



EL AZUFRE EN LOS SUELOS DE LA ZONA CAFETERA COLOMBIANA

Hernán González Osorio*; Siavosh Sadeghian Kh.*; Beatriz Mejía Muñoz**

El azufre, S, es considerado un elemento esencial para la nutrición de las plantas (5). Participa en el fortalecimiento de la estructura vegetal y favorece la resistencia al frío y al ataque de plagas y enfermedades (1). Su concentración en los tejidos de la planta es similar a la del fósforo (6), situación que lo ubica como el cuarto elemento más importante en la agricultura después del nitrógeno, el fósforo y el potasio.

En el suelo existen básicamente dos formas de este elemento; la orgánica, asociada a la materia orgánica y la inorgánica, dentro de la cual se incluye la forma disponible o aprovechable por las plantas llamada sulfato, SO_4^{2-} . El conjunto de ellas se conoce como azufre total y representa la reserva que puede convertirse en formas aprovechables debido a la acción de los microorganismos.

En la zona cafetera colombiana no es común observar deficiencia de azufre. Sin embargo, ésta se ha detectado ocasionalmente en suelos con bajos contenidos de materia orgánica (menores que 6%). Debido a que el azufre tiene una baja movilidad dentro de la planta, en los cafetos se observa una clorosis (amarillamiento) en las hojas nuevas, permaneciendo las hojas más viejas de color verde (Figura 1). Las deficiencias han sido relacionadas con niveles foliares de azufre inferiores a 0,15% (15).

* Asistente de investigación. Suelos. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafe. Chinchiná, Caldas, Colombia.

** Auxiliar IV de investigación. Suelos. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafe. Chinchiná, Caldas, Colombia.





Figura 1. Deficiencia de azufre en plantas de café cultivadas en suelos con bajos niveles de materia orgánica en el departamento del Cauca.

Formas del azufre en el suelo

Azufre total

En Centroamérica y en el norte de Suramérica, el 55% de los suelos cultivados presenta bajos niveles de azufre, debido a la poca cantidad de materia orgánica, a las pérdidas ocasionadas por las quemas y al lavado producido por las lluvias (12).

En Colombia, en los suelos del departamento de Nariño, formados a partir de depósitos volcánicos, se han registrado niveles de azufre superiores a 3.000 ppm; mientras que en algunos suelos de diferente origen como los de la Sabana de Bogotá y los Llanos Orientales, sólo alcanza 407 ppm (7).

Azufre orgánico

Proviene de los residuos animales o vegetales que se incorporan al suelo y al descomponerse liberan sulfato que puede ser aprovechado por las plantas. Esta transformación es realizada por los microorganismos, los cuales requieren para su actividad temperaturas entre 15 y 30°C (4, 11), además de condiciones de buena aireación y humedad (2), como las que se presentan en suelos con buenas condiciones físicas, y donde no hay problemas de compactación ni encharcamiento.

En algunos suelos esta forma de azufre representa más del 90% de la reserva total existente (9) y, aunque su velocidad de transformación en formas aprovechables

no supera el 2% al año (13), existen casos en los que alcanza a suplir los requerimientos de muchos cultivos.

Azufre inorgánico

Las principales formas inorgánicas del azufre son los sulfatos, SO_4^{2-} , los sulfuros, S^{2-} , el azufre elemental, S^0 , el sulfito, SO_3^{2-} , el tiosulfato, $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ y el tetratioato, $\text{S}_4\text{O}_6^{2-}$. El sulfato es más frecuente en suelos agrícolas bien aireados. Los sulfuros constituyen menos del 1% del azufre total y, la presencia de tiosulfato y tetratioato sólo se detecta en suelos que han sido abonados con fertilizantes que contienen azufre (3). Las formas de azufre inorgánico pueden hallarse en los suelos, combinadas con el calcio, el magnesio, el potasio, el sodio y el amonio.

Azufre disponible

Como se mencionó anteriormente, la forma disponible o aprovechable de azufre por las plantas es el sulfato. Para su valoración, algunos investigadores proponen cuatro

rangos (10), que en la actualidad sirven como base para la fertilización de una amplia gama de cultivos (Tabla 1); sin embargo, éstos no han sido validados para la fertilización del café en las condiciones de Colombia.

De acuerdo con la anterior clasificación, los estudios de algunos suelos de la Zona Andina, Valles Interandinos, Caribe y Llanos Orientales de Colombia (10), presentan bajos contenidos de azufre disponible (menores de 10 ppm). Situación similar ha sido registrada en algunos cafetales de Nariño, Cauca, Risaralda, Huila, Caldas, Tolima y Quindío, donde los promedios fueron inferiores a 10 ppm (14, 16).

