

RESUMEN

Al trabajar con suelos volcánicos de Nariño, Sur-occidente de Colombia, se en-
contró mediante una prueba de incubación que, para todos los suelos, con los tres
tratamientos (testigo, 200 ppm de P y 500 ppm de Ca) y durante los diferentes pe-
ríodos de incubación (3, 6, 9 y 12 semanas) predominó el proceso de inmoviliza-
ción. El tiempo y no los nutrimentos, es el factor que influye en la concentración
de sulfatos.

ABSTRACT

Working with volcanic soils of Nariño, Southwest of Colombia, by incubation
proof for all soils it was found that, with the three treatments (control, 200 ppm
of P and 500 ppm of Ca) and during different incubation periods (3, 6, 9 and 12
weeks), immobilization process predominate. Time but not nutrients is the factor
influencing sulphates concentration.

INTRODUCCION

Los aportes de azufre disponible a
través del metabolismo de la materia
orgánica, para el caso de los suelos de
rivados de cenizas volcánicas, son limi-
tados o no se presentan. De allí que in-
terese conocer, para el caso presente,
la acción del fósforo y el encalamiento,
dos prácticas usuales en la zona de es-
tudio.

REVISION DE LITERATURA

En suelos de Costa Rica se encon-
tró que en la primera semana de incu-
bación se llevó a cabo la mayor minera-
lización del azufre. Adiciones de azu-
fre inorgánico al igual que en algunos
casos la aplicación de nitrógeno aumen-
taron la mineralización. Por el contra-
rio, el suministro de fósforo, potasio
y magnesio hizo disminuir la produc-
ción de sulfatos (6).

Blasco (3) quien trabajó con 27 sue-
los de Centroamérica consiguió ganan-
cias netas de azufre con tratamientos a
base de $(\text{PO}_4\text{H}_2)\text{Ca}$ y $(\text{NO}_3)_2\text{Ca}$. La a-
plicación de cal a partir de CO_3 no me-
joró la producción de sulfatos y la apli-
cación de azufre tuvo efectos variables,
ya que condujo tanto a la mineralización
como a la inmovilización de este elemen-
to.

Una prueba de incubación con sue-
los de la región Pacífica de Nicaragua
(4) también evidenció el predominio de
la inmovilización. Se encontró que, en
general, la cuarta semana es un punto
crítico en el proceso de incubación, a
partir del cual cae fuertemente la libe-
ración de CO_2 y se registra un incre-
mento en la producción de S-SO_4 .

Se planeó entonces un trabajo de la-
boratorio, para estudiar el metabolis-
mo del azufre en función de diferentes

* Parte del trabajo de tesis del autor principal, Facultad de Ciencias Agrícolas,
Universidad de Nariño

** Decano, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto, Co-
lombia.

períodos de incubación, por efecto de la adición de cal y fósforo.

MATERIALES Y METODOS

El trabajo se realizó con suelos volcánicos del Departamento de Nariño, Sur-occidente de Colombia : 2.000 a 4.000 msnm, 500 a 1.000 mm de precipitación pluvial anual y 6 a 22°C de temperatura (13).

Los suelos estudiados cuyas características se presentaron en un trabajo anterior (11), se han desarrollado unos, principalmente sobre cenizas volcánicas, otros, deben su desarrollo a materiales complejos como tobas, material coluvial andesítico y aún cenizas volcánicas trabajadas previamente o transportadas por el agua (9).

El muestreo se hizo en ocho sitios, en la capa superficial, teniendo como guía y hasta donde fue posible, el estudio de Luna y Carlhoun (9).

A muestras de 10 g de suelo se les aplicó tratamientos de 200 ppm de P a partir de $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ y 500 ppm de Ca a partir de CaCO_3 , dejando un testigo. Se incubaron en tubos de ensayo cerrados con tapones de caucho, a capacidad de campo. La aireación se suministró con peróxido e hidróxido de bario (2), durante períodos de 3, 6, 9 y 12 semanas a temperatura de 18°C.

