

CAMBIOS QUÍMICOS EN SUELOS INCUBADOS CON FUENTES Y DOSIS DE CALCIO

César Augusto Vinasco-Ossa^{*}; Germán Valencia-Aristizábal^{*};
Bernardo Chaves-Córdoba^{**}

RESUMEN

VINASCO O., C.A.; VALENCIA A., G.; CHAVES C., B. Cambios químicos en suelos incubados con fuentes y dosis de calcio. *Cenicafé (Colombia)* 43(1): 5-13. 1992.

La acidificación progresiva de los suelos dedicados al cultivo del café, debido a la aplicación masiva de fertilizantes con efecto residual ácido, ha creado la necesidad de usar correctivos y enmiendas. Para conocer minuciosamente las modificaciones que estas enmiendas provocan en los diferentes suelos de la zona cafetera, en Cenicafé se adelantaron ensayos de laboratorio para determinar los cambios químicos que ocurren en éstos al ser incubados durante varias semanas (6 y 12) con diferentes fuentes (Cal Agrícola, Superfosfato Triple, Roca Fosfórica, Cal Dolomítica y Yeso) y dosis de calcio (0,0 - 1,5 - 3,0 y 4,5 meq de Ca^{2+} por cada meq de Al^{3+}). Se presentaron incrementos en el pH en agua, pH en KCl, el calcio intercambiable (Ca^{2+}) y todas las fuentes a excepción del Yeso redujeron el porcentaje de saturación de aluminio (% Sat. Al) a niveles muy bajos, especialmente en el suelo de El Rosario que presentaba muy alto contenido de aluminio intercambiable (Al^{3+}) y también de saturación de Aluminio. Los primeros resultados obtenidos indican que el criterio muy difundido para suelos tropicales, de utilizar 1,65 ton ha^{-1} de CaCO_3 por cada meq de Al^{3+} por 100 g de suelo, puede resultar exagerado como en el caso del suelo de El Rosario y que es necesario probar con dosis más bajas en otras unidades de suelos representativos del área cultivada con café en Colombia. Se desarrolló la metodología necesaria para la incubación de suelos en condiciones controladas en el laboratorio, con seguimientos en el tiempo, para determinar las dosis a utilizar posteriormente en los ensayos a nivel de campo.

Palabras claves: Suelos ácidos, enmiendas, incubación de suelos, calcio, aluminio, Colombia.

ABSTRACT

Due to the continuous acidification of coffee growing soils by massive use of fertilizers of residual acid effects, it is a need to use correctives or amendments to maintain an adequate soil chemical conditions for plant growth. To know the corrective effect of five amendments on two type of soils of the coffee growing area, the El Rosario soil of high aluminum content and the Naranjal soil of low aluminum content, experiments were carried out at Cenicafe under laboratory controlled conditions to find out the soil chemical changes occurring in the soil. The soils were incubated for 6 and 12 weeks with 0.0 - 1.5 - 3.0, and 4.5 meq of Ca^{2+} per each meq of Al^{3+} using lime Calcium carbonate, Triple Superphosphate, Phosphoric Rock, Dolomite, and Calcium Sulfate as calcium sources. In the El Rosario soil, the pH in water and KCl and the amount of calcium increased as the amount of aluminum decreased with the calcium sources except calcium sulfate. This preliminary information show that 1.65 ton of CaCO_3 /ha for each meq Al^{3+} per 100 g of soil (amount used for tropical soils) could be in excess for the El Rosario soil and lower doses of calcium should be tested. This laboratory methodology used will allow to find in the field the appropriated doses of calcium calibrated with plant growth and production.

Keywords: Acid soils, amendments, soils incubation, calcium, aluminum, Colombia.

* Auxiliar IV de Investigación e Investigador Principal I respectivamente. Química Agrícola. Centro Nacional de Investigaciones de Café, CENICAFE, Chinchiná, Caldas, Colombia.

** Investigador Científico II. Biometría. Centro Nacional de Investigaciones de Café, CENICAFE, Chinchiná, Caldas, Colombia.

La mayoría de los suelos del área cultivada con café en Colombia, (1.100.000 hectáreas) representan el 1% del área de la nación y aproximadamente el 57% de ellos son ácidos.

