



LA DENSIDAD APARENTE EN SUELOS DE LA ZONA CAFETERA Y SU EFECTO SOBRE EL CRECIMIENTO DEL CAFETO

Alveiro Salamanca-J.*; Siavosh Sadeghian-Kh.*

Las propiedades físicas del suelo influyen en el desarrollo radical de las plantas y por ende, en la productividad de los cultivos (8). Entre estas propiedades, la densidad aparente es una de las más importantes debido a su relación con otras características del suelo como la porosidad, la retención de humedad, la permeabilidad al agua y al aire, la penetrabilidad de las raíces y la actividad microbiana (2, 10). A su vez, la densidad depende del material parental y es afectada por la estructura, la materia orgánica, la textura y el manejo del suelo.

La densidad aparente se define como la relación entre el peso del suelo seco y el volumen que ocupa, incluyendo su espacio poroso.

Puede determinarse en el campo utilizando los rayos gamma o en el laboratorio con métodos comunes como el cilindro, el terrón o la excavación (4).

Se utiliza para realizar diferentes cálculos y determinaciones como:

- La porosidad total del suelo.
- El contenido volumétrico de agua en una capa de suelo.
- El coeficiente de expansión lineal (COEL).
- La condición física del suelo a diferentes profundidades del perfil.
- La conversión de valores de peso a volumen.

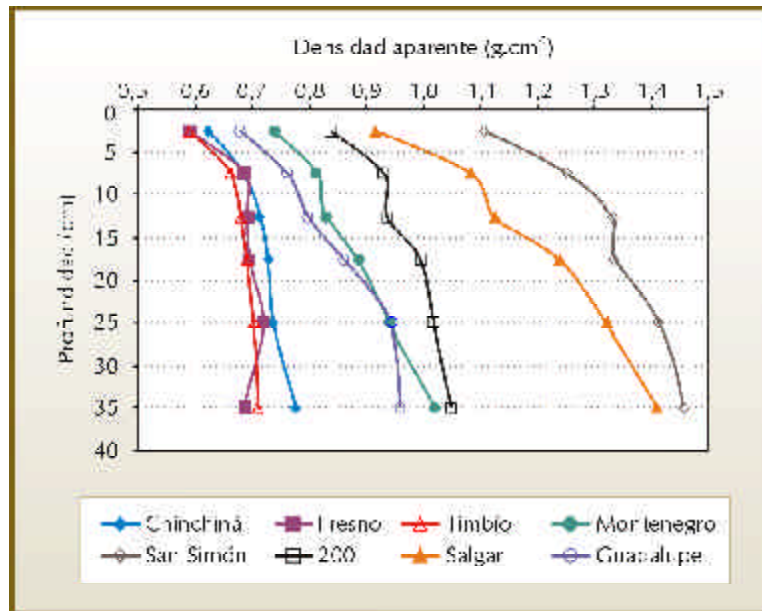


* Asistente de investigación. Suelos. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafe. Chinchiná, Caldas, Colombia.

- La clasificación de los suelos orgánicos y derivados de cenizas volcánicas.
- Lámina de agua.
- Estimación tentativa de la reserva de nutrientes del suelo.

LA DENSIDAD APARENTE EN LOS SUELOS DE LA ZONA CAFETERA DE COLOMBIA

En esta zona, la productividad del suelo y la producción del cultivo de café dependen del volumen efectivo de suelo explorado por las raíces de las plantas (9), el cual puede calcularse para una determinada profundidad con base en la densidad aparente, la porosidad total y el contenido de humedad a capacidad de campo. Como los suelos de la región cafetera provienen de distintos materiales parentales, propiedades como la densidad aparente, presentan una gran variación, principalmente en el área donde crecen las raíces de las plantas, entre 0 y 40 cm, como resultado de la interacción de los factores antes mencionados; incluso, pueden variar entre suelos derivados de un mismo material parental (Figura 1).



● ● ● Figura 1. Comportamiento de la densidad aparente a través del perfil, en ocho unidades de suelo representativas de la zona cafetera colombiana.

En las unidades Chinchiná, Fresno y Timbío, originadas a partir de cenizas volcánicas, la densidad aparente oscila entre 0,5 y 1,0 g.cm³, y presenta poca variación a través del perfil, obteniéndose los valores más bajos en los primeros 5 cm. En los suelos de la unidad Montenegro, también de origen volcánico pero con menores contenidos de materia orgánica y altos porcentajes de arenas, se observa una mayor densidad, la cual aumenta conforme se profundiza en el perfil.

