

# Nutrición Mineral del Cafeto

Por: Germán Valencia A. \*

Es bien sabido que el cultivo de café sin sombra brinda altas producciones pero también exige el fiel cumplimiento de definidos planes de fertilización y la ejecución de numerosos cuidados culturales. Antes de hacer recomendaciones de fertilización, conviene recordar el papel específico de algunos de los minerales en las plantas:

## NITROGENO

Forma parte de las proteínas, clorofilas, alcaloides, etc. Es importante también en la relación C/N por su acción en la duración del período vegetativo. Es muy móvil dentro de la planta y se absorbe como nitrato o como amonio. Constituye del 1 al 5% de la materia seca en general.

## FOSFORO

Forma parte de proteínas (nucleoproteína) y de lipoides (lecitina). Desempeña un papel metabólico en la respiración y fotosíntesis (fosforilación). Es absorbido como ión  $H_2PO_4^-$  principalmente y permanece en forma oxidada. Se acumula en partes en crecimiento y en semillas. Su falta favorece la acumulación de azúcares en órganos vegetativo, lo cual favorece la síntesis de antocianinas. Constituye del 0.1 al 0.5% de la materia seca en general.

## POTASIO

Su papel es poco conocido, es esencialmente antagónico al Mg, al Ca y al Na. Cuando falta K se aumenta la respiración y se reduce la formación de carbohidratos. No se conoce el K como parte de estructura molecular alguna. Es muy móvil y parece que su falta reduce la resistencia de la planta a ataques fangosos. Es activador del sistema enzimático. Es el catión maestro de la planta pues activa más de 60 reacciones enzimáticas. Constituye del 0.2 al 1.0% de la materia seca.

## MAGNESIO

Ocupa el centro de la molécula de clorofila. En forma de ión es activador de enzimas que catalizan la respiración. Es muy móvil y antagónico al K, Na y Ca.

## HIERRO

Es indispensable para la formación de las clorofilas, aunque no forma parte de ellas. Fisiológicamente activo es solo el ión ferroso. Es poco móvil. Es difícil la corrección de su deficiencia en suelos calcáreos. Es un cofactor en reacciones enzimáticas. Constituye parte de los citocromos (porfirinas). Puede recibir o dar electrones.

## CALCIO

Es acumulado principalmente en las hojas. Antagónico con el Na, K y Mg y forma parte de la lámina media de la pared celular como pectato de Ca. En su ausencia no ocurre la división mitótica, siendo necesaria para el desarrollo de los meristemas apicales. Es cofactor de algunas enzimas.

\* Jefe de la Sección de Química Agrícola del Centro Nacional de Investigaciones de Café - Cenicafé, Chinchiná, Caldas Colombia.

## BORO

Lo mismo que el Ca. interesa en la formación de nuevas paredes celulares (yemas, flores, etc.) Es poco móvil y en exceso puede provocar toxicidad.

## ZINC

Es importante en el crecimiento, su falta afecta la elongación. Su función aún no es muy bien conocida. Parece necesario para la síntesis de auxinas y de triptofano.

## MANGANESO

Aunque no forma parte de la molécula de clorofila, en su ausencia no se forma ésta. Es antagónico con el Fe y parece activador de ciertas enzimas respiratorias.

### Formas accesibles para las plantas

A continuación se da la lista de los elementos esenciales para las plantas y las formas en que ellos son absorbidos o son accesibles para ellas (Tabla 1).

Tabla 1. Elementos esenciales y formas accesibles para las plantas superiores.

ELEMENTO	Forma accesible
Carbono	C, CO <sub>2</sub>
Hidrógeno	HOH, H <sub>2</sub>
Oxígeno	O <sub>2</sub> , HOH
Nitrógeno	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
Fósforo	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> , HPO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> , PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>
Potasio	K <sup>+</sup>
Calcio	Ca <sup>+2</sup>
Magnesio	Mg <sup>+2</sup>
Azufre	SO <sub>2</sub>
Boro	BO <sub>3</sub> <sup>-3</sup>
Cloro	CL
Cobre	Cu <sup>+2</sup> , Cu <sup>+</sup>
Hierro	Fe <sup>+3</sup> , Fe <sup>+2</sup>
Manganeso	Mn <sup>+2</sup>
Zinc	Zn <sup>+2</sup>
Molibdeno	M <sub>o</sub> O <sub>4-2</sub>

# Deficiencias Minerales en el Cafeto y Maneras de Corregirlas

Muchos de los nutrientes de las plantas se encuentran en el suelo en cantidades variables. Con frecuencia, esas cantidades no son suficientes para la adecuada alimentación de la planta y por eso hay necesidad de fertilizar los cultivos.

Cuando alguno de los nutrientes que necesita la planta, escasea en el suelo, se presentan variaciones en el color o en el desarrollo de las hojas. Estas variaciones son características de la falta de determinado nutriente y se llaman síntomas visibles de desnutrición.

Con el fin de dar orientación sobre algunos problemas de nutrición del cafeto, se describen a continuación, los síntomas que muestra la hoja del café en los casos más frecuentes de deficiencia de minerales. Se dan también indicaciones para corregir estas deficiencias.

En todos los casos de deficiencias de minerales, el técnico determinará la clase de fertilizantes, la cantidad y la forma de aplicación, de acuerdo a la gravedad o intensidad de la deficiencia, edad del cultivo, época del año y estado general de la plantación.

## Falta de Nitrógeno

La falta de Nitrógeno se presenta primero en las hojas viejas.

