



## Fertilidad del suelo y manejo de la nutrición

“APLICACIÓN DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN EN EL CULTIVO DEL CAFÉ AJUSTADO A LAS  
CONDICIONES PARTICULARES DEL HUILA”





---

**Siavosh Sadeghian Khalajabadi**

*Investigador Científico III  
Disciplina de Suelos*

**Vanessa Catalina Díaz Poveda**

*Asistente de Investigación  
Disciplina de Suelos*

**Víctor Félix Alarcón Trujillo**

*Asistente de Investigación  
Disciplina de Suelos*

**Luz Adriana Lince Salazar**

*Investigador Científico I  
Disciplina de Suelos*

**Juan Camilo Rey Sandoval**

*Asistente de Investigación  
Disciplina de Suelos  
Cenicafé*





## Introducción

Durante los últimos años el área dedicada al cultivo de café en el departamento de Huila se ha incrementado, hasta ocupar el primer lugar a nivel nacional. Un aspecto importante para sostener y mejorar la productividad de los sistemas de producción de esta región tiene que ver con la adecuada nutrición de las plantaciones, la cual depende de las propiedades del suelo, que en últimas afectan su fertilidad y las prácticas de manejo.

Cuando las raíces del café encuentran un medio apto para su crecimiento, se extienden y toman desde la solución del suelo los elementos requeridos, produciendo cosechas abundantes y de buena calidad. Ejemplo de ello son los suelos profundos, con texturas francas y altos contenidos de materia orgánica, los cuales pueden almacenar y poner a la disposición de las plantas grandes cantidades de agua. En contraste, ante condiciones limitativas de orden físico, químico y biológico, se ve afectado el desarrollo de las plantas y su productividad.

Por lo anterior, un plan acertado de nutrición debe iniciar con la identificación de las propiedades del suelo que afectan el crecimiento de las raíces y la disponibilidad de los nutrientes para la planta, por ejemplo, encharcamiento, compactación y acidez. Parte de este ejercicio se logra mediante el análisis del suelo, sin embargo, esta herramienta por sí sola no es suficiente y debe complementarse con la revisión de las condiciones predominantes en el lote. Paralelo al manejo de los limitantes es necesario proporcionar los nutrientes que demanda el cultivo, mediante la aplicación de fertilizantes.

Mediante el desarrollo del siguiente trabajo de investigación, enmarcado en el Proyecto del Sistema General de Regalías, se buscó conocer en mayor detalle las propiedades de los suelos dedicados al cultivo de café en el departamento de Huila, con el fin de proponer estrategias de manejo que contribuyan al incremento de la productividad y la rentabilidad del negocio.

Se definieron los siguientes objetivos:

- Caracterizar la fertilidad de los suelos de la región cafetera del departamento de Huila.
- Evaluar la dinámica de las propiedades químicas del suelo.
- Definir recomendaciones para el manejo de la fertilidad del suelo y la nutrición de cafetales en las diferentes etapas del cultivo.

## ¿Cómo se desarrolló el estudio?

### Caracterización de la fertilidad del suelo

---

Para la caracterización química del suelo se seleccionaron aleatoriamente 6.000 lotes cultivados en café, basándose en la información del Sistema de Información Cafetera-SICA, y con asignación proporcional al área de café en etapa productiva de cada municipio. Las plantaciones correspondían a las variedades Colombia, Castillo® o Caturra, con densidades superiores a 4.000 plantas/hectárea y edad mayor a 1,5 años.

En cada lote se delimitó un área de aproximadamente media hectárea, en donde se tomaron diez sub-muestras, a 20 cm de profundidad, mediante el uso de barreno. Estas se mezclaron con el fin de conformar una muestra compuesta, a la cual se determinaron las siguientes propiedades: pH, materia orgánica, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre, aluminio, sodio, hierro, manganeso, zinc, cobre, boro, capacidad de intercambio catiónico (CIC) y conductividad eléctrica. Para el análisis físico, en 1.000 de los lotes seleccionados se analizaron: densidad aparente, textura y capacidad de almacenamiento de agua aprovechable por las plantas.

Se construyó una base de datos con la información correspondiente a la ubicación y las propiedades del suelo analizadas, se realizó un análisis estadístico descriptivo (promedio, mediana, mínimo, máximo y coeficiente de variación) y se calculó la frecuencia de las muestras en cada uno de los rangos de fertilidad, establecidas para el cultivo de café en Colombia; por último, se hizo una agrupación de los municipios en los rangos críticos o limitativos para el crecimiento de café.

### **Propiedades del suelo que determinan su fertilidad**

**pH. Potencial de hidrogeniones.** Mide la concentración de los iones de hidrógeno libres ( $H^+$ ) en una solución del suelo. Entre más alta sea la concentración de  $H^+$  menor será el valor del pH y mayor la acidez. Para café el rango adecuado de pH se encuentra entre 5,0 y 5,5. La disponibilidad de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio, se reduce conforme disminuye el pH, mientras que se incrementa el aluminio.

**Materia orgánica (MO).** Representa el contenido del humus del suelo. Este componente se emplea como indicador de la disponibilidad de nitrógeno. Para el cultivo de café en Colombia, contenidos menores de 8% se consideran bajos, y niveles inferiores al 6% son muy bajos.

**Fósforo (P).** Corresponde a la fracción que se considera disponible para las plantas. Niveles menores de 10 mg/kg se clasifican como bajos y mayores de 30 mg/kg altos.

**Calcio ( $Ca^{2+}$ ), magnesio ( $Mg^{2+}$ ) y potasio ( $K^+$ ) intercambiables.** Estos macronutrientes son llamados bases intercambiables. Los niveles adecuados para café son: Ca mayor de 3,0 cmol<sub>c</sub>/kg, Mg mayor de 0,9 cmol<sub>c</sub>/kg y K mayor de 0,4 cmol<sub>c</sub>/kg.

**Micronutrientes.** Están principalmente representados por hierro (Fe), manganeso (Mn), zinc (Zn), cobre (Cu) y boro (B). Otros como cloro (Cl), níquel (Ni) y molibdeno (Mo) no se determinan en el análisis rutinario de suelo. La disponibilidad de Fe y Mn es relativamente alta cuando el pH es menor de 5,5. Caso contrario ocurre para Zn, Cu y B; además, en suelos con baja MO es más frecuente la falta de boro.



**Aluminio intercambiable ( $Al^{3+}$ ).** Cuando el pH es menor de 5,0, las concentraciones de  $Al^{3+}$  generalmente son mayores de 1,0 cmol<sub>c</sub>/kg, nivel que puede causar toxicidad a las plantas.

**Capacidad de Intercambio Catiónico Efectiva (CICE).** Estima la capacidad del suelo para adsorber o almacenar de manera temporal elementos con carga positiva (cationes) al momento de realizar el análisis. Se calcula mediante la suma de  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $K^+$  y  $Al^{3+}$ . Valores de CICE menores de 3,0 cmol<sub>c</sub>/kg se consideran bajos y mayores de 6,0 cmol<sub>c</sub>/kg altos.

**Conductividad eléctrica (CE).** Esta propiedad se emplea para medir la salinidad del suelo. Valores mayores de 1,1 dS/m pueden afectar negativamente el crecimiento de café.

**Textura.** Es la propiedad relacionada con el contenido y la proporción de arena, limo y arcilla. Los suelos clasificados como francos presentan un mejor equilibrio entre estas partículas y favorecen el desarrollo de las raíces, mientras que en los suelos arenosos y arcillosos ocurre lo contrario.

**Densidad aparente (DA).** Se emplea generalmente como indicador de la compactación del suelo. Un rango adecuado para el crecimiento radical está entre 0,8 y 1,0 g/cm<sup>3</sup>.

**Capacidad de almacenamiento de agua aprovechable (CAAA).** Corresponde a la fracción del agua en el suelo que puede ser aprovechable por las plantas, retenida por el suelo a presiones entre 0,033 y 1,5 mega Pascales (MPa). Cuando esta capacidad es menor del 20% del volumen del suelo se considera limitante para el crecimiento de las plantas.



## Dinámica de las propiedades químicas del suelo

Para las seis unidades cartográficas de suelo más comunes de la zona cafetera del Huila se evaluaron los requerimientos de cal, mediante pruebas de incubación durante dos meses, y la capacidad de retención de fósforo, calcio, magnesio y potasio, a través de la técnica de isotermas de adsorción. Estas valoraciones se llevaron a cabo para 60 muestras, tomadas a 20 cm de profundidad, de todo el departamento.



**Isotermas de adsorción.** Es una técnica que mide, a nivel de laboratorio, la capacidad que tienen los suelos para retener elementos con cargas positivas (cationes) y negativas (aniones). Para ello, a una misma temperatura, se someten muestras de suelos a diferentes concentraciones del elemento objeto de estudio y se cuantifica su retención por los coloides del suelo (materia orgánica y arcillas).

