

CARACTERIZACIÓN DE LA FERTILIDAD DEL SUELO EN LA ZONA CAFETERA DEL VALLE DEL CAUCA MEDIANTE REGISTROS HISTÓRICOS¹

María Alejandra Patiño-González*; Siavosh Sadeghian-Khalajabadi**; Esther Cecilia Montoya-Restrepo***

RESUMEN

PATIÑO G., M.A.; SADEGHIAN KH., S.; MONTOYA R., E.C. Caracterización de la fertilidad del suelo en la zona cafetera del Valle del Cauca mediante registros históricos. Cenicafé 57(1):7-16.2006.

Se caracterizó la fertilidad de suelos cafeteros en 39 municipios de la zona cafetera del departamento del Valle del Cauca, utilizando 24.834 registros históricos de análisis químicos. Se realizaron análisis estadísticos a nivel de departamento y municipio, para pH, MO, P, K, Ca, Mg y Al. Se hicieron las agrupaciones de municipios para cada una de las propiedades químicas y para el conjunto de éstas, los análisis de cuartiles y multivariado, respectivamente. Con relación a las necesidades del cultivo de café, los suelos del departamento en general fueron considerados con contenidos medios en MO (8,01%) y K (0,40cmol_c.kg⁻¹), bajos en P (8,83mg.kg⁻¹), altos en Ca (7,64cmol_c.kg⁻¹) y Mg (2,66cmol_c.kg⁻¹), con acidez adecuada y sin problemas de Al. En los grupos de municipios conformados, los suelos presentaron tendencias similares a escala departamental, caracterizándose Jamundí y Cali por un pH menor que 5,0 y contenido de Al superior a 1cmol_c.kg⁻¹; La Unión y La Victoria por los menores porcentajes de MO (<5,0%); Vijes y Yumbo por los menores contenidos de P (<4,0mg.kg⁻¹), y El Cairo por el mayor nivel de K (>0,6cmol_c.kg⁻¹). Las propiedades que en mayor grado explicaron la variación total de la fertilidad del suelo fueron las relacionadas con la acidez (Ca, Mg, pH y Al).

Palabras claves: Suelos, fertilidad regional, zona cafetera, Valle del Cauca, mapas.

ABSTRACT

Soil fertility in 39 municipalities within the coffee zone of the department of Valle del Cauca was characterized using 24,834 historical registries of chemical analysis. Statistical analysis by department and by municipality, for pH, OM, P, K, Ca, Mg and Al, were carried out. The municipalities were grouped for each one of the chemical properties, and also for all of them, through quartile and multivariate analysis respectively. As for the coffee crop, the soils of the department in general exhibited medium contents of OM (8.01%) and K (0.40 cmol_c.kg⁻¹), low levels of P (8.83 mg.kg⁻¹), and high levels of Ca (7.64 cmol_c.kg⁻¹) and Mg (2.66 cmol_c.kg⁻¹), with a suitable acidity and without Al problems. In the groups of municipalities, the soils exhibited similar tendencies within a departmental range with the following characteristics: Jamundí and Cali with a pH under 5.0 and Al content over 1cmol_c.kg⁻¹; La Union and La Victoria with the lowest percentages of OM (<5.0%); Vijes and Yumbo with the lowest levels of P (<4.0 mg.kg⁻¹); and El Cairo with the highest level of K (>0.6 cmol_c.kg⁻¹). The properties that explained most of the total variation of soil fertility were the ones related to the soil acidity (Ca, Mg, pH and Al).

Keywords: Soils, regional fertility, coffee zone, Valle del Cauca, maps.

¹ Fragmento de la tesis "Caracterización de la fertilidad del suelo en la zona cafetera del departamento del Valle del Cauca", presentada a la Universidad de Caldas para optar al título de Ingeniera Agrónoma.

* Ingeniera Agrónoma, Universidad de Caldas. Q.E.P.D.

** Investigador Científico II. Suelos. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Chinchiná, Caldas, Colombia.

*** Investigador Científico III. Biometría. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Chinchiná, Caldas, Colombia.

Las características físicas, químicas y biológicas del suelo son heterogéneas, aún en cortas distancias, debido al efecto de la acción e interacción de los factores y procesos de formación del medio edáfico (13), hecho que se destaca en los suelos de la zona cafetera Colombiana por la diversidad de materiales de origen, el relieve y el clima del entorno (8).

La heterogeneidad del suelo ha sido ampliamente evaluada mediante levantamientos exploratorios, generales, semidetallados, detallados, y estudios ultradetallados orientados hacia el manejo de suelos por sitio específico (13).

