

INFLUENCIA DEL CARBONATO DE CALCIO EN LAS PROPIEDADES QUÍMICAS DE UN SUELO DE LA TERRAZA DE VILLA-RICA (CAUCA) (*)

Por: Gilberto Santaella Gutiérrez y Adel González M.

I.— INTRODUCCION

A ninguna persona medianamente ilustrada sobre agricultura y aún más sobre fertilización podrá escapársele la gran importancia del Carbonato de Calcio al ser aplicado al suelo. Ampliamente conocido es su efecto sobre las condiciones físicas de un terreno, especialmente las ligadas en forma íntima a la explotación, estructura y otras más. Así también conocida en su marcada influencia como un elemento nutritivo, cuya importancia podría decirse, no guarda límites en el complejo suelo.

Según Miller (28), el encalamiento en suelos ácidos, debería ser considerado y aceptado por todos como una práctica fundamental y esencial.

Los materiales incluidos en el encalamiento se utilizan para propiciar y producir cambios químicos, físicos y biológicos en el suelo. Esto con el objeto de encontrar una mejor utilización del terreno, lo cual se hallará siempre que sean usados inteligentemente, pues de no hacerlo así, resultarían perjudiciales para los suelos y los cultivos, como en el caso del sobreencalamiento.

También es ampliamente conocido que los suelos cuyo pH es bajo, suelos ácidos, son generalmente pobres en bases, pero en el Valle del Cauca (Colombia), no se ha estudiado a fondo y detalladamente el comportamiento químico del suelo a la aplicación de Carbonato de Calcio.

El suelo explotado agrícolamente es afectado por la ley de los rendimientos decrecientes, debido a los elementos nutritivos extraídos por las plantas. Por lo tanto se hace necesario conocer la forma de acción de los fertilizantes para así poder emplearlos del mejor modo posible.

En consideración a lo anteriormente expuesto, en el presente

(*) Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo, bajo la presidencia del Dr. Adel González M., I.A., m s. a quien el autor expresa su gratitud.

trabajo se analizaron en forma detallada los cambios ocurridos en algunas propiedades químicas de un suelo, al cual se le adicionaron previamente diferentes cantidades de Carbonato de Calcio.

Para su efecto se experimentó en un suelo de pH 4.6 por su marcada acidez, que ocurre en amplia extensión en la región sur del Valle del Cauca (Colombia).

II. —REVISION DE LITERATURA

La aplicación de cal al suelo se remonta a tiempos inmemoriales. Parece que fueron los celtas y los galos los primeros en utilizarla en su agricultura; a través de una cadena histórica pasó a la cultura griega y romana, llegando hasta nuestros días. No obstante ser un práctica tan antigua, sólo a fines del siglo XIX se hicieron las primeras investigaciones sobre sus efectos en los suelos y en las cosechas (González, 14).

El objeto de adicionar calcio a los suelos no es otro que el de mejorar la producción. El pobre crecimiento de las plantas en suelos ácidos se explica por la escasez de calcio, la severa deficiencia del fósforo debida a la fijación del suelo y por la toxicidad de los iones hidrógeno, manganeso y aluminio (Heslep, 18).

Mc Call (25), sugiere que los iones hidrógeno son perjudiciales a los microorganismos, no directamente sino por la energía con que son absorbidos en las interfases celulares.

En la formación de suelos ácidos intervienen como factores principales, según Albareda (1), la pérdida de bases y la desalcalinización. Entre los cationes de cambio del suelo, el hidrógeno es el más fuertemente absorbido, y por lo tanto el más difícil de reemplazar por otros cationes (Peech and Bradfield, 32).

Los cationes de cambio en el suelo están formados en un 80% por calcio y/o hidrógeno, de acuerdo con Thompson (37), quien también asume que los cationes cambiables están constituidos en un 99% por H^+ , Mg^{++} , Ca^{++} , K^+ , Na^+ y NH_4^+ .

El mismo Thompson (37) anota el siguiente orden de retención de las bases: Ca Mg Na , orden que igualmente sigue la acumulación de las mismas bases en el suelo.

La asimilación de los elementos nutritivos no depende únicamente de su concentración en la solución nutritiva, sino en grado máximo de la presencia de otros iones y de sus relaciones entre sí. El pobre crecimiento de las plantas en suelos ácidos no se debe al pH por sí mismo sino a una escasez de calcio que corresponde a los valores bajos de pH (Albareda, Hernando y Sánchez, 2).

Fried y Peech (12), atribuyen el pobre desarrollo de las plantas en suelos de pH bajo, a un complejo de varios factores que envuelve

toxicidad del manganeso, hierro y aluminio y no necesariamente a la falta de calcio en sí. En la acción sobre dicho complejo basan el efecto benéfico del calcio.

Schmehl (34), corrobora lo anterior, pues atribuye el crecimiento deficiente de plantas en suelos ácidos a cantidades tóxicas de aluminio, hierro y manganeso, cuya solubilidad está influida por la acidez del suelo.

Cooper (11), cita como uno de los factores influyentes en la fertilidad de un suelo la cantidad relativa de calcio intercambiable presente. Este catión puede inhibir a otros iones por formación y precipitación de ciertos compuestos de calcio insolubles.

El encalamiento del suelo trae como consecuencia la reducción de la concentración de iones hidrógeno y por esto disminuye la acidez de la solución del suelo, de acuerdo con Blasco (6), quien explica la acción de la cal así: El agua del suelo se carga con iones calcio, reemplazando a los iones hidrógeno en el complejo coloidal. El hidrógeno se combina con el hidróxido para formar agua".

La consecuencia general del encalamiento en el suelo es la alteración de sus propiedades físicas, químicas y biológicas. Esta alteración se refleja en el incremento de la granulación y mejoramiento de las condiciones de aireación y drenaje; estos efectos se basan principalmente en el poder de floculación del ion calcio. También propicia la cal una mayor actividad de los microorganismos, con la consecuente descomposición de la materia orgánica y la formación de humus (González, 14; González y Aristizábal, 15; Lyon y Buckman, 24; Spencer, 36).

Troug (39), justifica la adición de cal al suelo con el objetivo de neutralizar la acidez, agregar calcio como elemento nutritivo y mejorar la aprovechabilidad de los nutrientes, lo que concuerda con Gain (13), quien expone en líneas generales como efectos del encalamiento: la neutralización de la acidez, la movilización de la potasa y la estimulación de la actividad química del suelo.

Gutián y Muñoz (17), consideran el encalamiento como práctica previa a la fertilización en suelos ácidos para impedir la inmovilización del fósforo y la toxicidad del aluminio, además de estimar el calcio en sí mismo como elemento limitante de la producción. Según estos mismos autores el encalamiento trae consigo un cambio brusco en la población de cationes de cambio en el suelo, aumentando el calcio y disminuyendo el aluminio y el hidrógeno de cambio.

La adición de cal como medida efectiva para corregir el daño ocasionado por el aluminio también es citado por Schmehl (34).

En trabajos realizados por Moser (29), se ha demostrado la gran importancia que tiene el calcio sobre los valores de pH en suelos ácidos, especialmente en lo relativo al desarrollo normal de las plantas. Se ha obtenido la máxima movilización del fósforo al incremen-

tar la cantidad de calcio; este efecto se atribuyó a la solubilización de los fosfatos, disminuyéndose así la fijación de estos.

La máxima aprovechabilidad del fósforo, se encuentra, según Troug (39), entre los valores de pH 6.5 y 7.5. El mismo autor sugiere que a un pH 6.5 existe en el suelo considerable cantidad de fósforo en forma de fosfato cálcico, el cual es soluble en ácido carbónico y asimilable para las plantas. Si el pH decrece, se presenta una tendencia a formar fosfatos de hierro y aluminio de baja solubilidad y menos aprovechables. Este valor de pH 6.5 también es considerado por González y Aristizábal (15), como valor óptimo para la aprovechabilidad de los elementos nutritivos en el suelo.

Entre los mecanismos propuestos para explicar la inmovilización del fósforo en los suelos ácidos se encuentra la formación de fosfatos insolubles de hierro y aluminio y la absorción de iones fosfato por los ácidos hidratados de estos metales (Schmehl, 35).