Entre las unidades derivadas de rocas ígneas, la densidad aparente es menor en la unidad 200 debido a que los basaltos de grano fino dan lugar a una textura arcillosa, mientras que partículas grandes de granito biotítico (Unidad San Simón), originan texturas arenosas con una menor porosidad y mayor peso seco por unidad de volumen.

En suelos menos profundos y originados a partir de otros materiales, como los encontrados en las Unidades Salgar y Guadalupe, aumenta la variabilidad de la densidad al profundizar en el perfil. Pueden encontrarse valores bajos de densidad aparente de 0,3 - 0,7 g.cm³, en suelos con aportes continuos de residuos orgánicos, por ejemplo, bos-

ques, guadales o cafetales con sombrío de guamo, hasta densidades altas a muy altas, entre 1,2 y 1,5 g.cm⁻³, en sitios con bajos contenidos de materia orgánica y presencia de material parental consolidado cerca a la superficie (20 - 30cm de profundidad).

EFECTO DE LA DENSIDAD APARENTE SOBRE EL CRECIMIENTO DEL CAFÉ

Con el propósito de estudiar el efecto de la densidad aparente del suelo sobre el crecimiento del café hasta los siete meses de edad, se llevó a cabo un experimento bajo condiciones

controladas en la Estación Central Naranjal de Cenicafé entre abril y noviembre de 2003. Se utilizaron dos suelos provenientes de las unidades Chinchiná y San Simón, con valores contrastantes

de densidad aparente y material de origen (Figura 2). Las características físicas y químicas más importantes de estos suelos se presentan en las Tablas 1 y 2, respectivamente.



• • • Figura 2. Suelos de las Unidades Chinchiná (materos azules) y San Simón (materos rojos) con diferentes valores de densidad aparente.

Tabla 1. Clasificación taxonómica y caracterización física de dos suelos provenientes de las unidades Chinchiná y San Simón.

Unidad de suelo	Ubicación geográfica	Clasificación taxonómica	Material parental	Prof.	DA	DR	MaF	MeP	MiP	CH	A	L	RF
				(cm)	(g.cm ⁻³)		(%)			(cm.h ⁻¹)	(%)		(kg.cm ⁻²)
Chinchiná	Chinchiná Caldas	Melanudands	Ceniza volcánica	0-15	0,78	2,55	21,32	17,32	28,02	24,46	49,08	30,92	1,19
				15-30	0,74	2,42	20,13	20,44	28,84	5,73	48,37	35,68	1,92
San Simón	Ibagué Tolima	Eutropepts	Granito botítico	0-15	1,30	2,64	18,65	13,34	18,73	43,97	53,97	17,13	2,22
				15-30	1,39	2,68	20,26	11,32	18,89	30,72	54,88	17,36	3,38

DA: Densidad aparente, DR: Densidad real, MaF: Macroporos, MeP: Mesoporos, MiP: Microporos, CH: Conductividad hidráulica, A: Arenas, L: Limos, RF: Resistencia a la penetración.

Tabla 2. Características químicas de dos suelos provenientes de las unidades Chinchiná y San Simón.