Con relación a lo anterior, los estudios realizados por la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (FNC), han sido de carácter general y de cobertura regional, como los estudios de zonificación y diversificación en los departamentos cafeteros de Colombia (8), o los de división geográfica del área sembrada en café teniendo en cuenta la oferta ambiental con el estudio de Ecotopos Cafeteros (7), y más detallados como la mapeación de la fertilidad del suelo en la zona cafetera del municipio de Chinchiná, en 2.186 hectáreas (16).

Para el diagnóstico de la fertilidad del suelo el análisis químico es la herramienta más usada. Con éste, se evalúa la capacidad de un suelo para suministrar los nutrientes que las plantas requieren para su normal crecimiento y desarrollo (10, 9), con el fin de determinar deficiencia y/o toxicidad de los nutrientes y formular prácticas tendientes a la corrección y mantenimiento de la fertilidad del medio edáfico (9).

Los análisis químicos también permiten evaluar el estado de la fertilidad del suelo en regiones por medio de resúmenes (10), que muestren un panorama general resultando

útiles en la planificación del manejo de dicha fertilidad (5); estos resúmenes además sirven para la evaluación de planes de fertilización y para entender los factores de mayor influencia en la producción (14).

Los resultados de análisis de suelos realizados durante varios años han sido empleados en la determinación de porcentajes de muestras correspondientes a niveles bajo, medio y alto en diversos cultivos (1, 5, 17); en el estudio de tendencias de las propiedades del suelo por regiones, uso y tipo de suelo (19) y para controlar la calidad de los análisis químicos (4), entre otros.

La FNC, consciente de la importancia de este método de diagnóstico ha promovido su uso; por esta razón existen registros históricos de análisis de suelos realizados en los últimos 15 años.

El objetivo del presente estudio fue caracterizar la fertilidad del suelo para el cultivo de café en la zona cafetera del departamento del Valle del Cauca, empleando los registros históricos de análisis de suelos disponibles en ese departamento.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio. El departamento del Valle del Cauca se encuentra geográficamente ubicado entre los 3° 05' y 5° 01' de latitud Norte y 75° 42' y 77° 33' de longitud oeste, con un relieve caracterizado por vertientes erosionables, colinas, zonas de piedemonte y valles aluviales. Presenta una superficie de 21.240 km², de los cuales el 4,2% corresponden a la zona cafetera que se desarrolla en las cordilleras Occidental vertiente oriental y Central vertiente occidental, con suelos originados a partir de rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas recubiertos por cenizas volcánicas. La precipitación

se encuentra entre los 800mm en el Alto de Dagua y 4.000mm en los Farallones de Cali (6).

Información. Con los resultados de análisis de laboratorio realizados entre 1993 y 2003, y correspondientes a muestras de suelo tomadas en lotes cafeteros de 39 municipios del departamento, se generó una base de datos con 24.834 registros conformada por la información de pH, materia orgánica (MO), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y aluminio (Al), además de aquella concerniente al municipio donde fue tomada cada muestra de suelo.

Se asumió que todos los registros correspondían a muestras compuestas de suelos, conformadas por 10 a 15 submuestras por hectárea, tomadas a una profundidad de muestreo de 20cm (horizonte superficial), y provenientes de cafetales que indistintamente estuvieran plantados al sol o a la sombra.

Los datos de los análisis de suelos corresponden a valores determinados por las metodologías empleadas en el Laboratorio de Suelos de Cenicafé: pH por potenciómetro; MO por Walkley y Black y determinación por espectrofotómetro a 585nm; Bray II para P por colorimetría medida en espectrofotómetro a 660nm; potasio, calcio y magnesio con extracción con acetato de amonio 1N, pH= 7,0 y determinación por espectrofotometría de absorción atómica; y aluminio de extracción con KCl 1N, y valoración por espectrofotometría de absorción atómica.

Análisis estadístico. Para cada una de las propiedades químicas se hizo un análisis univariado identificando los valores mínimo y máximo, y estimando la media, mediana, moda, la desviación estándar y los coeficientes de variación, asimetría y curtosis, tanto a nivel departamental como municipal. Con los promedios de cada una de las propiedades

estimadas por municipio, y mediante el programa estadístico SAS V8, se obtuvieron las distribuciones de frecuencias, a partir de las cuales se determinaron los cuartiles, que permitieron clasificar los municipios en cuatro categorías o grupos.

Adicionalmente, se aplicó un análisis multivariado en el que se identificaron el 50% de las propiedades químicas con mayor peso en la variación total de la fertilidad del suelo mediante análisis de componentes principales, para agrupar los municipios en tres categorías, por medio de un análisis Cluster. Para cada grupo y propiedad se construyó el intervalo de confianza, y se compararon sus promedios por la prueba de Duncan al 5%.

