

CARACTERIZACIÓN DEL AZUFRE EN ALGUNOS SUELOS DE LA ZONA CAFETERA COLOMBIANA¹

Hernán González O.*; Siavosh Sadeghian Kh.**; Beatriz Mejía M.**

RESUMEN

GONZÁLEZ O., H.; SADEGHIAN KH., S.; MEJÍA M., B. Caracterización del azufre en algunos suelos de la zona cafetera colombiana. Cenicafé 54(3): 226-233. 2003

Se caracterizaron las fracciones de azufre (S) en 17 suelos cultivados en café, 11 de ellos de origen volcánico y procedentes de los departamentos de Antioquia, Caldas, Cauca, Cundinamarca, Huila, Nariño, Quindío, Risaralda, Santander, Tolima y Valle del Cauca. En una primera fase del estudio se evaluaron dos metodologías para la determinación del S orgánico, utilizando cuatro de los suelos seleccionados, contrastantes por sus contenidos de materia orgánica (MO). Posteriormente se valoraron el S-Total y las fracciones orgánica, inorgánica y disponible de S; además, el pH, MO, P, K, Ca, Mg y Al. Los suelos presentaron diferencias en sus fracciones de S, encontrándose los siguientes rangos: S-Total 321-1.316ppm, S-Orgánico 87-940ppm, S-Inorgánico 35-624ppm y S-Disponible 2-61ppm. Los suelos derivados de cenizas volcánicas presentaron los mayores contenidos de S, excepto en su fracción disponible. Los contenidos totales y la fracción orgánica se incrementaron conforme a los aumentos de la MO; sin embargo, ninguna de las variables relacionadas con las características químicas del suelo explicó las variaciones de la disponibilidad de este elemento.

Palabras claves: Suelos, cenizas volcánicas, azufre, fraccionamiento, fertilidad, café.

ABSTRACT

The sulfur (S) fractions of 17 soils for growing coffee were characterized. 11 of them were from volcanic origin from Antioquia, Caldas, Cauca, Cundinamarca, Huila, Nariño, Quindío, Risaralda, Santander, Tolima and Valle del Cauca departments. At the first stage of the study, two organic sulfur methodologies were evaluated in order to determine the organic S by using 4 of the selected soils which were contrasting due to their organic matter content (OM). Afterward, the total S and the organic, inorganic and available S fractions besides pH, OM, p, K, Ca, Mg and Al were evaluated. The soils differed in their S fractions, finding the following ranges: Total-S 321-1,316ppm, Organic-S 87-940ppm, Inorganic-S 35-624ppm and Available-S 2-61ppm. The soils coming from volcanic ashes showed the highest sulfur contents except for their available fraction. The total contents and the organic fraction grew according to the increments of OM. However, no variable related to the chemical characteristics of the soil explained the variations of sulfur availability.

Keywords: Soils, volcanic ashes, sulfur, fractions, fertility, coffee.

¹ Fragmento de la tesis "Disponibilidad del azufre en algunos suelos de la zona cafetera colombiana y su relación con la fertilización", presentada a la Universidad de Caldas para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Manizales. 2003.

* Ingeniero Agrónomo

** Asistente de Investigación y Auxiliar IV de Investigación, respectivamente. Suelos. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Chinchiná, Caldas, Colombia

El azufre (S) está catalogado dentro del grupo de elementos llamados esenciales (5). Su importancia en la nutrición vegetal radica en la estructuración de las proteínas y en la síntesis de aminoácidos y vitaminas (17, 29). La concentración en los tejidos vegetales es similar y aun mayor a la del fósforo (16, 21), razón por la cual se considera como el cuarto elemento más importante en la agricultura (5).

En América Latina tropical, más del 50 % de los suelos cultivados son deficientes en S (21). A nivel de Colombia se reportan deficiencias que superan el 93% en suelos derivados de cenizas volcánicas (19). Éstas han sido relacionadas con los bajos contenidos de MO (30), y su lenta mineralización (6); la erosión (22), pérdidas por lixiviación de sulfatos en zonas de alta pluviosidad y la remoción por los cultivos (8).