Osaki y Hortenstine (30), encontraron a través de varios experimentos realizados con diferentes dosis de cal un aumento en los valores de pH, así como una mejor cantidad de calcio en el suelo, a los seis meses de haber hecho la aplicación. En el cuarto mes se registró el nivel máximo de calcio, el cual disminuyó en el quinto y sexto mes para aumentar de nuevo en el octavo. El pH estuvo también sujeto a variaciones similares. Consideran que las fuertes lluvias ocurridas en el quinto y sexto mes causaron arrastre de calcio.

Para neutralizar un mismo grado de acidez en diferentes suelos se necesitan diferentes cantidades de cal. En general no se ha hallado correlación entre los valores de pH y los requerimientos de cal, creando esto la necesidad del análisis para cada caso particular (Wilbert, 40; Peech y Bradfield, 32).

Patel y Troug (31), sostienen que el pH y la capacidad de cambio influyen en los requerimientos de cal por un suelo. Mehlich (26) considera que la neutralización solo se realiza en la zona de contacto entre el carbonato de calcio y el suelo ácido. Cita como responsables de la acción, a la concentración, al movimiento de sales, a la capacidad de bases cambiables y al grado de saturación de las bases.

Según Blasco (6), la aprovechabilidad del calcio para las plantas aumenta conforme se hacen más altos los valores de pH, alcanzando su grado máximo entre pH 7.0 y 8.5.

El potasio obtiene su máximo grado de solubilidad a pH 6.0 a 7.5. Se ha encontrado que bajo condiciones ordinarias de producción y fertilización el enclamiento disminuye la solubilidad del potasio del suelo y por lo tanto su facilidad de ser absorbido. El calcio y el magnesio causan una disminución en su aprovechabilidad (Jacobson, 20; Wilbert, 40).

El calcio teóricamente debe solubilizar el potasio y parece que

este elemento al ser liberado es tomado por los microorganismos del suelo en grandes cantidades, según lo expuesto por Jenny (21).

York, Bradfield y Peech (41), sugieren que el encalamiento de un suelo disminuye la absorción de potasio y aceptan la hipótesis de Ehrenberg, que los iones de calcio pueden inhibir la absorción de potasio por las plantas.

Attoe (3), discute dos tipos distintos de fijación del potasio: uno de ellos ocurre en el suelo húmedo y se incrementa con la aplicación de cal; y el otro ocurre por quedar el potasio aprisionado entre los estratos minerales del suelo al secarse este, siendo este tipo de fijación independiente del pH.

El aumento de fijación del potasio por el encalamiento a través del tiempo puede ser el resultado de la mayor actividad microbiológica inducida por el calcio. El elemento puede ser fijado en los tejidos de los organismos vivientes (York, Bradfield y Peech, 42).

Collander (9), quien sugiere que la absorción de un catión determinado está influenciada por los cationes estrechamente relacionadas con él y no por los cationes de tipo diferente, apartándose un tanto del concepto común sobre antagonismo de los iones, encontró un efecto pequeño del calcio sobre la absorción del potasio.

Carolus (8), dice que la absorción del potasio por las plantas se debe a su cantidad presente en la solución y no a la interferencia del calcio o magnesio. Por otra parte, York, Bradfield y Peech (42), afirman que al encontrarse el suelo saturado de calcio por aplicaciones fuertes de carbonato cálcico, se incrementa la concentración de los iones calcio, los cuales tienden a liberar dentro de la solución el potasio absorbido.

Cooper (10), cita un efecto muy pequeño del calcio sobre el potasio, aunque afirma que la absorción del primero se vería afectada por acción del sodio.

La asimilación del calcio aumenta conforme sea mayor su concentración en la solución nutritiva, viéndose afectada por una alta concentración de potasio. Asimismo, la alta concentración de calcio afecta la asimilación de potasio y magnesio pero no tiene efecto significativo en la asimilación del fósforo (Albareda, Hernando y Sánchez, 2).

La relación óptima de calcio: magnesio se estima en dos partes de calcio por una de magnesio (Blasco, 6; González, 14).

Bear y Toth (5), trabajando con alfalfa (*Medicago sativa*, L.) encontraron condiciones óptimas cuando el complejo intercambiable del suelo estaba formado por:

Ca++	65 %
Mg++	10 %
K+	5 %
H+	20 %

Los mismos autores sugieren relaciones como:

$$\begin{array}{rcl} \text{Ca}^{++} : \text{Mg}^{++} & = & 6.5 : 1 \\ \text{Ca}^{++} : \text{H}^{+} & = & 3.25 : 1 \\ \text{Ca}^{++} : \text{K}^{+} & = & 13 : 1 \end{array}$$

En referencia a los elementos boro, zinc y cobre, un exceso de calcio induce una deficiencia de ellos por formación de compuestos insolubles (González, 17).

Dawson (11), encontró que incubando suelos encalados a 25°C. y cerca a la humedad equivalente se proveía un medio favorable para la actividad microbiológica; a esta y a la consecuente producción de CO₂ atribuye los valores bajos de pH observados en los suelos después del período de incubación.

Beacher y Merkle (4), sostienen que la acción ejercida por la cal sobre los suelos ácidos depende en gran parte de la proporción en la cual esté disuelta. Obtienen como conclusión que la finura de la caliza es indispensable para su efectividad.

III.— MATERIALES Y METODOS

El suelo que se utilizó para el experimento corresponde a la región de Villa-Rica (Cauca), y pertenece a la terraza plana en la parte sur del Valle fisiográfico del río Cauca.

Como característica principal dicho suelo presenta marcada acidez, pH 4.6, y ocupa una extensión considerable con uso limitado a pasto común (*Paspalum notatum*, Fluegge) y arroz (*Oriza sativa*, L.).

La muestra del suelo se recogió del primer horizonte 0-30 cms. Se dejó secar al aire y se tamizó.

El material de encalamiento usado para el ensayo fue carbonato de calcio puro, mezclado con el suelo.

El suelo tamizado se dividió en diez partes y a cada una de ellas se agregó la dosis correspondiente a carbonato de calcio estableciendo así diez tratamientos.

Se utilizaron cajas metálicas de capacidad aproximada de 120 gramos. Para cada tratamiento se usaron 18 cajas, para poder retirar 3 mensuales durante los 6 meses.

El suelo encalado fue guardado el 9 de diciembre de 1963 en la cámara de incubación a 29°C., habiendo sido llevado previamente a su capacidad de campo, manteniéndolo a este nivel de humedad.

A partir de dicha fecha, cada mes fueron extraídas de la cámara de incubación treinta cajas o sea: los diez tratamientos con sus tres replicaciones, para hacer los respectivos análisis. Los tratamien-

tos de incubación duraron seis meses.

Las dosis de carbonato de calcio aplicadas a cada tratamiento fueron las siguientes:

Tratamientos

1	0	Tons. de Ca CO ₃ por hectárea (testigo)
2	1	Tons. de Ca CO ₃ por hectárea
3	2	Tons. de Ca CO ₃ por hectárea
4	3	Tons. de Ca CO ₃ por hectárea
5	4	Tons. de Ca CO ₃ por hectárea
6	5	Tons. de Ca CO ₃ por hectárea
7	7.5	Tons. de Ca CO ₃ por hectárea
8	10	Tons. de Ca CO ₃ por hectárea
9	15	Tons. de Ca CO ₃ por hectárea
10	20	Tons. de Ca CO ₃ por hectárea

A cada una de las muestras retiradas de la cámara de incubación se le hicieron las siguientes determinaciones:

pH : Se utilizó una relación agua : suelo tipo 2 : 1 y se determinó empleando un potenciómetro Beckman, modelo H2 con electrodos de vidrio.

Bases de cambio : Por extracción con acetato de amonio normal y neutro y determinación de cada base así:

Sodio intercambiable (Na+I.) y Potasio intercambiable.

(K+I.) : Por medio de un espectrofotómetro Beckman, modelo B, siguiendo la técnica descrita por Silva (35).

Calcio intercambiable (Ca++I.) y Magnesio intercambiable.

(Mg++I.) : Se determinó el calcio y la suma de calcio más magnesio por titulaciones con versenato, según la técnica dada por Silva (35). Luego por diferencia se determinó el magnesio.

Fósforo (P) : Usando molibdato de amonio y reducción con cloruro estannoso. Como solución extractora se utilizó HCl 0.1 N y fluoruro de amonio 0.03 N. Se determinó empleando un clorímetro Beckman, modelo C (Bray y Korts, 7).