### Síntomas

- El amarillamiento es parejo en toda la hoja.
- El amarillamiento comienza en la base de la rama y se va extendiendo hacia la punta de ella.
- Se caen las hojas viejas de la rama.
- Las hojas de la punta conservan un poco su color verde.
- Los frutos se vuelven amarillos, crecen poco y se caen con facilidad.

## Manera de corregir la falta de Nitrógeno

Aplique un fertilizante con alto contenido de Nitrógeno, como cualquiera de los siguientes:

### UREA

Aplique Urea disuelta en agua, en una concentración del uno por ciento (10 gramos por litro), utilice una bomba de espalda, y aplique la solución sobre las ramas del cafeto.

La Urea también se puede aplicar al suelo, esparcida al pie de la planta, teniendo cuidado de que no quede en contacto con el tronco, en cantidad de 20 a 50 gramos por árbol.

### SULFATO DE AMONIO

Aplique de 50 a 100 gramos de Sulfato de Amonio por árbol.

Se puede utilizar cualquier fertilizante. Lo importante es que se aplique de 10 a 25 gramos de NITROGENO por árbol.

## Falta de Fósforo

La deficiencia de Fósforo se presenta generalmente en las hojas viejas.

### Síntomas

- Las hojas de los cafetos presentan manchas amarillas en las cuales hay coloraciones rojas.
- Las manchas son de diferentes tamaños, y pueden cubrir casi toda la hoja.
- En casos severos, se produce una caída total de las hojas de las ramas que tienen frutos en maduración.

### Manera de corregir la falta de Fósforo

Aplique 60 gramos de Superfosfato Doble ó 120 gramos de Superfosfato Simple por árbol.

Cuando el suelo tiene un pH inferior a 5.6; se puede aplicar Calfos a la dosis de 100 gramos por árbol.

En general se puede corregir la deficiencia de Fósforo, aplicando 25 gramos de Fósforo ( $P_2O_5$ ) por árbol, sea cual fuere el fertilizante utilizado.

## Falta de Potasio

La deficiencia de Potasio solo se manifiesta en los bordes y en las puntas de las hojas.

### Síntomas

- Al principio aparece un amarillamiento que luego se vuelve de color pardo rojizo.
- Cuando la deficiencia es grave, se mueren las partes de las hojas donde había manchas.

### Manera de corregir la falta de Potasio

Para corregir la deficiencia de Potasio, aplique Sulfato de Potasio de 20 a 40 gramos por árbol.

También puede aplicar Cloruro de Potasio en la cantidad de 15 a 30 gramos por árbol.

## Falta de Magnesio

Los síntomas de deficiencia de Magnesio se presentan primero en las hojas viejas.

### Síntomas

- En las hojas viejas se presentan manchas amarillentas entre cada dos nervaduras.
- Las nervaduras principales siempre conservan el color verde.
- El amarillamiento empieza en la base de la rama y se va extendiendo hacia la punta.
- En las ramas que tienen frutos en maduración se caen las hojas más viejas.

### Manera de corregir la falta de Magnesio

Disminuya la cantidad de Potasio que aplica en sus cafetales.

Aplique de 10 a 20 gramos de Magnesio por árbol. Para esto utilice uno de los siguientes fertilizantes:

CARBONATO DE MAGNESIO. Aplique de 30 a 60 gramos por árbol.

OXIDO DE MAGNESIO. Aplique de 15 a 30 gramos/árbol.

SULFATO DE MAGNESIO. Aplique de 60 a 120 gramos por árbol.

Con la aplicación de Oxido de Magnesio o de Sulfato de Magnesio, las plantas tienen Magnesio disponible por bastante tiempo.

En suelos pobres en materia orgánica, cuando no se tiene respuesta a las aplicaciones de Magnesio, puede dar resultado la aplicación de Nitrógeno en las cantidades ya indicadas.

#### Falta de Hierro

La deficiencia de Hierro se presenta siempre en las hojas nuevas.

#### Sintomas

- Las hojas toman un color verde pálido, menos las nervaduras que conservan el color verde normal.
- Aunque el color verde pálido es más pronunciado en las hojas nuevas, en general la planta presenta una coloración verde poco intensa.

#### Manera de corregir la falta de Hierro

Actualmente no hay productos eficientes y económicos para corregir la falta de hierro en los cafetos.

Se aconseja mantener unas condiciones óptimas de drenaje de los suelos y tratar de que el pH no se salga de los límites entre 4.6 y 5.6.

#### Falta de Boro

La deficiencia de Boro se presenta generalmente en épocas muy secas

#### Síntomas

- Las hojas viejas presentan un amarillamiento que se inicia en la punta y avanza hasta la mitad, o un poco más. Se forma un tejido corchoso sobre las nervaduras.
- Las hojas se deforman y pueden aparecer torcidas, arrugadas o con bordes irregulares.
- Aparecen puntos de color café en las hojas tiernas.
- La yema terminal de las ramas muere. Esto hace que la planta produzca nuevos brotes y que aparezcan ramas en forma de abanico.

#### Manera de corregir la falta de Boro

Para corregir la deficiencia de Boro, se aplican de 10 a 25 gramos de Borax por árbol.

Nunca debe repetirse la aplicación de Borax antes de seis meses.

#### Falta de Zinc.

Para corregir esta deficiencia procure mantener el pH del suelo por encima de 4.7.

#### Síntomas

- En suelos muy erosionados, con pH inferior a 4.7 puede presentarse esta deficiencia.
- Las hojas crecen poco y en forma alargada.
- Los bordes se encrespan.

- Los entrenudos son cortos.
- Generalmente, los síntomas de la deficiencia son más visibles en la punta de las ramas.
- En los chupones de soca, las hojas presentan una forma acanalada con bordes amarillos.