Pese a la importancia de este elemento han sido pocos los estudios relacionados con su dinámica y fraccionamiento en los suelos de Colombia. Entre estos se pueden mencionar los realizados por Gualdrón y Salinas (14) en los Llanos Orientales; los registrados por Burbano (7) en Nariño; Guerrero y Burbano (15) en la Sabana de Bogotá y los Llanos Orientales; y los de Lora y Gómez (20) en el departamento del Huila. En la zona cafetera colombiana, se destacan investigaciones de Mejía (26), Salgado (27), Tibaquirá (28) y Martínez (23).

Con la presente investigación se buscó caracterizar el S en algunos suelos de la zona cafetera colombiana y evaluar los factores que afectan su disponibilidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en dos fases. La primera de ellas comprendió el refinamiento de las metodologías para la cuantificación del

S orgánico. En la segunda, se evaluaron los contenidos totales de las fracciones de S orgánico, disponible e inorgánico. Además, las características químicas de 17 suelos representativos de la zona cafetera colombiana. Las determinaciones analíticas de las dos fases del estudio se efectuaron en el laboratorio de suelos del Centro Nacional de Investigaciones de Café - Cenicafé.

Se emplearon dos métodos para la valoración del S-Orgánico (Fase I); el primero de ellos, propuesto por Bardsley y Lancaster (2), consistió en tratar la muestra con bicarbonato de sodio (NaHCO_3), someterla a ignición (500°C) y extracción con una solución de fosfato de sodio. El segundo método evaluado fue el propuesto por Cortés y Viveros (11), quienes sugieren el carbonato de sodio (Na_2HCO_3) en vez de bicarbonato, ignición a 500°C , y posterior extracción con fosfato monocalcico. En esta fase se utilizaron 4 muestras de suelos, contrastantes por sus contenidos de MO, procedentes de los departamentos de Antioquia, Caldas, Cauca y Santander.

Una vez refinada la metodología para S-Orgánico se procedió a evaluar, en la segunda fase, los niveles de S-Total, orgánico, disponible e inorgánico, así como las demás características químicas en los 17 suelos seleccionados en la zona cafetera colombiana, abarcando los departamentos de Antioquia, Caldas, Cauca, Cundinamarca, Huila, Nariño, Quindío, Risaralda, Santander, Tolima y Valle del Cauca. (Tabla 1). Los muestreos se llevaron a cabo entre los meses de abril y agosto de 2001, tomando 5 submuestras a 20cm de profundidad en las calles de los cafetales seleccionados, las cuales conformaron una muestra compuesta que fue analizada entre los meses de septiembre de 2001 y marzo de 2002.

Las metodologías empleadas fueron las siguientes: S-Total: Mc Quacker y Fung (25); S-

Tabla1. Características de localización los suelos en estudio.

Departamento	Municipio	Finca	Unidad Cartográfica de Suelo	Altitud	Temperatura (°C)	Precipitación (mm/año)
Antioquia	Venecia	S.E. El Rosario*	Chinchiná	1600	20,1	2504
Caldas	Chinchiná	F. La Cristalina	Chinchiná	1400	20,8	2656
Caldas	Chinchiná	E.C. Naranjal*	Chinchiná	1400	20,8	2656
Cauca	El Tambo	F. Atlanta	Timbío	1700	18,4	2003
Cauca	El Tambo	F. El Rastrojo*	Timbío	1760	18,4	2003
Cundinamarca	Sasaima	S.E. Santa Bárbara	Chinchiná	1450	20,3	2560
Nariño	La Unión	F. San Miguel	Consacá	1800	18,8	2895
Nariño	La Unión	F. El Pará	Doña Juana	1710	18,8	2895
Quindío	Buenavista	S.E. Paraguaicito	Montenegro	1250	21,6	2119
Risaralda	Pereira	S.E. La Catalina	Chinchiná	2120	21,6	2062
Tolima	Líbano	S.E. La Trinidad	Líbano	1430	20,0	2128
Antioquia	Venecia	F. El Amparo	Venecia	1900	20,1	2504
Huila	Gigante	F. Santa Rosa	La Cristalina	1500	19,7	1324
Quindío	Buenavista	F. San Alberto	Buenavista	1550	21,6	2119
Santander	Floridablanca	F. Gualilo	Paujil	1495	19,6	1400
Santander	Floridablanca	S.E. San Antonio *	Paujil	1495	19,6	1400
Valle	Sevilla	F. La Playa	Fondesa	1500	19,2	2037

Nota: F.= finca, E.C.= Estación Central, S.E.= Subestación Experimental. *Suelos seleccionados en la fase I.