IV.— RESULTADOS Y DISCUSION

Las Tablas I, II, III, IV, V y VI fueron elaboradas con los promedios obtenidos de las tres replicaciones para cada tratamiento.

Los datos obtenidos de las replicaciones se presentan en el Apéndice.

En su orden las Tablas I, II, III, IV, V y VI muestran los valores

— T A B L A I —

Valores de pH en el suelo de acuerdo con las dosis de CaCO_3 y tiempo de incubación.

Dosis						
CaCO_3	Primer	Segundo	Tercer	Cuarto	Quinto	Sexto
Tn/Ha.	mes.	mes.	mes.	mes	mes.	mes.
0	4.65	4.60	4.32	4.50	4.46	4.32
1	4.70	4.63	4.47	4.58	4.51	4.40
2	4.80	4.75	4.57	4.75	4.69	4.51
3	4.97	4.84	4.76	4.93	4.77	4.60
4	5.00	5.10	4.87	5.02	4.87	4.71
5	5.19	5.27	5.07	5.27	4.96	4.93
7,5	5.33	5.47	5.26	5.42	5.28	5.22
10	5.70	5.62	5.51	5.58	5.43	5.47
15	5.93	6.20	5.78	6.00	5.84	5.65
20	6.39	6.50	6.07	6.32	6.12	5.97

Tn/Ha. Toneladas por hectárea.

— T A B L A II —

Contenido de calcio intercambiable en el suelo de acuerdo con las dosis de CaCO_3 y tiempo de incubación en m.e./100 grs.

Dosis						
CaCO_3	Primer	Segundo	Tercer	Cuarto	Quinto	Sexto
Tn/Ha.	mes.	mes.	mes.	mes	mes.	mes.
0	3.52	3.13	3.00	3.35	3.15	3.15
1	4.00	4.08	3.72	3.88	3.88	4.00
2	5.00	5.06	4.91	4.59	4.49	4.61
3	6.59	5.89	5.67	5.73	5.17	5.60
4	6.92	6.67	6.40	6.43	6.59	6.24
5	8.05	7.45	7.14	7.04	7.55	6.99
7,5	9.63	9.63	9.83	9.32	9.34	9.29
10	12.28	11.68	11.53	11.14	11.36	11.65
15	15.36	16.18	14.78	15.22	15.26	13.96
20	19.97	20.72	17.88	19.66	19.49	18.78

Tn/Ha. Toneladas por hectárea.

— T A B L A III —

Contenido de fósforo asimilable en el suelo de acuerdo con las dosis de CaCO_3 y tiempo de incubación en Kgs/Ha.

Dosis CaCO_3 Tn/Ha.	Primer mes.	Segundo mes.	Tercer mes.	Cuarto mes.	Quinto mes.	Sexto mes.
0	13.17	6.85	11.33	13.17	8.96	8.96
1	13.00	5.45	13.18	11.53	8.34	7.46
2	11.64	6.50	12.91	8.08	8.55	5.00
3	9.31	2.81	12.35	6.76	7.67	4.80
4	7.03	3.39	10.54	6.73	5.15	6.56
5	6.67	3.16	12.82	3.86	4.92	5.56
7,5	5.50	4.62	9.43	3.57	4.10	7.20
10	5.62	3.04	8.90	5.45	5.80	6.85
15	6.68	2.46	10.13	7.08	4.86	2.87
20	5.03	2.81	8.54	7.32	5.33	5.18

Tn/Ha. Toneladas por hectárea.

Kgs/Ha. Kilogramos por hectárea.

Apatita = fosfato tr.

— T A B L A IV —

Contenido de potasio intercambiable en el suelo de acuerdo con las dosis de CaCO_3 y tiempo de incubación en m.e./100 grs.

Dosis CaCO_3 Tn/Ha.	Primer mes.	Segundo mes.	Tercer mes.	Cuarto mes.	Quinto mes.	Sexto mes.
0	0.217	0.200	0.180	0.250	0.257	0.250
1	0.193	0.187	0.213	0.233	0.250	0.240
2	0.207	0.200	0.200	0.230	0.257	0.245
3	0.210	0.203	0.193	0.257	0.273	0.267
4	0.200	0.203	0.200	0.253	0.303	0.263
5	0.207	0.217	0.203	0.257	0.297	0.267
7,5	0.210	0.210	0.207	0.263	0.293	0.273
10	0.207	0.193	0.207	0.280	0.290	0.290
15	0.233	0.210	0.213	0.267	0.307	0.277
20	0.233	0.213	0.213	0.273	0.307	0.283

Tn/Ha. Toneladas por hectárea.

— T A B L A V —

Contenido de sodio intercambiable en el suelo de acuerdo con las dosis de CaCO_3 y tiempo de incubación en m.e./100 grs.

Dosis CaCO_3 Tn/Ha.	Primer mes.	Segundo mes.	Tercer mes.	Cuarto mes	Quinto mes.	Sexto mes.
0	0.120	0.123	0.103	0.220	0.183	0.183
1	0.110	0.103	0.127	0.253	0.160	0.183
2	0.120	0.130	0.103	0.203	0.203	0.177
3	0.113	0.117	0.097	0.210	0.227	0.200
4	0.103	0.117	0.100	0.223	0.250	0.213
5	0.107	0.140	0.097	0.213	0.247	0.250
7,5	0.127	0.120	0.100	0.230	0.237	0.240
10	0.120	0.130	0.107	0.253	0.237	0.230
15	0.120	0.127	0.103	0.283	0.263	0.253
20	0.130	0.117	0.107	0.293	0.267	0.263

Tn/Ha. Toneladas por hectárea.

— T A B L A VI —

Contenido de magnesio intercambiable en el suelo de acuerdo con las dosis de CaCO_3 y tiempo de incubación en m.e./100 grs.

Dosis CaCO_3 Tn/Ha.	Primer mes.	Segundo mes.	Tercer mes.	Cuarto mes	Quinto mes.	Sexto mes.
0	1.48	1.95	1.67	1.57	1.67	1.74
1	1.52	1.70	1.89	1.45	1.33	1.86
2	1.27	1.56	1.77	1.33	1.17	2.12
3	1.58	1.51	1.59	1.41	1.68	1.55
4	1.27	1.41	1.55	1.02	1.93	1.62
5	1.12	1.25	1.69	1.40	1.72	1.48
7,5	1.29	1.56	1.70	1.64	1.65	1.91
10	1.29	1.75	1.70	1.55	1.69	1.78
15	1.85	1.57	1.59	1.29	1.67	1.74
20	1.56	1.34	1.74	1.54	1.45	1.69

Tn/Ha. Toneladas por hectárea.

de pH, Calcio en m.e./100 gramos. Fósforo en kilogramos por hectárea, Potasio en m.e./100 gramos, Sodio en m.e./100 gramos y Magnesio en m.e./100 gramos para cada uno de los meses en incubación.

En las figuras 1, 2, 3, 4, 5 y 6 se presentan las líneas de regresión

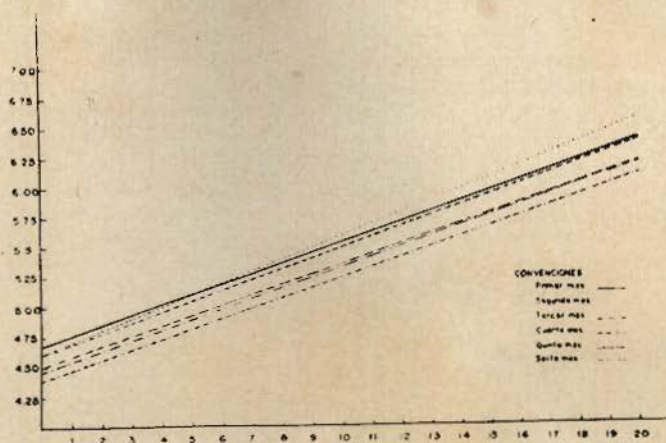


FIGURA 1. Influencia del carbonato de calcio en las fluctuaciones del pH en el suelo.

