7,60
50	7,60	7,65	7,70	7,65	7,80	7,80

Botana: pH inicial 5,50  
Cujacal: pH inicial 5,55

continuas disposiciones de cenizas ocasionadas por el Volcán Galeas hasta 1950. En el resto de las muestras estudiadas la concentración de calcio total es menor. Es un resultado normal puesto que se trata de suelos más desarrollados, andosoles del tipo A (B) C, e incluso relativamente maduros como Yacuanquer. Es bien conocido (Martini 15) que la pérdida de bases es una característica de la secuencia genética de los suelos.

El calcio intercambiable aparece en concentraciones bajas. Todas las muestras dieron menos de 5 me/100 g. con la excepción de Catambuco. Con relación a la capacidad catiónica de cambio, la saturación del calcio de cambio superó el 20% en los suelos (capa arable de Catambuco y Mapachico: Aranda llegó al 19%; Botana, Obonuco y Yacuanquer al 15%. En los otros casos la saturación fué menor, lo cual de acuerdo a distintos autores (Borrows y Drosdoff, 1; Martin et al, 14; Welch y Nelson 17), supone dificultades para el desarrollo de las plantas.

En el Altiplano, sin embargo, no ocurre así, e incluso la adición de calcio no ha supuesto un incremento significativo de la producción (Burbano, et al 4). Desde luego, es posible pensar en que el uso de acetato de amonio en las medidas del CIC y bases de cambio introduzca errores, pero también los datos obtenidos para el calcio activo sugieren que esta fracción tiene bastante importancia, ya que representa entre el 13,3 y 96,3% (promedio del 66,3% del calcio total). Al ser el calcio activo fácilmente soluble las plantas podrían tomar de esta fracción el calcio faltante en la fase de intercambio. Es probable, por otra parte, que las elevadas concentraciones de esta fracción originen pérdidas de calcio por lixiviación, fenómeno bien patente en algunos suelos volcánicos (Mahilum et al, 13). Como el calcio activo parece ser una fracción importante para comprender la dinámica de ese catión en el suelo, se sugiere insistir en su determinación,

— TABLA III —

Concentraciones de Ca-activo, intercambiable y soluble en agua al mes de aplicar CO<sub>3</sub>Ca en los suelos de Botana y Cujacal. Resultados en ppm.

Ton/ha	Botana			Cujacal		
	Ca-activo	Ca-intercambiable	Ca-soluble	Ca-activo	Ca-intercambiable	Ca-soluble
0	4.763	1.024	1,0	4.234	855	2,1
1	4.772	1.248	2,1	4.831	1.208	4,2
2,5	3.042	1.414	4,2	5.297	1.480	5,8
5	5.309	1.754	5,8	5.580	1.915	9,5
10	5.572	2.341	50,8	5.837	2.240	49,2
15	5.831	2.401	152,3	5.953	2.411	127,4
20	6.372	2.751	203,6	6.406	2.621	172,6
50	6.905	3.392	217,3	6.917	3.324	178,4

Ca-activo como porcentaje del Ca-total.

Ecuaciones y coeficientes de correlación establecidos.

X	Y	Ecuación de regresión	% obtenido
Ca aplicado	pH	$Y = 5,811 - 0,044 \times$	0,8807**
Ca aplicado	Ca intercambiable	$Y = 539.740,43 - 44.456,27 \times 0,9018$	**
Ca aplicado	Ca activo	$Y = -2.808,96 - 0,816 \times$	0,8193**

\*\* Altamente significativo.

especialmente cuando se trate de encalar suelos derivados de cenizas volcánicas. Como parte final del fraccionamiento se encontró que el calcio soluble en agua presenta concentraciones mucho más bajas que las reportadas por Bornemisza y Morales (3) para las cenizas del Volcán Irazú.

En la Tabla II, se observa el efecto del encalamiento sobre el pH. No se detectó diferencia significativa entre los tres períodos de incubación. Coincidiendo con otras investigaciones (7, 8, 10), la elevación de pH resultó difícil como consecuencia de la elevada capacidad amortiguadora de estos suelos. Para un total de 50 toneladas/ha se consiguió un incremento de 2,10 unidades pH, con mayor eficiencia en el rango 1-5 toneladas/ha, ya que el pH aumentó 0,12 unidades/tonelada. Como se aprecia en la Tabla IV, la correlación entre el  $\text{CO}_3$  Ca aplicado y el incremento del pH fue de  $r = 0,8807$ \*\*.