Diferentes factores se asocian con los bajos contenidos de azufre disponible en el suelo, es así como suelos agrícolas de textura arenosa, con niveles de materia orgánica inferiores al 4% (17) y pH por encima de 6,5 (8), frecuentemente presentan valores bajos, de acuerdo con los rangos descritos en la Tabla 1.

Tabla 1. Clasificación general del azufre disponible del suelo.

Clasificación	Nivel de sulfatos (ppm)
Muy Bajo	Menor que 5
Bajo	Entre 5,1 y 10
Medio	Entre 10,1 y 15
Alto	Mayor que 15

Estado del azufre en los suelos de la zona cafetera colombiana

Para evaluar el estado del azufre en los suelos de la zona cafetera colombiana y su relación con las demás características químicas del suelo se determinaron los contenidos de este elemento, además del pH, la materia orgánica, el fósforo, el potasio, el calcio, el magnesio y el

aluminio, en 17 suelos representativos de la zona cafetera colombiana (Figura 2); 11 de ellos de origen volcánico y pertenecientes a los departamentos de Antioquia, Caldas, Cauca, Cundinamarca, Huila, Nariño, Quindío, Risaralda, Santander, Tolima y Valle del Cauca (Tabla 2).

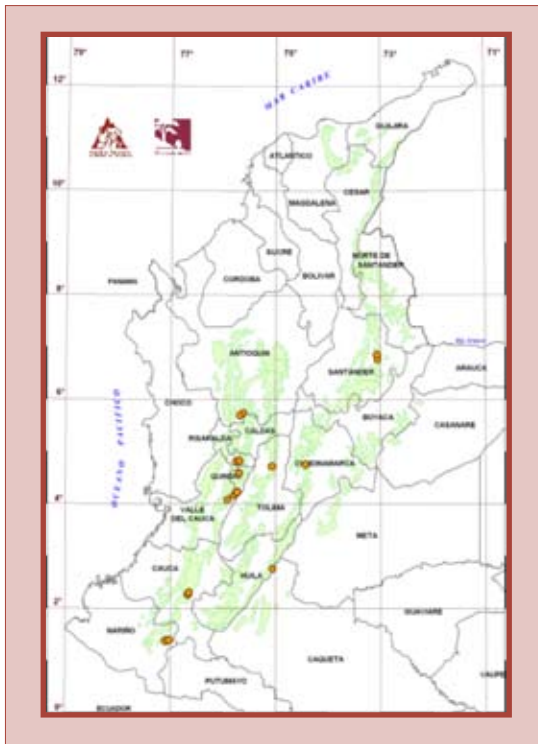


Figura 2. Ubicación geográfica de los suelos estudiados respecto a los contenidos de azufre en el suelo.

Tabla 2. Características climáticas y unidad cartográfica de los suelos evaluadas en las localidades de la zona cafetera.

Departamento	Municipio	Localidad	Unidad de suelos	Altitud (m)	Temperatura (°C)	Precipitación (mm/año)
Antioquia	Venecia	S.E. El Rosario	Chinchiná*	1.600	20,1	2.504
Caldas	Chinchiná	F. La Cristalina	Chinchiná*	1.400	20,8	2.656
Caldas	Chinchiná	E.C. Naranjal	Chinchiná*	1.400	20,8	2.656
Cauca	El Tambo	F. Atlanta	Timbío*	1.700	18,4	2.003
Cauca	El Tambo	F. El Rastrojo	Timbío*	1.760	18,4	2.003
Cundinamarca	Sasaima	S.E. Sta Bárbara	Chinchiná*	1.450	20,3	2.560
Nariño	La Unión	F. San Miguel	Consacá*	1.800	18,8	2.895
Nariño	La Unión	F. El Pará	Doña Juana*	1.710	18,8	2.895
Quindío	Buenavista	S.E. Paraguaicito	Montenegro*	1.250	21,6	2.119
Risaralda	Pereira	S.E. La Catalina	Chinchiná*	1.350	21,6	2.062
Tolima	Líbano	S.E. La Trinidad	Líbano*	1.430	20,0	2.128
Antioquia	Venecia	F. El Amparo	Venecia	1.900	20,1	2.504
Huila	Gigante	F. Sta Rosa	La Cristalina	1.500	19,7	1.324
Quindío	Buenavista	F. San Alberto	Buenavista	1.550	21,6	2.119
Santander	Floridablanca	F. Gualilo	Paujil	1.495	19,6	1.400
Santander	Floridablanca	S.E. San Antonio	Paujil	1.495	19,6	1.400
Valle	Sevilla	F. La Playa	Parnaso	1.500	19,2	2.037

*Suelos derivados de cenizas volcánicas.