Primer mes :

$$Y = 5.266 + 0.0878 (X-6.75)$$

$$r = 0.9844$$

Segundo mes :

$$Y = 5.298 + 0.0999 (X-6.75)$$

$$r = 0.9808$$

Tercer mes :

$$Y = 5.068 + 0.0874 (X-6.75)$$

$$r = 0.9555$$

Cuarto mes :

$$Y = 5.237 + 0.0910 (X-6.75)$$

$$r = 0.9678$$

Quinto mes :

$$Y = 5.093 + 0.0856 (X-6.75)$$

$$r = 0.9847$$

Sexto mes :

$$Y = 4.978 + 0.0859 (X-6.75)$$

$$r = 0.9550$$

calculadas para cada uno de los meses con sus correspondientes coeficientes de correlación.

De los coeficientes de correlación los pertenecientes a pH y Calcio fueron significativos para el 99% de probabilidades. Los demás, Fósforo, Potasio, Sodio y Magnesio no fueron significativos al 95% de probabilidades.

La figura 1 muestra la estrecha relación en el incremento de valores de pH y la cantidad de carbonato de calcio aplicado. El pH aumenta por reducirse la concentración de iones hidrógeno, los cuales son reemplazados por iones calcio. Los iones hidrógeno pasan a formar agua con los iones hidróxilos (Blasco, 6).

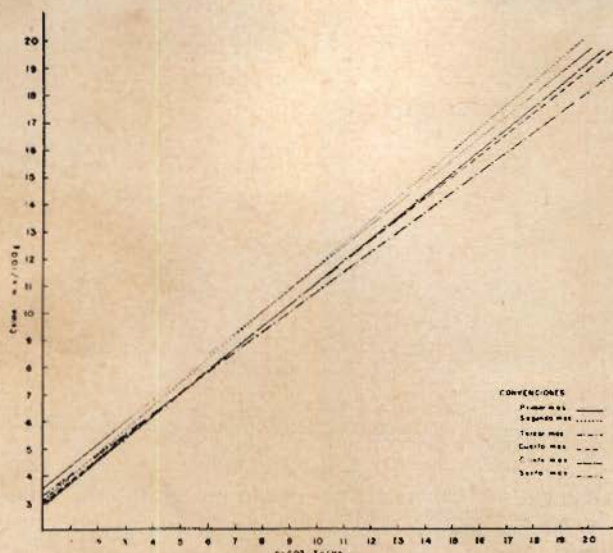


FIGURA 2. Influencia del carbonato de calcio en el contenido de calcio intercambiable en el suelo en m.e./100 grs.

Primer mes :

$$Y = 9.132 + 0.8148 (X-6.75)$$

$$r = 0.9955$$

Segundo mes :

$$Y = 9.049 + 0.8699 (X-6.75)$$

$$r = 0.9996$$

Tercer mes :

$$Y = 8.486 + 0.755 (X-6.75)$$

$$r = 0.9924$$

Cuarto mes :

$$Y = 8.636 + 0.8172 (X-6.75)$$

$$r = 0.9991$$

Quinto mes :

$$Y = 8.628 + 0.8209 (X-6.75)$$

$$r = 0.9984$$

Sexto mes :

$$Y = 8.427 + 0.7679 (X-6.75)$$

$$r = 0.9941$$

Las variaciones de pH, para el tratamiento testigo en los diferentes meses, puede explicarse por la mayor actividad de los microorganismos, causando la descomposición de la materia orgánica y producción de ácidos orgánicos. Así la liberación de CO_2 trae como consecuencia la formación de H_2CO_3 . Estos ácidos hacen variar el pH. Este hecho fue encontrado por Dawson (11) en condiciones de incubación.

De acuerdo a la figura 2, se observa una relación directa entre el incremento de carbonato de calcio aplicado y el aumento de calcio

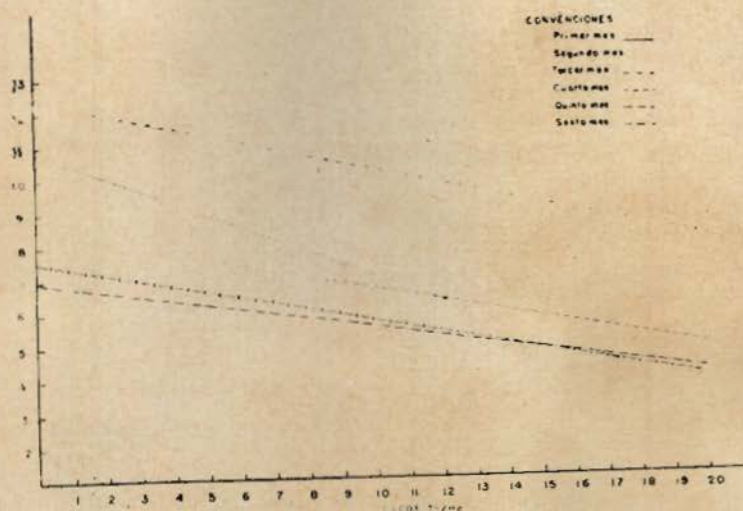


FIGURA 3. Influencia del carbonato de calcio en el contenido de fósforo intercambiable en el suelo en Kgs/Ha.

Primer mes :

$$Y = 8.365 - 0.3697 (X-6.75) \\ r = 0.5745$$

Segundo mes :

$$Y = 4.109 - 0.1654 (X-6.75) \\ r = 0.4355$$

Tercer mes :

$$Y = 11.013 - 0.2065 (X-6.75) \\ r = 0.2116$$

Cuarto mes :

$$Y = 7.355 - 0.1797 (X-6.75) \\ r = 0.1485$$

Quinto mes :

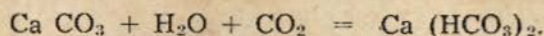
$$Y = 6.368 - 0.1785 (X-6.75) \\ r = 0.4115$$

Sexto mes :

$$Y = 6.044 - 0.1390 (X-6.75) \\ r = 0.2781$$

intercambiable presente en el suelo, lo que indica su reacción con este último.

González (14), explica la solubilidad adquirida por el carbonato de calcio mediante la combinación con el CO_2 presente en el suelo formándose bicarbonatos solubles:



En términos generales se observa una disminución del fósforo

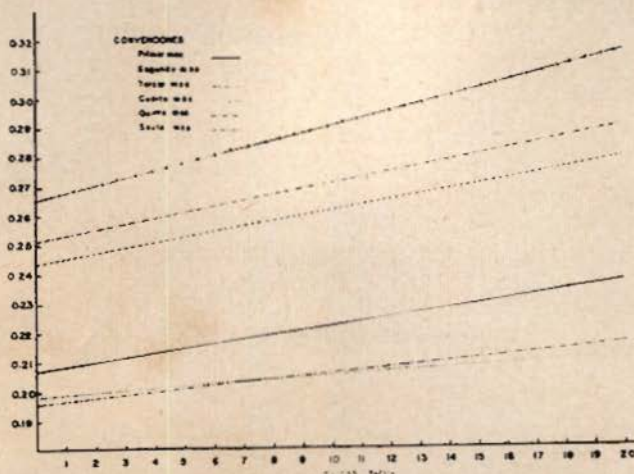


FIGURA 4. Influencia del carbonato de calcio en el contenido de potasio intercambiable en el suelo en m.e./100 grs.

Primer mes :

$$Y = 0.2177 + 0.00153 (X-6.75) \\ r = 0.5939$$

Segundo mes :

$$Y = 0.2036 + 0.000704 (X-6.75) \\ r = 0.6290$$

Tercer mes :

$$Y = 0.2029 + 0.00102 (X-6.75) \\ r = 0.1988$$

Cuarto mes :

$$Y = 0.2563 + 0.00183 (X-6.75) \\ r = 0.5578$$

Quinto mes :

$$Y = 0.2834 + 0.00261 (X-6.75) \\ r = 0.5889$$

Sexto mes :

$$Y = 0.2655 + 0.00192 (X-6.75) \\ r = 0.6065$$

aprovechable al incrementar la cantidad de carbonato de calcio. Lo anterior puede verse en la figura 3.

Kardos (22) explica la fijación del fósforo mediante la cita de varias teorías:

Una de ellas la atribuye a una absorción iónica ejercida por fuerzas que atraen los iones de fósforo hacia la superficie de la partícula, reduciendo su aprovechabilidad. Cita a Freundlich, quien sugirió que la absorción es una reacción entre los fosfatos y los iones hidroxilos. Así esta teoría presenta dos tipos: Una absorción química y una absorción física.

