

Según Bertsch (1), una adecuada fertilización también debe considerar los siguientes aspectos:

- Rendimientos sostenibles a través del tiempo, sin causar deterioros ambientales
- Costos racionales
- Adecuadas prácticas agronómicas que favorezcan la utilización eficiente de las reservas de los nutrimentos del suelo y de la atmósfera

Posiblemente la fertilización no sea exitosa si se ignoran las condiciones del suelo y se utilizan “formulaciones medias” de tipo 15-15-15, 18-18-18, 17-6-18-2, 25-4-25, etc. Por tanto, es necesario identificar los factores que limitan la disponibilidad de los nutrimentos en el suelo, con el fin de adoptar las mejores prácticas de fertilización (9).

Una de las herramientas para lograr el objetivo anterior es el análisis de suelos, “termómetro” que diagnostica el estado de la fertilidad del mismo en un momento determinado y sirve de guía para las recomendaciones de fertilización y encalado (8).

Según Havlin et al. (7) el análisis de suelos permite:

- Prever la disponibilidad de los nutrimentos en el suelo en un momento dado
- Predecir la probabilidad de obtener respuesta a la aplicación de fertilizantes y cales
- Estimar la cantidad de fertilizantes y correctivos o enmiendas.

CRITERIOS PARA LA FERTILIZACIÓN DE LOS CAFETALES

Cuando no se dispone de análisis de suelos las recomendaciones generales para la fertilización de los cafetales a plena exposición solar incluyen 240 kg/ha/año de nitrógeno y de potasio (K_2O), y entre 40 y 80 kg/ha/año de fósforo (P_2O_5). Estas cantidades representan aproximadamente 1.000 y 1.400 kg/ha/año de los fertilizantes comerciales 25-4-24 y 17-6-18-2, respectivamente (10).

La Federación Nacional de Cafeteros, consciente de la importancia que tienen los análisis de suelos, ha promovido su uso desde hace varias décadas. En este sentido, muchos de los resultados de investigaciones llevadas a cabo en Cenicafé y relacionados con la fertilización de los cafetales, han sido incorporados en el programa sistematizado de Reporte e Interpretación de Análisis de Fertilidad de Suelos - RIAFS (2).

Este programa se encuentra a disposición de los cultivadores en los

diferentes Comités Departamentales de Cafeteros del país.

IMPORTANCIA ECONÓMICA DE LOS ANÁLISIS DE SUELOS

Cuando los resultados de un análisis indiquen que el suelo es fértil, se podrá prescindir parcial o totalmente del uso de los fertilizantes, con lo cual se reducirán los costos de producción. En el caso de que este análisis revele una baja fertilidad del suelo o identifique factores que limitan la disponibilidad de nutrimentos, será necesario tomar las medidas necesarias para remediar dicha condición mediante la aplicación de fertilizantes y/o enmiendas, buscando mejorar o sostener la productividad. En ambos casos el análisis de suelos contribuirá a tomar decisiones más acertadas y será considerada UNA INVERSIÓN ECONÓMICAMENTE BENEFICIOSA.

Las bondades económicas de los análisis de suelos en el cultivo del café han sido registradas por diferentes autores. Echeverry (5), demostró que es posible obtener altas producciones mediante la aplicación de dosis adecuadas de fertilizantes, según las recomendaciones derivadas del análisis de suelos. Así mismo, se corroboró que la “sobrefertilización” genera costos innecesarios que no se traducen en incrementos de la productividad.

El estudio en mención, desarrollado en 23 fincas, demostró que es posible obtener ahorros superiores



al 100% en la cantidad de los fertilizantes, mediante el uso e interpretación de los análisis de suelos.

Duque (3), basándose en los resultados de la anterior investigación, realizó un análisis económico complementario en el que incorporó el costo inherente a la mano de obra requerida para la aplicación de los fertilizantes. Este estudio indicó que el incremento en la producción, obtenido por una mayor aplicación de fertilizantes, no compensaba los costos de los insumos y de la mano de obra adicional; registrándose así pérdidas económicas considerables.