Cuando se establecieron los grupos de municipios, se representaron los resultados en mapas por medio del sistema de información geográfico ILWIS 3.1, empleando información digitalizada correspondiente a la zona cafetera de cada municipio, suministrada por el Comité Departamental de Cafeteros del Valle del Cauca.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis univariado. Con relación a los requerimientos del cultivo del café en Colombia (18), y según el análisis descriptivo, los suelos de la zona cafetera del departamento del Valle del Cauca, presentaron contenidos medios de MO y K, bajos en P, con niveles de pH que sugieren una acidez adecuada, sin problemas de Al, y altos niveles de Ca y Mg (Tabla 1).

Según los coeficientes de variación, el pH tuvo baja variabilidad mientras que el P y el Al se caracterizaron por ser los más variables. A pesar de contar con un elevado número de muestras, estos coeficientes son inherentes

Tabla 1. Medidas de tendencia central, dispersión, asimetría y curtosis para cada una de las propiedades químicas de los suelos evaluadas en el Valle del Cauca.

Estadístico	pH	MO	P	K	Ca	Mg	Al
		(%)	(mg.kg ⁻¹)	(cmol _c .kg ⁻¹)			
Promedio	5,40	8,01	8,83	0,40	7,64	2,66	0,34
Mediana	5,40	7,30	4,00	0,31	6,70	1,90	0,10
Moda	5,40	5,50	2,00	0,18	3,70	0,60	0
Asimetría	0,24	0,88	4,83	4,41	1,59	2,51	4,48
Curtosis	1,23	0,73	27,33	42,87	4,21	8,41	30,77
CV (%)	8,75	47,32	193,31	86,67	68,65	96,76	198,02

a la naturaleza dinámica y a la variabilidad espacial de las propiedades químicas del suelo (11); pues según Ovalles (15), las propiedades del suelo se ven afectadas en mayor grado por el manejo dado.

La variación que presenta la MO podría relacionarse con la diversidad de materiales parentales, como cenizas volcánicas con altos contenidos de MO (unidades de suelo Chinchiná, Fondesa y Malabar), y suelos derivados de rocas ígneas con bajos porcentajes de MO (200 y Dovio) reportadas por FNC (6). El clima también influye sobre esta propiedad, pues a mayor temperatura la tasa de descomposición de la MO aumenta (13); en este sentido, el uso del suelo también afecta la actividad microbial ya que el microclima generado y el tipo de material orgánico aportado por los árboles de sombrío en cafetales, disminuye dicha actividad, contrario a lo que sucede en cafetales al sol (3).

En cuanto al contenido de P se refiere, los suelos derivados de cenizas volcánicas se caracterizan por tener una alta capacidad de fijación de este elemento. Dicha retención fue estudiada en seis unidades de suelo de la zona cafetera colombiana, y fue atribuida a los contenidos de Al en la unidad Chinchiná y al nivel de Fe en las unidades Fondesa y Malabar (2).

De acuerdo con el análisis descriptivo realizado por municipio, y a la agrupación de éstos por análisis de cuartiles, Jamundí y Cali se caracterizaron por una mayor acidez (valores de pH menores de 5,0 y Al superior a 1cmol_c.kg⁻¹), comportamiento relacionado con altas precipitaciones (4.000mm.año⁻¹), (12), que conducen al lavado de K, Ca y Mg del perfil (10); y a la presencia de bauxita (6). En El Dovio los suelos fueron más básicos (pH=6,0) y el comportamiento en los demás municipios fue intermedio entre estos (Tabla 2).

Los menores contenidos de Ca fueron registrados en Jamundí, Alcalá, Darién y Ulloa (<3,5cmol_c.kg⁻¹), resultando estos tres últimos también bajos en Mg (<0,9cmol_c.kg⁻¹); sin embargo, no se consideran críticos para el cultivo de café, y pueden deberse a la presencia de rocas básicas como basaltos, reportadas en el departamento por la FNC (6). Vijes y Yumbo exhibieron los contenidos más bajos de P (<4,0mg.kg⁻¹).

Los menores valores de MO (<5%) se observaron en los municipios de La Unión y La Victoria, los cuales, junto a Roldanillo, San Pedro y Obando, fueron clasificados en el cuartil 1 para dicha propiedad. Esta condición se explica por su ubicación altitudinal en la zona baja del departamento, donde la mayor temperatura favorece la mineralización.

Tabla 2. Número de muestras analizadas y promedios de las propiedades químicas en cada uno de los municipios cafeteros del Valle del Cauca.