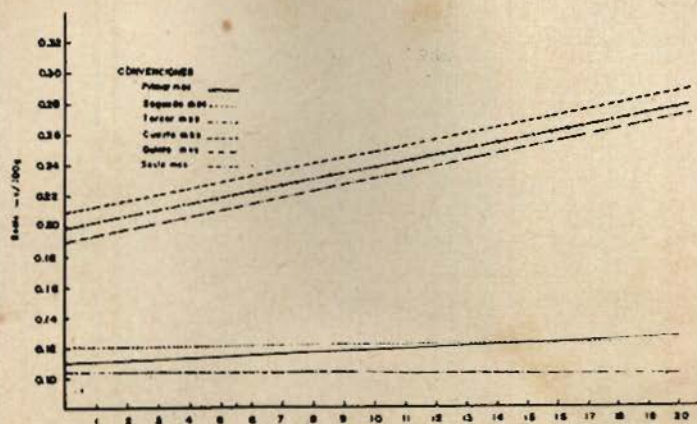


FIGURA 5. Influencia del carbonato de calcio en el contenido de sodio intercambiable en el suelo en m.e./100 grs.

Primer mes :

$$Y = 0.117 + 0.000764 (X-6.75)$$

$$r = 0.3178$$

Segundo mes :

$$Y = 0.1224 + 0.000170 (X-6.75)$$

$$r = 0.1230$$

Tercer mes :

$$Y = 0.1044 - 0.0000867 (X-6.75)$$

$$r = 0.1420$$

Cuarto mes :

$$Y = 0.2381 + 0.00403 (X-6.75)$$

$$r = 0.583$$

Quinto mes :

$$Y = 1.596 + 0.001642 (X-6.75)$$

$$r = 0.238$$

Sexto mes :

$$Y = 1.749 - 0.003685 (X-6.75)$$

$$r = 0.167$$

Como segunda teoría cita la llamada del “reemplazamiento isomórfico, consistente en el reemplazo del silicio u otro elemento dentro de la estructura cristalina por el fósforo, quedando este en forma insoluble.

Una tercera explicación sobre la fijación del fósforo se encuentra en la teoría de la doble descomposición. Pueden ocurrir varias reacciones resultando la formación de compuestos insolubles de fósforo. Se contemplan dos posibilidades: una por acción del hierro y el aluminio y otra por el calcio.

El mismo autor Kardos (22), expresa que la actividad del hierro y el aluminio para la formación de compuestos insolubles con el fósforo es controlada por la menor actividad de los primeros a pH mayores. Pero si este aumento es debido a compuestos de calcio, como

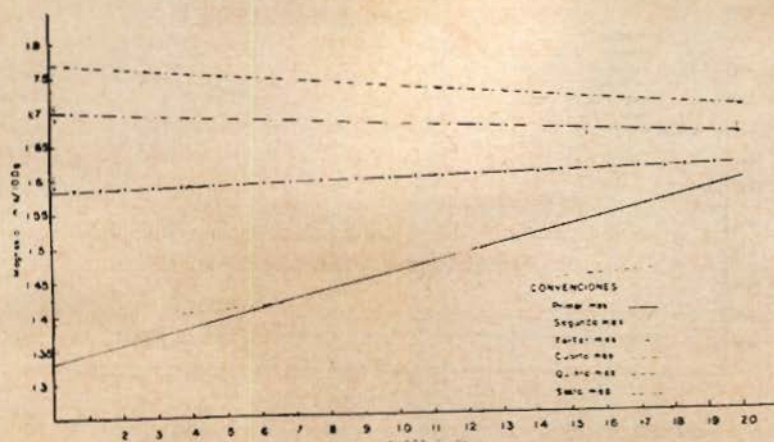


FIGURA 6. Influencia del carbonato de calcio en el contenido de magnesio intercambiable en el suelo en m.e./100 grs.

Primer mes :

$$Y = 1.4230 + 0.0130 (X-6.75)$$

$$r = 0.1566$$

Segundo mes :

$$Y = 1.6396 - 0.0118 (X-6.75)$$

$$r = 0.1410$$

Tercer mes :

$$Y = 1.6890 - 0.00197 (X-6.74)$$

$$r = 0.1658$$

Cuarto mes :

$$Y = 1.4200 - 0.00399 (X-6.75)$$

$$r = 0.2103$$

Quinto mes :

$$Y = 1.596 + 0.00164 (X-6.75)$$

$$r = 0.2384$$

Sexto mes :

$$Y = 1.749 - 0.00368 (X-6.75)$$

$$r = 0.1672$$

carbonato cálcico, ocurren otras reacciones precipitando el fósforo, mediante formación de compuestos insolubles como oxiapatita, carbonato apatita e hidroxipatita.

Asimismo Mehlich y Drake (27), citan como fijadores del fósforo: el aluminio, el hierro y el calcio.

De acuerdo a las teorías anteriormente citadas parece que en este caso la fijación del fósforo es debida principalmente a la formación de compuestos insolubles del fósforo con el calcio, aunque en las dosis más bajas pudieron intervenir el hierro, el aluminio y el manganeso.

La actividad microorgánica influye sobre la movilización del fósforo y es así como quizás pueda encontrarse una explicación más a las variaciones de fósforo asimilable. En los primeros meses parece que ocurrió una gran proliferación de microorganismos produciendo una inmovilización del fósforo, potasio y sodio, como puede apreciarse en los menores contenidos detectados químicamente. Luego pudo ocurrir una mineralización de los elementos para alcanzar su máxima en el caso del fósforo al tercer mes, para el sodio en el cuarto y para el potasio en el quinto mes. A partir de estas épocas las cantidades de los elementos solubles se hicieron menores posiblemente por una fijación química (Mehlich y Drake, 27; Thompson, 37).

El comportamiento del potasio intercambiable en relación a las cantidades de carbonato de calcio aplicadas puede observarse en la figura 4. Se muestra una ligera liberación del elemento, que aumenta conforme se incrementa el carbonato de calcio.

De acuerdo con Thorne y Seatz (38), el desplazamiento de cantidades de potasio hacia la solución del suelo depende de la relativa energía con la cual se encuentren retenidos los cationes. Esto a su vez depende del tipo de coloide. Así la montmorillonita atrae más fuertemente al hidrógeno que al calcio. El potasio es retenido con fuerza menor por los coloides del suelo que la ejercida sobre el hidrógeno y el calcio. Por lo tanto el encalamiento puede aumentar la cantidad de potasio soluble en suelos con alto contenido de illita, kaolinita y coloides de tipo orgánico. Pero también puede disminuirlo en suelos con coloides del tipo de la montmorillonita.

El efecto del calcio sobre el comportamiento del potasio aún no se encuentra establecido, observándose en unos casos liberación y en otros disminución del elemento aprovechable. Se sugiere un antagonismo establecido entre los dos elementos. Sin embargo se ha reportado una mayor actividad del potasio al reemplazar el hidrógeno por el calcio como ión complementario (Mehlich y Drake, 27).

La figura 5 representa el comportamiento del sodio soluble expresado en m.e./100 grs. de acuerdo a las cantidades de carbonato de calcio adicionadas. Se observó una tendencia a aumentar ligeramente el sodio intercambiable a medida que se incrementó el carbonato cálcico. Esto puede atribuirse a la menor fuerza con la cual es retenido el sodio por la partícula en comparación al calcio (Thorne y Seatz, 38)

Parece no existir una influencia determinada del carbonato de calcio puro sobre el comportamiento del magnesio, según lo expresa la figura 6. Dado el caso que el producto utilizado no contenía magnesio y ser este elemento retenido con fuerza más o menos igual a la del calcio no se halló una tendencia marcada en su actividad.

Significancia de la correlación para 9° de libertad:

95 % 0.602

99 % 0.735

V.— CONCLUSIONES

De los resultados encontrados se pueden obtener las siguientes conclusiones:

1.— Se halló una correlación significativa en los tratamientos de carbonato de calcio en referencia a pH y cantidad de calcio intercambiable.

2.— La aplicación de carbonato de calcio causó fijación del fósforo.

3.— El encalamiento no influyó notoriamente en la liberación o solubilidad de las bases (potasio, magnesio y sodio).

4.— Aunque son necesarias posteriores investigaciones en el campo, se considera que la sola aplicación de carbonato de calcio al suelo estudiado no sería suficiente para obtener un balanceamiento adecuado de los elementos potasio, magnesio y sodio, aparte de implicar un alto costo por unidad de superficie.