## Información de lluvia

Con base en los registros históricos de lluvia se calculó la cantidad total anual y distribución de la precipitación para los 35 municipios del departamento.

**La decisión de aplicar el fertilizante debe basarse en la disponibilidad de agua en el suelo, la cual está gobernada principalmente por la cantidad y la distribución de las lluvias.**

**Cantidades de lluvia cercanas a 2.500 mm/año se consideran adecuadas para el crecimiento de café, más de 3.500 mm/año pueden ser excesivas y menor de 1.500 mm limitantes.**

**Para que la fertilización sea efectiva se necesitan dos condiciones:**

- Que el suelo esté húmedo al momento de la labor, es decir, que haya llovido en los días previos a la fertilización, y**
- Que exista una alta probabilidad de que el suelo permanezca húmedo, al menos durante los próximos 2 meses a partir de la fertilización.**

## Recomendaciones para el manejo de la fertilidad del suelo y la nutrición de cafetales

A partir de los resultados de la caracterización de la fertilidad, la dinámica de las propiedades del suelo y la información de lluvias, se generaron recomendaciones de nutrición para cada etapa del cultivo de café por municipio.

### ¿Qué se encontró?

#### A. Propiedades químicas del suelo

En la Tabla 1 se presenta la información de la estadística descriptiva de las propiedades químicas analizadas a nivel departamental y en la Tabla 2 las frecuencias de los rangos establecidos para café de: pH, aluminio intercambiable, porcentaje de saturación de

aluminio (SAL), materia orgánica, fósforo, azufre, calcio, magnesio, potasio y capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICE).

**Tabla 1. Estadística descriptiva de las propiedades químicas del suelo, correspondiente a 35 municipios del Huila.**

Propiedad	Unidad	Promedio	Mediana	Mínimo	Máximo	CV (%)
pH		5,02	4,95	2,90	7,77	12,07
Mat. Orgánica	%	4,51	3,71	0,54	32,44	64,97
Fósforo-P	mg/kg	29,52	12,83	2,87	1.521,60	180,30
Potasio-K	cmol <sub>c</sub> /kg	0,45	0,35	0,01	5,00	78,74
Calcio-Ca	cmol <sub>c</sub> /kg	4,90	3,58	0,22	62,73	92,38
Magnesio-Mg	cmol <sub>c</sub> /kg	1,50	1,18	0,15	11,22	82,36
Aluminio-Al	cmol <sub>c</sub> /kg	1,29	0,65	0,00	12,82	125,99
Sodio-Na	cmol <sub>c</sub> /kg	0,16	0,14	0,01	2,55	67,97
Azufre-S	mg/kg	8,28	6,28	0,13	324,11	110,58
CICE	cmol <sub>c</sub> /kg	8,31	6,93	1,80	64,63	59,07
Suma bases	cmol <sub>c</sub> /kg	7,01	5,49	0,59	64,63	78,36
Sat. Aluminio	%	21,08	10,75	0,00	89,25	113,6
Al+H	cmol <sub>c</sub> /kg	1,64	0,95	0,00	16,03	118,3
CIC	cmol <sub>c</sub> /kg	18,85	16,73	3,17	77,62	46,64
CE	dS/m	0,37	0,30	0,01	5,84	77,81
Hierro-Fe	mg/kg	360,22	290,54	5,00	3.326,76	80,12
Cobre-Cu	mg/kg	1,92	1,30	1,00	57,50	95,15
Manganeso-Mn	mg/kg	16,30	10,76	1,00	237,70	119,17
Zinc-Zn	mg/kg	3,82	2,68	1,00	81,37	104,4
Boro-B	mg/kg	0,31	0,28	0,02	1,74	54,24

**Tabla 2. Frecuencia de rangos de pH, aluminio intercambiable, saturación de aluminio, materia orgánica, fósforo, azufre, calcio, magnesio, potasio y CICE a nivel departamental.**

pH		Aluminio-Al		Saturación de Al-SAL	
Rango	Frecuencia (%)	Rango (cmol <sub>c</sub> /kg)	Frecuencia (%)	Rango (%)	Frecuencia (%)
pH≤4,5	20,63	Al≤0,5	45,70	SAL≤20	60,39
4,5<pH≤5,0	32,51	0,5<Al≤1,0	12,71	20<SAL≤40	16,42
5,0<pH≤5,5	26,38	1,0<Al≤2,0	15,58	40<SAL≤60	12,72
5,5<pH≤6,0	14,27	2,0<Al≤3,0	11,88	60<SAL≤80	9,42
pH>6	6,21	Al>3,0	14,13	SAL>80	1,05

Materia orgánica-MO		Fósforo-P		Azufre-S	
Rango (%)	Frecuencia (%)	Rango (mg/kg)	Frecuencia (%)	Rango mg/kg	Frecuencia (%)
MO≤6,0	84,15	P≤5	15,47	S≤5	34,83
6<MO≤8	7,86	5<P≤10	25,93	5<S≤10	43,54
8<MO≤12	4,80	10<P≤20	22,15	10<S≤15	11,88
12<MO≤16	1,67	20<P≤30	9,75	15<S≤20	4,68
MO>16	1,53	P>30	26,70	S>20	5,07

Calcio-Ca		Magnesio-Mg		Potasio-K	
Rango (cmol <sub>c</sub> /kg)	Frecuencia (%)	Rango (cmol <sub>c</sub> /kg)	Frecuencia (%)	Rango (cmol <sub>c</sub> /kg)	Frecuencia (%)
Ca≤0,75	4,14	Mg≤0,3	4,26	K≤0,2	18,95
0,75<Ca≤1,5	13,91	0,3<Mg≤0,6	16,68	0,2<K≤0,4	38,72
1,5<Ca≤3,0	24,45	0,6<Mg≤0,9	16,56	0,4<K≤0,6	20,74
3,0<Ca≤4,5	17,43	0,9<Mg≤1,2	13,60	0,6<K≤0,8	10,59
Ca>4,5	40,06	Mg>1,2	48,90	K>0,8	11,00

CICE	
Rango (cmol <sub>c</sub> /kg)	Frecuencia (%)
CICE≤3,0	1,65
3<CICE≤4,5	12,64
4,5<CICE≤6,0	22,80
6,0<CICE≤7,5	19,62
CICE>7,5	43,29

### Acidez (pH y aluminio intercambiable-Al<sup>3+</sup>)

El 20% de las muestras de suelo analizadas presentaron una fuerte acidez para el cultivo de café (valores de pH menores de 4,5). A lo anterior se suman otros 33% con acidez moderada (pH entre 4,5 y 5,0), indicando que el 53% del área del departamento presenta acidez en los suelos destinados al cultivo de café (pH menor de 5,0). El panorama descrito fue más crítico en los municipios de Acevedo, Paicol y Palestina, con valores de pH por debajo de 5,0 en más del 80% de las muestras de suelo; seguidos por Agrado, Aipe, Colombia, Garzón, Nátaga, Oporapa, Pital, Pitalito, Suaza y Timaná, con los mismos valores de pH en un 60% a 80% de las muestras de suelo (Tabla 3). Una situación diferente se observó para Algeciras, Altamira, Campoalegre, Elías, Hobo, Íquira, Isnos, La Plata, Saladoblanco, San Agustín, Santa María, Tarqui, Tello y Teruel, donde el porcentaje de las muestras con valores de pH inferiores a 5,0 fue menor del 40%. Los demás municipios fueron categorizados como de frecuencia media, pues el porcentaje de muestras con pH crítico estuvo entre el 40% y 60%.

En contraste, el 14% de los lotes muestreados exhibieron valores de pH entre 5,5 y 6,0; resultado que indica una condición de ligera basicidad para café. El 6% de los lotes presentaron valores de pH mayores de 6,0, debido probablemente a la aplicación indiscriminada de materiales encalantes, con el agravante de que la solución no se logra a corto plazo.