Municipio	No. Muestras	pH	MO (%)	P (mg.kg ⁻¹)	(cmol _c .kg ⁻¹)			
					K	Ca	Mg	Al
Alcalá	848	5,07	9,34	14,02	0,43	3,41	0,80	0,62
Andalucía	58	5,46	7,37	8,13	0,35	8,77	4,11	0,13
Ans. Nuevo	1069	5,48	8,01	8,95	0,47	7,69	2,13	0,16
Argelia	766	5,71	8,65	10,54	0,54	9,32	2,44	0,09
Bolívar	757	5,79	5,68	10,12	0,43	10,20	2,94	0,02
Buga	286	5,42	9,97	6,61	0,35	7,90	2,49	0,20
B. La grande	638	5,39	6,13	7,17	0,29	9,18	3,78	0,21
Caicedonia	3111	5,31	6,85	11,99	0,41	6,32	1,84	0,38
Cali	338	4,97	9,61	9,45	0,33	5,55	2,65	1,01
Cartago	282	5,35	6,12	6,73	0,37	7,39	3,33	0,31
Dagua	698	5,46	7,09	8,23	0,43	8,15	3,32	0,19
Darién	433	5,26	14,2	4,49	0,29	3,37	0,90	0,51
El Águila	1224	5,43	9,80	10,16	0,41	7,10	1,92	0,23
El Cairo	801	5,81	8,75	11,23	0,67	10,50	2,68	0,03
El Cerrito	69	5,72	7,87	16,53	0,38	13,40	5,91	0,15
El Dovio	234	6,08	5,60	11,86	0,46	11,50	3,40	0,02
Florida	236	5,66	5,78	12,72	0,25	14,00	5,30	0,16
Ginebra	406	5,52	7,16	5,58	0,30	9,77	3,61	0,08
Guacarí	287	5,27	8,09	4,05	0,31	7,38	2,43	0,20
Jamundí	597	4,70	9,47	5,25	0,26	3,22	1,68	2,37
La Cumbre	465	5,38	10,3	4,63	0,38	6,21	2,11	0,22
La Unión	218	5,95	4,93	11,46	0,46	13,70	6,06	0,01
La Victoria	254	5,29	3,77	13,77	0,38	8,97	4,15	0,36
Obando	308	5,41	4,68	8,12	0,35	9,19	3,63	0,34
Palmira	201	5,51	7,68	11,22	0,42	15,50	6,63	0,48
Pradera	91	5,77	7,91	10,91	0,31	19,50	7,01	0,09
Restrepo	667	5,55	8,75	5,45	0,52	8,61	2,81	0,12
Riófrío	1079	5,17	10,5	4,77	0,31	5,77	2,05	0,58
Roldanillo	458	5,69	5,83	6,62	0,45	11,00	3,94	0,04
San Pedro	170	5,55	4,28	6,25	0,16	7,98	2,30	0,57
Sevilla	2777	5,30	7,32	9,30	0,45	7,01	2,99	0,40
Toro	365	5,67	6,34	13,72	0,42	8,55	3,00	0,08
Trujillo	1378	5,27	9,89	4,42	0,30	6,44	2,10	0,41
Tuluá	1053	5,46	6,26	8,23	0,30	10,80	4,56	0,21
Ulloa	561	5,03	8,06	14,12	0,45	3,24	0,83	0,60
Versalles	351	6,01	6,60	13,16	0,54	11,40	3,16	0,01
Vijes	366	5,48	7,33	3,84	0,37	8,65	4,22	0,11
Yotoco	745	5,39	12,0	4,33	0,39	5,23	1,49	0,31
Yumbo	189	5,42	6,59	3,89	0,33	12,20	5,91	0,13

Los mayores contenidos de K observados en El Cairo, Ansermanuevo, Argelia, Versalles, El Dovio, La Unión y Roldanillo, pueden explicarse por la presencia de la unidad Fondesa reportada por la FNC (6), y por las aplicaciones de fertilizantes potásicos en el

cultivo de café, cuya condición de manejo ocurre igualmente en los municipios de Sevilla y Ulloa, mientras que en Restrepo se presenta una tendencia semejante pero orientada al cultivo de piña.

Basándose en la clasificación por cuartiles, los grupos de municipios conformados pueden ser representados en un mapa. Como ejemplo de esto, la Figura 1 corresponde a la agrupación para el contenido de K, donde resalta la tendencia descrita en el párrafo anterior para los municipios del último cuartil.

En la Tabla 3 se presentan los rangos de los cuartiles para cada propiedad, definidos a partir de la distribución de frecuencias de los promedios por municipio, además de los promedios de los cuartiles. Los municipios pertenecientes a cada cuartil se presentan en la Tabla 4.