### Falta de Manganeso

Para corregir esta deficiencia, procure rebajar el pH del suelo, si éste es superior a 5.6

### Síntomas

- Se presenta un amarillamiento total de las hojas.
- El amarillamiento se presenta siempre en la punta de las ramas.

## FERTILIZACION DEL CAFETO

Desde el punto de vista de la nutrición mineral del cafeto debe tenerse en cuenta la edad de la plantación, es decir, si los árboles están en la etapa de crecimiento inicial (hasta unos 18 meses) o si ya ha iniciado la fase productiva.

En el primer caso, el cafeto necesita principalmente nitrógeno, en el segundo caso, necesita principalmente potasio. Esto sin embargo no significa que los demás elementos no sean necesarios.

### Tipos de fertilizantes

Comercialmente existen fertilizantes sólidos granulados para aplicación al suelo y fertilizantes líquidos concentrados o en polvo soluble para aplicación foliar.

De acuerdo con numerosas pruebas experimentales, se sabe que es posible el suministro de nutrientes por medio de aspersiones foliares en el cafeto, con una absorción del 90 por ciento o mayor. Sin embargo, desde el punto de vista económico su utilidad es discutible, a no ser en casos en que se efectúen las aplicaciones de pesticidas en mezcla con los nutrientes.

Siempre se ha considerado que en cultivos perennes, el suministro de macronutrientes por vía foliar no solamente no sustituye a la fertilización al suelo, sino que es antieconómico. Aquel sistema se considera útil en casos de emergencia para corregir rápidamente algunas deficiencias nutricionales.

### Etapas de desarrollo del árbol de café

#### a) Almacigos

La pulpa de café además de aportar buena cantidad de nutrientes (la pulpa es 15% más rica en fósforo y 70% más rica en potasio que el grano), le proporciona al suelo una buena capacidad de retención de humedad, aumenta la flora bacteriana de mismo, impide su compactación y le permite una mejor aireación.

Las investigaciones realizadas en CENICAFE han demostrado que la adición de pulpa en la preparación de la tierra para almacigos de café contribuye a que las plántulas crezcan sanas y vigorosas. La proporción más aconsejable tierra: pulpa está entre 1:1 y 2:1, en volumen.

b) Cafetos en etapa de crecimiento inicial (hasta unos 18 meses).

El cafeto en esta etapa necesita nitrógeno principalmente, el cual debe ir acompañado de las cantidades racionales de otros elementos como el fósforo y el potasio.

Una vez transplantado el cafeto, se puede seguir el plan de fertilización cada tres meses en la siguiente forma:

A los dos meses: 20 gramos de úrea/planta

A los seis y diez meses: 25 y 30 gramos de úrea/planta

A los quince meses: 50 gramos de 17-6-18-2 por planta

A los veinte meses: 75 gramos de 17-6-18-2 por planta.

### Cafetos en producción

En el comercio se dispone de fórmulas fertilizantes adecuadas para los cafetales en producción, tales como las de la relación 3-1-3, como la 17-6-18-2, las cuales pueden adicionarse con Urea, cuando se trata de suelos con bajo contenido de materia orgánica, o en regiones de alta precipitación (más de 2.800 mm anuales).

La cantidad de fertilizante a aplicar puede variar entre 100 y 150 gramos por aplicación, por árbol, según la distancia de siembra ya que al aumentar la distancia de siembra, aumenta la producción por árbol y por tanto la demanda de nutrientes por ese árbol. Se estima que la dosis debe ser por árbol hasta poblaciones inferiores o iguales a 4000 plantas por hectárea. Para densidades mayores la dosis debe darse por hectárea.

En la tabla 2 se muestra la evolución que en Colombia han tenido las fórmulas de fertilizantes compuestos para café hasta el año 1984.

Tabla 2. Evolución de fórmulas de fertilizantes compuestos para café. CENICAFE. 1984.

Café en crecimiento (hasta iniciación de floración)	5-20-5	(1960)
	6-24-6	
	14-14-14 15-15-15	
	Urea	Actual
Café en Producción (desde iniciación de floración)	10-5-20	(1960)
	12-6-24	
	12-6-22-2 12-12-17-2	(1980)
	17-6-18-2	Actual

### Épocas de fertilización de cafetales en producción

Para decidir en que épocas se aplica el fertilizante a un cultivo de café en producción, se debe tener en cuenta que en los dos últimos meses de desarrollo del fruto, ocurre una gran demanda de nutrientes por parte del mismo.

En esta última etapa de formación del fruto se ha revelado un gran aumento en la acumulación de materia seca y de nutrientes. En los dos últimos meses el fruto absorbe entre 37 y 49% del nitrógeno total final; el 36% del fósforo; entre 39 y 44% de potasio. La cereza de café tiene aproximadamente 1.7% de N. 0.15% de  $P_2O_5$  y 3.0% de  $K_2O$ .

Según lo anotado, y siguiendo un programa de dos aplicaciones anuales de fertilizante, debe hacerse una aplicación dos meses antes de la época calculada para la maduración del mayor volumen de frutos: dos meses antes de la "mitaca" deberá efectuarse otra fertilización).

Por ejemplo, en una región donde las épocas de cosecha son abril-mayo y octubre-noviembre, las fertilizaciones se efectuarán en febrero y agosto.

## ANALISIS FOLIAR

Esta técnica no es de fácil utilización pero puede ser una valiosa ayuda complementaria del análisis de suelo.

De un modo general puede decirse que la base del análisis foliar como medio para conocer el estado nutricional de un cultivo está en la premisa de que faltando un elemento en el suelo, su tenor en las hojas de las plantas allí crecidas, debe ser bajo, si se compara con el de las hojas de plantas consideradas normales, por esta razón se exige el conocimiento previo de los niveles de los nutrimentos en las hojas de plantas normales, satisfactorias o de alta producción.