**Tabla 3.** Frecuencia de muestras de suelo con valores de pH menores de 5,0.

<b>Muy alta (80%-100%)</b>	Acevedo, Paicol y Palestina
<b>Alta (60%-80%)</b>	Agrado, Aipe, Colombia, Garzón, Nátaga, Oporapa, Pital, Pitalito, Suaza y Timaná
<b>Media (40%-60%)</b>	Baraya, Gigante, Guadalupe, La Argentina, Neiva, Palermo, Rivera y Tesalia
<b>Baja (20%-40%)</b>	Algeciras, Altamira, Campoalegre, Elías, Hobo, Íquira, Isnos, La Plata, Saladoblanco, San Agustín, Santa María, Tarqui, Tello y Teruel



Con la disminución de los valores de pH (aumento en la acidez) se incrementaron los contenidos del aluminio intercambiable- $Al^{3+}$  y su representación en la CICE, es decir, en el porcentaje saturación de aluminio-SAL (Figura 1). En el 42% de los municipios los niveles de  $Al^{3+}$  estuvieron por encima del valor que se considera tóxico para café (1,0 cmol<sub>c</sub>/kg) (Tabla 4). Al emplear el porcentaje de SAL como indicador, sólo el 24% de las muestras analizadas presentaron valores superiores al 40% (Tabla 5), resultado que se debe a los altos contenidos de calcio y magnesio. Entre los 13 municipios que presentaron las frecuencias más altas en los valores bajos de pH, cinco exhibieron los contenidos más altos de aluminio (Tabla 4).

**Tabla 4. Frecuencia de muestras de suelo con valores de aluminio mayores de 1,0 cmol<sub>c</sub>/kg.**

Frecuencia	Municipio
Muy alta (80%-100%)	Acevedo y Paicol
Alta (60%-80%)	Aipe, Palestina y Pital
Media (40%-60%)	Agrado, Garzón, Nátaga, Neiva, Oporapa, Palermo, Pitalito, Suaza, Tesalia y Timaná
Baja (20%-40%)	Baraya, Colombia, Elías, Gigante, Guadalupe, Hobo, Íquira, Isnos, La Argentina, La Plata, Rivera, San Agustín, Santa María, Tarquí, Tello y Teruel
Muy Baja (0%-20%)	Algeciras, Altamira, Campoalegre y Saladoblanco

**Tabla 5. Frecuencia de muestras de suelo con valores de saturación de aluminio mayores de 40%.**

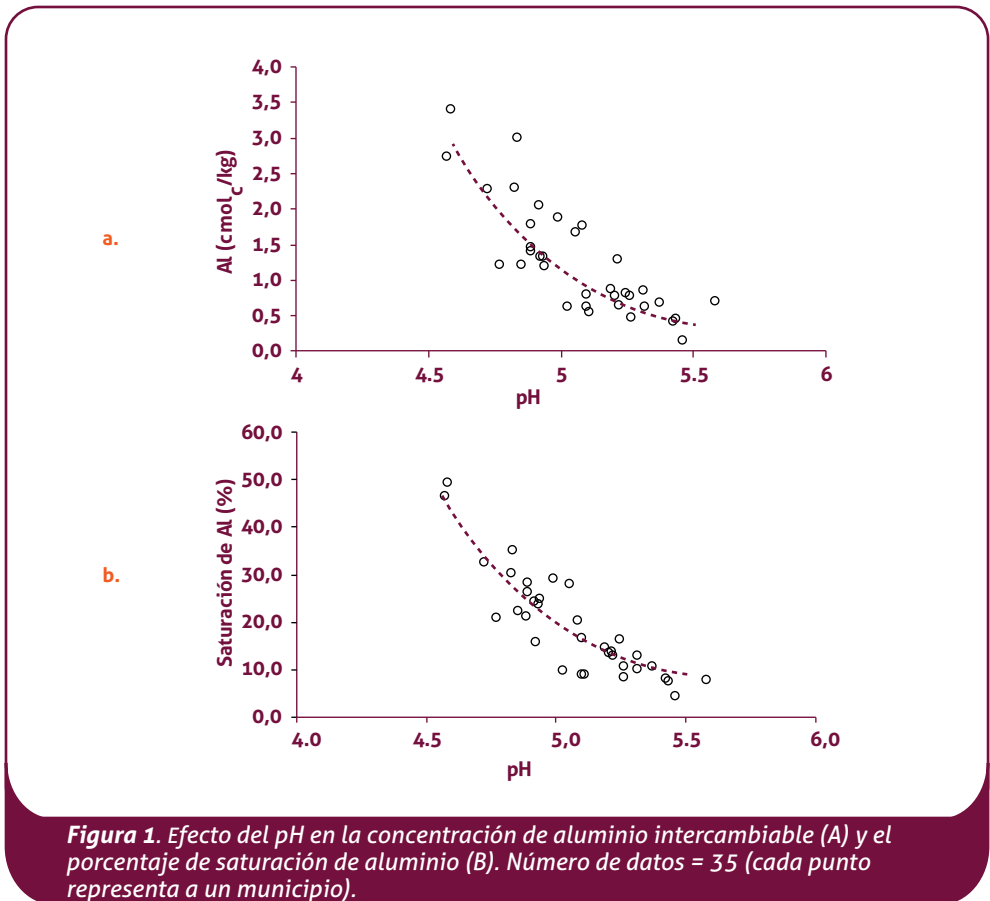
Frecuencia	Municipio
Alta (60%-80%)	Acevedo y Paicol
Media (40%-60%)	Tesalia
Baja (20%-40%)	Agrado, Aipe, Baraya, Garzón, Nátaga, Neiva, Oporapa, Palermo, Palestina, Pital, Pitalito, Suaza y Timaná
Muy Baja (0%-20%)	Algeciras, Altamira, Campoalegre, Colombia, Elías, Gigante, Guadalupe, Hobo, Íquira, Isnos, La Argentina, La Plata, Rivera, Saladoblanco, San Agustín, Santa María, Tarquí, Tello y Teruel

## Materia orgánica-MO y nitrógeno-N

El 84% de las muestras analizadas exhibieron contenidos de materia orgánica muy bajos para el cultivo de café (menos de 6%), sumado a 8% de las muestras de suelo con niveles bajos (entre 6% y 8%). Aunque la situación de este componente es alarmante en casi todo el departamento del Huila, tiende a ser menos crítica en el municipio de San Agustín (Tabla 6). Es importante resaltar que la materia orgánica es la principal fuente de nitrógeno y de algunos micronutrientes para las plantas, además de afectar las propiedades físicas y biológicas del suelo, en particular, la porosidad, la aireación y la retención de humedad.

**Tabla 6.** Frecuencia de muestras de suelo con valores de materia orgánica menores de 6,0%.

Frecuencia	Municipio
Muy alta(80%-100%)	Altamira, Acevedo, Agrado, Aipe, Algeciras, Baraya, Campoalegre, Colombia, Elías, Garzón, Gigante, Guadalupe, Hobo, Íquira, Isnos, La Argentina, La Plata, Nátaga, Neiva, Oporapa, Paicol, Palermo, Pitalito, Rivera, Saladoblanco, Santa María, Suaza, Tarqui, Tello, Teruel, Tesalia y Timaná
Alta (60%-80%)	Palestina y Pital
Media (40%-60%)	San Agustín



**Figura 1.** Efecto del pH en la concentración de aluminio intercambiable (A) y el porcentaje de saturación de aluminio (B). Número de datos = 35 (cada punto representa a un municipio).

## Fósforo-P y azufre-S

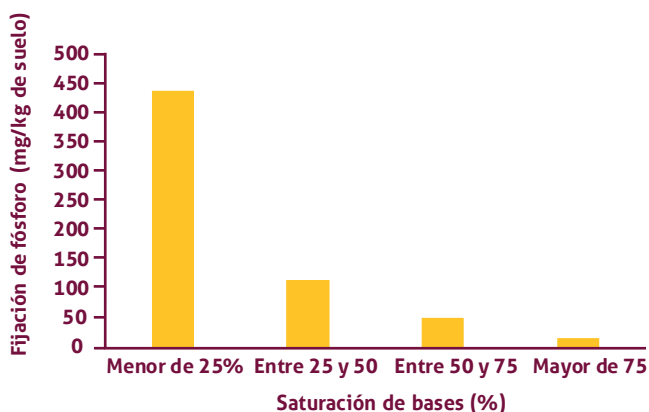
En el 41% de los casos se presentaron valores muy bajos a bajos de fósforo (menor de 10 mg/kg), y en el 32% valores medios (entre 10 a 30 mg/kg), en tanto que el 27% de las muestras analizadas exhibieron niveles altos (mayores a 30 mg/kg), en cuyo caso no se requiere del suministro de este elemento. Con respecto a este último resultado, las causas pueden relacionarse con las dosis altas aplicadas a través de las fertilizaciones.

En cuanto a las diferencias entre los municipios, en el Agrado, Aipe, Íquira, Nátaga, Neiva y Paicol se encontraron bajos contenidos del elemento (Tabla 6). Una condición contraria ocurre en 17 municipios con frecuencias bajas y muy bajas de niveles de fósforo menores de 10 mg/kg (Tabla 7), lo cual puede ser resultado de las aplicaciones frecuentes de este elemento en dosis altas.