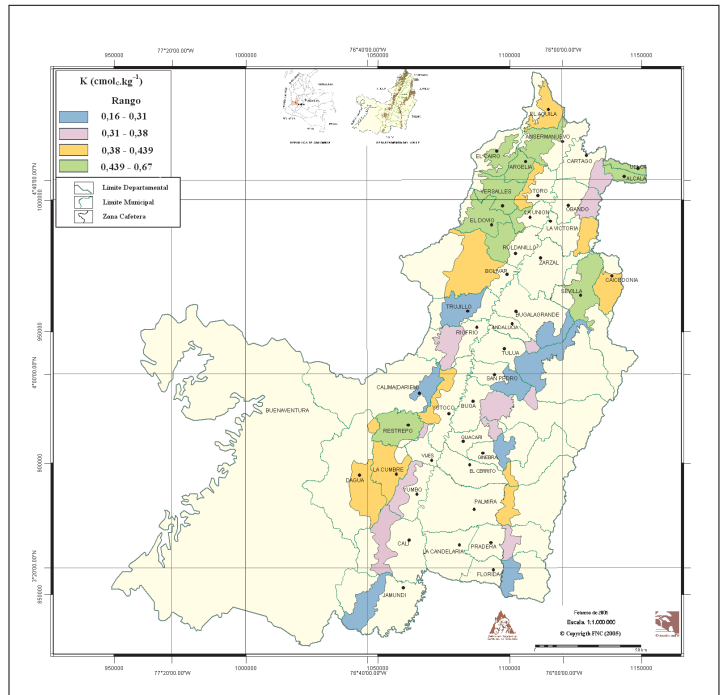


Figura 1. Agrupación de municipios del Valle del Cauca, para el contenido de K ($\text{cmol}_c.\text{kg}^{-1}$) en el suelo. (Fuente: Comité Departamental de Cafeteros del Valle del Cauca, 2003).

Tabla 3. Rangos y promedios para los cuartiles de cada una de las propiedades químicas evaluadas.

Propiedad	Cuartil 1		Cuartil 2		Cuartil 3		Cuartil 4	
	Rango	Media	Rango	Media	Rango	Media	Rango	Media
pH	4,70 - 5,29	5,1	5,29 - 5,43	5,37	5,43 - 5,66	5,49	5,66 - 6,10	5,81
MO (%)	3,70 - 6,12	5,07	6,12 - 7,33	6,65	7,33 - 8,75	7,89	8,75 - 14,30	10,24
P ($\text{mg}.\text{kg}^{-1}$)	3,80 - 5,25	4,3	5,25 - 8,23	6,6	8,23 - 11,23	9,72	11,23 - 16,60	13,15
K ($\text{cmol}_c.\text{kg}^{-1}$)	0,16 - 0,31	0,27	0,31 - 0,38	0,34	0,38 - 0,439	0,41	0,439 - 0,67	0,50
Ca ($\text{cmol}_c.\text{kg}^{-1}$)	3,20 - 6,32	4,5	6,32 - 8,55	7,34	8,55 - 10,53	9,12	10,53 - 19,50	13,11
Mg ($\text{cmol}_c.\text{kg}^{-1}$)	0,80 - 2,10	1,44	2,10 - 2,94	2,42	2,94 - 3,94	3,32	3,94 - 7,10	5,26
Al ($\text{cmol}_c.\text{kg}^{-1}$)	0,01 - 0,082	0,04	0,082 - 0,19	0,13	0,19 - 0,36	0,25	0,36 - 2,37	0,71

Tabla 4. Agrupación de los municipios cafeteros del Valle del Cauca, en los cuartiles para cada propiedad química.