En la Tabla 1, se incluyen los criterios generales del programa RIAFS de Cenicafé, para la recomendación de fertilizantes y enmiendas en el cultivo del café en Colombia, el respectivo costo relativo de los insumos y el ahorro que se puede llegar a obtener mediante el uso del análisis de suelos. Es preciso aclarar que estos criterios pueden presentar algunas variaciones en dicho programa; sin embargo, se presentan de manera simplificada. Se resalta también que dichos criterios podrán ser modificados de acuerdo con los resultados de nuevas investigaciones.

Como se observa, las recomendaciones de fertilización están en función de la disponibilidad de los nutrimentos en el suelo. Para el caso de la cal, sus requerimientos además de los niveles de calcio, también tienen en cuenta la acidez del suelo (pH, contenido y saturación de aluminio). Para el nitrógeno, elemento imprescindible,

sus requerimientos dependen de los contenidos de materia orgánica. Cabe anotar que cuando los niveles de materia orgánica en el suelo son inferiores a 6% se recomienda la aplicación de pulpa de café descompuesta u otros abonos orgánicos para mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. De los otros nutrimentos podrá omitirse su aplicación de manera parcial o total, dependiendo de su contenido en el suelo.

El costo del fertilizante varía de acuerdo al elemento que éste proporciona y su concentración. En el ámbito general, los fertilizantes fosfóricos tienen un costo mayor frente a los que aportan nitrógeno, potasio y magnesio. En la zona cafetera son de uso común: urea (46% de nitrógeno), DAP (46% de P_2O_5 y 18% de N), cloruro de potasio (60% de K_2O), y óxido de magnesio (88% de MgO). Para el caso de calcio se consideró la cal agrícola (85% de $CaCO_3$, equivalente a 47,6% de CaO).

Los costos de la fertilización nitrogenada se pueden reducir 14 ó 29% frente a la dosis más alta y dependiendo de los contenidos de la materia orgánica (Tabla 1). Esta cantidad es inferior al ahorro que se puede obtener respecto a los demás elementos, puesto que el rango de la variación en las recomendaciones de la aplicación de nitrógeno es relativamente reducido (80 kg/ha/año).

Cuando el análisis de suelos indique que los contenidos de fósforo son medios (entre 10 y 30ppm), las recomendaciones se limitan a 45kg

de P_2O_5 /ha/año y la reducción de costos representará el 50% frente a la dosis más alta. En el caso que el nivel de fósforo en el suelo sea superior a 30ppm esta reducción será de 100%. Siguiendo el anterior esquema de análisis, es posible ahorrar hasta 100% de los costos de los demás fertilizantes y cales.

IMPLICACIONES ECONÓMICAS DEL ANÁLISIS DE SUELOS

En la actualidad el análisis de suelos para la recomendación de fertilizantes y enmiendas (análisis de fertilidad) tiene un costo de \$27.000* por muestra y es válido por un período de dos años, lo cual significa que el costo anual del análisis será de \$13.500 muestra. Sin embargo, el área de los lotes cafeteros es variable, observándose desde lotes muy pequeños (menores de 1ha), hasta lotes grandes (mayores de 10ha). En este sentido, el costo del análisis por hectárea y por año estará relacionado con el área en café del lote. Tal como se observa en la Figura 1 el costo real de un análisis de suelos tiende a hacerse menor a medida que el área del lote aumenta. Así, mientras para un lote de 0,5ha el costo es de \$27.000 por año, para otro lote de 5ha, dicho costo será de \$2.700 y para un lote de 10 ha sería equivalente a \$1.350. Estas cifras muestran que en realidad el costo de conocer la fertilidad del suelo, como base para la toma de decisiones en el manejo de cafetales

* Precios de Junio de 2003

Tabla 1. Criterios generales para la recomendación de fertilizantes y enmiendas; los costos respectivos y el ahorro derivados del uso de análisis de suelos.