Las pruebas de fijación de fósforo indican que el 60% del área cafetera del departamento presenta un bajo a muy bajo poder de fijación de fósforo, lo cual sugiere que, al suministrar este nutriente vía fertilización, la mayor parte del elemento quedará disponible para las plantas. El 31% de las muestras exhibieron una fijación que se clasifica como media y solamente el 9% presentaron valores altos a muy altos de retención. Se identificaron a la materia orgánica y el porcentaje de saturación de aluminio como las propiedades que más contribuyeron a la fijación de fósforo, mientras que, con el aumento de las bases intercambiables, esta disminuyó (Figura 2). En suelos ácidos, donde hubo baja participación de calcio, magnesio y potasio en la fase intercambiable, y predominio de aluminio, se presentó una mayor fijación de fósforo.

**Tabla 7.** Frecuencia de muestras de suelo con valores de fósforo menores de 10 mg/kg.

Frecuencia	Municipio
Alta (60%-80%)	Agrado, Aipe, Íquira, Nátaga, Neiva y Paicol
Media (40%-60%)	Acevedo, Altamira, Baraya, Isnos, La Argentina, La Plata, San Agustín, Santa María, Suaza, Tello, Teruel y Tesalia
Baja (20%-40%)	Algeciras, Campoalegre, Colombia, Elías, Garzón, Guadalupe, Hobo, Oporapa, Palermo, Palestina, Pital, Pitalito, Saladoblanco, Tarqui y Timaná
Muy Baja (0%-20%)	Gigante y Rivera



**Figura 2.** Fijación de fósforo en función del porcentaje de saturación de bases intercambiables.

Con respecto al azufre, el 36% de las muestras analizadas contenían bajos valores (menor de 5 mg/kg) y en el 44% de los casos se detectaron contenidos medios (entre 5 y 10 mg/kg). Este resultado fue común para todos los municipios, y estaría relacionado con los bajos niveles de materia orgánica y el material que da origen a los suelos (Tabla 8).

**Tabla 8. Frecuencia de muestras de suelo con valores de azufre menores de 10 mg/kg.**

Frecuencia	Municipio
Muy alta (80%-100%)	Agrado, Algeciras, Altamira, Baraya, Colombia, Elías, Gigante, Guadalupe, Hobo, Íquira, La Plata, Nátaga, Rivera, Santa María, Tarqui, Tello, Teruel, Tesalia y Timaná
Alta (60%-80%)	Acevedo, Aipe, Campoalegre, Isnos, La Argentina, Neiva, Oporapa, Paicol, Palermo, Palestina, Pital, Pitalito, Saladoblanco, San Agustín y Suaza
Media (40%-60%)	Garzón

### Potasio-K, calcio-Ca, magnesio-Mg

El 19% de los lotes evaluados presentaron bajos contenidos de K (menor de 0,20 cmol<sub>c</sub>/kg) y 39% contenidos medios (entre 0,20 y 0,40 cmol<sub>c</sub>/kg), indicando que para el 58% de los casos la condición de este elemento puede llegar a ser crítica si no se proporcionan las dosis requeridas.

En 29 municipios fueron más frecuentes los lotes con niveles bajos y medios de potasio (Tabla 9), mientras que en seis fueron menos los lotes diagnosticados con esta condición, debido posiblemente a las prácticas de abonamiento y no a la fertilidad natural.

**Tabla 9. Frecuencia de muestras de suelo con valores de potasio menores de 0,4 cmol<sub>c</sub>/kg.**

Alta (60%-80%)	Acevedo, Altamira, Campoalegre, Garzón, Guadalupe, La Plata, Neiva, Oporapa, Paicol, Palermo, Rivera, Santa María, Suaza, Tarqui, Tello, Teruel y Tesalia
Media (40%-60%)	Agrado, Algeciras, Baraya, Colombia, Elías, Gigante, Hobo, Íquira, Isnos, Nátaga, Pitalito y Timaná
Baja (20%-40%)	Aipe, La Argentina, Palestina, Pital, Saladoblanco y San Agustín

En cerca del 60% de las muestras analizadas los contenidos de calcio-Ca y magnesio-Mg fueron altos a muy altos para el cultivo de café, comportamiento que se debe principalmente a la riqueza natural de los suelos y a una alta CICE, la que favorece la capacidad del suelo para retener cationes y reducir las pérdidas por lixiviación. Altamira presentó un porcentaje relativamente bajo de muestras con bajos valores de CICE, sin que la situación sea alarmante (Tabla 10).

**Tabla 10. Frecuencia de muestras de suelo con valores de CICE menores de 4,5 cmol<sub>c</sub>/kg.**

Frecuencia	Municipio
Media (40%-60%)	Altamira
Baja (20%-40%)	Guadalupe, Hobo, Pitalito y Suaza
Muy Baja (0%-20%)	Acevedo, Agrado, Aipe, Algeciras, Baraya, Campoalegre, Colombia, Elías, Garzón, Gigante, Íquira, Isnos, La Argentina, La Plata, Nátaga, Neiva, Oporapa, Paicol, Palermo, Palestina, Pital, Rivera, Salado blanco, San Agustín, Santa María, Tarqui, Tello, Teruel, Tesalia y Timaná

En cuanto a los contenidos de Ca y Mg, los municipios de Acevedo, Paicol y Tesalia presentaron una mayor frecuencia en las deficiencias de estos dos elementos (Tabla 11 y 12), y también se detectó más acidez del suelo (Tabla 3). El origen de estas deficiencias se debe por una parte a la fertilidad natural del suelo y, por otra, a las prácticas de fertilización.

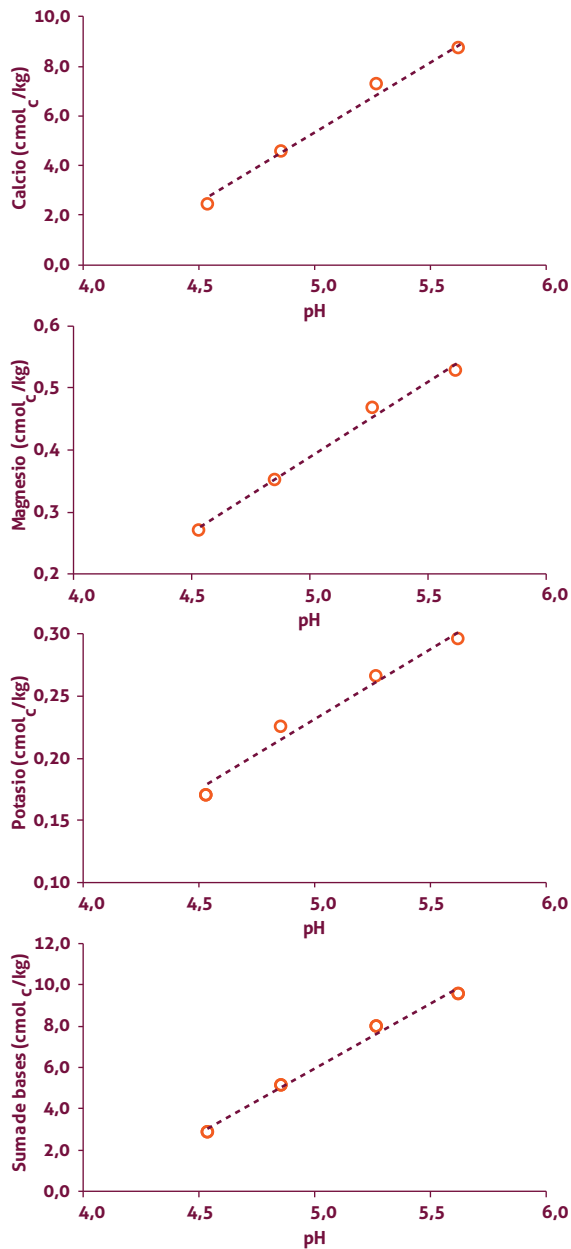
**Tabla 11. Frecuencia de muestras de suelo con valores de calcio menores de 1,5 cmol<sub>c</sub>/kg.**

Frecuencia	Municipio
Media (40%-60%)	Acevedo, Tesalia y Paicol
Baja (20%-40%)	Aipe, Garzón, Nátaga, Neiva, Palermo, Pital, Pitalito y Suaza
Muy Baja (0%-20%)	Agrado, Algeciras, Altamira, Baraya, Campoalegre, Colombia, Elías, Gigante, Guadalupe, Hobo, Íquira, Isnos, La Argentina, La Plata, Oporapa, Palestina, Rivera, Salado blanco, San Agustín, Santa María, Tarqui, Tello, Teruel y Timaná

**Tabla 12. Frecuencia de muestras de suelo con valores de magnesio menores de 0,6 cmol<sub>c</sub>/kg.**

Frecuencia	Municipio
Alta (60%-80%)	Paicol
Media (40%-60%)	Acevedo y Tesalia
Baja (20%-40%)	Garzón, Nátaga, Neiva, Oporapa, Palermo, Palestina, Pital, Pitalito, Suaza y Timaná
Muy Baja (0%-20%)	Agrado, Aipe, Algeciras, Altamira, Baraya, Campoalegre, Colombia, Elías, Gigante, Guadalupe, Hobo, Íquira, Isnos, La Argentina, La Plata, Rivera, Salado blanco, San Agustín, Santa María, Tarqui, Tello y Teruel

Las pruebas de isotermas de adsorción realizadas en el laboratorio indicaron que, en la mayoría de los municipios los suelos son capaces de retener cantidades media a altas de Ca, Mg y K. Se encontró una relación directa entre los contenidos de estas tres bases intercambiables y el pH del suelo (Figura 3).