Al concluir cada período de incubación se determinaron el S- SO_4 intercambiable extraído con $(\text{PO}_4\text{H}_2)_2\text{Ca}$ y estimado turbidimétricamente (5, 10), y el CO_2 como expresión de la actividad microbial según el método del peróxido de bario, ya reseñado.

La evaluación de los resultados se hizo utilizando un análisis de parcelas divididas, sobre la base de un diseño

de experimento irrestrictamente al azar con cuatro replicaciones.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados, tanto para la producción de sulfatos como para la evolución parcial del anhídrido carbónico, se presentan en el Cuadro 1 y en las Figuras 1 a 4.

Para todos los suelos y bajo las condiciones del ensayo predominó consistentemente el proceso de inmovilización. Esto es grave, si se considera que la pérdida del sulfato disponible a partir de los contenidos iniciales de las muestras, fue hasta del orden de las 30 ppm, concentraciones muy altas, comparadas con las máximas de inmovilización registradas en otro trabajo, que estuvieron alrededor de las 12 ppm (4). Se halló un período en donde la inmovilización tiende a estabilizarse, 6 semanas, para luego disminuir algo, liberando parte del S SO_4 inmovilizado, 9 semanas.

El análisis de variancia en cada uno de los suelos evidenció que el factor tiempo y no la adición de nutrimentos (P y Ca), es el que incide en la concentración de S SO_4 en la prueba de incubación. Por esto no se continuó con la evaluación estadística por medio de una prueba de rangos múltiples, por cuanto no se justifica, ya que en la práctica no interesa el proceso de inmovilización.

Los resultados indican que los suelos tratados con calcio y fósforo se comportan igual que el testigo. Por esto, es posible que la inmovilización dependa inicialmente de las condiciones ambientales dominantes, que generan un flujo de población y de acción de los microorganismos, superior a la acción de los nutrimentos adicionados.

Se coincidió parcialmente, entonces, con el trabajo de Blasco (3), quien halló que el enclavamiento de los suelos no parece mejorar la producción de sulfatos. Sin embargo, reporta que se obtienen ganancias netas de azufre (mineralización) cuando se aplica fósforo en base a fosfato de calcio. A su vez, Granados (6) indica que en algunos suelos de Costa Rica la aplicación de 100 Kg/Ha de P, 52 ppm, hizo disminuir la concentración de $S\ SO_4$. No obstante, el efecto de la aplicación de calcio a suelos ácidos volcánicos no se encuentra dilucidado. Por otro lado, se ha detectado que el calcio estabiliza la materia orgánica mediante la formación de humatos de calcio lo cual se refleja en una disminución de la mineralización (1).

El fósforo se adicionó porque además de contribuir a mejorar la nutrición microbial, químicamente el anión PO_4^{3-} desplaza al anión SO_4^{2-} , lo cual significaría otra ayuda a la liberación de los sulfatos retenidos. Sin embargo, los resultados conseguidos en el presente caso demuestran que no hubo acción en este aspecto. Aunque se debe tomar en cuenta la posibilidad de fijación del fósforo aplicado, porque los suelos estudiados presentan este problema (7).

Se cree que el fenómeno que ocurrió durante la prueba de incubación fue de inmovilización fundamentalmente, por las razones que se presentan a continuación.

Si bien los contenidos de materia orgánica de estos suelos son altos ($x = 10,6\%$) la concentración de S-orgánico está por debajo de la concentración del S inorgánico. Esto hace pensar que la materia orgánica es pobre en compuestos azufrados y que en consecuencia el azufre que se pudiera liberar bioquímicamente es utilizado por la microflora para síntesis celular.