VI.— RESUMEN

En este trabajo se estudiaron las relaciones existentes entre la aplicación de carbonato de calcio y la cantidad de calcio, fósforo, potasio, sodio y magnesio intercambiables. También se realizaron los análisis de pH.

Se hicieron determinaciones de los elementos en estudio cada mes y durante seis meses.

Para el estudio de encalamiento en incubación a temperatura de 29°C. y humedad constante, al nivel de la capacidad de campo, se utilizó un suelo ácido de pH 4.6, haciéndose diez tratamientos y tres replicaciones.

Se obtuvo una correlación significativa entre la aplicación de carbonato de calcio y la cantidad de calcio intercambiable del suelo, al aumentar el pH.

El fósforo sufrió fijación con el encalamiento, y el potasio y el sodio mejoraron solo muy ligeramente en cuanto a su solubilidad. El magnesio no mostró un comportamiento definido.

SUMMARY

In this work were studied the relationship existing between applications of calcium carbonate and contents of calcium, phosphorus, potassium, sodium and magnesium in the soil. pH analysis were also made.

Determinations were carried out of the elements under study every month during six months.

For the study of liming on incubated soils at a temperature of 29°C. and constant moisture at the level of the field capacity an acid soil (pH 4.6) was used, in an experimental design consisting of ten treatments and three replications.

A significant correlation was obtained between applications of calcium carbonate and the content of exchangeable calcium in soil, as the pH increased.

With liming, phosphorus was fixed in soil, potassium and sodium solubility increased only very slightly. Nothing definite was observed concerning magnesium.

BIBLIOGRAFIA

1. ALBAREDA, J.M.— El suelo. Madrid, Traductores y autores españoles. 193-243 p. 1940.
2. ALBAREDA, J. M., V. HERNANDO y M. SANCHEZ.— Interacción Ca : K en la absorción de estos elementos por la planta de trigo. *Anales de Edafología y Fisiología Vegetal*. 17 : 893-934. 1958.
3. ATTOE, O. P.— Potassium fixation and release in soils occurring under moist and drying conditions. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 11 : 145-149. 1946.
4. BEACHER, R. L. and F. G. MERKLE.— The influence of form and fineness of lime compounds upon the correction of acidity and upon the nutrient status of soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 13 : 391-393. 1948.
5. BEAR, F. and S. TOTH.— Influence of calcium on availability of other soil cations. *Soil Sci.* 65 : 69-74. 1948.
6. BLASCO, M. —Aplicaciones de cal a los suelos del Amazonas. *Facultad de Agronomía Palmira*. 2-20. 1963. (Mimeografiado).
7. BAY, R. H. and L. T. KORTS.— Determination of total, and available forms of phosphorus in soils. *Soil Sci.* 59 : 39-45. 1945.
8. CAROLUS, R. L.— Effect of certain ions, used singly and in combination, on the growth and potassium, calcium and magnesium absorption of the bean plant. *Plant Physiol.* 13 : 349-363. 1938.
9. COLLANDER, R.— Selective absorption of cations by higher plants. *Plant Physiol.* 16 : 691-720. 1941.
10. COOPER, H. P., W. R. PADEN and M. M. PHILLIPPE.— Effects of applications of sodium in fertilizer on yields and composition of the cotton plant. *Soil Sci.* 76 : 19-28. 1953.
11. DAWSON, M. D.— Influence of base saturation and calcium levels on yield and mineral content of alfalfa. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 22 : 328-333. 1958.
12. FRIED, M. and M. PEECH.— The comparative effects of lime and gypsum upon plants grown on acid soils. *Jour. Amer. Agronomy*.

38 : 614-623. 1946.

13. GAIN, E.— Compendio de química agrícola. Barcelona, Ed. Salvat. pp. 330-346. 1921.
14. GONZALEZ, A.— Conferencias para el curso de suelos. Facultad de Agronomía. Palmira, Colombia. pp. 136-230. 1962. (Mimeografiado).
15. GONZALEZ, A. y A. ARISTIZABAL.— Uso de la cal en la agricultura. Cali. E. Pacifico. pp. 5-16. 1958.
16. GUITIAN, F. y M. MUNOZ.— El encalado de los suelos de zona húmeda. Anales de Edafología y Fisiología Vegetal. 17 : 1017-1097. 1957.
17. —————.— Efectos del encalado en los suelos ácidos. Anales de Edafología y Agrobiología. 19 : 261-270. 1960.
18. HESLEP, J. M.— A study of the infertility of two acid soils. Soil Sci. 72 : 67-80. 1951.
19. HURWITZ, C. and H. W. BATCHELOR.— Studies on biological fixation of potassium. Soil Sci. 56 : 371-382. 1943.
20. JACOBSON, L., R. OVERSTREET and H. M. KING.— A study of potassium absorption by barley roots. Plant Physiol. 25 : 639-647. 1950.
21. JENNY, H. and E. R. SHADE.— The potash-lime problem in soils. Jour. Amer. Soc. Agron. 26 : 162-170. 1934.
22. KARDOS, L. T.— Soil fixation of plant nutrients. Chemistry of the soil. Ed. Firman Bear. New York, Reinhold Publishing Corporation.. pp. 177-199. 1958.
23. LEON, G. A.— Manual de agricultura. Vol. I. Barcelona, Salvat. pp. 294-376. 1951.
24. LYON, T. L. y H. O. BUCKMAN.— Edafología, 4ª ed. Buenos Aires, Acme. pp. 75-350. 1947.
25. MC. CALLA, T. M.— Why does H^+ become toxic to soil bacteria. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 6 : 165-167. 1941.
26. MEHLICH, A.— Base saturation and pH in relation to liming and nutrient conservation of soil. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 7 : 353-361 1942.
27. MEHLICH, A. and M. DRAKE.— Soil chemistry and plant nutrition. Chemistry of the soil. Ed. Firman Bear. New York, Reinhold Publishing Corporation. pp. 286-327. 1958.
28. MILLAR, C. E.— Soil fertility. New York, John Wiley. pp. 20-206. 1955.
29. MOSER, F.— Calcium nutrition at respective pH levels. Soil Sci. Soc. Amer. 7 : 339-344. 1942.
30. OSAKI, H. Y. and C. C. HORTENSTINE.— Effect of lime on yield of peppers and on soil. The Soil and Crop Sci. Soc. Florida. Proc. 21 : 50-55. 1961.
31. PATEL, D. K. and E. TROUG.— Lime requirement determination of soils. Soil Sci. Amer. Proc. 16 : 41-44. 1952.

32. PEECH, M. and R. BRADFIELD.— Chemical methods for estimating lime needs of soils. *Soil Sci.* 65 : 35-54. 1948.
33. ROBERTSON, W. K., et al.— Effect of lime on some north Florida. *Proc.* 17 : 72-85. 1957.
34. SCHMEHL, W. R. et al.— Causes of poor growth of plants on acid soil and beneficial effects of liming: Evaluation of factors responsible for acid-soil injury. *Soil Sci.* 70 : 393-407. 1950.
35. SILVA, F.— Métodos de análisis de suelos del departamento agrológico del Instituto Geográfico "Agustín Codazzi" Bogotá, Publicación II-6. pp. 2-20. 1960.
36. SPENCER, W. F.— Some considerations pertaining to the use of soil analysis in citrus production. *The Soil and crop Sci. Soc. Florida Proc.* 20 : 380-390. 1960.
37. THOMPSON, L. M.— Soils and soil fertility. 2d. New York, McGraw-Hill. pp. 240-288. 1958.
38. THORNE, D. W. and L. F. SEATZ.— Acid, alkaline and saline soils. *Chemistry of the soil.* Ed. Firman Bear. New York. Reinhold Publishing Corporation. pp. 219-252. 1958.
39. TROUG, E.— Lime in relation to availability of plant nutrients. *Soil Sci.* 65 : 1-7. 1948.
40. WILBERT, W. W.— Soil Science. Philadelphia, Lippincott. pp. 293-327. 1936.
41. YORK, E. T., R. BRADFIELD and M. PEECH.— Calcium-potassium interactions in soils and plants : I. Lime induced potassium fixation in Mardin silt loam. *Soil Sci.* 76 : 19-28. 1953.
42. ————— Influence of lime and potassium on yield and cation composition of plants. *Soil Sci.* 77 : 53-63. 1954.