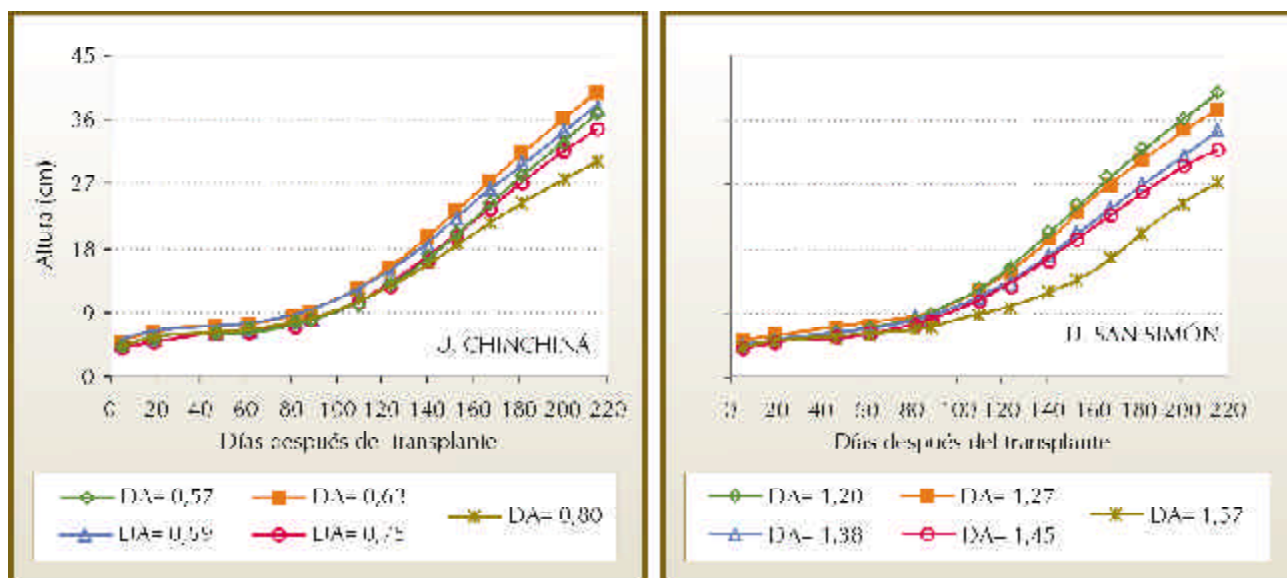
Unidad de suelo	Prof. (cm)	pH	N (%)	MO (%)	K	Ca	Mg	Na	Al	CIC	P	ppm					
												Fe	Mn	Zn	Cu	B	S
Chinchiná	0-15	5,0	0,17	12,2	0,25	1,0	0,1	0,01	1,7	13	32	137	23	6	21	0,6	19,7
	15-30	5,7	0,40	9,9	0,10	0,2	0,1	0,02	0,9	15	2	192	11	2	8	0,3	9,4
San Simón	0-15	5,9	0,32	7,5	0,31	9,7	3,1	0,02	0,1	12	17	238	93	3	2	0,9	2,1
	15-30	5,9	0,24	5,4	0,22	8,0	3,0	0,03	0,0	12	9	236	58	2	2	0,7	1,6

Para cada unidad de suelo se evaluaron cinco tratamientos que incluyeron: la densidad aparente determinada en el campo (DAC) y este valor aumentado y reducido en 10 y 20% respectivamente, mediante la adición y compactación del suelo en materos plásticos de 9,5 litros. En cada matero se transplantó una chapola de café variedad Caturra de 45 días de emergencia. Durante 216

días se midió la altura cada 15 días y finalmente, se determinó el peso seco de las plantas y el contenido foliar de elementos.

En la Figura 3, se observa que las dos unidades mostraron comportamientos similares en la altura del café a través del tiempo, independientemente de los valores de la densidad. Para la unidad Chinchiná,

la altura de las plantas presentó igual comportamiento en todos los tratamientos hasta los 153 días después del transplante, fecha en la cual comenzaron a observarse marcadas diferencias principalmente entre los valores medios de densidad (0,63 y 0,69 g.cm⁻³) y la densidad más alta (0,80 g.cm⁻³), en la cual hubo menor crecimiento de las plantas de café.