Si se considera la relación C:S, los valores para las muestras Pasto Ipiales Km 15, Pasto-Chachaguí Km 9, Nariño y Pasto Tangua Km 18 corresponden a 49,2:1; 27,8:1; 40,3:1 y 47,5:1, respectivamente estando por debajo del nivel crítico sugerido para que ocurra o no la mineralización del azufre (12). En los cinco suelos restantes la relación varía entre 57,5:1 y 176:1, por tanto, según el criterio anterior se tendría que presentar inmovilización. Para el primer grupo de suelos la situación podría interpretarse de dos maneras: bien el nivel crítico 50:1 no cuenta en este caso sino la riqueza de la materia orgánica en azufre o bien los materiales orgánicos son estabilizados a través de complejos organo-minerales con formados principalmente con alofana.

Otra circunstancia que hace pensar en que el problema es mayormente de inmovilización, es que durante la prueba de incubación la evolución del CO_2 , índice de la actividad microbial en el suelo, marchó paralela a la producción de $S\ SO_4$, es decir a mayor cantidad de CO_2 en el respectivo período mayor volumen de $S\ SO_4$ por debajo del nivel inicial de cada muestra. Por tanto, la mayor actividad de la microflora se tradujo en el mejor aprovechamiento del azufre por parte de ésta, y no en la liberación del $S\ SO_4$, detectable en las medidas que se realizaron en cada período de incubación.

Cabría también la posibilidad según el criterio de Barjac y Frederick *et al.* citado por Haque y Walmsley (8) que, en la prueba de incubación se haya producido emisión de compuestos volátiles azufrados, tales como el metil mercaptano y el dimetil sulfuro, aunque el suelo estuviera bajo condiciones aeróbicas. Estos compuestos volátiles se generarían a partir de la descomposición de la metionina, ya que existen en el suelo microorganismos capaces de producir

este aminoácido a partir de la cisteína y, como los sulfatos pueden proveer de azufre para la síntesis de la cisteína, es posible que la pérdida de compuestos volátiles en condiciones aeróbicas ocurra vía de la metionina.

En condiciones de campo, el problema del azufre para estos suelos podría ser más complejo por cuanto a más de los fenómenos de inmovilización y adsorción, los sulfatos tienen la posibilidad de perderse de los horizontes superficiales por efecto de la lixiviación y por acción de las aplicaciones más o menos altas de fósforo, práctica común en la zona de estudio, dados los bajos niveles de la fracción aprovechable de

este elemento

CONCLUSIONES.

1 Para todos los suelos, con los tres tratamientos y durante los diferentes períodos de incubación predominó la inmovilización sobre la mineralización

2 El factor tiempo y no el suministro de nutrimentos es el que influye en la concentración de sulfatos

3. Es probable que la inmovilización dependa, en principio, del ajuste de las condiciones ambientales.

LITERATURA CITADA

- 1 BLASCO, M. y CORNFIELD, A.H. Effect of soil moisture content during incubation on the nitrogen-mineralizing characteristics of the soils of Columbia (South America). *Geoderma* 1: 19-25. 1967.
- 2 _____. Efecto de la humedad sobre la mineralización del carbono en suelos volcánicos de Costa Rica. *Turrialba* 21: 7-12. 1971
- 3 _____. Contenido y metabolismo del azufre en suelos volcánicos de Centro América. *In* Panel sobre suelos volcánicos de América, 2o. Pasto, Colombia, Universidad de Nariño-IICA, 1972. pp. 107-123
- 4 BURBANO, H. Metabolismo del azufre en suelos agrícolas de Nicaragua. *Tesis Mag. Sc.* Turrialba, Costa Rica IICA, 1973. 93 p.
- 5 FOX, R.L., OLSEN, R.A. y RHOADES, H.F. Evaluating the sulphur status of soils by plant and soil tests. *Soil Science Society of America Proceedings* 28 : 243-246. 1964.
- 6 GRANADOS, M. Mineralización del azufre en suelos bajo cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.). *Tesis Mag. Sc.* Turrialba, Costa Rica, IICA, 1972. 57 p.
- 7 GUERRERO, R.R. Formas de fósforo y sus relaciones con la fertilidad de los suelos. *In* Medina, H., ed. *El fósforo en zonas tropicales. Coloquio sobre suelos*, 3o. Bogotá, Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, 1974. pp. 349-387.