DESCRIPCION DEL PERFIL (*)

Un suelo imperfectamente drenado derivado de una antigua terraza, que en algunas zonas se presenta de ligero a moderadamente disectado. Tiene una baja rata de escorrentía excepto cuando está disectada; drenaje interno algo pobre y reacción de fuertemente a extremadamente ácida.

- 0 — 22 cms. Franco arcilloso negro (10 YR 2/1); de estructura de bloques sub-angular de finamente débil a medias; bordes difusos e irregulares; firme cuando húmeda; presencia abundante de raíces; reacción extremadamente ácida.

(*) Daza, J. Respuesta de la alfalfa (*Medicago sativa* L.) a las aplicaciones de cal, fósforo y molibdeno en suelos ácidos. Facultad de Agronomía Palmira (Tesis no publicada).

- 22 — 35 cms. Franco arcilloso pardo grisoso muy oscuro (10 YR 2/2) con moteaduras negras (10 YR 2/1); estructura de bloques sub-angular de moderadamente fina a medio; bordes difusos e irregulares; firme cuando húmeda; presencia abundante de raíces; reacción muy fuertemente ácida.
- 35 — 49 cms. Franco arcillo arenoso pardo oscuro (7.5 YR 4/4) con moteaduras pardo amarillentas (10 YR 5/6); estructura de bloques angular de moderadamente media a gruesa; bordes difusos e irregulares; firmes cuando húmedos; presencia abundante de raíces; reacción muy fuertemente ácida.
- 49 — 70 cms. Franco arcillo arenoso rojo amarillento (5 YR 4/6) con salpicaduras pardo oscuras (7.5 YR 3/4); estructura de bloques angular de moderadamente media a gruesa; bordes claros y lisos; firmes cuando húmedos, no hay raíces; reacción muy fuertemente ácida.
- 70 — 120 cms. Franco arcillo arenoso pardo oscuro (2.5 YR 3/4) con muchas moteaduras pardo amarillentas oscuras (10 YR 4/4); estructura masiva, plástico cuando húmedo; no hay raíces; reacción extremadamente ácida.

Relieve : Ondulado. En algunas zonas ligeramente disectado (4-8% de pendiente).

Drenaje natural: Imperfecto

Uso presente : Pastos

Análisis Físico Químico del Suelo

pH	4.7
Ca	500 Kgrs/Ha.
N ₂	0.338 %
Fósforo (Bray)	12 Kgrs/Ha.
Potasio	150 Kgs/Ha.
C.C.I	40 m.e./100 gramos
Arcilla :	45.96 %
Arenas :	39.04 %
Limos :	15.00%
Textura :	Arcillosa

— T A B L A I —

Valores de pH en el suelo de acuerdo con las dosis y
tiempo de incubación.

DOSIS CaCO ₃ Tn/Ha	Primer mes.	Segundo mes.	Tercer mes.	Cuarto mes.	Quinto mes.	Sexto mes.
0A	4.70	4.60	4.30	4.55	4.50	4.32
0B	4.60	4.60	4.35	4.50	4.45	4.34
0C	4.65	4.60	4.30	4.45	4.44	4.30
1A	4.70	4.60	4.48	4.55	4.50	4.43
1B	4.70	4.63	4.50	4.60	4.52	4.38
1C	4.70	4.60	4.42	4.60	4.50	4.40
2A	4.80	4.75	4.52	4.70	4.70	4.50
2B	4.80	4.75	4.65	4.75	4.70	4.51
2C	4.80	4.75	4.55	4.80	4.68	4.51
3A	4.93	4.81	4.77	4.95	4.80	4.68
3B	5.00	4.83	4.70	4.95	4.80	4.53
3C	4.98	4.86	4.80	4.90	4.72	4.60
4A	5.00	5.10	4.90	5.00	4.90	4.75
4B	5.00	5.10	4.90	5.10	4.88	4.65
4C	5.00	5.10	4.80	4.95	4.83	4.72
5A	5.18	5.30	5.00	5.40	4.95	4.93
5B	5.15	5.20	5.10	5.20	4.93	4.98
5C	5.25	5.30	5.10	5.20	5.00	4.88
7.5A	5.40	5.50	5.28	5.45	5.33	5.30
7.5B	5.20	5.50	5.30	5.40	5.25	5.20
7.5C	5.40	5.40	5.20	5.40	5.25	5.15
10A	5.70	5.70	5.51	5.55	5.33	5.40
10B	5.70	5.70	5.51	5.60	5.50	5.50
10C	5.70	5.46	5.50	5.60	5.47	5.50
15A	6.00	6.20	5.72	6.10	5.85	5.75
15B	5.90	6.20	5.81	5.90	5.80	5.65
15C	5.90	6.20	5.80	6.00	5.88	5.55
20A	6.48	6.50	6.10	6.30	6.12	5.97
20B	6.30	6.50	6.10	6.35	6.15	6.00
20C	6.40	6.50	6.00	6.30	6.10	5.95

— T A B L A II —

Contenido de calcio intercambiable en el suelo de acuerdo con las dosis y tiempo de incubación en m.e./100 grs.

DOSIS CaCO ₃ Tn/Ha	Primer mes.	Segundo mes.	Tercer mes.	Cuarto mes.	Quinto mes.	Sexto mes.
0A	3.71	3.15	2.93	3.64	3.20	2.91
0B	3.42	2.93	3.15	3.50	3.20	2.91
0C	3.42	3.30	2.93	2.91	3.06	3.64
1A	4.00	3.45	3.96	3.86	3.86	4.00
1B	4.30	4.76	3.67	4.15	4.00	4.00
1C	3.71	4.03	3.52	3.64	3.79	4.00
2A	5.10	5.13	4.47	4.73	4.66	4.73
2B	5.10	5.23	5.20	4.37	4.15	4.37
2C	4.80	4.76	5.06	4.66	4.66	4.73
3A	6.48	5.79	5.86	5.75	4.73	5.97
3B	6.59	5.79	5.35	5.97	5.68	5.73
3C	6.70	6.03	5.79	5.46	5.10	5.10
4A	6.92	7.03	6.60	6.19	6.41	6.62
4B	6.92	6.38	6.23	6.19	6.77	5.97
4C	6.92	6.60	6.38	6.92	6.59	6.12
5A	7.94	8.28	7.04	7.28	7.57	7.50
5B	8.05	6.60	7.11	7.28	7.35	6.55
5C	8.15	7.48	7.26	6.55	7.72	6.92
7.5A	10.41	9.53	9.82	9.10	9.68	9.32
7.5B	8.37	9.97	10.56	9.83	9.17	9.10
7.5C	10.12	9.38	9.45	9.03	9.17	9.46
10A	11.50	12.24	11.80	11.28	11.14	11.65
10B	12.23	12.61	11.51	11.36	11.58	11.65
10C	13.10	10.19	11.29	10.77	11.36	11.65
15A	16.53	14.88	14.66	16.16	15.22	15.22
15B	14.85	16.41	15.03	16.02	15.26	13.18
15C	14.71	17.23	14.66	13.47	15.29	13.47
20A	21.11	20.08	17.23	19.66	18.78	18.93
20B	19.66	21.77	18.55	20.75	19.66	19.22
20C	19.15	20.30	17.88	18.56	20.02	18.20

— T A B L A III —

Contenido de fósforo asimilable en el suelo de acuerdo con las dosis y tiempo de incubación en Kg/Ha.