Cuartiles	Municipios
pH	
1	Alcalá, Cali, Darién, Guacarí, Jamundí, Ríofrío, Trujillo, Ulloa
2	Buga, Bugalagrande, Caicedonia, Cartago, La Cumbre, La Victoria, Obando, Sevilla, Yotoco, Yumbo
3	Andalucía, Ansermanuevo, Dagua, El Águila, Ginebra, Palmira, Restrepo, San Pedro, Tuluá, Vijes
4	Argelia, Bolívar, El Cairo, El Cerrito, El Dovio, Florida, La Unión, Pradera, Roldanillo, Toro, Versalles
Materia orgánica (%)	
1	Bolívar, El Dovio, Florida, La Unión, La Victoria, Obando, Roldanillo, San Pedro
2	Bugalagrande, Caicedonia, Cartago, Dagua, Ginebra, Sevilla, Toro, Tuluá, Versalles, Yumbo
3	Andalucía, Ansermanuevo, Argelia, El Cerrito, Guacarí, Palmira, Pradera, Ulloa, Vijes
4	Alcalá, Buga, Cali, Darién, El Águila, El Cairo, Jamundí, La Cumbre, Restrepo, Ríofrío, Trujillo, Yotoco
Fósforo (mg.kg⁻¹)	
1	Darién, Guacarí, La Cumbre, Ríofrío, Trujillo, Vijes, Yotoco, Yumbo
2	Andalucía, Buga, Bugalagrande, Cartago, Ginebra, Jamundí, Obando, Restrepo, Roldanillo, San Pedro
3	Ansermanuevo, Argelia, Bolívar, Cali, Dagua, El Águila, Palmira, Pradera, Sevilla, Tuluá
4	Alcalá, Caicedonia, El Cairo, El Cerrito, El Dovio, Florida, La Unión, La Victoria, Toro, Ulloa, Versalles
Potasio (cmol_c.kg⁻¹)	
1	Bugalagrande, Darién, Florida, Ginebra, Jamundí, San Pedro, Trujillo, Tuluá
2	Andalucía, Buga, Cali, Cartago, Guacarí, Obando, Pradera, Ríofrío, Vijes, Yumbo
3	Bolívar, Caicedonia, Dagua, El Águila, El Cerrito, La Cumbre, La Victoria, Palmira, Toro, Yotoco
4	Alcalá, Ansermanuevo, Argelia, El Cairo, El Dovio, La Unión, Restrepo, Roldanillo, Sevilla, Ulloa, Versalles
Calcio (cmol_c.kg⁻¹)	
1	Alcalá, Cali, Darién, Jamundí, La Cumbre, Ríofrío, Ulloa, Yotoco
2	Ansermanuevo, Buga, Caicedonia, Cartago, Dagua, El Águila, Guacarí, San Pedro, Sevilla, Trujillo
3	Andalucía, Argelia, Bolívar, Bugalagrande, Ginebra, La Victoria, Obando, Restrepo, Toro, Vijes
4	El Cairo, El Cerrito, El Dovio, Florida, La Unión, Palmira, Pradera, Roldanillo, Tuluá, Versalles, Yumbo
Magnesio (cmol_c.kg⁻¹)	
1	Alcalá, Caicedonia, Darién, El Águila, Jamundí, Ríofrío, Ulloa, Yotoco
2	Ansermanuevo, Argelia, Buga, Cali, El Cairo, Guacarí, La Cumbre, Restrepo, San Pedro, Trujillo,
3	Bolívar, Bugalagrande, Cartago, Dagua, El Dovio, Ginebra, Obando, Sevilla, Toro, Versalles
4	Andalucía, El Cerrito, Florida, La Unión, La Victoria, Palmira, Pradera, Roldanillo, Tuluá, Vijes, Yumbo
Aluminio (cmol_c.kg⁻¹)	
1	Bolívar, El Cairo, El Dovio, Ginebra, La Unión, Roldanillo, San Pedro, Versalles
2	Andalucía, Ansermanuevo, Argelia, El Cerrito, Florida, Pradera, Restrepo, Toro, Vijes, Yumbo
3	Buga, Bugalagrande, Cartago, Dagua, El Águila, Guacarí, La Cumbre, Obando, Tuluá, Yotoco
4	Alcalá, Caicedonia, Cali, Darién, Jamundí, La Victoria, Palmira, Ríofrío, Sevilla, Trujillo, Ulloa

Análisis multivariado. El análisis multivariado realizado permitió identificar al pH y los contenidos de Ca, Mg y Al como las variables que explicaron en mayor grado la variación total de la fertilidad del suelo en el departamento.

En la Tabla 5 se presentan los grupos de municipios conformados mediante análisis de cluster, con base en las anteriores variables.

Destaca el hecho que los municipios de El Cerrito, Florida, Palmira y Pradera, se separan geográficamente de los demás grupos, como se puede apreciar en la Figura 2. Las condiciones de relieve y clima similares en esta zona hacen que su fertilidad sea semejante. Cabe resaltar que los municipios mencionados hacen parte de la zona 5 junto a Guacarí y Ginebra, definidos en el estudio de zonificación y uso potencial del suelo en la zona cafetera del departamento del Valle del Cauca (6).

La prueba de Duncan aplicada, indicó que el contenido de K en los tres grupos fue estadísticamente igual, y diferente para Ca y Mg. Con relación a las demás propiedades químicas se observaron algunas diferencias entre los grupos (Tabla 6).

Con relación a los requerimientos del cultivo de café en Colombia, presentados por Sadeghian y Duque (18), los tres grupos de municipios conformados se caracterizaron de la siguiente manera:

- Primer grupo: pH y Al adecuados, con MO media a alta, P y K bajos y altos contenidos de Ca y Mg.
- Segundo grupo: bajos niveles de MO, P y K; altos en Ca y Mg; Al adecuado, y un pH ligeramente alto para el cultivo de café.
- Tercer grupo: contenido medio de P, K bajo, Al adecuado, Ca y Mg altos, y pH ligeramente alcalino.