Cuadro 1. Mineralización o inmovilización del S-SO₄ en los suelos estudiados por efecto de la adición de CaCO₃ (500 ppm) y Na₂HPO₄ · 2H₂O (200 ppm) después de 3, 6, 9 y 12 semanas de incubación, primera capa

Muestras	Trata- mientos	Valores totales semanales				Mineralización o inmovilización del azufre			
		3	6	9	12	3	6	9	12
		ppm				ppm			
Pasto-Ipiales Km 15	T ¹¹	6,4	4,6	12,5	8,6	- 28,2	- 30,0	- 22,1	- 26,0
	Ca	6,4	6,0	18,6	8,6	- 28,2	- 28,6	- 16,0	- 26,0
	P	14,0	4,0	11,8	9,3	- 20,5	- 30,6	- 22,8	- 25,3
Pasto-Buesaco Km 7	T	2,9	13,0	16,8	9,8	- 24,3	- 14,2	- 10,4	- 17,4
	Ca	5,1	4,3	14,9	10,0	- 21,1	- 22,9	- 12,3	- 17,2
	P	7,9	13,0	33,2	18,1	- 19,3	- 14,1	+ 6,0	- 9,0
Pasto-Chachaguí Km 9	T	9,7	5,7	14,7	5,6	- 7,9	- 11,9	- 2,9	- 12,0
	Ca	3,5	6,2	12,4	8,0	- 14,1	- 11,4	- 5,2	- 9,6
	P	4,9	5,2	11,1	9,7	- 12,7	- 12,4	- 6,5	- 7,9
Nariño	T	7,8	4,5	14,7	11,1	- 11,5	- 14,8	- 4,6	- 8,2
	Ca	5,0	4,3	14,8	9,7	- 14,3	- 15,0	- 4,5	- 9,6
	P	20,0	5,9	14,8	9,7	+ 1,5	- 13,4	- 4,5	- 9,6
Pasto Tangua Km 18	T	12,8	4,1	10,7	9,5	- 19,1	- 27,8	- 21,2	- 22,4
	Ca	7,8	6,1	14,0	10,0	- 24,1	- 25,8	- 17,9	- 21,9
	P	9,5	6,1	13,5	12,5	- 22,4	- 25,8	- 18,4	- 18,4
Pupiales	T	10,7	7,8	11,0	7,7	- 19,9	- 12,8	- 19,6	- 22,9
	Ca	10,0	4,3	12,7	13,0	- 20,6	- 26,3	- 17,9	- 17,6
	P	9,9	3,9	17,6	12,8	- 20,7	- 26,7	- 13,0	- 17,8
Guachuca	T	8,0	7,8	12,3	12,0	- 20,7	- 24,9	- 20,4	- 20,7
	Ca	7,6	7,3	14,4	12,9	- 25,1	- 25,4	- 18,3	- 19,8
	P	10,2	10,2	11,5	16,9	- 22,5	- 22,5	- 21,2	- 15,8
Pasto-Chachaguí	T	14,3	7,1	8,3	8,2	- 4,5	- 11,7	- 10,5	- 10,6
	Ca	6,6	4,6	6,9	11,8	- 12,2	- 14,2	- 11,9	- 7,0
	P	11,4	7,3	11,4	8,2	- 7,4	- 11,4	- 7,4	- 10,6