**Figura 3.** Variaciones de bases intercambiables (calcio, magnesio y potasio) en respuesta al pH del suelo.

## Micronutrientes: hierro-Fe, manganeso-Mn, zinc-Zn, cobre-Cu y boro-B

Los niveles de hierro fueron altos en todas las localidades (Tabla 13), razón por la cual este micronutriente no debe suministrarse vía fertilización. Una tendencia similar se presentó para manganeso, siendo los municipios de Hobo y Paicol la excepción (Tabla 14). Con respecto a zinc, cobre y boro (Tabla 15, 16 y 17, respectivamente), en pocos municipios fueron altas las frecuencias de muestras con niveles bajos y, con base en los resultados de otras investigaciones desarrolladas en el departamento, el micronutriente de mayor atención sería el boro.

**Tabla 13.** Frecuencia de muestras de suelo con valores de hierro menores de 25 mg/kg.

Frecuencia	Municipio
Muy Baja (0%-20%)	Altamira, Acevedo, Agrado, Aipe, Algeciras, Baraya, Campoalegre, Colombia, Elías, Garzón, Gigante, Guadalupe, Hobo, Íquira, Isnos, La Argentina, La Plata, Nátaga, Neiva, Oporapa, Paicol, Palermo, Palestina, Pital, Pitalito, Rivera, Salado blanco, San Agustín, Santa María, Suaza, Tarquí, Tello, Teruel, Tesalia y Timaná

**Tabla 14.** Frecuencia de muestras de suelo con valores de manganeso menores de 5 cmol<sub>c</sub>/kg.

Frecuencia	Municipio
Media (40%-60%)	Hobo y Paicol
Baja (20%-40%)	Acevedo, Agrado, Algeciras, Altamira, Baraya, Campoalegre, Garzón, Guadalupe, Nátaga, Rivera, Salado blanco y Santa María
Muy Baja (0%-20%)	Aipe, Colombia, Elías, Gigante, Íquira, Isnos, La Argentina, La Plata, Neiva, Oporapa, Palermo, Palestina, Pital, Pitalito, San Agustín, Suaza, Tarquí, Tello, Teruel, Tesalia y Timaná

**Tabla 15.** Frecuencia de muestras de suelo con valores de zinc menores de 1,5 mg/kg.

Frecuencia	Municipio
Alta (60%-80%)	Tesalia
Media (40%-60%)	Agrado, Campoalegre, Hobo, Íquira, Nátaga, Neiva, Paicol, Rivera, Suaza y Teruel
Baja (20%-40%)	Acevedo, Aipe, Algeciras, Baraya, Garzón, Guadalupe, La Plata, Palermo, Pital, Pitalito, Santa María, Tarquí y Tello
Muy Baja (0%-20%)	Altamira, Colombia, Elías, Gigante, Isnos, La Argentina, Oporapa, Palestina, Salado blanco, San Agustín y Timaná

**Tabla 16. Frecuencia de muestras de suelo con valores valores de cobre menores de 1,0 mg/kg.**

Frecuencia	Municipio
Muy alta (80%-100%)	Nátaga
Alta (60%-80%)	Íquira y Rivera
Media (40%-60%)	Agrado, Aipe, Altamira, Neiva, Palestina, Pital, Pitalito, San Agustín, Suaza y Teruel
Baja (20%-40%)	Acevedo, Baraya, Campoalegre, Colombia, Garzón, Gigante, Hobo, Isnos, La Plata, Oporapa, Paicol, Palermo, Salado blanco, Santa María, Tarqui, Tello y Timaná
Muy Baja (0%-20%)	Algeciras, Elías, Guadalupe, La Argentina y Tesalia

**Tabla 17. Frecuencia de muestras de suelo con valores de boro menores de 0,2 mg/kg.**

Frecuencia	Municipio
Alta (60%-80%)	Gigante
Media (40%-60%)	Guadalupe, Íquira, Isnos y San Agustín
Baja (20%-40%)	Aipe, Algeciras, Altamira, Baraya, La Plata, Neiva, Palestina, Pital, Pitalito, Rivera, Suaza, Tello, Teruel y Tesalia
Muy Baja (0%-20%)	Acevedo, Agrado, Campoalegre, Colombia, Elías, Garzón, Hobo, La Argentina, Nátaga, Oporapa, Paicol, Palermo, Salado blanco, Santa María, Tarqui y Timaná

## Sodio-Na y salinidad

Bajo condiciones particulares, el exceso de sodio-Na y la salinidad del suelo, medido indirectamente mediante la conductividad eléctrica-CE, pueden llegar a ser limitantes en la producción de los cultivos. Puede decirse que en muy escasas excepciones estas dos propiedades sobrepasaron los límites adecuados.

### B. Propiedades físicas del suelo

En la Tabla 18 se incluyen las frecuencias de rangos de densidad aparente, agua aprovechable para las plantas y textura a nivel departamental.



**Tabla 18.** Frecuencia de rangos de densidad aparente, agua aprovechable para las plantas y textura a nivel departamental.

Densidad aparente-DA		Capacidad de almacenamiento de agua aprovechable (CAAA)*		Textura	
Rango (g/cm <sup>3</sup> )	Frecuencia (%)	Rango (%)	Frecuencia (%)	Rango (clase)	Frecuencia (%)
DA ≤ 0,8	8,58	AP ≤ 10	15,02	F	6,55
0,8 < DA ≤ 1,0	18,13	10 < AP ≤ 20	45,60	FAr, FA, FArA, FArL, FL	64,06
1,0 < DA ≤ 1,2	37,66	20 < AP ≤ 30	38,30	AF	1,61
1,2 < DA ≤ 1,4	30,04	30 < AP ≤ 40	0,97	ArA, ArL	4,83
DA > 1,4	5,58	AP > 40	0,11	A, Ar	22,96

\* Agua aprovechable: agua retenida entre 0,033 y 1,50 MPa, expresado en volumen (humedad volumétrica). F: franca, FAr: franco arcillosa, FA: franco arenosa, FArA: franco arcillo arenosa, FArL: franco arcillo limosa, FL: franco limosa, AF: arenoso franco, ArA: arcillo arenosa, ArL: arcillo limosa, A: arenosa, Ar: arcillosa.

## Densidad aparente-DA

Para esta propiedad se consideran apropiados valores cercanos a 1,0 g/cm<sup>3</sup> y no deseables aquellos superiores a 1,2 g/cm<sup>3</sup>. En el 36% de las muestras tomadas los valores de la DA fueron mayores de 1,2 g/cm<sup>3</sup>, principalmente en los municipios Agrado, Baraya, Campoalegre, Gigante, Suaza y Timaná (Tabla 19).

**Tabla 19.** Frecuencia de muestras de suelo con valores de densidad aparente menores de 1,2 g/cm<sup>3</sup>.

Frecuencia	Municipio
Muy alta (80%-100%)	Agrado
Alta (60%-80%)	Baraya, Campoalegre, Gigante, Suaza y Timaná
Media (40%-60%)	Algeciras, Elías, Guadalupe, Hobo, Pital, Rivera, Santa María y Tarqui
Baja (20%-40%)	Garzón, La Plata, Oporapa, Palestina, Pitalito, Salado blanco y Tello
Muy Baja (0%-20%)	Acevedo, Agrado, Altamira, Colombia, Garzón, Íquira, Isnos, La Argentina, Nátaga, Neiva, Oporapa, Palermo, San Agustín y Teruel

## Capacidad de almacenamiento de agua aprovechable

En el 61% de los municipios la capacidad del suelo para retener agua aprovechable para las plantas fue relativamente baja (menor de 20%) (Tabla 20), condición que puede tornarse más crítica durante las temporadas más secas. En los demás municipios, especialmente en Aipe, Algeciras, Altamira, Baraya, Colombia, Elías, Íquira, Oporapa, Palestina, Salado blanco, San Agustín, Santa María y Timaná, la situación resultó favorable (Tabla 20).

**Tabla 20.** Frecuencia de muestras de suelo con valores de capacidad de retención de agua aprovechable para las plantas, menor de 20%.