NITRÓGENO - N	Contenido de materia orgánica (%)			
	Menor de 8	Entre 8 y 14 ó mayor de 16	Entre 14 y 16	
Recomendación (kg/ha/año)	280	240	200	
Costos/ha/año (\$)	351.826	301.565	251.304	
Reducción de costos/ha/año (\$)	-	50.261	100.522	
Reducción de costos/ha/año (%)	-	14	29	
FÓSFORO - P ₂ O ₅	Contenido de fósforo (ppm)			
	Menor de 10	Entre 10 y 30	Mayor de 30	
Recomendación (kg/ha/año)	90	45 ¹	0	
Costos/ha/año (\$)	144.235	72.117	0	
Reducción de costos/ha/año (\$)	-	72.117	144.235	
Reducción de costos/ha/año (%)	-	50	100	
POTASIO - K ₂ O	Contenido de potasio (me/100 g suelo)			
	Menor de 0,4	Entre 0,4 y 0,6	Entre 0,6 y 0,85	Mayor de 0,85
Recomendación (kg/ha/año)	320	160	80 ²	0
Costos/ha/año (\$)	302.933	151.467	75.733	0
Reducción de costos/ha/año (\$)	-	151.467	227.200	302.933
Reducción de costos/ha/año (%)	-	50	75	100
CALCIO - CaO	Contenido de calcio (me/100 g suelo)			
	Menor de 1,5 ³	Entre 1,5 y 3 ⁴	Mayor de 3	
Recomendación (kg/ha/año)	620	380	0	
Costos/ha/año (\$)	160.210	98.193	0	
Reducción de costos/ha/año (\$)	-	62.017	160.210	
Reducción de costos/ha/año (%)	-	39	100	
MAGNESIO - MgO	Contenido de Magnesio (me/100 g suelo)			
	Menor de 0,4	Entre 0,4 y 0,8	Mayor de 0,8	
Recomendación (kg/ha/año)	120	60	0	
Costos/ha/año (\$)	118.227	59.114	0	
Reducción de costos/ha/año (\$)	-	59.114	118.227	
Reducción de costos/ha/año (%)	-	50	100	

¹ Aplicados antes de cada cosecha principal

² Aplicados antes de la segunda cosecha principal, a partir de la fecha del análisis de suelos

³ Contenido muy bajo de calcio (menor de 1,5 me/100 g suelo), asociado a una muy alta acidez (pH menor de 3)

⁴ Contenido bajo de calcio (menor de 3 me/100 g suelo), asociado a una alta acidez (pH entre 4 y 5)

Notas aclaratorias:

La reducción de costos hace referencia al ahorro que se obtiene frente a la dosis más alta

Los costos no incluyen mano de obra

Precios a febrero de 2003

es realmente bajo, en comparación con los beneficios que de él se pueden obtener.

En algunos casos es probable que el análisis de suelos no contribuya directamente a reducir los costos de producción, vía disminución en la cantidad de fertilizante, y que al

contrario, aconseje aumentar las cantidades de acuerdo con los contenidos de nutrientes en el suelo. Pero en otros, sí es clara la contribución a la disminución de los costos de producción, mediante el empleo de una menor cantidad de fertilizantes. En este sentido, y de acuerdo con la Tabla 1, si el suelo

de un lote sembrado en café contiene entre 0,4 y 0,6 me/100 g de potasio, el ahorro que se puede obtener frente a la dosis máxima es de \$121.600/ha/año. Adicionalmente, si el área en café del lote fuera de 1,5ha, entonces la relación Beneficio/Costo (B/C) del análisis se expresaría de la siguiente forma:

$$\frac{B/C}{C} = \frac{\text{AHORRO EN EL COSTO DEL FERTILIZANTE POTÁSICO (K₂O) /ha/año}}{\text{COSTO DEL ANÁLISIS DE SUELO/ha/año}} = \frac{\$151.467}{\$9.000} = 16,8$$

La relación Beneficio/Costo obtenida es mayor que la unidad, demostrándose que es económicamente ventajoso realizar dicho análisis. Para este ejercicio en particular esta relación indica que por cada peso invertido en el análisis de suelos se obtendría un ahorro de \$16,8 en el costo del fertilizante potásico.