F. Finca; S.E. Subestación; E.C. Estación Central.

Los resultados obtenidos muestran que las reservas totales de azufre en todos los suelos evaluados pueden considerarse bajas (entre 321 y 1.316 ppm), en com-

paración con los valores registrados para cafetales de Centroamérica y algunos suelos cultivados en Colombia (Tabla 3).

Tabla 3. Contenidos de azufre y características químicas de los suelos analizados.

Departamento	Municipio	Localidad	Contenido de azufre (ppm)			pH	M.O. (%)	P (ppm)	K	Ca	Mg	Al
			TOTAL	ORG.	INORG							
Antioquia	Venecia	S.E. El Rosario	806	432	374	4,8	18	11	0,28	1	0,5	0
Caldas	Chinchiná	F. La Cristalina	987	553	434	5,2	10	23	0,22	3,4	0,9	0
Caldas	Chinchiná	E.C. Naranjal	1.316	940	376	4,9	18	35	0,11	0,3	0,2	0
Cauca	El Tambo	F. Atlanta	1.299	675	624	5,3	27	19	0,31	2,9	1,1	0
Cauca	El Tambo	F. El Rastrojo	905	678	227	5	9,4	3	0,59	2,9	1,1	0,46
Cundinamarca	Sasaima	S.E. Sta Bárbara	1.299	780	519	4,6	25	11	0,25	0,9	0,4	1,3
Nariño	La Unión	F. San Miguel	444	168	276	4,9	5,7	43	0,27	4	0,9	0,36
Nariño	La Unión	F. El Pará	1.217	613	604	5,1	21	9	0,21	4,3	1,2	0,62
Quindío	Buenavista	S.E. Paraguaicito	929	487	442	5,5	7,5	19	0,66	7,2	1,5	0
Risaralda	Pereira	S.E. La Catalina	905	483	422	5,1	7,4	3	0,44	1,3	0,3	0
Tolima	Líbano	S.E. La Trinidad	979	719	260	5,2	18	8	0,44	3,6	0,9	0
Antioquia	Venecia	F. El Amparo	493	410	83	4,6	7,4	4	0,62	2,1	1,1	6,2
Huila	Gigante	F. Sta Rosa	321	87	234	5	2,6	31	0,17	0,5	0,3	0,32
Quindío	Buenavista	F. San Alberto	674	480	194	5,1	7,4	19	0,12	2,1	0,2	0,7
Santander	Floridablanca	F. Gualilo	444	409	35	5,2	13	30	0,88	7,2	2,4	0
Santander	Floridablanca	S.E. San Antonio	477	412	65	5,1	5,7	12	0,12	3,5	0,9	0
Valle	Sevilla	F. La Playa	493	450	43	5,2	7,6	6	0,95	4,5	2	0
PROMEDIO			822,82	516,24	306,59	5,05	12,39	16,82	0,39	3,04	0,94	0,59
CV (%)			41,06	40,7	61,59	4,65	59,25	71,83	67,46	67,51	66,12	254,64

CV: Coeficiente de variación

Los contenidos de la forma orgánica de azufre estuvieron entre 87 y 940 ppm, representando entre el 27 y el 92% del azufre total, y los niveles de azufre inorgánico fluctuaron entre 35 y 624 ppm (entre el 7 y el 73% del contenido total).

En la Figura 3 se representa la distribución porcentual de las formas orgánicas e inorgánicas de azufre, cuya suma constituye el azufre total.

En todos los predios evaluados, la materia orgánica confirmó su bondad como reserva natural de azufre, pues los suelos que presentaron altos contenidos reflejaron una mayor acumulación