La continua fertilización de los cafetales con productos de efecto residual acidificante ha incrementado el grado de acidez de los suelos, con el consiguiente aumento de las cantidades de aluminio y manganeso intercambiables y la disminución de calcio y de magnesio, Valencia y Bravo (4).

En los primeros resultados experimentales de Cenicafé con el uso de cal agrícola en cafetales, Valencia y Bravo (4) mostraron la bondad del encalado en la producción de café y la necesidad de continuar los estudios sobre los cambios químicos que se presentan en los suelos debido al uso de enmiendas, objetivo principal de la investigación.

MATERIALES Y METODOS

Se seleccionaron dos suelos de naturaleza ácida que debido a sus características taxonómicas y físico-químicas: pH, materia orgánica, aluminio intercambiable y textura (Tablas 1 y 2) permitieran evaluar los cambios provocados por efecto de la aplicación de diferentes fuentes y dosis de calcio.

Las muestras de suelos se recolectaron de los primeros 30 cm de profundidad en sitios

sin cultivar; se homogeneizaron adecuadamente y se utilizó una submuestra de 500 g para el análisis químico inicial.

Los análisis de suelos se realizaron de acuerdo con las metodologías utilizadas por Cenicafé y la Red Nacional de Laboratorios para análisis de Suelos, Carrillo (1), Vinasco y Carrillo (6), que funciona mediante convenios de otras entidades con la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia en las principales regiones cafeteras del país.

Los métodos son: pH en agua, potenciométricamente relación suelo: agua (1:1), pH en KCl relación 1:2,5 KCl 1M; Materia Orgánica (% M.O.). Walkley-Black colorimétrico; Bases Intercambiables (Ca, Mg y K meq 100g⁻¹), extracción con Acetato de Amonio 1N y neutro y determinación por Absorción Atómica; Aluminio (Al meq 100g⁻¹), extracción con KCl 1N y determinación por Absorción Atómica o titulación con NaOH 0,05 N con Fenolftaleína; el porcentaje de Saturación de Aluminio (% Sat. Al) se calcula así:

$$\text{Sat. Al\%} = \frac{\text{Al meq } 100 \text{ g}^{-1}}{(\text{Ca} + \text{Mg} + \text{K} + \text{Al}) \text{ meq } 100 \text{ g}^{-1}} \times 100$$

Se aplicaron dosis diferenciales equivalentes a 0,0 - 1,5 - 3,0 - 4,5 meq de Ca²⁺ por cada meq de Al³⁺ del suelo (Tabla 3), según el criterio de neutralización sugerido por Kamprath, citado por Sánchez (3).

TABLA 1. Características iniciales de los suelos

Suelo	Clasificación Taxonómica	Material de origen	Textura
Naranja	Typic Dystrandept	Cenizas Volcánicas	Franco
El Rosario	Typic Dystropept	Arcillas y Areniscas	Arcilloso

TABLA 2. Análisis químico de los suelos

Suelo	pH	pH	M.O.	Ca	Mg	K	Al	Sat.Al
	agua	KCl	%	meq 100g ⁻¹				%
Naranjal	5,1	4,7	10,0	0,9	0,2	0,19	0,2	13,4
El Rosario	4,6	3,7	4,7	1,1	0,2	0,14	13,0	90,0

TABLA 3. Dosis (g) de cada fuente para neutralizar un meq de Al³⁺ por kg de suelo y cantidades aportadas de MgO y P₂O₅.

Fuente	Dosis 1			Dosis 2			Dosis 3		
	Fuente	MgO	P ₂ O ₅	Fuente	MgO	P ₂ O ₅	Fuente	MgO	P ₂ O ₅
Cal agrícola	0,83	0,004	0,001	1,66	0,008	0,002	2,49	0,012	0,002
Superfosfato	1,87	0,012	0,917	3,73	0,025	1,834	5,60	0,037	2,751
Roca fosfórica	0,77	0,018	0,106	1,54	0,036	0,212	2,31	0,054	0,318
Cal dolomítica	0,99	0,069	0,001	1,98	0,138	0,002	2,98	0,207	0,003
Yeso	2,39	0,004	0,006	4,77	0,008	0,011	7,16	0,012	0,017

Se utilizaron cinco fuentes de calcio cuya composición se detalla en la Tabla 4; con tres repeticiones, lo cual respondió a un arreglo de tratamientos completamente al azar en un factorial 2 x 4 x 5 x 3.