Desde otro punto de vista, y en relación con el fósforo, la Tabla 1 muestra que dependiendo del contenido de este elemento en el suelo, los ahorros pueden oscilar entre \$72.117/ha/año y \$144.235/ha/año. De acuerdo con el costo del análisis, y según el área en café del lote, puede estimarse una serie de relaciones Beneficio/Costo, como se describen en la Figura 2.

Se deduce que la relación Beneficio/Costo para suelos con contenidos de fósforo superiores a 10ppm es siempre mayor que la unidad, indicando así la viabilidad de llevar a cabo el análisis de suelos. En la medida que el contenido de este elemento sea mayor que 30ppm, la relación será aún más alta, pues para el mismo costo del análisis se obtendrán ahorros de mayor valor. Al igual que en el caso del potasio, son evidentes las ventajas de tomar el análisis de suelos, y que aún en lotes pequeños, donde aparentemente es costoso llevar a cabo esta labor, se justifica plenamente hacerlo, pues los ahorros potenciales derivados de dicho análisis son significativamente mayores que el costo del mismo.

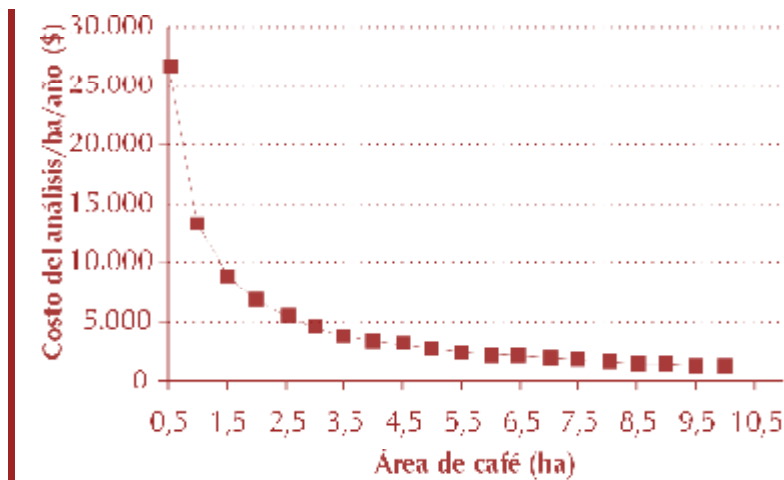


Figura 1.

Costo del análisis de suelos de acuerdo al área del lote.

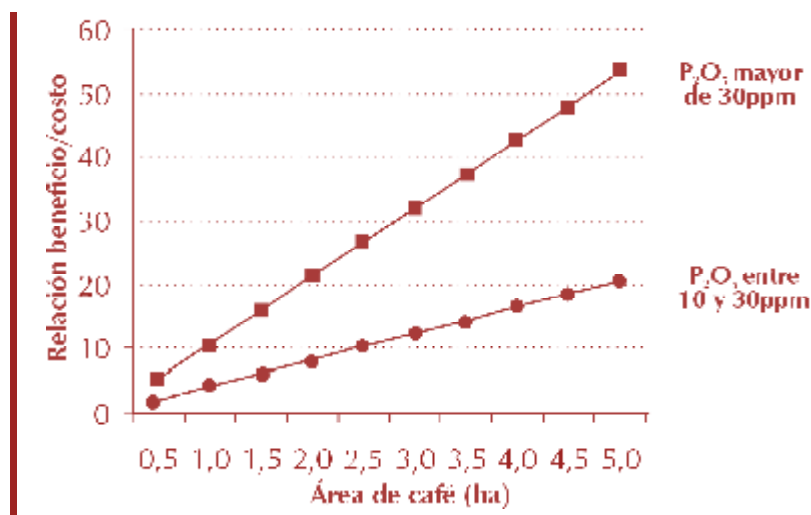


Figura 2.

Relación B/C del análisis de suelos para lotes con diferentes áreas en café y dos rangos del contenido de fósforo (P₂O₅).