- : Inmovilización

" : Testigo

+ : Mineralización

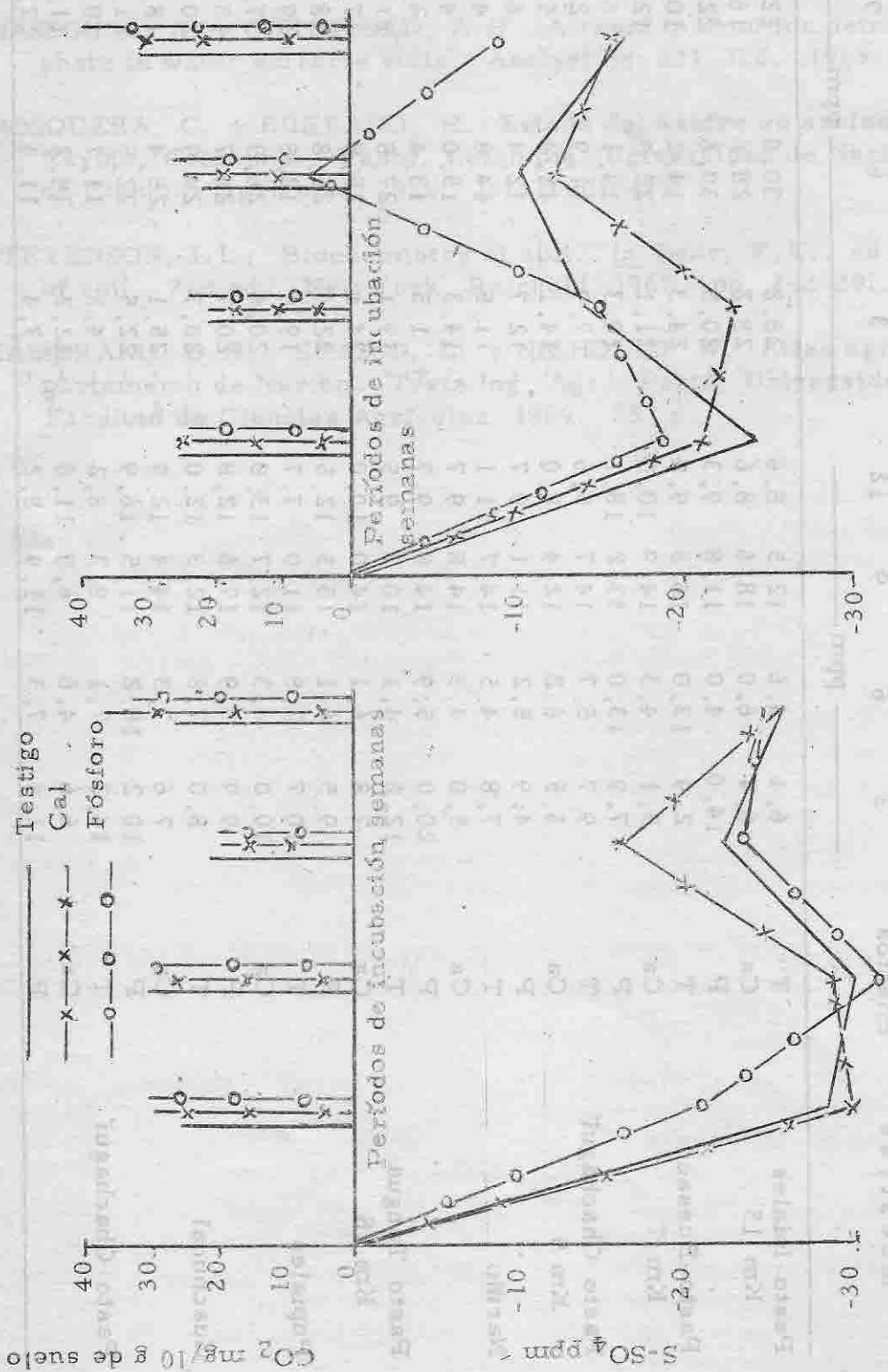


Figura 1. Cambios en la concentración de S-SO₄ y evolución parcial de CO₂ en los suelos de Pasto-Ipiiales Km 15 y Pasto-Buesaco Km 7, por efecto de tratamientos con calcio y fósforo