Orgánico: Bardsley y Lancaster (2); S-Disponible: Fox *et al.* (13) y S-Inorgánico: por diferencia matemática entre las fracciones total y la orgánica. Los anteriores métodos fueron cuantificados por turbidimetría, según Beaton *et al.* (3).

Las demás características químicas determinadas fueron pH (potenciométrico en relación agua - suelo 1:1), MO (Walkley-Black), fósforo (Bray II), potasio, calcio y magnesio (acetato de amonio 1N pH 7- EAA), aluminio (KCl 1 M EAA). Procedimientos de rutina empleados en el laboratorio de suelos de Cenicafé (10).

El criterio de selección del método para la cuantificación del S-Orgánico consistió en escoger el procedimiento que presentara el menor límite de error. En la segunda fase, los resultados del fraccionamiento del S fueron sometidos a un análisis de regresión lineal simple. De igual forma, se efectuó un análisis

de correlación entre las diferentes fracciones de azufre y las demás características químicas evaluadas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Fase I. Metodología para la determinación de S-Orgánico. Al emplear la técnica de Cortés y Viveros (11), la excesiva precipitación impidió realizar la respectiva valoración por turbidimetría, mostrando lecturas superiores a la capacidad del espectrofotómetro. La anterior situación ha sido relacionada con la co-precipitación de los coloides orgánicos en presencia de BaCl₂ (24). Por tanto, esta metodología resultó inadecuada para la determinación del S en los suelos estudiados, los cuales presentaban altos contenidos de MO.

En la Tabla 2, se aprecia que en la metodología propuesta por Bardsley y Lancaster (2), los contenidos de la MO de los suelos

Tabla 2. Promedios de S-Orgánico, CV, MO y límites de error en las localidades analizadas.

Departamento	Municipio	Predio	S. Orgánico (ppm)	C.V. (%)	MO (%)	Límite del error (ppm)
Antioquia	Venecia	S. E. El Rosario	432	5,8	18	3,51
Caldas	Chinchiná	E.C. Naranjal	940	7,4	18	4,46
Cauca	El Tambo	F. El Rastrojo	678	9,9	9,4	5,94
Santander	Floridablanca	S.E. San Antonio	412	10,2	5,7	6,13

F.= finca, E.C.= Estación Central, S.E.= Subestación Experimental.

analizados no limitaron la valoración del S-Orgánico. Este hecho, adicional a los bajos valores de los límites del error (menores de 6ppm), y los coeficientes de variación (inferiores al 10,2%), permitieron definir este método como adecuado para cuantificar la fracción orgánica del S en la fase del estudio.

Los valores de los límites del error (entre 3,51 y 6,13), y coeficientes de variación (entre 5,8 y 10,2); fueron superiores en suelos con bajos niveles de MO (Tabla 2).

Fase II. Fraccionamiento del azufre en el suelo.

En la Tabla 3 se consignan los contenidos de las fracciones del S y las demás propiedades químicas de los suelos objetos de estudio. Los tenores de S-Total fluctuaron entre 321 y 1.316ppm. Estos valores pueden considerarse bajos, comparados con los reportados por Burbano y Blasco (9), y Bar (1), quienes registran contenidos desde 1.300 hasta 5.000ppm, para condiciones de Centroamérica. En otros estudios realizados en Colombia, Burbano (8), registra niveles superiores a las 3.000ppm. Cabe anotar que los anteriores autores estimaron dicha fracción con metodologías diferentes a la utilizada en este estudio.

Los contenidos de S orgánico estuvieron entre 87 y 940ppm, representando entre 27 y 92,1% la fracción total. Douglas y Maynard (12) sostienen que más del 80% del S del suelo se encuentra en forma orgánica.

La fracción inorgánica fluctuó entre 35 y 624ppm, contribuyendo a enriquecer el S-Total entre el 7,8 y el 73%. En la Figura 1 se observa

la representación de la distribución porcentual de las fracciones orgánica e inorgánica, cuya sumatoria constituye el S-Total.

En cuanto al S-Disponible se refiere, se registraron contenidos entre 2 y 61ppm (Figura 2). Doce de las 17 localidades presentaron niveles inferiores a 10ppm, límite por debajo del cual se considera que un suelo es deficiente en este elemento (19); situación que ha sido relacionada por diferentes autores con los bajos contenidos de MO (30) y valores alcalinos de pH (8).