Frecuencia	Municipio
Muy alta (80%-100%)	Agrado, Campoalegre, Garzón, Gigante, Guadalupe, Hobo, La Argentina, La Plata, Nátaga, Paicol, Palermo, Pital, Pitalito, Rivera, Tarqui y Tesalia
Alta (60%-80%)	Acevedo y Teruel
Baja (20%-40%)	Isnos, Neiva, Suaza y Tello
Muy Baja (0%-20%)	Aipe, Algeciras, Altamira, Baraya, Colombia, Elías, Íquira, Oporapa, Palestina, Saladoblanco, San Agustín, Santa María y Timaná

## Textura

Solamente en Baraya y Tello se detectaron frecuencias altas de muestras con texturas que se consideran indeseables (entre 60% y 80%), principalmente arcillosas (Tabla 21). Aunque en Algeciras, Colombia, Íquira, Isnos, Palermo, Pitalito y San Agustín, también se presentaron muestras con texturas similares, su frecuencia fue menor.

**Tabla 21.** Frecuencia de muestras de suelo con texturas arenosas o arcillosas.

Frecuencia	Municipio
Alta (60%-80%)	Baraya y Tello
Media (40%-60%)	Algeciras, Colombia, Íquira, Isnos, Palermo, Pitalito y San Agustín
Baja (20%-40%)	Elías, Neiva, Oporapa, Palestina, Santa María, Teruel y Tesalia
Muy Baja (0%-20%)	Acevedo, Agrado, Aipe, Campoalegre, Garzón, Gigante, Guadalupe, Hobo, La Argentina, La Plata, Nátaga, Paicol, Pital, Rivera, Saladoblanco, Suaza, Tarqui, Tello y Timaná

## Lluvia

Para el departamento de Huila pueden diferenciarse tres rangos de precipitación, según los requerimientos hídricos del cultivo del café:

- Menor de 1.500 mm/año: Agrado, Altamira, Campoalegre, Elías, Garzón, Gigante, Hobo, Oporapa, Pital, Rivera, Saladoblanco, Tarqui y Tello
- Entre 1.500 y 1.800 mm/año: Algeciras, Baraya, Guadalupe, Isnos, La Argentina, La Plata, Neiva, Paicol, Palermo, Pitalito, San Agustín, Santa María, Teruel y Timaná
- Mayor de 1.800 mm/año: Acevedo, Aipe, Colombia, Íquira, Nátaga, Palestina, Suaza y Tesalia

En cuanto a la distribución de lluvia, los municipios de Acevedo, Agrado, Aipe, Colombia, Elías, Guadalupe, Íquira, Nátaga, Paicol, Palermo, Palestina, Pitalito, Santa María, Suaza, Teruel y Timaná presentan una tendencia unimodal y Algeciras, Altamira, Baraya, Campoalegre, Garzón, Gigante, Hobo, Isnos, La Argentina, La Plata, Neiva, Oporapa, Pital, Rivera, Saladoblanco, San Agustín, Tarqui, Tello y Tesalia una distribución bimodal.

Al relacionar la cantidad de lluvia con la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo, se encontró que algunos municipios del departamento presentan precipitaciones mayores de 1.800 mm/año y suelos con capacidad de almacenamiento de agua mayor del 20%. En cambio, en otros municipios presentan lluvias menores de 1.500 mm/año y suelos con baja capacidad de almacenamiento de agua (Tabla 22).

**Tabla 22. Agrupación de los municipios según la precipitación media anual y la capacidad de almacenamiento de agua aprovechable (CAAA) en el suelo.**

Precipitación anual	Capacidad de almacenamiento de agua en el suelo		
	Baja: Más del 60% de las muestras con CAAA menor de 20%	Media: Entre 20% y 40% de las muestras con CAAA menor de 20%	Alta: Menos del 20% de las muestras con CAAA menor de 20%
<b>Baja:</b> Menor de 1.500 mm	Agrado, Campoalegre, Garzón, Gigante, Hobo, Pital, Rivera y Tarqui	Tello	Altamira, Elías, Oporapa y Saladoblanco
<b>Media:</b> Entre 1.500 y 1.800 mm	Guadalupe, La Argentina, La Plata, Paicol, Palermo, Pitalito y Teruel	Isnos y Neiva	Algeciras, Baraya, San Agustín, Santa María y Timaná
<b>Alta:</b> Mayor de 1.800 mm	Acevedo, Nátaga y Tesalia	Suaza	Aipe, Colombia, Íquira y Palestina

## Recomendaciones

De acuerdo con los resultados obtenidos se presentan recomendaciones generales y específicas para el manejo de la fertilidad del suelo y la nutrición de cafetales en las etapas fenológicas de crecimiento vegetativo (levante) y producción.

### Acidez (pH y aluminio intercambiable)

Se sabe que la acidez del suelo afecta el crecimiento de café y su producción; sin embargo, cualquier acción para corregirla debe basarse en el conocimiento del problema.

Por lo anterior, se recomienda:

- Basarse en los resultados de los análisis de suelo para definir la dosis de la cal requerida en cada etapa fenológica del cultivo.
- En todos los municipios, y con particular énfasis en Acevedo, Paicol, Palestina, Agrado, Aipe, Colombia, Garzón, Nátaga, Oporapa, Pital, Pitalito, Suaza y Timaná deben emprenderse campañas para el uso de los análisis del suelo y la corrección de la acidez. Al respecto, merece especial atención el papel del Servicio de Extensión del Comité Departamental de Cafeteros de Huila en la sensibilización y la capacitación a los caficultores.
- Con el fin de establecer relaciones que se consideran adecuadas entre calcio y magnesio, se recomienda el uso de la caliza dolomítica como la primera alternativa para la corrección de la acidez.
- Racionalizar el uso de los fertilizantes nitrogenados, en particular aquellos que contienen amonio o que forman este ion en su proceso de hidrólisis, como la urea o los fertilizantes simples que la contienen, es decir, nitrato de amonio, sulfato de amonio (SAM) y la gran mayoría de los fertilizantes complejos.
- El SAM puede emplearse en dosis relativamente altas cuando el pH del suelo tiende hacia la alcalinidad (mayor de 6,0).

En la Tabla 23 se presenta la recomendación para la dosis de caliza dolomítica al momento de la siembra, según el valor del pH del suelo y las dimensiones del hoyo. Cuando el pH sea mayor de 5,5 no es necesario aplicar esta enmienda.

**Tabla 23. Dosis de caliza dolomítica al momento de la siembra, según el pH del suelo y las dimensiones del hoyo.**

pH	Dosis de caliza dolomítica según dimensiones del hoyo (g)		
	30 x 30 x 30 cm	25 x 25 x 30 cm	20 x 20 x 30 cm
Menor o igual a 4,0	200	140	90
4,1	185	130	80
4,2	170	120	75
4,3	150	105	65
4,4	135	95	60
4,5	120	85	55
4,6	105	75	50
4,7	90	65	40
4,8	75	50	35
4,9	60	40	25
Entre 5,0 y 5,5	50	35	20

### Materia orgánica-MO y nitrógeno

En vista de los bajos contenidos de materia orgánica y nitrógeno del suelo en todo el departamento se recomienda:

- Desde el Servicio de Extensión del Comité Departamental de Cafeteros de Huila llevar a cabo actividades para la sensibilización y la capacitación de los caficultores con relación a las prácticas de conservación del suelo, en especial para el control de la erosión.
- Sembrar, preferiblemente, colinos que han sido desarrollados en bolsas grandes (17 cm x 23 cm) con un sustrato rico en abono orgánico como pulpa, gallinaza, pollinaza y lombrinaza bien descompuesta. Así se llevará más cantidad de suelo enriquecido con abono orgánico; práctica que se considera fundamental para un buen establecimiento en el campo. Aunque se prefieren relaciones de suelo y abono 3 a 1, también son aceptables rangos un poco más amplios, por ejemplo, 5 a 1.
- Es aconsejable incorporar abonos orgánicos al suelo en el momento de la siembra. Lo más indicado son hoyos grandes (30 cm x 30 cm x 30 cm), en cuyo caso se sugiere aplicar de 2,0 a 4,0 kg de abono, según su humedad. Para hoyos con dimensiones más pequeñas, por ejemplo 20 cm x 20 cm x 30 cm, la dosis debe ser la mitad, es decir, de 1,0 a 2,0 kg.
- Una vez trasplantado el colino aplicar abonos y residuos orgánicos en el plato del árbol. Esta práctica ayudará a incrementar la materia orgánica del suelo en la zona de raíces, aportará nutrientes y conservará la humedad en las épocas secas.
- En suelos muy pobres en materia orgánica, en especial aquellas localidades en las que se presenta déficit hídrico durante períodos prolongados (más de dos meses), plantar árboles de sombrío con el propósito de aportar residuos orgánicos y nutrientes al suelo (principalmente nitrógeno), además de conservar la humedad. Son de particular atención los cafetales establecidos en suelos con texturas más arenosas.