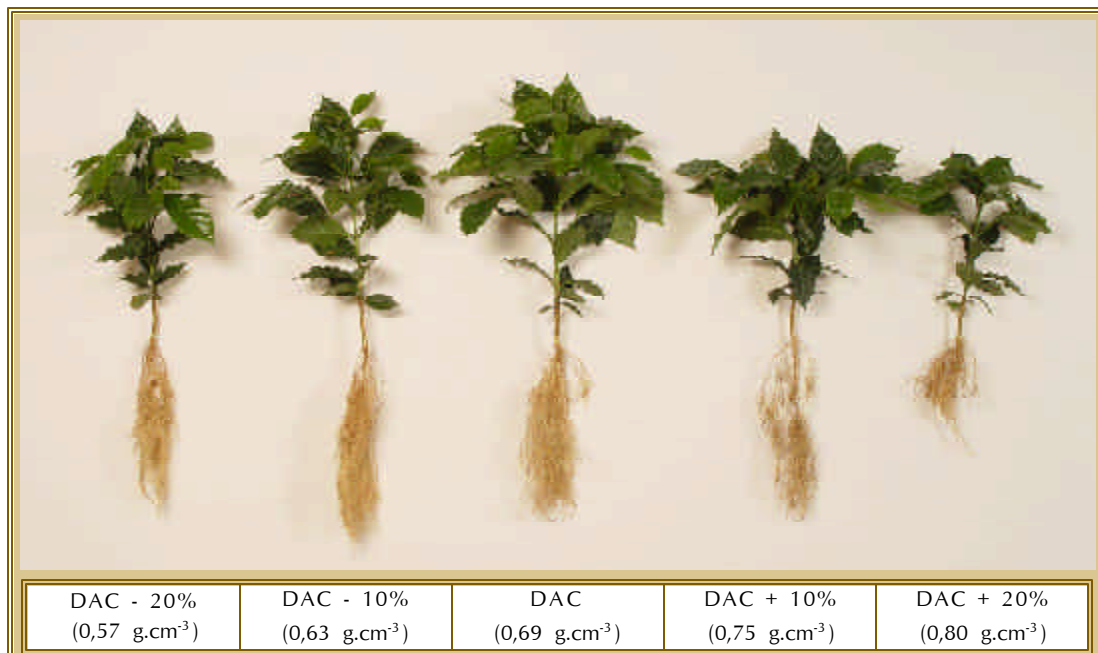


• • • Figura 3. Altura del café en el tiempo para dos unidades de suelo con diferentes densidades aparentes.

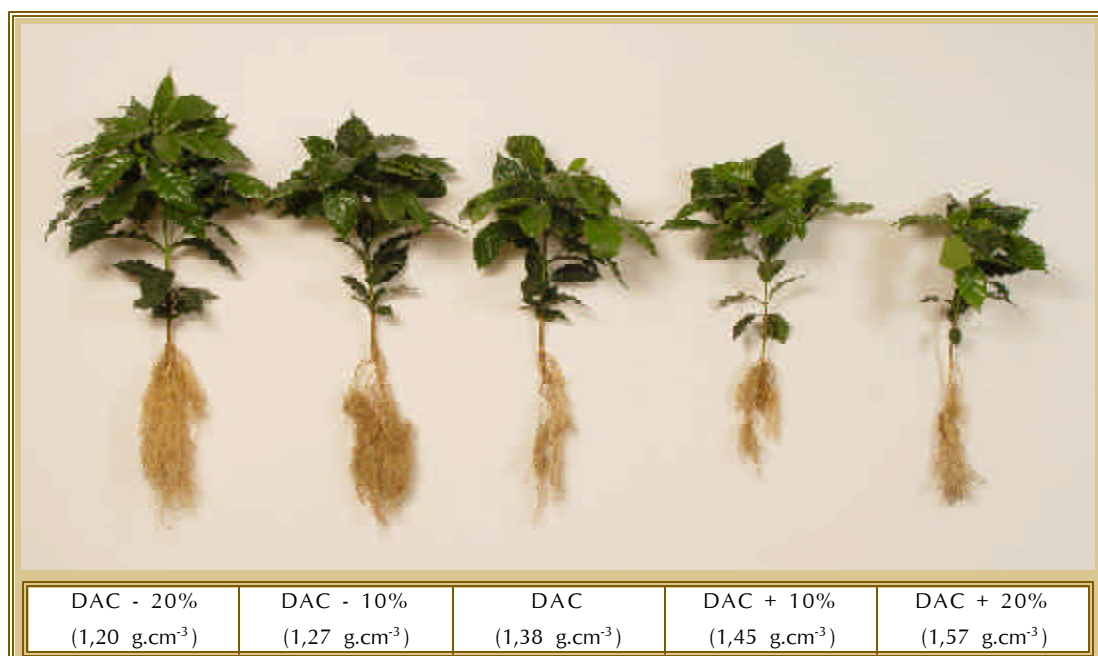
En la unidad San Simón, las diferencias se registraron desde el día 82 y se acentuaron a través del tiempo hasta la evaluación final. El mayor crecimiento se registró para la me-

nor densidad aparente ($1,20 \text{ g.cm}^{-3}$) y conforme aumentó este valor, se redujo de manera proporcional la altura de las plantas. Las diferencias en crecimiento de las plantas de

café observadas al final del experimento para las dos unidades de suelo se aprecian en las Figuras 4 (Unidad Chinchiná) y 5 (Unidad San Simón).