Las dosis calculadas de acuerdo al contenido de Al³⁺ (Naranjal 0,22 meq 100 g⁻¹ y El Rosario 13,89 meq 100 g⁻¹ de suelo en base húmeda), fueron agregadas homogéneamente a un kilogramo de suelo fresco con una humedad de campo del 41,0% para Naranjal y 28,2% para El Rosario. Se asumió 1 g.cm³ como densidad aparente para ambos suelos.

Los suelos se empacaron en frascos de vidrio tapados herméticamente y se

pesaron para llevar un control de pérdida de humedad. Por último, se mantuvieron en condiciones ambientales de laboratorio (temperatura máxima 25,5°C; mínima 19,8°C; y una promedio de 22,6 °C).

La incubación de los suelos se llevó a cabo durante 12 semanas. Se hicieron muestreos de 300 g a las 6 y a las 12 semanas para hacer los análisis y evaluar el efecto del tiempo de incubación en el proceso.

La variabilidad de los datos experimentales fue estudiada usando SAS, para el análisis de varianza, componentes principales y regresión multivariada.

TABLA 4. Composición química de las fuentes de calcio

Nº Fuente	Ca	Mg %	P
1 Cal Agrícola	36,2	0,3	0,04
2 Superfosfato Triple	16,1	0,4	21,40
3 Roca Fosfórica	39,1	1,4	6,00
4 Cal Dolomítica	30,3	4,2	0,04
5 Yeso	12,6	0,1	0,10

RESULTADOS Y DISCUSION

En las tablas 5 y 6 se presentan los resultados obtenidos y para su evaluación se consideraron los rangos establecidos por Valencia y Carrillo (5), como adecuados para el cultivo de café, los cuales para las variables a considerar son: pH en agua 5,0 - 5,5; el Al^{3+} por debajo de 1,1 meq. 100 g^{-1} ; el porcentaje de Saturación de Aluminio menor del 60% y el Calcio intercambiable entre 1,8 y 2,4 meq 100 g^{-1} de suelo.

Los resultados obtenidos y el análisis de varianza de la variable pH en KCl indican que no hubo diferencias significativas ($P = 0,001$) en los tiempos de incubación. En la primera evaluación a las 6 semanas se encontró diferencia entre las fuentes y entre las dosis. El Yeso provocó una disminución del pH en KCl por debajo de la dosis 0 (testigo), que tenía un valor de 4,5.

Para el pH en agua se encontraron diferencias significativas ($P = 0,05$) entre las fuentes para los períodos de incubación. Los potenciales de hidrógeno (pH) más altos se presentaron con la aplicación de Roca Fosfórica y los más bajos con Yeso. El testigo tenía un pH de 5,2. Sin embargo, la aplicación de los tratamientos no alteró el pH por encima del rango adecuado entre 5,0 y 5,5.

La Saturación de Aluminio del 13,4% en el testigo, presentó interacción entre las fuentes y las dosis para la primera evaluación (6 semanas) y diferencia entre fuentes y dosis para la segunda (12 semanas), pero los valores se mantuvieron en todos los casos por debajo del 60% que son las condiciones adecuadas.

El Calcio intercambiable respondió a las fuentes y a las dosis en todas las evaluaciones. El menor aumento de Calcio lo produjo la aplicación de SFT a las 6 semanas. El Yeso y el SFT a las 12 semanas. La Cal Dolomítica fue la que mayor aumento de Calcio produjo. La respuesta a las dosis fue lineal. El Calcio permaneció siempre por debajo de los valores adecuados (1,8 - 2,4 meq 100 g^{-1}), lo cual sugiere que éste suelo soporta cantidades un poco mayores, especialmente para incrementar el calcio a niveles convenientes y sin afectar el pH. El comportamiento de éste suelo concuerda con lo encontrado por López (2).

Con respecto al pH en KCl y al pH en agua se encontró poca variabilidad y el análisis de varianza de los tiempos de incubación mostró interacción entre las fuentes y las dosis. El SFT y el Yeso no los modificaron y se mantuvieron en valores de 3,6 para el pH en KCl y de 5,0 para el pH en agua con todas las dosis. El pH en agua se incrementó linealmente con las dosis de Cal Agrícola, Roca Fosfórica y Cal Dolomítica hasta sobrepasar el valor máximo adecuado de 5,0 a 5,5.