USO DEL ANÁLISIS DE SUELOS

Aunque no existen estudios formales sobre la adopción de los análisis de suelos, como herramienta básica para la toma de decisiones, se observa que en general su uso actual no es muy alto.

La Figura 3 muestra la frecuencia absoluta en el número de muestras analizadas por año, para uno de los departamentos cafeteros, durante el período 1992-2002. El decrecimiento ha sido tan severo, que si se tomará el año 1996 como base de comparación (100%), durante los últimos dos años se han analizado respectivamente, tan sólo

el 14% y el 13% de las muestras. Esta situación no es deseable en el propósito de lograr una caficultura competitiva.

En un estudio, llevado a cabo en cuatro municipios, para identificar los factores determinantes de la productividad del café (4), se encontró que el 88% de las fincas sí habían fertilizado los cafetales durante el año 2000, empleando en promedio 728kg/ha/año (promedio para cafetales de distintas edades). Sin embargo, y a pesar del amplio uso de los fertilizantes y de los montos de inversión en este insumo, la utilización del análisis de suelos fue relativamente baja, pues sólo el 30% de los caficultores lo empleaban. También se encontró que el uso de esta herramienta varía, en primera instancia, con el nivel de adopción de prácticas mejoradas de control.

La Figura 4 compara la proporción de fincas que empleaban fertilizantes y análisis de suelos, de acuerdo a la tecnificación, siendo el nivel 1 el más tecnificado. Como se observa, a pesar que el porcentaje de fincas que aplicaron fertilizantes era similar, casi independiente del grado de tecnificación, la utilización de los análisis de suelos fue más baja donde el desarrollo tecnológico fue menor.

ESTUDIOS DE CASO

En la Tabla 2 se presentan 3 ejemplos de resultados de los análisis de suelos para fincas cafeteras contrastantes en sus

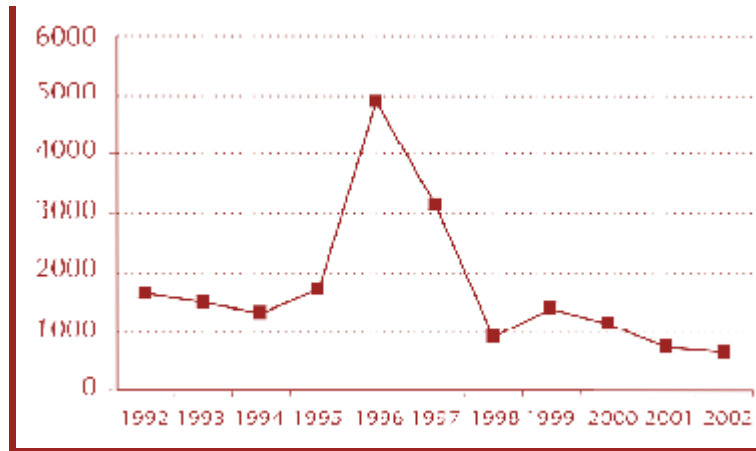


Figura 3.

Número de análisis de suelos por año, durante la última década, en un departamento cafetero.