Respecto a los contenidos de MO, se contó con suelos contrastantes. En la finca La Playa (Valle del Cauca) y la Subestación La Catalina (Risaralda), donde los contenidos de MO son, en promedio, de 7,5%, los niveles de S-Disponible son altos (61 y 33ppm, respectivamente). Contrario a lo anterior, en la finca Atlanta (Cauca) y las Subestaciones El Rosario (Antioquia) y La Trinidad (Tolima), en donde los contenidos de MO son altos (entre 18 y 27%), se encontraron bajos niveles de S-Disponible (menores de 5ppm). Lo anterior muestra que no es muy clara la relación entre estos dos componentes. Tampoco se cuenta con argumentos suficientes para afirmar que el pH del suelo haya condicionado la disponibilidad de este elemento en los sitios estudiados, pues a pesar de contar con un rango no muy amplio ($4,60 \leq \text{pH} \leq 5,5$), las variaciones de la acidez no afectaron los contenidos del S-Disponible, fenómeno que se reflejó en el bajo coeficiente de correlación obtenido entre estas dos variables ($r= 0,15$).

Tabla 3. Contenidos de las fracciones de azufre y características químicas del suelo.

Departamento	Municipio	Localidad	Total		pH	MO (%)	P (ppm)	K	Ca	Mg	Al		
			Orgánico (ppm)	Inorgánico Disponible (ppm)									
Antioquia	Venecia	S.E. El Rosario	806	374	3	4,80	18	11	0,28	1	0,5	0	
Caldas	Chinchiná	F. La Cristalina	987	434	6	5,20	10	23	0,22	3,4	0,9	0	
Caldas	Chinchiná	E.C. Naranjal	1316	376	49	4,90	18	35	0,11	0,3	0,2	0	
Cauca	El Tambo	F. Atlanta	1299	624	2	5,30	27	19	0,31	2,9	1,1	0	
Cauca	El Tambo	F. El Rastrojo	905	227	4	5,00	9,4	3	0,59	2,9	1,1	0,46	
Cundinamarca	Sasaima	S.E. Sta Bárbara	1299	519	3	4,60	25	11	0,25	0,9	0,4	1,3	
Nariño	La Unión	F. San Miguel	444	276	10	4,90	5,7	43	0,27	4	0,9	0,36	
Nariño	La Unión	F. El Pará	1217	604	8	5,10	21	9	0,21	4,3	1,2	0,62	
Quindío	Buenavista	S.E. Paraguaicito	929	442	10	5,50	7,5	19	0,66	7,2	1,5	0	
Risaralda	Pereira	S.E. La Catalina	905	422	33	5,10	7,4	3	0,44	1,3	0,3	0	
Tolima	Líbano	S.E. La Trinidad	979	260	5	5,20	18	8	0,44	3,6	0,9	0	
Antioquia	Venecia	F. El Amparo	493	83	3	4,60	7,4	4	0,62	2,1	1,1	6,2	
Huila	Gigante	F. Sta Rosa	321	234	5	5,00	2,6	31	0,17	0,5	0,3	0,32	
Quindío	Buenavista	F. San Alberto	674	194	3	5,10	7,4	19	0,12	2,1	0,2	0,7	
Santander	Floridablanca	F. Gualilo	444	35	21	5,20	13	30	0,88	7,2	2,4	0	
Santander	Floridablanca	S.E. San Antonio	477	65	15	5,10	5,7	12	0,12	3,5	0,9	0	
Valle	Sevilla	F. La Playa	493	43	61	5,20	7,6	6	0,95	4,5	2	0	
Promedio			822,82	516,24	14,18	5,05	12,39	16,82	0,39	3,04	0,94	0,59	
C.V. (%)			41,06	40,70	61,59	123,02	4,65	59,25	71,83	67,46	67,51	66,12	254,64

E.C. Estación Central. – S.E. Subestación Experimental. – F. Finca.