DOSIS CaCO ₃ Tn/Ha	Primer mes.	Segundo mes.	Tercer mes.	Cuarto mes.	Quinto mes.	Sexto mes.
0A	10.54	6.67	11.77	8.78	6.85	9.13
0B	15.81	7.02	11.33	14.93	9.13	6.50
0C	13.17	6.85	10.89	15.81	10.89	11.24
1A	14.40	5.45	14.58	8.61	8.25	8.25
1B	11.42	4.92	11.77	12.47	8.35	7.47
1C	13.17	5.97	13.18	13.52	8.43	6.67
2A	12.64	5.27	12.91	7.73	7.02	5.01
2B	11.41	5.62	12.29	8.78	7.38	4.39
2C	10.88	8.61	13.52	7.73	11.24	5.61
3A	10.54	2.11	11.42	6.67	8.61	4.92
3B	9.66	4.21	14.75	6.85	8.61	3.86
3C	7.73	2.11	10.89	6.76	5.80	5.62
4A	7.20	4.04	10.89	11.76	4.74	4.74
4B	7.55	3.86	10.19	4.57	5.80	8.61
4C	6.34	2.28	10.54	3.86	4.92	6.32
5A	6.50	5.27	13.87	4.21	5.97	5.97
5B	4.21	2.11	9.83	3.34	4.93	6.50
5C	9.31	2.11	14.75	4.04	3.86	4.21
7.5A	5.97	2.63	8.96	4.74	4.92	7.20
7.5B	4.04	8.08	9.31	3.16	2.99	9.13
7.5C	6.50	3.16	10.01	2.81	4.39	5.27
10A	5.09	2.11	8.61	5.45	4.57	5.97
10B	6.00	3.86	10.19	5.62	4.92	7.73
10C	5.76	3.16	7.90	5.27	7.90	6.85
15A	7.55	2.81	7.38	10.01	3.51	2.46
15B	6.68	2.11	11.42	4.74	5.27	3.16
15C	5.80	2.46	11.59	6.50	5.80	2.99
20A	5.27	2.81	7.55	7.38	5.27	5.62
20B	5.09	2.81	8.25	9.83	2.81	5.18
20C	4.79	2.81	9.83	4.74	7.90	4.74

— T A B L A IV —

Contenido de potasio intercambiable en el suelo de acuerdo con las dosis y tiempo de incubación en m.e./100 grs.

DOSIS CaCO ₃ Tn/Ha	Primer mes.	Segundo mes.	Tercer mes.	Cuarto mes.	Quinto mes.	Sexto mes.
0A	0.225	0.208	0.180	0.248	0.266	0.250
0B	0.213	0.184	0.180	0.266	0.230	0.245
0C	0.212	0.208	0.180	0.230	0.274	0.255
1A	4.70	4.60	0.180	0.230	0.254	0.230
1B	0.192	0.197	0.198	0.230	0.250	0.246
1C	0.205	0.199	0.262	0.240	0.246	0.244
2A	0.203	0.198	0.198	0.240	0.266	0.250
2B	0.207	0.202	0.198	0.220	0.230	0.230
2C	0.210	0.200	0.198	0.230	0.266	0.255
3A	0.210	0.207	0.198	0.266	0.240	0.266
3B	0.203	0.201	0.180	0.254	0.290	0.274
3C	0.202	0.202	0.198	0.246	0.290	0.261
4A	0.200	0.208	0.198	0.266	0.290	0.266
4B	0.200	0.202	0.198	0.240	0.310	0.270
4C	0.200	0.200	0.204	0.254	0.310	0.253
5A	0.207	0.212	0.198	0.266	0.290	0.270
5B	0.203	0.227	0.214	0.254	0.310	0.262
5C	0.200	0.211	0.204	0.246	0.290	0.269
7.5A	0.205	0.203	0.214	0.266	0.300	0.290
7.5B	0.213	0.226	0.214	0.254	0.300	0.264
7.5C	0.212	0.201	0.204	0.266	0.280	0.265
10A	0.205	0.184	0.204	0.266	0.290	0.290
10B	0.207	0.196	0.214	0.290	0.290	0.310
10C	0.208	0.200	0.214	0.280	0.290	0.270
15A	0.222	0.200	0.222	0.280	0.310	0.280
15B	0.230	0.214	0.214	0.246	0.320	0.292
15C	0.248	0.216	0.214	0.266	0.290	0.269
20A	0.214	0.200	0.214	0.274	0.300	0.284
20B	0.246	0.227	0.230	0.274	0.320	0.276
20C	0.240	0.213	0.198	0.280	0.300	0.289

— T A B L A V —

Contenido de sodio intercambiable en el suelo de acuerdo con las dosis
y tiempo de incubación en m.e./100 grs.

DOSIS CaCO ₃ Tn/Ha	Primer mes.	Segundo mes.	Tercer mes.	Cuarto mes.	Quinto mes.	Sexto mes.
0A	0.146	0.130	0.110	0.200	0.183	0.170
0B	0.120	0.116	0.094	0.240	0.186	0.160
0C	0.094	0.124	0.102	0.220	0.180	0.220
1A	0.147	0.100	0.106	0.269	0.170	0.180
1B	0.093	0.106	0.098	0.270	0.100	0.170
1C	0.090	0.104	0.177	0.220	0.210	0.200
2A	0.150	0.167	0.100	0.212	0.220	0.180
2B	0.100	0.113	0.106	0.200	0.200	0.170
2C	0.110	0.110	0.103	0.197	0.190	0.180
3A	0.120	0.128	0.100	0.220	0.200	0.210
3B	0.127	0.112	0.100	0.212	0.236	0.180
3C	0.103	0.110	0.091	0.198	0.225	0.210
4A	0.110	0.117	0.100	0.234	0.210	0.220
4B	0.110	0.113	0.100	0.220	0.270	0.180
4C	0.090	0.120	0.100	0.215	0.270	0.240
5A	0.110	0.150	0.090	0.220	0.270	0.280
5B	0.100	0.150	0.096	0.226	0.231	0.230
5C	0.110	0.120	0.105	0.193	0.240	0.240
7.5A	0.147	0.120	0.100	0.250	0.220	0.240
7.5B	0.113	0.120	0.103	0.220	0.244	0.250
7.5C	0.120	0.120	0.097	0.220	0.247	0.230
10A	0.110	0.114	0.110	0.226	0.230	0.240
10B	0.123	0.166	0.121	0.280	0.230	0.230
10C	0.127	0.110	0.090	0.253	0.251	0.220
15A	0.100	0.114	0.110	0.310	0.270	0.260
15B	0.146	0.130	0.100	0.260	0.250	0.240
15C	0.114	0.136	0.099	0.279	0.269	0.259
20A	0.100	0.104	0.110	0.300	0.270	0.274
20B	0.130	0.126	0.100	0.304	0.270	0.250
20C	0.160	0.120	0.111	0.275	0.261	0.265

— T A B L A VI —

Contenido de magnesio intercambiable en el suelo de acuerdo con las dosis y tiempo de incubación en m.e./100 grs.

DOSIS CaCO ₃ Tn/Ha	Primer mes.	Segundo mes.	Tercer mes.	Cuarto mes.	Quinto mes.	Sexto mes.
0A	1.48	2.07	1.67	1.71	1.93	1.79
0B	1.45	1.78	1.81	1.57	1.50	1.86
0C	1.51	2.00	1.52	1.43	1.57	1.57
1A	1.68	1.56	1.96	1.50	1.21	2.00
1B	1.38	1.91	1.89	1.07	1.50	1.79
1C	1.50	1.62	1.81	1.79	1.29	1.79
2A	1.19	1.68	1.74	1.43	1.21	1.93
2B	1.19	1.39	1.89	1.50	1.29	2.00
2C	1.42	1.62	1.67	1.07	1.00	2.43
3A	1.29	1.39	1.81	1.50	1.68	1.64
3B	1.58	1.60	1.45	1.29	1.57	1.21
3C	1.88	1.53	1.52	1.43	1.79	1.79
4A	1.06	1.34	1.38	1.07	1.93	1.72
4B	1.40	1.45	1.60	1.07	1.93	1.64
4C	1.35	1.45	1.67	0.93	1.93	1.50
5A	1.19	1.14	1.89	1.50	1.72	1.29
5B	1.05	1.45	1.67	0.93	1.72	1.36
5C	1.11	1.15	1.52	1.29	1.72	1.79
7.5A	1.15	1.64	1.52	1.43	1.57	1.93
7.5B	1.36	1.56	1.89	1.64	1.65	1.79
7.5C	1.37	1.49	1.70	1.86	1.72	2.00
10A	1.55	1.53	1.74	1.07	1.29	2.00
10B	1.29	1.96	1.68	2.00	1.72	1.21
10C	1.03	1.75	1.68	1.57	2.07	2.14
15A	1.60	1.43	1.45	1.29	1.50	1.50
15B	1.95	1.70	1.81	0.93	1.72	1.72
15C	2.00	1.57	1.52	1.64	1.79	2.00
20A	1.54	1.30	1.74	1.72	1.57	1.79
20B	1.56	1.50	1.74	1.54	1.07	1.50
20C	1.58	1.23	1.74	1.36	1.72	1.79