Generalmente el contenido de un elemento en la hoja se expresa en base al peso seco de la muestra, pero en éste, según anota Muller, están incluidos los carbohidratos, cuya cantidad en la hoja puede ser variable y por ello sería mejor expresar la concentración de los nutrimentos en base a celulosa o a fibra; este procedimiento por laborioso es poco usado.

### EFFECTO DE LA FERTILIZACION CON N, P, K, A TRES NIVELES EN LA COMPOSICION MINERAL DE LAS HOJAS DEL CAFETO

Se quería conocer la influencia de la fertilización con N, P, K, en la composición mineral de las hojas del cafeto según la época de muestreo y esta composición analizada en relación con la producción, con el fin de seleccionar una época oportuna de muestreo de hojas para establecer los correspondientes ajustes en la fertilización del cultivo y controlar el estado nutricional durante la vida de éste.

#### MATERIALES Y METODOS

La Sección de Café del Centro Nacional de Investigaciones de Café, elaboró un experimento de fertilización con N, P, K, a tres niveles (factorial de  $3^3$ ) con un total de 27 tratamientos y dos replicaciones. En el proyecto experimental se consideraba a cargo de la Sección de Fisiología Vegetal, el plan de muestreo de hojas para su análisis químico y su correspondiente estudio.

Como ya se había determinado previamente en esta Sección el par de hojas a muestrear, (Huerta), se tomaron muestras compuestas formadas por los cuartos pares de los árboles efectivos de cada parcela al tiempo de efectuarse la aplicación de los tratamientos fertilizantes, en seis localidades ubicadas en diferentes regiones cafeteras del país. La aplicación de los tratamientos se efectuó cada dos meses y medio.

Se recibieron muestras de hojas de seis sitios donde se había localizado el ensayo (Cenicafé, Naranjal, Granjas, Paraguaicito, Piamonte y El Rosario). Para los análisis matemáticos se contó con un total de 55 muestreos distribuidos en: 24 - 4 - 15 - 4 - 5 - 2, para cada una de las localidades mencionadas en su orden.

En cada muestreo se efectuaron las determinaciones de ocho elementos (23.760 determinaciones en total).

En el conjunto de las seis localidades (Tabla 3), el nitrógeno se reveló como el elemento que más influía en la composición mineral de las hojas: al aumentar la cantidad de nitrógeno aplicado al suelo hubo aumento lineal y altamente significativo de nitrógeno y de manganeso en la hoja en el 89% y en el 60% de los muestreos, respectivamente y hubo disminución lineal altamente significativa de fósforo y de boro en el 73% y en el 60% de los muestreos respectivamente.

Tabla 3. Influencia de las aplicaciones de N, de P y de K en el contenido de minerales de las hojas del café en varias localidades.

Nutriente al suelo	Localidad	Composición Foliar							
		N	P	K	Ca	Mg	Mn	Fe	B
N	Cenicafé	++	--	--	--	++	++	--	--
	Granjas	++	--				++		--
	Paraguaicito	++	--	--		++			--
	Piamonte	++			--		++		--
	Naranjal	++	--				++		
	Rosario	++							--
P	Cenicafé		+				+		
	Granjas		+						
	Paraguaicito								
	Piamonte		+						
	Naranjal		+					+	
	Rosario								
K	Cenicafé			++		--			
	Granjas			++		--			
	Paraguaicito								
	Piamonte			++		--			
	Naranjal			++		--			
	Rosario								

- ++ Efecto altamente significativo y positivo
- Efecto altamente significativo y negativo
- + Efecto positivo y significativo al 5%

Para facilitar el estudio de la relación entre la producción y la composición mineral foliar, los muestreos se clasificaron según la fase de desarrollo del cultivo en que fueron efectuados así: floración, "mitaca" (4 a 6 meses antes de la cosecha principal), principio de cosecha, cosecha, poscosecha.

Se hicieron correlaciones simples de los contenidos de cada uno de los elementos minerales en cada muestreo, con los registros de cosecha del mismo año del muestreo y con los registros de cosecha del año siguiente.

Se encontró que la correlación de elementos en la hoja con la producción del año siguiente, no se justifica y que desde un punto de vista práctico, con el fin de corregir oportunamente un deficiente estado nutricional en el cultivo, debe efectuarse el muestreo de hojas respectivo, en la época de "mitaca" o cosecha secundaria.

Los valores de los contenidos de minerales en las hojas, para muestreos efectuados entre los cuatro y los seis meses antes de la cosecha y correspondientes a producciones de 220 arrobas o más de café pergamino seco por hectárea y por año, se dan en la tabla 4. Estos valores pueden tenerse como "normales" para las máximas producciones de café, al considerar todas las cosechas, para cada una de las localidades y sus respectivos análisis foliares.

La respuesta a la aplicación de los nutrientes N - P - K en los suelos de las distintas localidades en que se hizo el experimento, manifestada por el contenido de elementos minerales en las hojas, no fue similar en todos los sitios y esas diferencias no encuentran adecuada explicación en las características físicas y químicas de los suelos respectivos.

Es posible que haya ocurrido una acidificación, al aplicar diferentes portadores de nitrógeno, con lo cual se incrementa el aluminio intercambiable y puede llegar a afectarse la nutrición de la planta, especialmente en lo relacionado con el fósforo.

Estos resultados están de acuerdo con las conclusiones del estudio de Aduayi, quien dice que aparentemente no hay un nivel fijo de nutrientes que puedan servir como guía absoluta de fertilización para todos los suelos cafeteros, pues cada uno tiene su propio nivel de fertilidad y este fluctúa con cambios ambientales, químicos y biológicos.