En la Tabla III se presentan los aumentos del calcio en las fracciones activa, intercambiable y soluble en agua de los suelos Botana y Cujacal, ocasionados por los distintos tratamientos de  $\text{CO}_3$  Ca. Los datos para los tres períodos de incubación no mostraron diferencias significantes entre sí.

El mayor incremento en la aprovechabilidad del calcio se consiguió en el suelo de Botana con dosis de 2,5 y 5 toneladas/ha que produjeron 672,2 y 1.260,8 ppm. de calcio más fácilmente soluble (suma de las tres fracciones), respectivamente, mientras que para Cujacal la dosis más eficiente fue 1 tonelada/ha.

Al incrementarse la dosis, la concentración de calcio en las fracciones mencionadas fue comparativamente menor, a pesar de las buenas correlaciones (Tabla IV) encontradas entre el Ca-aplicado y las formas activas ( $r = 0,819$ ) e intercambiable ( $r = 0,901$ ). Así, por ejemplo, cuando se adicionaron 50 toneladas/ha, solo se recuperó un 10% de calcio en los tres meses de incubación. Vale decir que aplicaciones masivas de calcio no tienen ningún objeto en estos suelos, por su poca acción sobre el complejo adsorbente. Acaso podrían considerarse como reservas cálcicas a largo plazo.

## V. RESUMEN

Los suelos volcánicos empleados en esta investigación provienen del Altiplano de Pasto (Nariño, SO Colombia), en las proximidades del Volcán Galeras. El Altiplano está situado a 2.500 — 2.800 m. sobre el nivel del mar, con una temperatura y precipitación promedio anual de 13° C. y 700 mm., respectivamente. El estudio presenta el estado del calcio en algunas de sus fracciones. Las concentraciones promedio de Ca-total (9.658,8 ppm.) y Ca-activo (5.973,7 ppm.) son elevadas, mientras que el Ca-intercambiable presenta concentraciones bajas (518,5 ppm.) y el Ca-soluble en agua es insignificante. Las altas concentraciones de Ca-activo pueden ser una explicación de la ineficacia de las adiciones de cal, a pesar de la reacción ácida y de la baja cantidad de Ca-intercambiable en estos suelos.

## VI. SUMMARY

### Calcium in the volcanic soils of the Highlands of Pasto, Colombia.

The volcanic soils employed in this investigation belong to the Highland of Pasto (Nariño, SW Colombia), in the proximity of the Galeras Volcano.

The Highland lies at about 5,500 - 8,400 feet above sea level. Mean average temperature and mean average rain fall are 55° F and 28 in. per year, respectively. The study presents the Ca status in these soils. Averages of total-Ca (9,658.8 ppm. and active-Ca (5,973.7 ppm.) concentrations are high, while exchangeable-Ca concentrations is rather low (518,5 ppm). Ca-water soluble is negligible. Its appears that the high active-Ca concentrations can be the explanation for the ineffectualness of the lime additions in spite of the acid reactions and the low exchangeable-Ca concentration in these soils.

## VI. LITERATURA CITADA

1. BARROWS, H. L. y DROSDOFF, M.— Effect of nitrogen, potassium, calcium and magnesium on mineral composition of lakeland fine sand in relation to mineral content of tung leaves. Soil Science Society of America Proceedings 22:426-431. 1958.
2. BERGER, K. C. y PRATT, P. F.— Advances in secondary and micronutrient fertilization. In McVickar, M. H. et al ed. Fertilizer technology and usage. Madison, Soil Science Society of America. 1963. pp 287-340.
3. BORNEMISZA, E. y MORALES J.— Soil chemical characteristics of recent volcanic ash. Soil Science Society of America Proceedings 33: 538-530. 1969.
4. BURBANO, H., LOPEZ, H., GUERRERO, R. y ARIAS, A.\* Algunos aspectos del encalamiento en suelos del Altiplano de Pasto, Nariño, Colombia. Revista de Ciencias Agrícolas 1: 51-64. 1969.