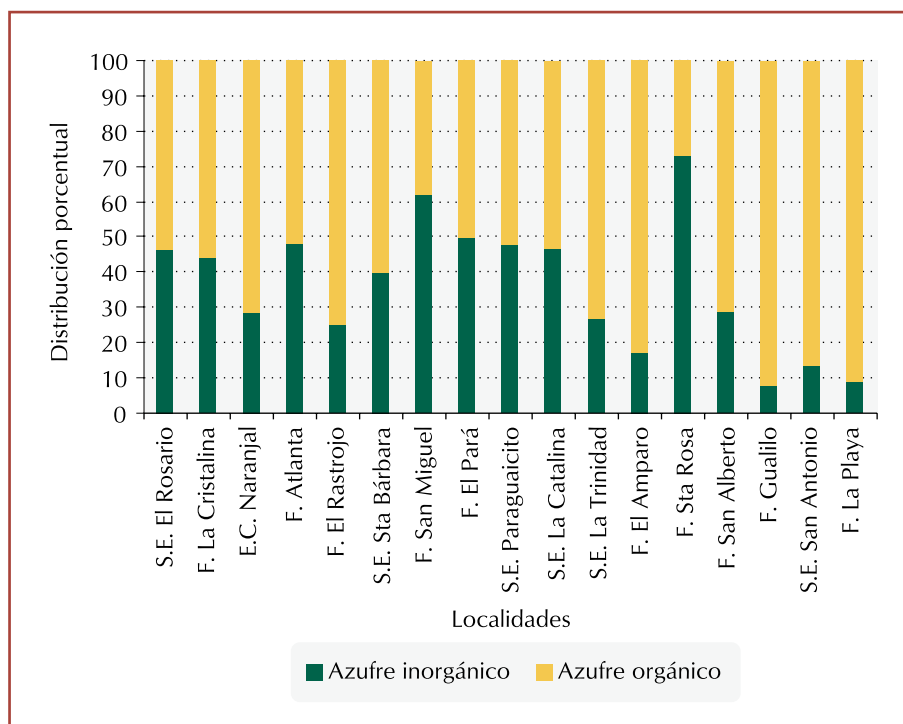


Figura 3. Distribución porcentual del azufre en forma orgánica e inorgánica en los suelos evaluados de la zona cafetera colombiana.

de azufre en forma orgánica (Figura 4), fenómeno que también contribuyó a enriquecer el azufre total, como lo indica la Figura 5. No obstante, en cuanto al azufre

disponible se refiere, 12 de las 17 localidades presentaron niveles inferiores a 10 ppm (Figura 6).

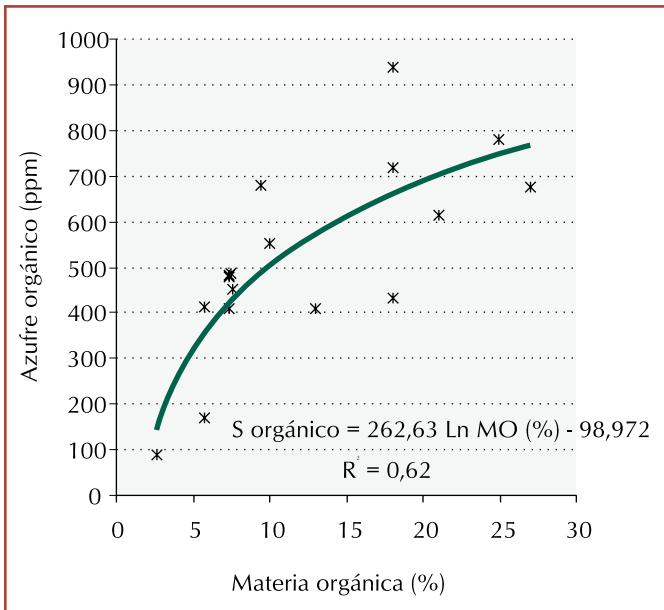


Figura 4. Incrementos en los contenidos de azufre en forma orgánica en función de los niveles de materia orgánica.

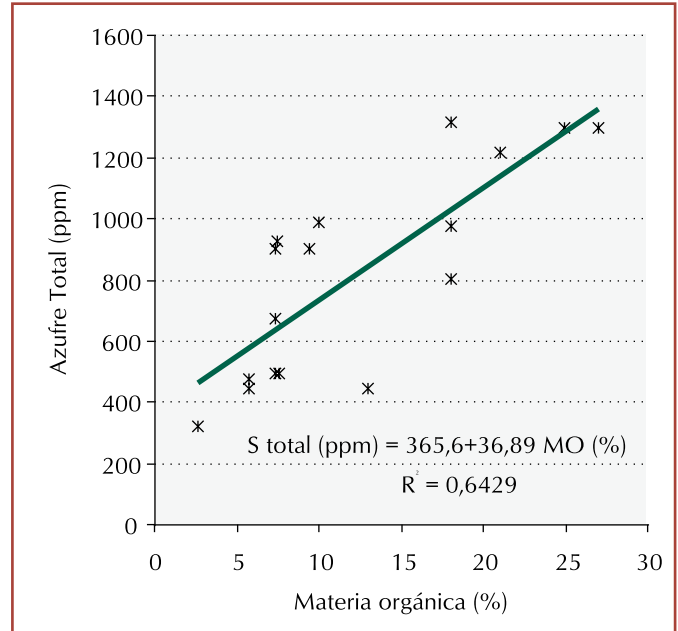


Figura 5. Incrementos en el azufre total en función de los niveles de materia orgánica.