Del análisis general de las seis localidades se ve que el nitrógeno es el elemento que más refleja en la hoja la aplicación que de él se hace al suelo; le sigue en importancia el potasio y por último el fósforo.

Tabla 4. Contenido "normal" de minerales en la hoja, correspondiente a producciones de 220 ó más arrobas de café pergamino por hectárea por año.

Elemento	Nivel en la hoja en base seca*	Producción respectiva arrobas c.p.s./Ha/año*
NITROGENO	2.30 - 2.80%	304 - 364
FOSFORO	0.10 - 0.18%	395 - 221
POTASIO	1.50 - 2.00%	395 - 270
CALCIO	0.50 - 1.30%	395 - 221
MAGNESIO	0.30 - 0.40%	395 - 265
MANGANESO	150 - 220 ppm	395 - 265
HIERRO	90 - 140 ppm	221 - 265
BORO	40 - 60 ppm	395 - 364

\* Valores obtenidos al considerar toda la información de las diferentes localidades.

Con las aplicaciones de nitrógeno al suelo aumentaron el N y el Mn en la hoja y disminuyeron el P y el B; con aplicaciones de potasio al suelo aumentó el K y disminuyeron el Ca y el Mg en las hojas; y con aplicaciones de P al suelo aumentaron el P y el Mn foliares. Estos resultados parcialmente coinciden con los que traen algunas referencias bibliográficas.

## ANALISIS DE SUELOS

A pesar de la enorme complejidad mineral y orgánica del suelo, la agricultura científica dispone de ayudas técnicas que le permiten establecer las condiciones óptimas o adecuadas para la producción vegetal.

Una de estas ayudas es el análisis de suelos y sobre las condiciones físicas y químicas de éstos se pueden dar para el cafeto algunas pautas generales aunque no existan suficientes estudios que permitan hacer la interpretación para todas las condiciones reales.

Para la mejor aplicación del criterio técnico en la interpretación de los análisis de fertilidad de suelos y basados en la fertilidad natural de los suelos de la zona cafetera colombiana y en algunos resultados experimentales de Cenicafé y de otros países, se elaboró el gráfico 1, que es un ejemplo de reporte de resultados de análisis de suelos, se tiene entre líneas verticales los rangos adecuados para café; si las barras horizontales caen fuera de esos rangos, significa que debe procederse al suministro del nutrimento o encomienda requerido.

En la tabla 5 se presentan los valores de potasio, calcio y magnesio que guardan el equilibrio de la relación 1:6:2, la cual se propone como la más adecuada de las necesidades del cafeto.

Tabla 5. Equilibrio entre K, Ca y Mg en suelos para café.

K 1:	Ca 6:	Mg 2
miliequivalentes por 100 gramos de suelo		
K	Ca	Mg
0.70	4.2	1.4
0.60	3.6	1.2
0.50	3.0	1.0
0.40	2.4	0.8
0.35	2.1	0.7
0.30	1.8	0.6
0.20	1.2	0.4
0.10	0.6	0.2
0.05	0.3	0.1

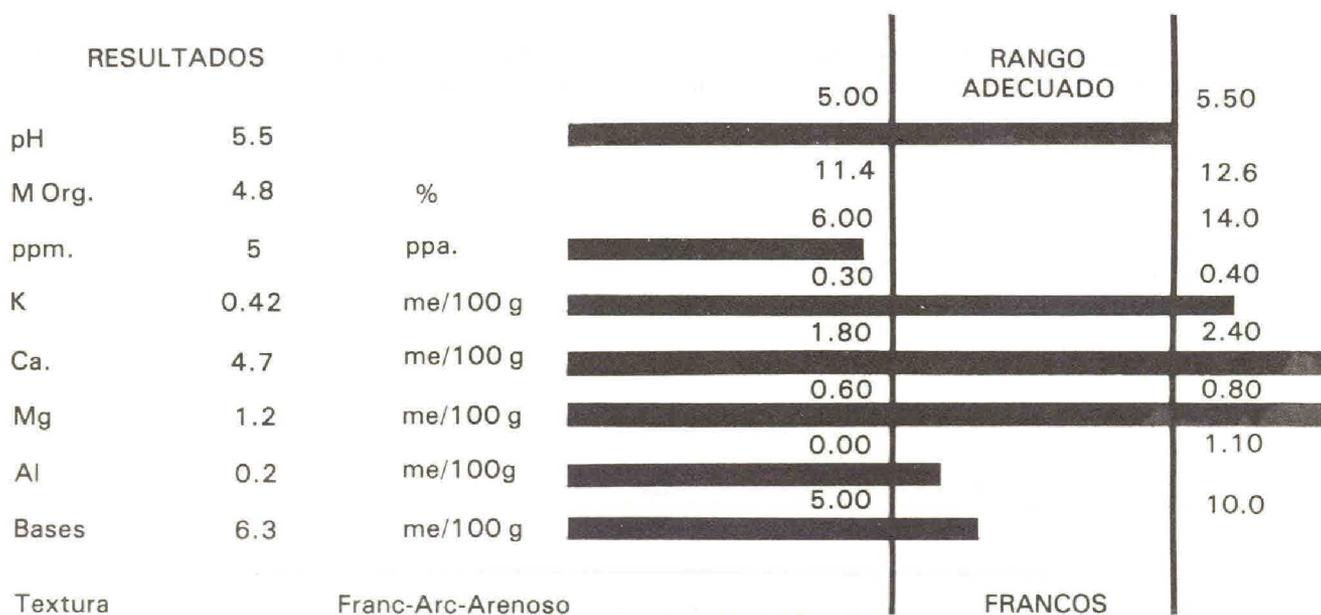
FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA  
 CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFE  
 DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA Y SUELOS - SECCION DE QUIMICA AGRICOLA

N° ORDEN 007875  
 N° LABORATORIO 851113/0028

FINCA EL PORVENIR  
 VEREDA EL LAUREL  
 REFERENCIA EL PORVENIR

PROPIETARIO RAMON HENAO  
 MUNICIPIO NEIRA

REPORTE E INTERPRETACION DE ANALISIS DE SUELOS PARA CAFE



COMENTARIOS: EL RESULTADO DE SU ANALISIS ES ADECUADO SI:

- Las barras horizontales estan dentro del rando adecuado y lleva FRANCO en su textura.