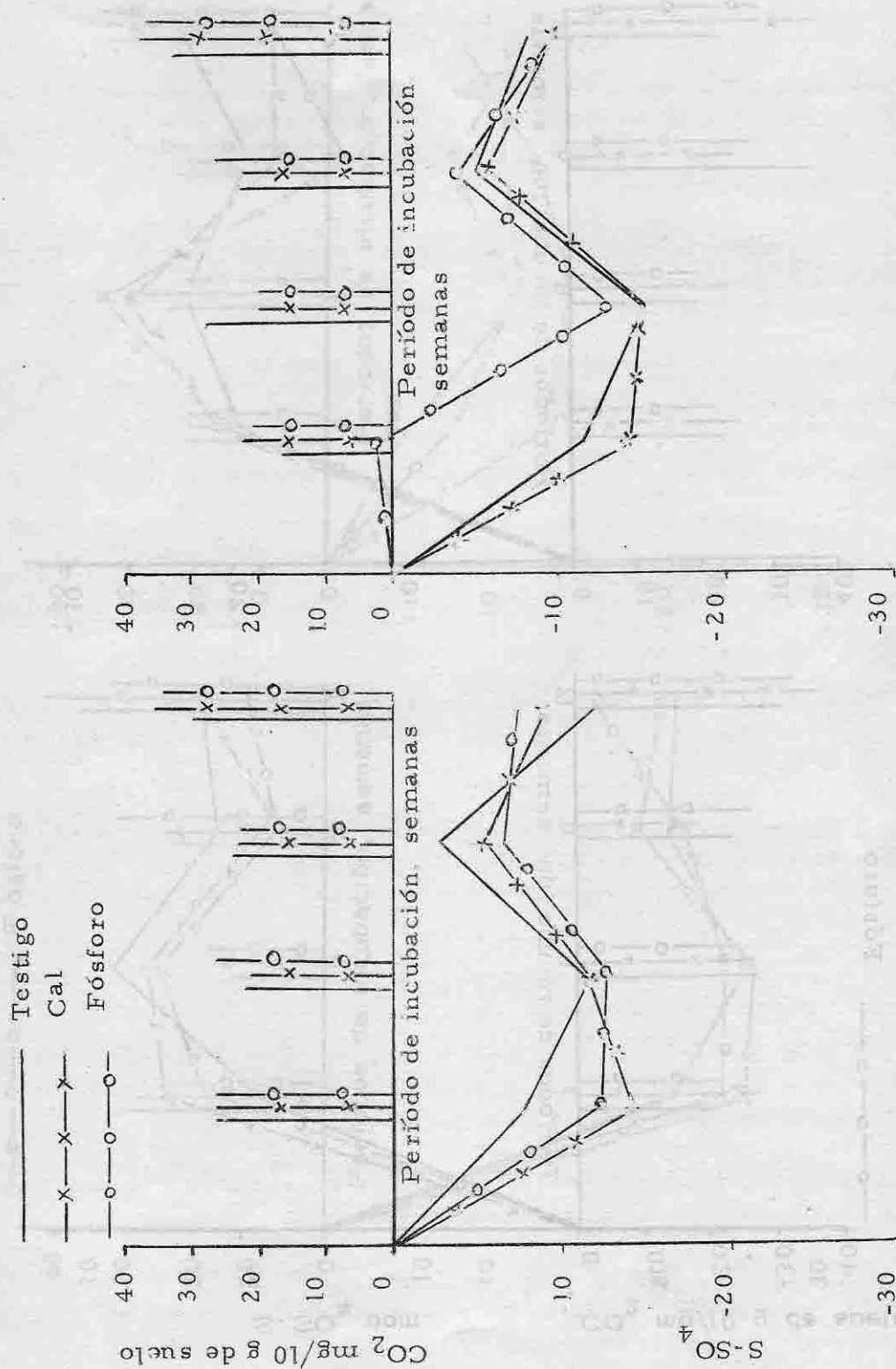


Figura 2. Cambios en la concentración de S-SO₄ y evolución parcial de CO₂ en los suelos de Pasto-Chachaguí Km 8 y Nariño por efecto de tratamientos con calcio y fósforo