AGRADECIMIENTOS

Al Comité Departamental de Cafeteros del Valle del Cauca, al Dr. Elver Hernando García, a la Sra. Beatriz Helena Trujillo y a los extensionistas de los Comités Municipales de Sevilla y Trujillo. A la Dra. Aura Aydee García (Comité Departamental de Cafeteros del Cauca). A Cenicafé, a la Sra. Flor Pulido y demás personal de la Disciplina de Suelos. Al Dr. Daniel Jaramillo por sus valiosos aportes en la revisión del artículo.

Tabla 5. Identificación de los municipios por grupo, según análisis multivariado.

Grupo	Municipio
1	Alcalá, Ansermanuevo, Caicedonia, Cali, Darién, El Águila, Guacarí, Jamundí, La Cumbre, Ríofrío, Sevilla, Trujillo, Ulloa, Yotoco
2	Andalucía, Argelia, Bolívar, Buga, Bugalagrande, Cartago, Dagua, El Cairo, El Dovio, Ginebra, La Victoria, Obando, Restrepo, Roldanillo, San Pedro, Toro, Tuluá, Versalles, Vijes, Yumbo
3	El Cerrito, Florida, La Unión, Palmira, Pradera

Tabla 6. Promedios y sus límites de confianza del 95%, para cada una de las propiedades evaluadas en cada grupo conformado por los municipios.

Propiedad	Grupo 1			Grupo 2			Grupo 3		
	LI	LS	Media	LI	LS	Media	LI	LS	Media
pH	5,09	5,34	5,22 B	5,48	5,68	5,58 A	5,52	5,92	5,72 A
Materia orgánica (%)	8,43	10,67	9,55 A	5,91	7,38	6,65 B	5,12	8,55	6,83 B
Fósforo (mg.kg ⁻¹)	5,69	10,01	7,85 B	7,02	9,91	8,46 B	9,69	15,45	12,57 A
Potasio (cmol _c .kg ⁻¹)	0,33	0,40	0,37 A	0,35	0,45	0,40 A	0,26	0,47	0,37 A
Calcio (cmol _c .kg ⁻¹)	4,63	6,51	5,57 C	8,87	10,17	9,52 B	12,13	18,43	15,28 A
Magnesio (cmol _c .kg ⁻¹)	1,47	2,23	1,85 C	3,09	3,89	3,49 B	5,36	7,01	6,18 A
Aluminio (cmol _c .kg ⁻¹)	0,25	0,90	0,57 A	0,09	0,19	0,14 B	0	0,40	0,18 B

LI= Límite inferior; LS = Límite superior. Promedios seguidos por la misma letra indican que no hay diferencia significativa entre grupos, según prueba de Duncan al 5%.

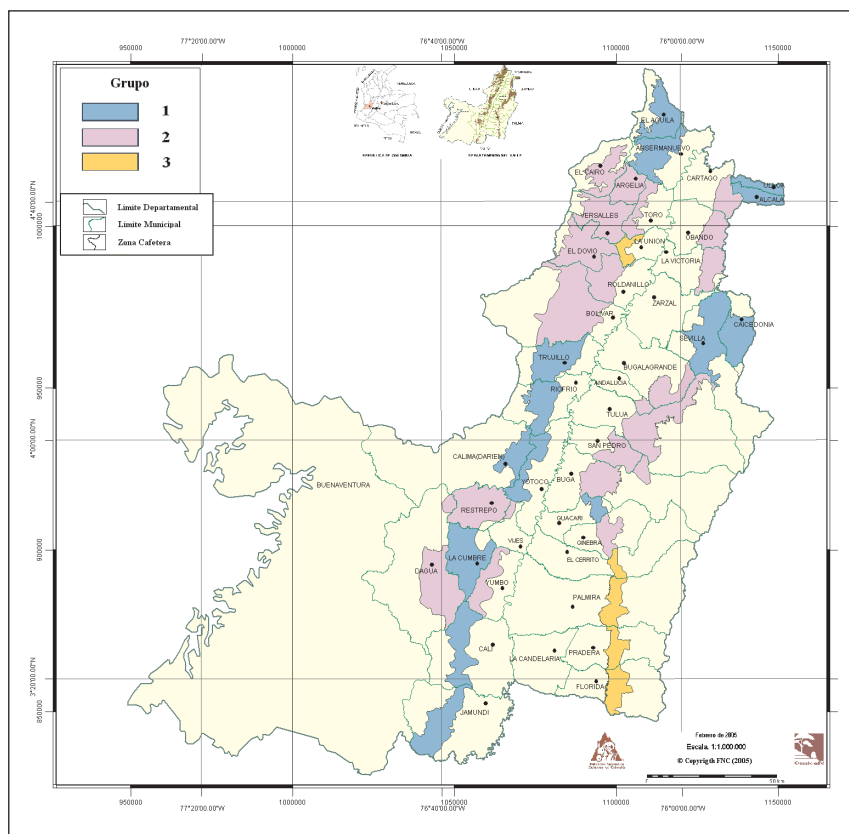


Figura 2.
Agrupación de municipios del Valle del Cauca por la fertilidad del suelo.
(Fuente: Comité Departamental de Cafeteros del Valle del Cauca, 2003).