El Aluminio se determina cuando el pH es inferior a 5.6 y no debe sobrepasar el valor de 1.1 me/100 g.

Si su Análisis de Suelos no es para Café, ignore el Gráfico de Barras.

METODOS:

pH = POTENCIOMETRICO EN AGUA 1:1

M Org. = WALKLEY BLACK

P = BRAY II

Bases = ABSORCION ATOMICA

Al = YUAN - ABSORCION ATOMICA

Textura: AL TACTO.

REVISADO POR

JEFE SECCION

A continuación (Tabla 6) se dan las relaciones entre cationes en suelos adecuados para café, según la bibliografía, así como los niveles respectivos (Tabla 7).

Tabla 6. Relaciones entre cationes, consideradas adecuadas para el cultivo de café, según la bibliografía.

Relación	V/r. adecuado para café	Autor	País
Mg/K	3.0	Forestier	Rep. Centroaf.
	8.0	Hardy	---
	3.0	Briceño	Costa Rica
	2.5 - 15.0	M.A.G.	Costa Rica
	2.0	Valencia	Colombia
$\frac{Ca + Mg}{K}$	> 21	Forestier	Rep. Centroaf.
	9	Briceño	Costa Rica
	10 - 40	M.A.G.	Costa Rica
	8	Valencia	Colombia
	2.2 - 23	Carvajal	Costa Rica
K: Ca : Mg	1 : 6 : 2	Valencia	Colombia
	1 : 6 : 2	---	Brasil (M.G.)
	1 : 7 : 3	---	Brasil (S.P.)
Ca/K	6	Briceño	Costa Rica
	5 - 25	M.A.G.	Costa Rica
	3.7	Meblich	---
	2 - 17	Carvajal	Costa Rica
	6	Valencia	Colombia
Ca/Mg	2 - 5	M.A.G.	Costa Rica
	4	Hardey	---
	2 - 4	Meblich	---
	3	Valencia	Colombia
$\frac{100 K}{K + Ca + Mg}$	2.5 - 11	Forestier	Rep. Centroaf.
	4 - 29	Carvajal	Costa Rica
	11	Valencia	Colombia

Tabla 7. Niveles de K - Ca - Mg (m.e.) adecuados para el cultivo de café, según la literatura.

Elemento	Niveles en el suelo adecuados para café (m.e.)	Autor	País
K	0.15 - 0.20 para suelos con 20% Ar. L.	Forestier	Rep. Centroaf.
K	0.50 para suelos Ar.	Forestier	Rep. Centroaf.
K	0.1 - 0.2	Lové	Costa de M.
K	0.2 - 0.4	Carvajal	Costa Rica
K	0.2 - 0.4	---	Kenya
K	0.12 - 0.40	---	Brasil (S.P.)
K	0.31 - 0.60	---	Brasil (M. G.)
K	0.35	Mestre	Colombia
Ca	2.5 - 5.0	---	Brasil (S. P.)
Ca	1.6 - 4.0	---	Brasil (M.G.)
Ca	2.1	Valencia	Colombia
Mg	0.5 - 1.0	---	Brasil (S. P.)
Mg	0.6 - 1.0	---	Brasil (M. G.)
Mg	0.7	Valencia	Colombia

En la tabla 8 se indican los análisis, los métodos empleados y los niveles adecuados para café. Esta tabla forma parte de los formatos de reporte de análisis hechos por CENICAFE.

Los análisis de las muestras de suelos tomadas por el Programa de Desarrollo y Diversificación de Federacafé en los estudios de zonificación de la fertilidad de los suelos de la zona cafetera colombiana, permitieron estimar la fertilidad natural, como se indica en la tabla 9.

Tabla 8. Análisis de fertilidad de suelos efectuados por el laboratorio de Química Agrícola de Cenicafe.

Determinación	Métodos de análisis (Límites de confianza)	Niveles adecuados para café (1ª aproximac.)	
pH	Potenciométrico en seco. Relación 1:1, agua: suelo seco por volúmenes (Unidades de pH + 0.1)	5 - 5.5	
Materia orgánica	Walkley-Black con dicromato de K (%M.O + 0.6)	Más de 12	
Fósforo	Bray II como P (ppm P + 4)	Más de 10	
Bases	Extracción en acetato de amonio IN y neutro. Luego espectrofotometría de absorción atómica (E.A.A.) K (potasio), Ca (Calcio) y Mg (magnesio) en m.e./100g (K + 0.06; Ca + 0.5; Mg + 0.2).	Más de 0.35 para K. Menos de 4.0 para Ca. Menos de 1.0 para Mg.	
Aluminio	Yuan para titulación ó E.A.A. como Al (m.e./100g + 0.1).	Menos de 1.0	
Suma de Bases	K + Ca + Mg (m.e./100g).	1 - 5	
Textura	Al tacto (F, Ar, L. A) *	FA - FAr.	
* F(Franco);	Ar (arcilloso);	L (limoso)	A (Arenoso).