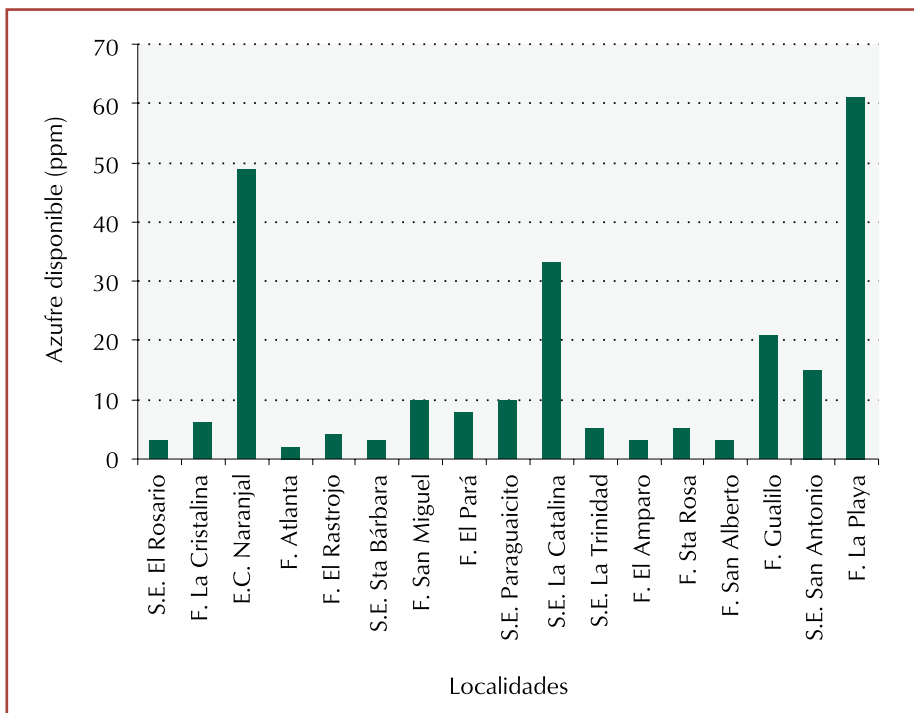


Figura 6. Contenidos de azufre disponible (SO₄²⁻) en los suelos analizados de la zona cafetera colombiana.

No se encontró una clara relación entre los contenidos de materia orgánica y los niveles de azufre disponible del suelo, razón de ello es que en las fincas La Playa (Valle del Cauca) y La Catalina (Risaralda), con contenidos de materia orgánica inferiores a 7,6%, los niveles de azufre disponible fueron muy altos (61 y 33 ppm, respectivamente). En contraposición, en las fincas Atlanta (Cauca), El Rosario (Antioquia) y La Trinidad (Tolima), donde los niveles de materia orgánica estuvieron entre el 18 y el 27% (rangos altos), el azufre disponible estuvo por debajo de las 5 ppm.

Tampoco se cuenta con argumentos suficientes para afirmar que el pH del suelo condiciona la disponibilidad de este elemento, debido a que en las diferentes localidades los rangos registrados no eran muy disímiles (entre 4,6 - 5,5).

Por último, cabe resaltar que los contenidos de fósforo, potasio, calcio, magnesio y aluminio, no estuvieron asociados, positiva o negativamente, con los contenidos de azufre disponible en los diferentes suelos objeto de estudio.

Consideraciones finales

- La materia orgánica constituye una importante reserva natural de azufre en el suelo, pero ésta no determina la disponibilidad del azufre para los cafetos en los suelos de la zona cafetera colombiana.
- El origen volcánico de los suelos no asegura el suministro inmediato de azufre aprovechable para las plantas.
- En los suelos de la zona cafetera colombiana no hay evidencias claras que relacionen la disponibilidad de azufre con los niveles de pH, fósforo, potasio, calcio, magnesio y aluminio.
- En la actualidad Cenicafé adelanta experimentos para determinar el efecto de algunos fertilizantes que aportan azufre sobre la producción y calidad de café.