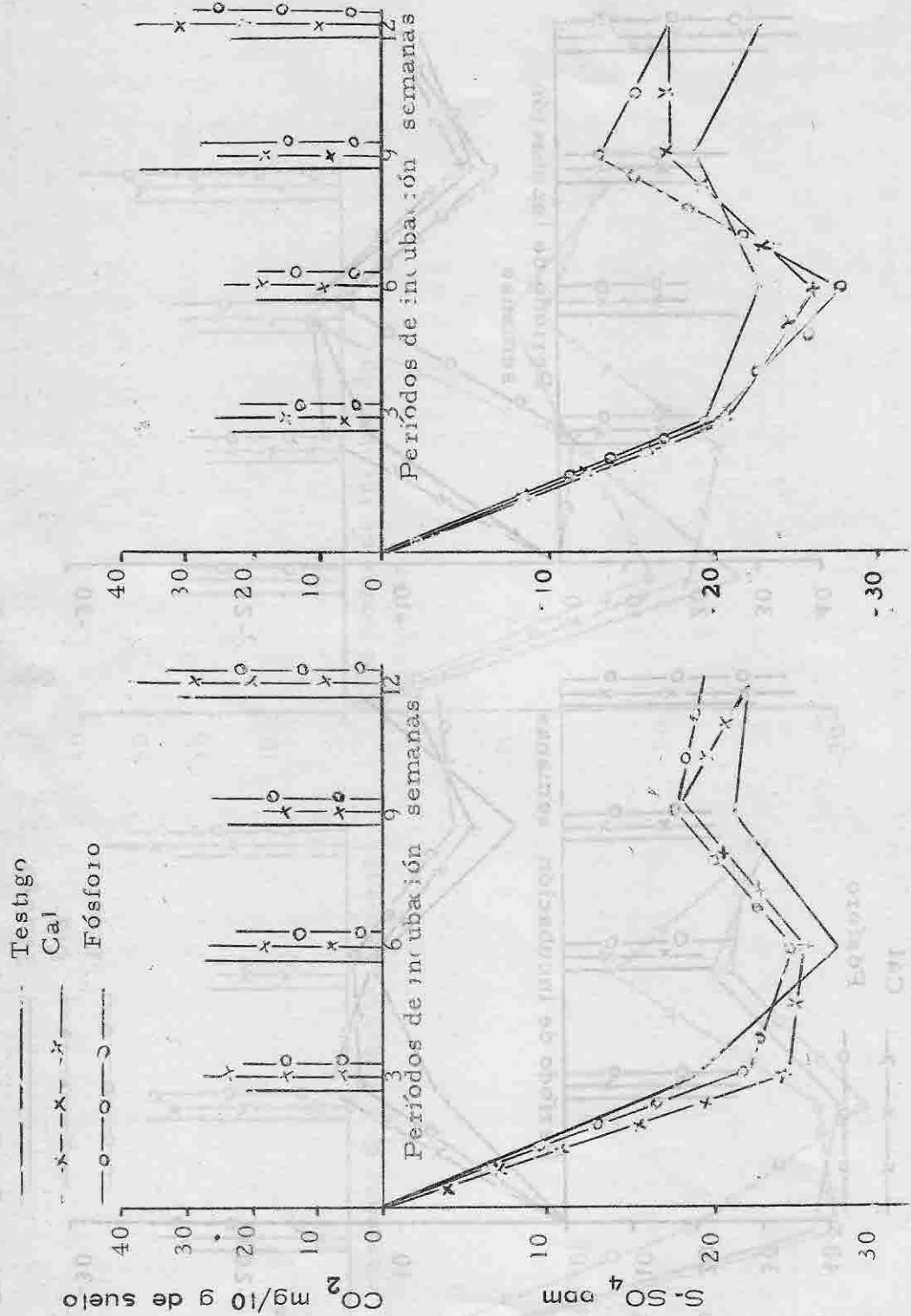


Figura 3. Cambios en la concentración de S-SO₄ y evolución parcial de CO₂ en los suelos de Pasto, Tangua Km. 18 y Pupiales, por efecto de tratamientos con calcio y fósforo.