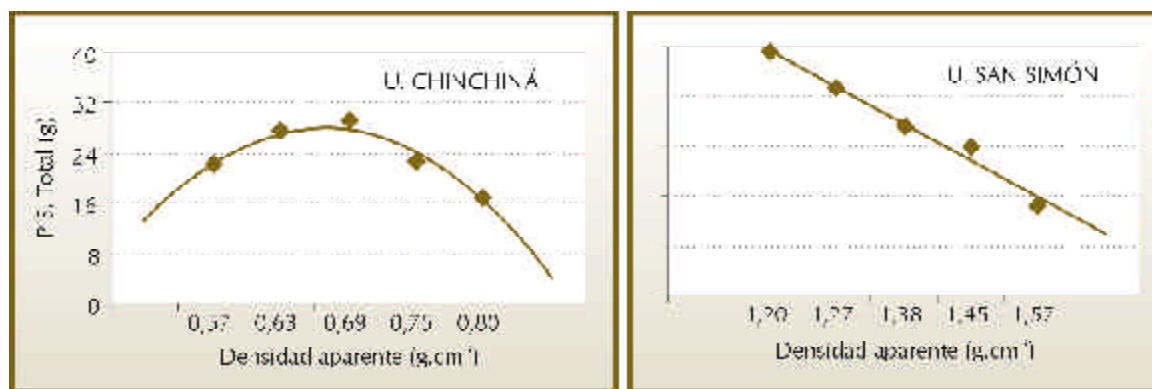


• • • Figura 4. Crecimiento de las plantas de café en suelos de la Unidad Chinchiná con diferentes valores de densidad aparente.



• • • Figura 5. Crecimiento de las plantas de café en suelos de la Unidad San Simón con diferentes valores de densidad aparente.

La variable peso seco de las plantas tuvo un comportamiento similar al observado en la variable crecimiento, para las dos unidades de suelo. En la Figura 6, se observan las tendencias y los valores promedio del peso seco de las plantas desarrolladas en suelos con diferentes densidades aparentes. Estos valores muestran que en suelos de la unidad Chinchiná la densidad aparente óptima para el desarrollo del café durante la etapa vegetativa inicial corresponde a $0,67 \text{ g.cm}^{-3}$, valor cercano a los registrados en el campo; mientras que en la unidad San Simón los mejores valores de crecimiento se obtienen al reducir dicha densidad. Por tanto, para lograr un buen crecimiento de las plantas de café en la etapa de establecimiento, los suelos de la unidad Chinchiná deben manejarse con prácticas culturales que minimicen los riesgos de compactación o suelo muy suelto, mientras que el manejo de suelos de la unidad San Simón, debe orientarse a reducir en algún grado su densidad aparente mediante la aplicación de compuestos orgánicos, entre otras prácticas.



• • • Figura 6. Valores promedio de peso seco total (P.S.T.) de las plantas de café establecidas en dos unidades de suelo con diferentes densidades aparentes (DA).

En la Tabla 3, se presentan los contenidos foliares de elementos en las plantas de café para las dos unidades de suelo. En la Unidad San Simón, los mayores contenidos de K, Ca y Fe, están asociados con su fertilidad natural proveniente de la meteorización de minerales ricos en Fe y Mg (biotita); mientras que la mayor absorción de Mn, Cu y B en la unidad Chinchiná, se relaciona con los niveles de pH y materia orgánica (MO). Según Fageria et al. (5) y Loué (6), estos factores (nivel de fertilidad, pH y MO), juegan un papel importante tanto en la disponibilidad de los elementos en el suelo como en la nutrición de las plantas. Referente a la densidad aparente, esta característica afectó principalmente los contenidos de Ca, Mg y Cu en Chinchiná y P, Mn, Cu y B en San Simón, efectos que pudieron estar influenciados por los factores ya mencionados, además de la humedad y la porosidad del suelo.

Tabla 3. Promedios y desviaciones de los contenidos foliares de elementos en plantas de café, para dos unidades de suelo.

Unidad de suelo		N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	B
		(%)					(ppm)				
Chinchiná	Prom.	3,44	0,14	1,00	0,83	0,40	97,85	287,23	10,83	11,34	29,56
	CV(%)	5,94	16,80	42,81	32,34	36,63	23,42	16,44	14,04	15,57	16,40
San Simón	Prom.	3,76	0,21	1,51	1,61	0,46	169,55	225,63	12,80	6,20	15,93
	CV(%)	7,03	18,83	11,34	11,03	9,72	26,38	36,33	11,06	26,34	26,00

Todos los resultados corroboran que las condiciones físicas derivadas de la compactación del suelo tienen efectos negativos sobre el crecimiento del café durante los primeros siete meses de edad. Algunos autores registran que tanto la compactación como el suelo muy suelto, reducen en algunos casos el crecimiento de las plantas (7), debido a que limitan la absorción de agua y nutrientes (1, 3). Sin embargo, el desarrollo del café no solo es afectado por la densidad aparente sino también por características interrelacionadas como la humedad y la porosidad, unidas al material parental y la fertilidad natural del suelo, aún en las mismas condiciones ambientales.