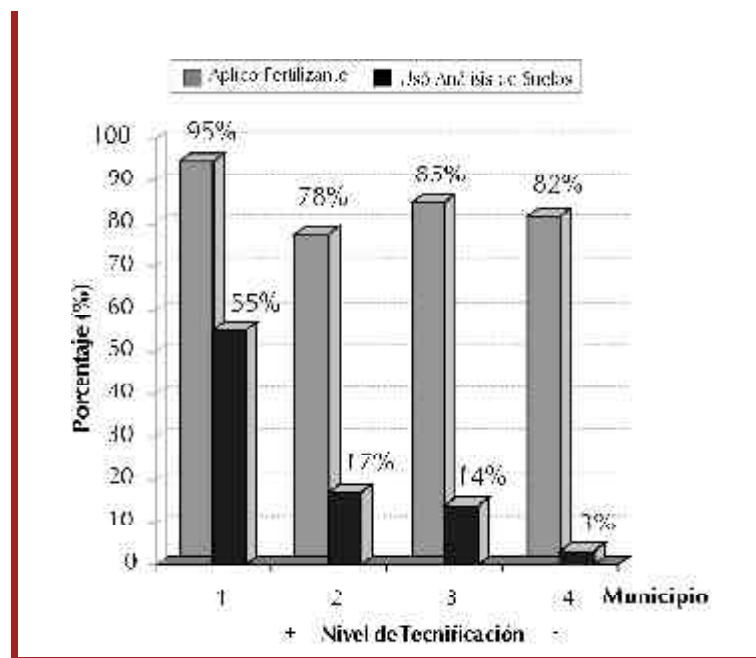


Figura 4.

Fertilización y empleo del análisis de suelos en cuatro municipios cafeteros, con diferente grado de tecnificación.

condiciones de fertilidad. La comparación entre éstos permite cuantificar los beneficios económicos que pueden obtenerse, tanto por los fertilizantes y cales como por la mano de obra requerida para la aplicación.

Se toma como base para el ejemplo lotes de una hectárea.

CASO 1.

Suelo ácido, de muy baja fertilidad y con elevados contenidos de aluminio.

Es necesario realizar un encalamiento para neutralizar la acidez y elevar los niveles de calcio y magnesio. Los planes de fertilización deben incluir las dosis

Tabla 2. Ejemplos de los costos relativos para la fertilización de tres fincas cafeteras, de acuerdo a los análisis de suelos.

Análisis de suelos	Caso 1	Caso 2	Caso 3
pH	4,3	5,4	5,5
Materia orgánica (%)	712	15	
Fósforo (ppm)	3	14	38
Potasio (me/100 g suelo)	0,15	0,5	0,9
Calcio (me/100 g suelo)	1,1	3,1	3,5
Magnesio (me/100 g suelo)	0,3	0,6	1,1
Al (me/100 g suelo)	2,6	0,8	0
% Saturación de Al	62,7	16	0
Costos (\$/ha/año)			
Fertilizantes	858.108	584.263	193.391
Cal	160.210	0	0
Jornales para la aplicación de fertilizantes	40.000	40.000	40.000
Jornales para el encalamiento	40.000	0	0
Costo total	1'098.318	624.263	233.391
Ahorro relativo de los fertilizantes (\$)			
Con relación al caso 1	-	273.845	664.717
Con relación a 1.000 kg del fertilizante 25-4-24	-208.108	65.737	456.609
Con relación a 1.400 kg del fertilizante 17-6-18-2	72.612	346.457	737.329

Nota: en el Caso 1, aunque el óxido de magnesio se aplica en una sola oportunidad (140kg/ha en el segundo año), su costo se distribuye para 2 años y se suma a los costos de los fertilizantes.

más altas de los nutrimentos consignadas en la Tabla 1, es decir, 280kg de N, 90kg de P_2O_5 y 320kg de K_2O /ha/año.

Como consecuencia de los bajos contenidos de calcio y magnesio deben aplicarse 1.300kg/ha de cal dolomítica en el primer año (equivalente a 620kg/ha de CaO) y reforzar con 140kg/ha de óxido de magnesio en el segundo. El costo unitario de la cal puede considerarse bajo frente a los fertilizantes; aún cuando se tenga en cuenta el costo de la mano de obra para su aplicación.

El manejo de la fertilidad del suelo para este caso representa un costo

relativamente alto, pero será necesario tener en cuenta las recomendaciones del análisis para obtener una buena producción, acorde con las condiciones del suelo. Se espera que con la adopción de dichas recomendaciones se incremente la producción y se obtengan ganancias económicas que justifiquen el costo de los fertilizantes y cales.

En el evento de emplear las mencionadas formulaciones medias, podrán ser menores los costos de los fertilizantes; sin embargo no se estarán supliendo los requerimientos nutritivos del cultivo de café en su totalidad, bien sea por la cantidad del fertilizante o debido a los nutrimentos requeridos.

CASO 2.

Suelo de fertilidad media-alta y sin problemas de acidez.