LITERATURA CITADA

1. ALPIZAR S., J.M.; UREÑA B., A.L.; RAMÍREZ B., O. 1997. Evaluación de la fertilidad de los suelos cultivados de café del cantón de Atenas, Costa Rica. *In: SIMPOSIO Latinoamericano sobre Caficultura*, 18. San José, Septiembre 16-18, 1997. Memorias. San José, ICAFE-IICA-PROMECAFE, 1997. p. 223-227.
2. BRAVO G., E.; GOMEZ A., A. Capacidad de fijación de fósforo en seis unidades de suelos andosólicos de la zona cafetera colombiana. *Cenicafé* 25(1):19-29. 1974.
3. CARDONA C., D.A.; SADEGHIAN KH., S. Beneficios del sombrío de guamo en suelos cafeteros. *Avances Técnicos Cenicafé* No 335:1-8. 2005.
4. CARGNELUTTI F. A.; STORCK L.; BARTZ, H. R. Estadísticas dos resultados das análises de laboratorio de solo. *Ciencia Rural*. Santa María. 26 (3): 401 – 406. 1996.
5. CHIRINOS, A. V.; DE BRITO, J.; DE ROJAS, E. I. Características de la fertilidad de algunos suelos venezolanos vistos a través de resúmenes rutinarios. *Agronomía Tropical*. 21 (5): 397-409. 1971.
6. FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA - FNC. BOGOTÁ. COLOMBIA; PROGRAMA DE DESARROLLO Y DIVERSIFICACIÓN. Estudio de zonificación y uso potencial del suelo en la zona cafetera del departamento del Valle del Cauca. Bogotá. 1990.
7. GOMEZ G., L.; CABALLEROR., A.; BALDION R., J.V. Zonificación agroecológica cafetera de Colombia. *In: CONGRESO Nacional de Meteorología*, 5. Santafé de Bogotá, Marzo 23-25, 1999. Bogotá, SOCOLMET-ACCEFYN, 1999.
8. GRISALES G., A. Suelos de la zona cafetera; clasificación y uso. Medellín, Fondo Cultural Cafetero, 1977. 142 p.
9. GUERREROR., R. El diagnóstico químico de la fertilidad del suelo. *In: SILVA, M. F. (Ed). Fertilidad de suelos. Diagnóstico y control*. Bogotá. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. 1988. 473p.
10. HAVLIN, J. L. *et al. Soil fertility and fertilizers; an introduction to nutrient management*. 6. ed. Upper Saddle River, Prentice Hall. 1999. 499 p.
11. HENAOT., M. C.; HERNÁNDEZ G., E. Disponibilidad de potasio en suelos derivados de cenizas volcánicas y su relación con la nutrición del café en la etapa vegetativa. *Cenicafé* 53(4): 293 - 305. 2002.
12. JARAMILLO., A. Estudio climático de la zona cafetera del Valle del Cauca. FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA, Centro Nacional de Investigaciones de café, Cenicafé, Sección de Agroclimatología. 1988. 159 p.
13. JARAMILLO, D. Introducción a la ciencia del suelo. (CD-ROM). Universidad Nacional. Sede Medellín. Facultad de Ciencias. 2002.
14. MURREL, S. Using phosphorus and potassium soil test results. *AGRI-BRIEFS. AGRONOMIC NEWS ITEMS*. From Agronomists of the Potash & Phosphate Institute (PPI) Georgia, USA. Winter 2001-2002, No. 4. 2002.
15. OVALLES, F. A. Metodología para determinar la superficie representada por muestras tomadas con fines de fertilidad. FONAIAP. Maracay. 1992. 44p.
16. PALACIOS, F.A.; BRAVO, G. E. Metodología preliminar para la mapeación de la fertilidad de los suelos en la zona cafetera. *Suelos Ecuatoriales* 17 (1): 7 – 15. 1987.
17. PARKER F. W.; NELSON W. L.; WINTERS E.; MILES I. E. 1951. The broad interpretation and application of soil test information. *Agronomy Journal* 43 (3): 105-112.
18. SADEGHIAN KH. S.; DUQUEO. H. Análisis de suelos: importancia e implicaciones económicas en el cultivo del café. *Avances Técnicos Cenicafé* No. 308:1-8. 2003.
19. WHEELER D. M.; SPARLING G. P.; ROBERTS A. H. C. Trends in some soil test data over a 14-year period in New Zealand. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. Vol. 47: 155 - 166. 2004