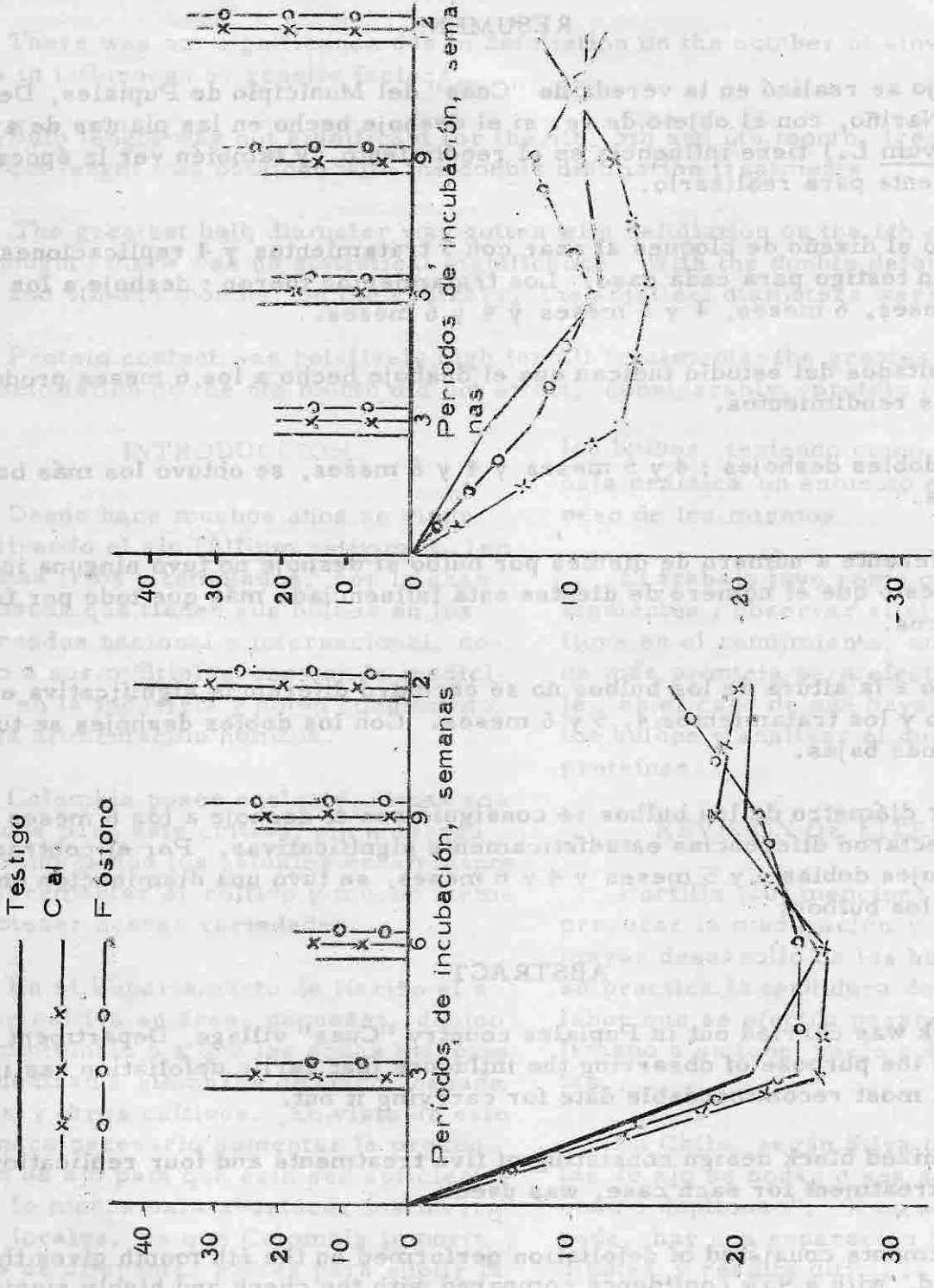


Figura 4. Cambios en la concentración de S-SO₄ y evolución parcial de CO₂ en los suelos de Guachucal, Pasto-Chachagui Km 24 por efecto de tratamientos con calcio y fósforo.