Las recomendaciones deben incluir la aplicación de las dosis medias de fertilizantes y no será necesario el encalamiento. En esta ocasión, el costo de los fertilizantes es inferior al Caso 1, pero su aplicación será necesaria para mantener la buena fertilidad del suelo y solucionar los problemas puntuales como la deficiencia de magnesio. Para esta oportunidad el análisis de suelos permitirá hacer un uso racional de los fertilizantes con ganancias económicas notables.

Cuando se emplean fuentes simples de fertilizantes con base en el estudio del suelo se obtiene una reducción de los costos de \$273.845 frente al Caso 1, sin considerar el encalamiento. Esta reducción es poca si se compara frente al fertilizante 25-4-24, pero cabe aclarar que en el evento de utilizar este fertilizante será necesario adicionar magnesio, ya que los contenidos de este elemento son bajos.

CASO 3.

Suelo muy fértil.

El análisis de suelos indica que como consecuencia de los altos contenidos de fósforo y de las bases intercambiables (calcio, magnesio y potasio) solo será necesario fertilizar el cafetal con nitrógeno en los próximos 2 años.

Los anteriores tres ejemplos son muestra de una muy amplia gama de situaciones en las que los suelos de la

zona cafetera pueden diferir en su fertilidad y por tanto, en el manejo de los planes de fertilización.

Se espera que la eficiencia de la mano de obra en la aplicación de los fertilizantes, para una misma densidad de siembra, se incremente ligeramente como consecuencia de una menor cantidad de fertilizante por aplicar; sin embargo, y debido a su poca magnitud, en este estudio no se tiene en cuenta y se asumen costos iguales.

CAFICULTOR

El análisis de suelos es una herramienta de uso necesario para obtener información de los lotes y acercarse a una deseable Agricultura de Precisión. Además, el uso racional de fertilizantes apunta a conseguir una **Caficultura Sostenible**

LITERATURA CITADA

1. BERTSCH, F. La fertilidad de los suelos y su manejo. ACCS, San José. 1995. 157 p.
2. CARRILLO, P. I. El servicio de análisis de suelos y la fertilización racional de los cafetales. Chinchiná. Cenicafe. Avances Técnicos. No. 147: 1-4. 1990.
3. DUQUE O., H. Análisis económico de doce prácticas para mejorar el desempeño de las fincas cafeteras. Cenicafe, 57 p. 2001.
4. DUQUE O., H.; BUSTAMANTE G., F. Determinantes de la productividad del café. Cenicafe, 54 p. 2002.
5. ECHEVERRY L., M. La fertilización de los cafetales basada en el análisis de suelos, la mejor inversión. Chinchiná. Cenicafe. Avances Técnicos. No. 202: 1-8. 1994.
6. GUERRERO R., R. Fundamentos técnicos para la fertilización de cultivos. In: Fertilidad de suelos diagnóstico y control. SCCS, Bogotá. P. 247 - 281. 524p. 1994.
7. HAVLIN, J. L.; BEATON, J. D.; TISDALE, S. L.; NELSON, W. L. Soil fertility and fertiliser. An introduction to nutrient management. Sexta edición. Prentice-Hall, Inc. 499 p. 1999.
8. INPOFOS. Diagnóstico del estado nutricional de los cultivos. Quito, 55p. 1993.
9. LEÓN, L. Evaluación de la fertilidad del suelo. In: Fertilidad de suelos diagnóstico y control. SCCS, Bogotá. p 155-186. 524p. 1994.
10. VALENCIA A., G. Fisiología, nutrición y fertilización del cafeto. Agroinformos del café S. A. 94 p. 1999.

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.



Centro Nacional de Investigaciones de Café
"Pedro Uribe Mejía"

Chinchiná, Caldas, Colombia

Tel. 506550 Fax. 504723

A.A. 2427 Manzales

cenicafe@cafedecolombia.com

Edición: Héctor Fabio Ospina Ospina
Fotografía: Gonzalo Hoyos Salazar
Diagramación: Carmenza Bacca Ramírez