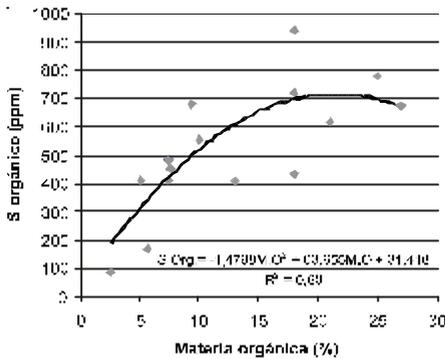


Figura 3. Variaciones de azufre orgánico en función de la materia orgánica.

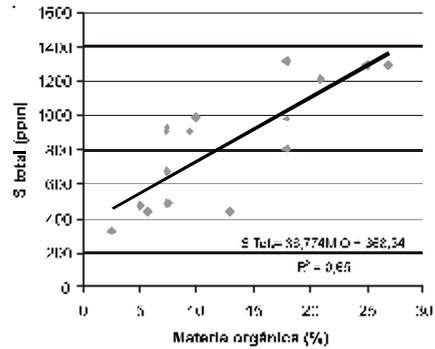


Figura 4. Variaciones de azufre total en función de la materia orgánica.

Tabla 4. Análisis de correlación entre las fracciones de azufre y las variables objeto de estudio.

	AZUFRE			
	Total	Orgánico	Inorgánico	Disponible
S-Total	1			
S-Organico	0,864	1		
S-Inorgánico	0,828	0,433	1	
S-Disponible	-0,058	0,153	-0,274	1
pH	0,039	-0,019	0,092	0,150
MO	0,802	0,707	0,648	-0,152
P	-0,169	-0,277	0,006	0,043
K	-0,309	-0,101	-0,440	0,356
Ca	-0,210	-0,101	-0,196	0,045
Mg	-0,276	-0,131	-0,349	0,222
Al	-0,192	-0,094	-0,239	-0,251

LITERATURA CITADA

1. BAR, I. Extraction selective et distribution du soufre dans des sols volcaniques soumis a des apports acides. Haute ecole provinciale du hainaut occidental. 2002. 32p. (Travail de fin d'etudes en vue l' obtention du trite de graduee en biochimie).
2. BARDSLEY, C. F. and C. F. LANCASTER. 1965. Sulphur. Black C. A. ed. Methods of soil analysis. Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy. 1965. P. 1102-1116. In: BEATON, J. D.; BURNS, G.R.; PLATOU, J. Determination of sulphur in soil and plant material. Washington. The Sulphur Institute, 1968. 55 p. (Technical Bulletin N°14).
3. BEATON, J. D.; BURNS, G.R.; PLATOU, J. Determination of sulphur in soil and plant material. Washington. The Sulphur Institute, 1968. 55 p. (Technical Bulletin N° 14).
4. BENAVIDES, G. H. El azufre: aspectos geoquímicos. In: Burbano, O. H.; López, J. G. (Ed.). Seminario sobre el azufre. Relación suelo- planta- animal. Sociedad Colombiana de la Ciencia del suelo Regional Nariño, Universidad de Nariño. Pasto, mayo 29, 1987. p 12- 28.
5. BLAIR, G. Sulphur in the tropics. International Fertilizer Development Center (IFDC). Muscle Shoals, Alabama- 1979. 69 p. (Technical Bulletin N°12).
6. BORNEMISZA, E. Problemas del Azufre en Suelos y Cultivos de Mesoamérica. San José. Editorial de la Universidad de Costa Rica. 1990. 104 p.
7. BURBANO O., H. El Suelo, Una visión sobre sus componentes biorgánicos; el azufre. 1 ed. Pasto, Universidad de Nariño, 1989. p 361-384.