La Saturación de Aluminio, se redujo con todas las fuentes desde la primera evaluación.

Los tratamientos redujeron el Aluminio intercambiable por debajo de 1,1 meq 100 g^{-1} ; a excepción del Yeso que solo provocó un leve descenso pero sin llegar a reducirlo hasta el nivel indicado. Con excepción del Yeso, en los demás tratamientos la dosis 1 fue suficiente para reducir el Al^{3+} a un nivel deseable.

TABLA 5. Resultados del análisis químico realizado al suelo de Naranjal. Chinchiná.

Fuentes	Dosis	Tiempo		pH agua	Ca	Al	SAT.
		Incubación Semanas	pH KCl		meq 100g ⁻¹		Al %
Suelo Testigo	0	6	4,60	5,10	0,83	0,30	17,34
		12	4,50	5,20	0,76	0,40	24,37
Cal Agrícola	1	6	4,53	5,27	0,93	0,30	17,03
		12	4,67	5,30	0,87	0,30	17,66
	2	6	4,60	5,17	1,13	0,23	12,24
		12	4,63	5,17	1,20	0,33	16,33
	3	6	4,67	5,27	1,53	0,23	10,21
		12	4,70	5,23	1,50	0,20	9,06
Superfosfato T.	1	6	4,60	5,27	0,53	0,37	27,35
		12	4,63	5,17	0,93	0,47	24,09
	2	6	4,53	5,13	0,87	0,33	19,95
		12	4,67	5,23	1,23	0,43	19,65
	3	6	4,53	5,13	1,20	0,23	12,15
		12	4,60	5,20	1,57	0,37	14,59

Continúa...

Tabla 5 continuación...

Fuentes	Dosis	Tiempo Incubación Semanas	pH KCl	pH agua	Ca	Al	SAT.
					meq 100g ⁻¹		Al %
Roca Fosfórica	1	6	4,53	5,13	1,17	0,37	17,31
		12	4,53	5,13	1,07	0,43	20,96
	2	6	4,60	5,20	1,37	0,30	13,12
		12	4,60	5,17	1,37	0,37	15,78
	3	6	4,63	5,13	1,60	0,30	12,09
		12	4,63	5,23	1,63	0,33	13,13
Cal Dolomítica	1	6	4,57	5,13	1,20	0,30	13,98
		12	4,50	5,10	1,10	0,37	17,65
	2	6	4,67	5,33	1,43	0,23	9,73
		12	4,53	5,33	1,37	0,27	11,43
	3	6	4,70	5,47	1,83	0,20	6,85
		12	4,60	5,53	1,73	0,20	7,10
Yeso	1	6	4,43	5,07	1,10	0,37	17,61
		12	4,47	5,07	0,93	0,43	22,31
	2	6	4,50	5,07	1,40	0,40	16,62
		12	4,50	5,10	1,23	0,43	19,26
	3	6	4,50	5,07	1,77	0,40	14,50
		12	4,47	5,10	1,53	0,43	17,04

TABLA 6. Resultados del análisis químico realizado al suelo de El Rosario. Antioquia

Fuentes	Dosis	Tiempo		pH KCl	pH agua	Ca	Al	SAT.
		Incubación Semanas				meq 100g ⁻¹		Al %
Suelo Testigo	0	6		3,63	4,77	1,07	12,97	89,14
		12		3,60	4,96	0,96	12,90	89,90
Cal Agrícola	1	6		5,13	6,27	21,57	0,00	0,00
		12		5,53	6,53	21,70	0,00	0,00
	2	6		6,10	6,93	26,67	0,00	0,00
		12		6,30	7,10	26,10	0,00	0,00
	3	6		6,53	7,37	28,00	0,00	0,00
		12		6,53	7,33	28,90	0,00	0,00
Superfosfato T.	1	6		3,60	4,43	17,77	0,50	2,47
		12		3,97	4,93	19,63	0,50	2,27
	2	6		3,93	4,43	24,73	0,03	0,12
		12		4,07	4,70	26,17	0,03	0,12
	3	6		4,10	4,43	24,43	0,00	0,00
		12		4,20	4,57	30,97	0,00	0,00

Continúa...