- La gran mayoría de las veces será necesario aplicar las dosis más altas de nitrógeno en las diferentes etapas fenológicas del cultivo. Se recomienda el uso de urea, por ser una fuente económica, con 46% de nitrógeno.
- Aunque se podrán realizar ajustes al plan de abonamiento con este elemento, las reducciones serán muy pocas. Por lo anterior, un plan generalizado durante la etapa de levante, es decir, desde la siembra hasta los 18 meses luego del trasplante, puede ser el siguiente:

<i>Dosis de nitrógeno-N (gramos/planta) en la etapa de levante.</i>						
----- Primer año -----				----- Segundo año -----		
Mes 1	Mes 6	Mes 10	Total	Mes 14	Mes 18	Total
7	9	12	28	14	16	30

Durante la etapa de producción, a partir de los dos años luego del trasplante, las dosis se dan en kilogramos por hectárea, y deben ajustarse de acuerdo con la densidad de siembra (número de plantas o ejes/hectárea) y el nivel de sombra, expresado en porcentaje, así:

Densidad (plantas o ejes/ hectárea)	----- Porcentaje de sombra -----		
	Menor de 35% (Muy bajo)	Entre 35 y 45% (Bajo)	Entre 45 y 55% (Medio)
Mayor de 7.500	300	285	255
Entre 5.000 y 7.500	285	255	225
Menor de 5.000	255	225	150

Adaptado de Sadeghian (2008).

## Fósforo-P

- En los municipios de Agrado, Aipe, Íquira, Nátaga, Neiva y Paicol, donde se presenta un mayor número de lotes con niveles bajos de fósforo, incentivar la aplicación de dosis adecuadas de este elemento en los planes de fertilización, en especial para la etapa de levante. En contraste, en Gigante y Rivera, parcialmente Algeciras, Campoalegre, Colombia, Elías, Garzón, Guadalupe, Hobo, Oporapa, Palermo, Palestina, Pital, Pitalito, Saladoblanco, Tarqui y Timaná, donde un gran porcentaje de las áreas contienen niveles altos de este elemento, se sugiere racionalizar el uso de los abonos fosfóricos, bien sea mediante el empleo de análisis de suelos o, en su defecto, empleando las dosis máximas recomendadas; en este sentido, tener en cuenta que la mayoría de los suelos del departamento no fijan el fósforo, lo que reduciría la disponibilidad del elemento.
- Para una mayor eficiencia en el uso del fósforo se recomienda corregir la acidez del suelo, siempre y cuando así lo señale el análisis del suelo.
- Como fuentes fertilizantes se podrán emplear principalmente fosfato diamónico-DAP (18% de nitrógeno y 46% de fósforo  $P_2O_5$ ) y fosfato monoamónico-MAP (10% de nitrógeno y 50% de fósforo  $P_2O_5$ ).

- Se sugieren las siguientes cantidades:

<b>Dosis de fósforo-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (gramos/planta) en la etapa de levante.</b>						
----- Primer año -----				----- Segundo año -----		
Mes 1	Mes 6	Mes 10	Total	Mes 14	Mes 18	Total
4		5	9		6	6

Dosis de fósforo-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (kg/ha/año) en la etapa de producción, ajustada al sistema de producción (dosis parcialmente menores a las máximas recomendadas).

<b>Densidad (plantas o ejes/hectárea)</b>	----- Porcentaje de sombra -----		
	<b>Menor de 35% (Muy bajo)</b>	<b>Entre 35 y 45% (Bajo)</b>	<b>Entre 45 y 55% (Medio)</b>
<b>Mayor de 7.500</b>	50	45	40
<b>Entre 5.000 y 7.500</b>	45	40	35
<b>Menor de 5.000</b>	40	35	25

En el caso de contar con los resultados de los análisis del suelo, se podrán realizar ajustes, según el nivel de fertilidad. En la etapa de levante, se podrá suspender la fertilización fosfórica, siempre y cuando el contenido de fósforo sea mayor de 30 mg/kg. Para la etapa de producción se recomiendan las siguientes dosis para sistemas sin sombra:

<b>Nivel de fósforo-P en el suelo (mg/kg)</b>	----- Densidad de plantas -----		
	<b>Mayor a 7.500</b>	<b>5.000 a 7.500</b>	<b>Menor a 5.000</b>
<b>P≤10</b>	60	55	50
<b>10&gt;P≤20</b>	40	40	35
<b>20&gt;P≤30</b>	25	20	20
<b>P&gt;30</b>	0	0	0

## Potasio-K

- Aunque la mayoría de los suelos del Huila son capaces de retener el potasio y no permitir que se pierda fácilmente por lixiviación, se requieren de dosis adecuadas para mantener la fertilidad del suelo y la nutrición de las plantaciones. Una especial atención se merecen los municipios de Acevedo, Altamira, Campoalegre, Garzón, Guadalupe, La Plata, Neiva, Oporapa, Paicol, Palermo, Rivera, Santa María, Suaza, Tarqui, Tello, Teruel y Tesalia, donde fueron más frecuentes los lotes con niveles bajos y medios de potasio.

- En el caso de no contar con los resultados de análisis de suelos, en la etapa de levante suministrar 5 g/planta de K<sub>2</sub>O a los 10 y 18 meses después del trasplante.

- Si se emplean bolsas grandes en la etapa de almácigo (17 cm x 23 cm) y se hace una mezcla de suelo y pulpa de café en relación 3 a 1, se podrá prescindir de la aplicación a los 10 meses.

- La principal fuente para proporcionar potasio la constituye el cloruro de potasio (KCl), con 60% del elemento (expresado como K<sub>2</sub>O).

- En el caso de no contar con los resultados de análisis de suelos, suministrar las siguientes dosis, en la etapa de producción.

Dosis de potasio-K<sub>2</sub>O (kg/ha/año) en la etapa de producción, ajustada al sistema de producción (dosis parcialmente menores a las máximas recomendadas).

Densidad (plantas o ejes/ hectárea)	----- Porcentaje de sombra -----		
	Menor de 35% (Muy bajo)	Entre 35 y 45% (Bajo)	Entre 45 y 55% (Medio)
Mayor de 7.500	260	250	220
Entre 5.000 y 7.500	250	220	200
Menor de 5.000	220	200	130

En el caso de contar con los resultados de los análisis del suelo se podrán realizar ajustes, según el nivel de fertilidad. Para la etapa de levante se podrá suspender la fertilización potásica, siempre y cuando el contenido de potasio sea mayor de 0,4 cmol<sub>c</sub>/kg. Para la etapa de producción se recomiendan las siguientes dosis, las cuales se podrán ajustar según el nivel de sombra:

Nivel de potasio-K en el suelo (cmol <sub>c</sub> /kg)	----- Densidad de plantas -----		
	Mayor a 7.500	5.000 a 7.500	Menor a 5.000
K≤0,2	300	285	255
0,2>K≤0,4	260	150	220
0,4>K≤0,6	180	170	150
0,6>K≤0,8	140	130	120
0,8>K	100	95	85

### Calcio-Ca y magnesio-Mg

- Se sugiere proporcionar calcio como nutriente, sólo cuando el análisis del suelo así lo indique. En el caso de no contar con los resultados de esta herramienta, debe abstenerse de su aplicación.

- Durante la fase de crecimiento vegetativo (levante) podrán aplicarse 2,0 a 3,0 g/planta de magnesio-MgO a los 10 y 18 meses luego de la siembra. En el caso de emplear caliza dolomítica en la siembra o algunos meses después, se podrá excluir el magnesio de los planes de fertilización, al menos durante un año.

- Al aplicar magnesio de manera generalizada durante la fase reproductiva, las dosis pueden limitarse a 40 kg/ha/año de MgO. Para los municipios de Paicol, Acevedo y Tesalia es recomendable emplear 60 kg/ha/año de MgO. Las anteriores cantidades se pueden ajustar según la densidad de siembra y el nivel de sombra.

- Las principales fuentes para suplir los requerimientos de magnesio serían: óxido y sulfato de magnesio (90% y 25% de magnesio-MgO, respectivamente). El primero sería preferible en suelos más ácidos y el segundo cuando se quiera proporcionar también azufre (20% de S).

- Cuando se realizan aplicaciones de caliza dolomítica en dosis iguales o mayores a 1.000 kg/ha/año para la corrección de la acidez, se podrá excluir el magnesio de los planes de fertilización, al menos durante un año.