Dado que los efectos de la compactación del suelo sobre el crecimiento de las plantas en esta etapa pueden reflejarse más tarde en la fase de producción, en aquellos suelos con alta densidad aparente como los de las unidades San Simón y Salgar, o en suelos de la unidad 200 con bajos contenidos de materia orgánica, se re-

comienda considerar esta propiedad al momento de la siembra. Es necesario hacer hoyos de mayor tamaño e incorporar en estos una buena cantidad de materia orgánica con el fin de reducir la densidad del suelo, mejorar el contenido de nutrientes y permitir un buen anclaje y desarrollo de las raíces. Si se crean las condiciones físicas necesarias para que la planta de café crezca bien, desde sus etapas iniciales, se puede esperar un mejor desarrollo y producción del café.

Una vez establecido el cafetal, el manejo del suelo debe orientarse a conservar o mejorar sus condiciones físicas y a protegerlo de la erosión. Algunas prácticas como el manejo integrado de arvenses y la adición de residuos orgánicos, por ejemplo, pulpa descompuesta, ramas de café después del zoqueo, hojarasca, etc., contribuyen a reducir la compactación, mantener la humedad, mejorar la agregación y aumentar la porosidad del suelo y a favorecer el desarrollo adecuado de las raíces del cultivo.

En aquellos suelos con densidades bajas o medias como los de las unidades Chinchiná, Fresno y Timbó, también deben considerarse las prácticas de manejo y conservación anteriormente mencionadas, y al mismo tiempo, evitar prácticas que alteren las condiciones del suelo hasta transformarlo en un suelo demasiado suelto.

En algunas ocasiones la densidad aparente es utilizada para estimar la cantidad de elementos en el suelo, incluso para calcular los requerimientos de fertilización sin tener en cuenta que la nutrición también se ve afectada por las características físicas que influyen sobre la relación suelo-aire-agua-planta. Con este estudio se corrobora la importancia que tiene la densidad aparente y su relación con las demás propiedades físicas del suelo sobre el crecimiento y desarrollo de la planta de café, independiente del contenido de nutrientes. Por tanto, debe tenerse cuidado en la interpretación de esta propiedad y no emplearla en la determinación de los requerimientos de fertilizantes para café.

LITERATURA CITADA

1. AMÉZQUITA, E. La fertilidad física del suelo. In: TRIANA, M. DEL P.; LORA, S, R.; GÓMEZ, M.I.; PEÑALOZA, G. Eds. Manejo integral de la fertilidad del suelo. Bogotá, Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, 2003. p. 165-176.
2. ARCILA, J. Factores que limitan el desarrollo de las raíces del café. Avances Técnicos Cenicafé No. 176: 1-8. 1992.
3. CLARK, L.J.; WHALLEY, W.R.; BARRACLOUGH, P.B. How do roots penetrate strong soil? Plant and Soil 255: 93-104. 2003.
4. CULLEY, L.B. Density and compressibility. In: CARTER, M. Ed. Soil sampling and methods of analysis. Boca Raton, Lewis Publishers, 1993. p. 529-539.
5. FAGERIA, N.K.; BALIGAR, B.C.; CLARK, R.B. Micronutrients in crop production. Advances in Agronomy 77:185-268. 2002.
6. LOUÉ, A. Los microelementos en agricultura. Madrid, Ediciones Mundi-Prensa, 1988. 354 p.
7. PASSIOURA, J.B. Soil conditions and plant growth. Plant Cell and Environment 25: 311-318. 2002.
8. SILVA, V.R. da; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M. Comparação entre os metodos do cilindro e do terrão na determinação da porosidade e da densidade do solo. Ciência Rural 30(6): 1065-1068. 2000.
9. SUÁREZ, S. Características físicas de los suelos de la zona cafetera colombiana, relacionadas con el uso manejo y conservación. In: Simposio Suelos de la Zona Cafetera Colombiana: Hacia el siglo XXI. Chinchiná, Julio 24-28, 2000. Memorias. Chinchiná, Cenicafé, 2000. (Ponencia en disco compacto).
10. WILD, A. Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russell. Madrid, Mundi-prensa, 1992. 1045 p.



Edición: Héctor Fabio Ospina Ospina
Fotografía: Gonzalo Hoyos Salazar
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
cenicafe@cafedecolombia.com