8. BURBANO O., H. El azufre en el suelo. *In*: Silva M., F. (Ed). Los elementos secundarios (Ca, Mg, S) y el silicio en la agricultura. Bogotá, Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. junio 28-29. 2001. p 24 - 49.
9. BURBANO O., H.; BLASCO L., M. Suelos volcánicos de Nicaragua. II. Contenido y distribución de azufre. *Turrialba* 25(4):429-435. 1975.
10. CARRILLO, I. F. Manual de laboratorio de suelos. Chinchiná, Cenicafé, 1994. 111 p.
11. CORTÉS de la E., F.; VIVEROS Z., M. A. Manual de laboratorio de suelos. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas. Departamento de Fitotecnia y suelos. 1977. *In*: CHAVES P., A. Metodología del azufre. Popayán, secretaría de agricultura y ganadería del Cauca, 1994. 15 p. (Oficio S-024 de mayo 20 de 1994).
12. DOUGLAS, G. MAYNARD, D. G. Sulfur in the environment. New York, Marcel Dekker, 1998. 371 p.
13. FOX, R. L.; OLSON, R. A.; RHOADES, H. F. Evaluating sulphur status of soils by plant and soil test. *Soil Science Society Proceedings* 28: 243- 246. 1964.
14. GUALDRON, R., SALINAS; J. G. El azufre en suelos de los llanos orientales de Colombia. *Suelos Ecuatoriales* 11(2): 221-230. 1982.
15. GUERREROR., R.; BURBANO O. H. Fracciones de azufre y niveles críticos de disponibilidad para la planta en suelos de los Llanos Orientales y la Sabana de Bogotá. *Suelos Ecuatoriales* 10 (2): 232- 244. 1979.
16. HAVLIN, L. J.; BEATON, D. J.; TISDALE, L. S.; NELSON, L. W. *Soil Fertility And Fertilizers. Sulfur, Calcium and Magnesium.* 6ª Ed New Jersey. Edit Prentice Hall, 1999. p 217-244.
17. HOGAN, D. GARY; RENNENBERG, H.; FINK, SIEGFRIED. *Role and Effect of Sulfur in Tree Biology .Sulfur in environment.* New York. Douglas Maynard. 1998. 371 p.
18. INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI-IGAC. Santafé de Bogotá. Colombia. Suelos de Colombia. Origen, evolución, clasificación, distribución. Santafé de Bogotá (Colombia), IGAC, 1995. 632 p.
19. LORA, S. R. El Azufre en la agricultura Colombiana. Convenio ICA- Monómeros. Informe final, Fase I, Bogotá, Instituto Colombiano Agropecuario. 1992. 65 p.
20. LORA, R.; GÓMEZ, C. Caracterización y disponibilidad de azufre en suelos del sur del Huila. *Suelos ecuatoriales*, 12 (1): 37-51. 1982.
21. MALAVOLTA, E. Balance del azufre en la agricultura americana. *Suelos Ecuatoriales*. 20 (1): 59-68. 1990.
22. MALAVOLTA, E.; PAULINO, V. T. 1987. Sulphur balance in central in south America; International Conference Sulphur 87. Preprints. Houston, April 5-8, 1987. Houston (Texas), British Sulphur Corporation. p. 69-88.
23. MARTÍNEZ, J. W. Informe final práctica institucional Cenicafé. Chinchiná, Cenicafé, 1996. 42 p.
24. MATULA, J. Use of nutrient soil test for sulphur determination. *Communication soil science plants analysis*. 30 (11 y 12): 1733-1746. 1999.
25. MC QAKER, R. N., FUNG, T. 1975. Determination of total sulphur and total phosphorus in soil using fusion with alkali metal nitrates, *analytical Chemistry*. 7(8): 1462-1464.
26. MEJÍA, M. B. Caracterización del azufre en los suelos de la zona cafetera. *In*: CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ. CHINCHINÁ. COLOMBIA. Informe anual de actividades de la disciplina suelos, octubre 2001-septiembre 2002. Chinchiná, CENICAFE, 2002. 37 p. (Proyecto SUE 1-17).
27. SALGADO, A. N. Informe final práctica institucional Cenicafé. Chinchiná, Cenicafé, 1999. 74 p.
28. TIBAQUIRA, H. Determinación de los Niveles de Azufre Disponible en los Suelos de las Subestaciones Experimentales Maracay y Líbano. Chinchiná, Cenicafé, 1999. 39 p.
29. TRIANA, N., M. del P. La importancia de los elementos secundarios (Ca, Mg, S) en la nutrición de las plantas. *In*: Silva M., F. (Ed). Los elementos secundarios (Ca, Mg, S) y el silicio en la agricultura. Bogotá, Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. junio 28-29. 2001. p 1-12.
30. VALENCIA A., G. El Azufre en la Nutrición del Cafeto. Manizales (Colombia), CENICAFE, 1992. 8 p.
31. ZECCH, W.; SENESI, N.; GUGGENBERGER, G.; KAISER, K.; LEHMAN, J.; MIANO, T.; MILTNER, A.; SCHORTTH, G.; Factors controlling humification and mineralization of soil organic matter in the tropics. *Geoderma* 79 (1197): 117-161.