Tabla 9. Fertilidad natural de los suelos cafeteros en Colombia.

Determinación	Porcentaje	Límites
pH	73	5 — 5.5
M.O.	87	menos 12.0%
P	100	Menos 10 ppm.
K	75	menos 0.34 m.e./100 g.
Ca.	42	menos 2.0 m.e./100g.
Mg	44	menos 0.65 m.e./100 g.
Al	41	menos 1.0 m.e./100g.
Bases	74	Menos 5.0 m.e./100g.

De 36 cosechas en 8 localidades hubo:

69% respuestas a N  
 11% respuestas a P  
 42% respuestas a K

## INFLUENCIA DEL ENCALAMIENTO EN LA PRODUCCION DE CAFETALES ESTABLECIDOS

En cafetales cultivados en suelos derivados de cenizas volcánicas, no se conocían estudios completos del efecto del encalamiento en la producción de café.

En estudios en almácigos, Suárez de C. y Rodríguez, obtuvieron los mayores pesos secos en el testigo y en las aplicaciones mínimas de cal (hasta una tonelada de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  por Ha), y cuestionaron el valor del encalamiento en los cafetales.

El encalado en Brasil es una práctica corriente en los cafetales; Moraes reporta aumentos de 50% en la producción de café con el uso de cal en suelos de pH 4 a 4.5 y Pereira y Santinato, en Minas Gerais, también obtuvieron mayores producciones con aplicaciones de cal. En estudios en Paraná lograron la mayor producción de café con 2.5 toneladas de cal por hectárea. Meilo anota, sin embargo, que el exceso de cal puede ser perjudicial para el cafeto.

Es factible que con el uso de cal se logren normalizar situaciones de deficiencia de Zn y de Fe o de exceso de Mn y de Al que pueden estar ocurriendo en cafetales establecidos al sol y que se fertilizan repetidamente con

dosis masivas de fertilizantes. De acuerdo con Baeyens aplicaciones de altas dosis de potasio en suelos ácidos liberan tanto aluminio que lo hacen nocivo y se hace necesario el encalamiento, lo mismo que cuando hay problemas de toxicidad de manganeso.

El estudio se planeó con el objetivo de verificar el efecto del encalamiento de cafetales establecidos, en la producción de café, mediante registros de cosecha, análisis de hojas y análisis de suelos, para ver los cambios que podrían provocarse tanto en pH como en el contenido de calcio, magnesio, aluminio y manganeso intercambiables y en los niveles de Zn, Fe, Al, Mn en las hojas.

El lote experimental fue sembrado en octubre de 1966 con la variedad Caturra, a una distancia de dos metros entre plantas.

La fertilización que recibió el lote consistía en cuatro replicaciones anuales de 150 gramos de 12-12-17-2 y 50 gramos de urea por árbol. En diciembre de 1974 se "recepó" la plantación y se inició la aplicación de los tratamientos a estudiar:

1. Aplicación de 12-12-17-2 más urea, conforme venía fertilizándose el lote.
2. Igual que en 1, más 250 gramos de  $\text{Ca(OH)}_2$  por árbol por año.
3. Igual que en 1, más 500 gramos de  $\text{Ca(OH)}_2$  por árbol por año
4. Aplicación de 250 gramos de  $\text{Ca(OH)}_2$  por árbol por año 300 gr. de  $\text{CaCO}_3$ .
5. Aplicación de 500 gramos de  $\text{Ca(OH)}_2$  por árbol por año 600 gr. de  $\text{CaCO}_3$ .

Se utilizó un diseño de bloques al azar con un árbol por parcela y 32 replicaciones. Semestralmente se efectuó un muestreo de hojas para la determinación de los constituyentes minerales y anualmente se hizo un muestreo de suelos (una muestra compuesta para cada tratamiento) para los análisis de caracterización.

Se registró durante cuatro cosechas el peso del café cereza producido y en éste se determinó el porcentaje de pasilla para estimar la calidad de la producción.

## RESULTADOS

En la tabla 10 se dan los datos de producción por tratamiento para cada uno de los cuatro años de registros (julio a junio) y el total de los cuatro años.

Estudiando matemáticamente los resultados de producción se encontró que no había diferencias significativas entre el tratamiento 1 (testigo) y el promedio de los otros cuatro tratamientos que habían recibido cal, con excepción de la cosecha de 1979, donde hubo una producción estadísticamente superior en el estigo, como se aprecia en la tabla 11.

En los cuatro tratamientos, excluido el testigo, se separaron los efectos del fertilizante y de la cal, como se muestra en la tabla 12; puede apreciarse que en 1979 el fertilizante produjo un aumento significativo de la producción y que la cal no influyó en la producción. Los dos efectos fueron además independientes.

Tabla 10. Producción por tratamiento (kilogramo de café pergamino seco por hectárea) para cuatro años y total

Tratamientos	Producción (Julio de 1976 a Junio de 1980)				Total
	Jul/76 Jun/77	Jul/77 Jun/78	Jul/78 Jun/79	Jul/79 Jun/80	
1	2.188	5.929	3.650	9.188	20.955
2	2.012	5.100	3.438	7.613	18.163
3	2.487	6.012	3.863	8.725	21.087
4	2.437	5.663	3.575	6.663	18.338
5	2.387	5.550	2.050	6.963	16.950

Tabla 11. Comparación matemática de la producción (kg. de café cereza por árbol) en cuatro años entre el tratamiento testigo y el promedio de los tratamientos con cal.