Tabla 6 continuación...

Fuentes	Dosis	Tiempo		pH	pH	Ca	Al	SAT.
		Incubación	pH					
		Semanas	KCl	agua				%
Roca Fosfórica	1	6	5,63	6,57	22,00	0,03	0,15	
		12	6,20	7,17	28,00	0,07	0,23	
	2	6	6,57	7,30	29,57	0,00	0,00	
		12	7,07	8,00	37,23	0,03	0,09	
	3	6	7,03	7,83	31,63	0,00	0,00	
		12	7,23	8,10	38,53	0,03	0,08	
Cal Dolomítica	1	6	5,70	6,67	20,07	0,00	0,00	
		12	5,67	6,73	21,17	0,00	0,00	
	2	6	6,27	7,10	23,40	0,00	0,00	
		12	6,17	7,13	25,60	0,00	0,00	
	3	6	6,60	7,40	24,93	0,00	0,00	
		12	6,47	7,40	27,57	0,00	0,00	
Yeso	1	6	3,60	4,17	22,77	9,13	27,93	
		12	3,60	4,23	28,03	7,17	19,90	
	2	6	3,60	4,13	34,20	8,70	19,89	
		12	3,60	4,23	42,50	6,50	13,02	
	3	6	3,60	4,17	40,97	7,30	14,86	
		12	3,60	4,23	49,60	5,70	10,12	

El contenido de Calcio intercambiable presentó valores extremadamente altos, aún con la dosis mínima, con respecto a los niveles adecuados (1,8 - 2,4 meq 100 g⁻¹). Lo cual sugiere la posibilidad de probar con dosis menores de calcio en futuros ensayos.

Se presentó interacción entre fuentes y dosis para los períodos de incubación. La fuente que presentó mayores incrementos fue el Yeso en las dos evaluaciones. La variabilidad de los resultados en este suelo fue más baja que en el suelo de Naranjal y los contenidos de calcio intercambiable mucho más altos.

El criterio de neutralización de utilizar 1,5 meq de Ca por cada meq de Al, resulta exagerado para el suelo de El Rosario y es necesario probar dosis menores.

El pH en KCl mostró en todos los tratamientos y en ambos suelos ser mejor que el pH en agua para medir los cambios provocados por la aplicación de fuentes de Calcio.

Las variables más afectadas por la aplicación de las diferentes fuentes de calcio fueron en su orden: Aluminio intercambiable, pH KCl, Saturación de Aluminio, pH en agua y Calcio intercambiable.

Las fuentes de calcio que produjeron los cambios químicos más fuertes en ambos suelos fueron: Cal Agrícola, Roca Fosfórica y Cal dolomítica.

Es necesario continuar los ensayos con los mismos suelos y otros de diferentes características, con diferentes valores de Aluminio intercambiable, con el fin de establecer dosis de calcio en el laboratorio para ser calibradas posteriormente a nivel de campo.

LITERATURA CITADA

1. CARRILLO P., I.F. Manual de Laboratorio de Suelos. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Centro Nacional de Investigaciones de Café. CENICAFE. Chinchiná (Colombia) 111 p. 1985.
2. LOPEZ A., M. Respuestas al encalado de un suelo derivado de cenizas volcánicas. *Cenicafé* (Colombia) 20(4): 131-142. 1969.
3. SANCHEZ, P.A. Ed. Suelos del Trópico: Características y Manejo: Trad. del Inglés por Edilberto Camacho. Primera Edición. San José (Costa Rica). IICA, 634p. 1981.
4. VALENCIA A., G.; BRAVO G., E. de J. Influencia del encalamiento en la producción de cafetales establecidos. *Cenicafé* (Colombia), 32(1):3-14. 1981.
5. VALENCIA A., G.; CARRILLO P., I.F. Interpretación de análisis de Suelos para café. Chinchiná (Caldas), Colombia. *Cenicafé*. 5 p. 1983. (Avances Técnicos *Cenicafé* N° 115).
6. VINASCO O., C.A.; CARRILLO P., I.F. Guía para el Servicio Regional de Análisis de Suelos. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Centro Nacional de Investigaciones de Café. CENICAFE. Chinchiná (Colombia) 75 p. (Mecanografiado). 1988.