Agradecimientos

A los propietarios y administradores de las fincas donde fueron tomadas las muestras de suelo.

En Cenicafé a la Dra. Esther Cecilia Montoya, al Dr. Eduardo Hernández y a Flor A. Pulido.

LITERATURA CITADA

1. 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).
2. BURBANO, O., H. El azufre: dinámica en el suelo en el suelo. In: Seminario sobre el azufre. Relación suelo - planta - animal. Pasto, Mayo 29, 1987. Pasto, Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas, 1987. p 29 - 56.
3. 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, 2001. p 24 - 49.
4. ELLERT, B. H.; BETTANY, J.R. Temperature dependence of net nitrogen and sulfur mineralization. Soil Science Society of America Journal 56:1133-1141. 1992.

5. EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. Mineral nutrition of plants: Principles and perspectives. 2. ed. Sunderland, Sinaur Associates, 2004. p. 44-45.
6. GONZÁLEZ O., H. Disponibilidad del azufre en algunos suelos de la zona cafetera colombiana y su relación con la fertilización. Manizales, Universidad de Caldas. Facultad de Ciencias Agropecuarias, 2003. 79 p. (Tesis: Ingeniero Agrónomo).
7. GUERRERO R., 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.
8. HAVLIN, L. J.; BEATON, D. J.; TISDALE, L. S.; NELSON, L. W. Soil fertility and fertilizers. Sulfur, Calcium and Magnesium. 6. ed. New Jersey, Prentice Hall, 1999. p. 217-244.
9. JANZEN, H., ELLERT, B. Sulfur Dynamics in cultivated, temperate agroecosystems. In: Douglas, G.; Maynard, D. G. (Eds.). Sulfur in the environment. New York, Marcel Dekker, 1998. p. 11-44.
10. LORA, S. R. El Azufre en la agricultura colombiana. Convenio ICA- Monómeros. Informe final, Fase I, Bogotá, Instituto Colombiano Agropecuario, 1992. 65 p.
11. MACDONALD, N.W.; ZAK, D.R.; PREGITZER, K.S. Temperature effect on kinetics of microbial respiration and net nitrogen and sulfur mineralization. Soil Science Society of America Journal 59:233-240. 1995.
12. MALAVOLTA, E. Balance del azufre en la agricultura americana. Suelos Ecuatoriales 20 (1): 59-68. 1990.
13. SAGGAR, S.; BOLAN, N. S. Secondary nutrients: Sulphur, calcium and magnesium. In: Benbi, D.K.; Nieder, R. (Eds.). Handbook of processes and modeling in the soil-plant system. New York, Food Products Press, 2003. p 562-563.
14. SALGADO, A. N. Informe final práctica institucional. Chinchiná, Cenicafé, 1999. 74 p.
15. SAMPAIO E.; FAQUIN V.; GONTIJO P. Relações entre teores foliares de nutrientes e produção do cafeeiro (Coffea arabica L.) submetido a doses de calcário e gesso. Ciência e Agrotecnologia., Lavras, 23 (4): 857-864. 1999.
16. TIBAQUIRÁ, H. Determinación de los niveles de Azufre disponible en los suelos de las Subestaciones Experimentales Maracay y Líbano. Chinchiná, Cenicafé, 1999. 39 p. (Informe final práctica institucional).
17. VALENCIA A., G. El Azufre en la nutrición del café. Chinchiná, Cenicafé, 1992. 8 p.

CAFICULTOR

La materia orgánica puede llegar a suplir los requerimientos de azufre para el café, siempre y cuando las condiciones y aireación del suelo permitan su mineralización

Edición: Héctor Fabio Ospina Ospina
Sandra Milena Marín López
Fotografía: Siavosh Sadeghian
Diagramación: Olga Lucía Henao Lema

Los trabajos suscritos por el personal técnico del Centro Nacional de Investigaciones de Café son parte de las investigaciones realizadas por la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Sin embargo, tanto en este caso como en el de personas no pertenecientes a este Centro, las ideas emitidas por los autores son de su exclusiva responsabilidad y no expresan necesariamente las opiniones de la Entidad.

Cenicafé
Centro Nacional de Investigaciones de Café
"Pedro Uribe Mejía"

Chinchiná, Caldas, Colombia
Tel. (6) 8506550 Fax. (6) 8504723
A.A. 2427 Manizales
www.cenicafe.org
cenicafe@cafedecolombia.com