- De acuerdo con las isotermas de adsorción y, ante condiciones de deficiencia de calcio, se recomienda emplear fuentes de calcio que no sean muy solubles; particularmente en los municipios de Acevedo, Tesalia y Paicol, son preferibles las cales y el yeso.

## Azufre-S

---

- Incluir este elemento en los planes de fertilización en la etapa de producción. Al respecto, las dosis no deben superar los 50 kg/ha/año para los cafetales tecnificados.
- Llevar a cabo prácticas de conservación de suelo ayudarán a mantener e incrementar la materia orgánica, la cual es una fuente importante de azufre. Lo anterior puede complementarse con la aplicación de abonos orgánicos.
- Las fuentes más comunes de azufre sería los sulfatos; entre ellas, los sulfatos de calcio, magnesio, potasio y de amonio.

## Micronutrientes: hierro-Fe, manganeso-Mn, zinc-Zn, cobre-Cu y boro-B

---

- No deben suministrarse hierro, manganeso ni cobre vía fertilización.
- La deficiencia de boro puede llegar a reducir la producción de café, especialmente en Gigante, seguido por Guadalupe, Íquira, Isnos y San Agustín. Se podrá incluir este elemento en los planes de fertilización, siempre y cuando se detecten síntomas de sus deficiencias en el campo. Las dosis recomendadas para cafetales tecnificados varían entre 2,0 y 3,0 kg/ha/año. Adicionalmente, se sugiere emprender otras acciones como son aplicar abonos orgánicos (en particular pulpa) y proteger el suelo de la erosión.
- Tesalia, Agrado, Campoalegre, Hobo, Íquira, Nátaga, Neiva, Paicol, Rivera, Suaza y Teruel presentaron niveles relativamente bajos de zinc. En el caso que se detecten síntomas de su deficiencia, las dosis no deben superar los 3,0 kg/ha/año.

## Sodio y salinidad

---

- Se recomienda no incluir la valoración de sodio ni la conductividad eléctrica en los análisis rutinarios de fertilidad del suelo.

## Grados de fertilizantes

---

Si no se dispone de análisis de suelos, y basándose en los resultados obtenidos, se sugiere emplear fertilizantes con relaciones entre N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, MgO y S cercanas a 6:1:5:1:1. Estos podrán obtenerse en la finca mediante la mezcla de fuentes simples.

Por ejemplo:



**6,0 sacos de urea + 1,0 saco de DAP + 4,5 sacos de KCl + 1,5 sacos de Kieserita.  
La anterior mezcla generará el siguiente grado: 23-4-20-3(MgO)-2,4 (S).**

La dosis de esta mezcla para cafetales con muy baja sombra (menos de 30%) y altas densidades (más de 7.500 plantas/ha) sería de 1.300 kg/ha/año; cantidad que puede fraccionarse en dos o tres aplicaciones por año, según el caso.

En la industria podrá emplearse el grado comercial 23-4-20-3(MgO)-4(S), obtenido a partir de urea, MAP, KCl y Sulfato doble potasio y magnesio (Sadeghian y Duque, 2017).



## Propiedades físicas del suelo

---

Las propiedades físicas del suelo, a diferencia de muchas de las características químicas, son difíciles o casi imposibles de modificar. En muchas ocasiones, la pretensión debe enfocarse en mantenerlos y evitar que se degraden.

### Densidad aparente

---

Dado que, en los municipios Agrado, Baraya, Campoalegre, Gigante, Suaza y Timaná, más del 80% de las muestras analizadas presentan una alta densidad aparente (mayor de 1,2 g/cm<sup>3</sup>), deben realizarse prácticas que contribuyan a reducir su impacto. Una situación similar, pero de menor magnitud ocurre en Algeciras, Elías, Guadalupe, Hobo, Pital, Rivera, Santa María y Tarqui. Entre las principales prácticas para disminuir los valores de esta propiedad están el uso de abonos y residuos orgánicos.

### Capacidad de almacenamiento de agua aprovechable

---

En los municipios Agrado, Campoalegre, Garzón, Gigante, Guadalupe, Hobo, La Argentina, La Plata, Nátaga, Paicol, Palermo, Pital, Pitalito, Rivera, Tarqui y Tesalia, así como en Acevedo y Teruel, donde la capacidad del suelo para retener el agua aprovechable para la planta fue relativamente baja, deben integrarse prácticas como manejo de coberturas muertas, el uso de abonos y residuos orgánicos, el establecimiento de sombrío temporal y permanente, la siembra en épocas adecuadas y manejo integrado de las arvenses. En los demás municipios la situación resulta más favorable, en especial para Aipe, Algeciras, Altamira, Baraya, Colombia, Elías, Íquira, Oporapa, Palestina, Saladoblanco, San Agustín, Santa María y Timaná.

### Textura

---

Los municipios que requieren mayor atención son Baraya y Tello, seguidos de Algeciras, Colombia, Íquira, Isnos, Palermo, Pitalito y San Agustín, debido a que los problemas están asociados principalmente a texturas arcillosas (encharcamiento, drenaje imperfecto y aireación limitante), por lo tanto, las acciones podrán enfocarse a la construcción de zanjas de drenaje, el uso de enmiendas que contribuyan a mejorar la estructura del suelo, su aireación y la porosidad, entre otros, como abonos orgánicos, cascarilla de arroz y residuos de café y arvenses.

### Épocas de fertilización

---

Las plantas de café absorben los nutrientes sólo cuando el suelo está húmedo; además, se necesita del agua para disolver los fertilizantes. La decisión de aplicar el fertilizante debe basarse en la disponibilidad de agua, la cual está gobernada principalmente por la cantidad y la distribución de las lluvias (Sadeghian *et al.*, 2017).

Es necesario procurar que al momento de realizar la fertilización el suelo esté húmedo en los primeros 10 cm, por la acción de las lluvias, en los días previos a la labor; así mismo, que exista una alta probabilidad de que siga lloviendo durante los dos próximos meses, para que el suelo permanezca húmedo.

Cuando la distribución de la precipitación es de tipo bimodal, generalmente se recomienda realizar la aplicación al inicio de cada época lluviosa. En el caso que fuese unimodal, se sugiere llevar a cabo la primera fertilización al comenzar el período lluvioso y la segunda dos a tres meses antes de que finalicen la temporada húmeda.

De acuerdo con el régimen de lluvia y la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo para años con comportamiento “Neutro” se recomienda fraccionar la fertilización dos veces al año. La correspondiente al primer semestre debe realizarse a inicios del mes de marzo, siempre y cuando se garantice la humedad en el suelo, y aplica para todos los municipios, debido a que esta época está precedida de días lluviosos y existe una alta probabilidad de que en los meses abril y mayo se sigan presentando lluvias.

La recomendación para el segundo semestre en el departamento va desde inicios de septiembre hasta inicios de octubre, debido a que los municipios presentan diferencias en la cantidad de lluvia en el mes de septiembre. En razón de lo anterior, se recomiendan las siguientes épocas para la fertilización, según la localidad:

- **Inicios de septiembre:** Acevedo, Baraya, Colombia, Guadalupe, Palestina, Pitalito, San Agustín, Suaza y Timaná.
- **Mediados de septiembre:** Algeciras, Altamira, Elías, Garzón, Gigante, Isnos, Oporapa, Salado blanco y Tello.
- **Inicios de octubre:** Agrado, Aipe, Campoalegre, Hobo, Íquira, La Argentina, La Plata, Nátaga, Neiva, Paicol, Palermo, Pital, Rivera, Santa María, Tarqui, Teruel y Tesalia.

En los años con comportamiento “La Niña”, para los municipios con precipitación mayor de 1.800 mm/año (Acevedo, Aipe, Colombia, Íquira, Nátaga, Palestina, Suaza y Tesalia), se sugiere fraccionar la fertilización tres veces al año.

En los años con comportamiento “El Niño”, para los municipios con precipitación menor a 1.500 mm año y suelos con baja capacidad de almacenamiento de agua (Campoalegre, Agrado, Garzón, Gigante, Hobo, Pital, Rivera y Tarqui) debe tenerse extremo cuidado en no retrasar la época de aplicación y realizarla una vez inicien las lluvias, es decir, dos veces al año.

---

## Literatura citada

Sadeghian K., S.; Duque O., H. (2017). Formulación general de fertilizantes: Alternativas para una nutrición balanceada de los cafetales en Colombia. *Avances Técnicos No. 483*. Manizales: CENICAFÉ, 4 p.

Sadeghian K., S. (2008). Fertilidad del suelo y nutrición del café en Colombia: *Guía práctica. Boletín Técnico No. 32*. Chinchiná: CENICAFÉ, 43 p.

Sadeghian K., S.; Duque O., H. (2017). Nutrición de los cafetales en Colombia: En escenarios El Niño. *Avances Técnicos No. 477*. Manizales: CENICAFÉ, 12 p.