Tratamientos	Producción			
	1976	1977	1978	1979
Testigo (1)	3.55	11.72	7.25	17.79
Promedio de tratamientos con cal (2 - 3 - 4 - 5)	3.59	10.46	6.54	13.38**
D.M.S. (0.05) (0.01 para /79)	1.19	1.69	1.64	3.38

Tabla 12. Comparación del efecto del fertilizante y de la cal en la producción de café. (Kg. de café cereza por árbol) en cuatro cosechas.

Tratamientos	Producción			
	1976	1977	1978	1979
Sin fertilizante (4 y 5)	3.72	10.52	6.04	12.70
Con fertilizante (2 y 3)	3.47	10.41	7.05	15.19**
Cal 250 kg/ha (2 y 4)	3.41	10.10	6.68	13.34
Cal 500 kg/ha (3 y 5)	3.78	10.83	6.41	14.54
D.M.S. (0.05)	1.06	1.51	1.47	2.29

En ningún caso se encontró efecto significativo de la cal sobre la composición foliar y únicamente el nitrógeno y el fósforo recibieron influencia de la fertilización así: el nivel de nitrógeno fue mayor en las hojas de las plantas fertilizadas y en el caso del fósforo, el mayor contenido se presentó en las plantas que no habían recibido fertilizante.

De los resultados que acaban de presentarse, se destacan los siguientes: solamente después de cinco aplicaciones de cal se obtuvieron diferencias en producción, pues únicamente en la cuarta cosecha el testigo (sin cal) produjo significativamente más café que el promedio de los tratamientos que habían recibido cal.

Este resultado a pesar de no coincidir con los obtenidos en Brasil, que refieren importantes aumentos en la producción de café con el uso de la cal, si demuestran un efecto benéfico del uso de la cal en cafetales establecidos, pues hasta cuatro aplicaciones de cal sola, mantienen producciones similares a las de las parcelas con fertilizante completo, durante tres cosechas.

Ya en la cuarta cosecha, la cal sola dió producciones inferiores, lo cual indica que su excesivo uso no es conveniente, como lo anota Mello. El hecho de no haberse encontrado diferencias significativas atribuibles a efecto de tratamientos con cal en los registros de porcentaje de pasilla ni en el contenido de minerales foliares, cuyos valores en todos los muestreos de hojas realizados estuvieron dentro de los niveles "normales" dados por Valencia y Arcila, confirma el efecto benéfico del uso de la cal agrícola en los cafetales y sugiere que por acción de ésta deben haber ocurrido cambios importantes en el aspecto químico del suelo, como efectivamente ocurrió: hubo aumento de pH, de magnesio y de calcio intercambiables, de bases totales y hubo disminución de aluminio y de manganeso intercambiables y de hierro soluble.

En Colombia, el encalado no debe hacerse en suelos con pH mayor de 5.5 ni con bajo contenido de manganeso y López agrega que debe encalarse un suelo cuando posee 1.0 me de aluminio de cambios o más. Malavolta et al estiman que el tenor adecuado de calcio en el suelo debe ser de 4.0 me. Valores cercanos a estos niveles deseables o normales para el café se lograron en las condiciones del experimento con 250 gramos de cal por árbol por año, durante tres años, valores que se obtuvieron en el muestreo de diciembre de 1977.

## FUENTES DE INFORMACION

1. ADUAYI, E.A. 1970. Turrialba 20(4): 463-470.
2. BAEYENS, J. 1967. Nutrition des plantes de culture. París, Universidad de Louvaine, 678 p.
3. Fundacao Instituto Agronómico de Paraná. 1978. Relatorio técnico anual 1977. Programa Café. Londrina (Paraná). p. 87-102.
4. HUERTAS, S.A. 1962. Cenicafé 13(4): 195-210.
5. HUERTAS, S.A. 1963. Cenicafé 14(2): 111-128.
6. LOPEZ, A.M. 1970. Centro Nal. de Investigaciones de Café. Seminario s.p.
7. MALAVOLTA, E. 1963. Nutrição do cafeeiro. In: Krug, C.A. Cultura e adubação do cafeeiro. São Paulo, Inst. Brasileiro da Potassa, p. 143-190.
8. MELLO, F. de A.F. 1978. Rev. de Agricultura (Brasil) 53(3): 157-158.

9. MORAES, F.R.P. 1966. O Agronomico (Brasil) 18 (5-6): 7-8
10. PEARSON, R.W. 1975. Cornell International Agriculture Bulletin 30. 66pp.
11. PEREIRA, J.E. & SANTINATO R. 1978. In: Congresso brasileiro de Pesquisas cafeeiras 6. Riberao Preto. Brasil 24-27 outubro 1978. Resumos. Sao Paulo. IBC. p 377-380.
12. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Bogotá (Col.) 1971. Conclusiones Primer Coloquio de Suelos. Rev. Suelos Ecuatoriales (Col.) 3(1): 307-309.
13. SUAREZ de C.F. & RODRIGUEZ G.A. 1956. Revista Cafetera de Colombia. 12 (129): 4294-4301.
14. URIBE, H.A. & MESTRE, M.A. 1976. Cenicafé 27(4): 158-173.
15. VALENCIA, A.G. 1975. Cenicafé 26(3): 131-142.
16. VALENCIA, A.G. 1977. Cenicafé 28(4): 119-138.
17. VALENCIA, A.G. 1981. Cenicafé 32(1): 3-14
18. YAMADA, T. 1981. Nutrição e adubação do cafeeiro. Instituto da potassa (EUA - Suíça). Peracicaba (S.P.) Brasil 226 p.
19. MULLER, L.E. 1959. Boletín Técnico N° 4. I.I.C.A. Turrialba (C.R.) 41 p.