

497

Noviembre de 2018  
Gerencia Técnica /  
Programa de Investigación Científica  
Fondo Nacional del Café



## Interpretación de los resultados de análisis de suelo

### Soporte para una adecuada nutrición de cafetales

La productividad del cultivo de café depende de la interacción de diversos factores, entre los cuales merece especial atención el suelo. Las propiedades físicas, químicas y biológicas de este recurso natural condicionan el crecimiento de las raíces y la absorción de nutrientes; por lo tanto, conocerlas se convierte en el soporte fundamental para una nutrición adecuada.

Existen diferentes herramientas para evaluar las propiedades que determinan la fertilidad del suelo, siendo la más difundida el análisis químico, cuya ventaja radica en su carácter predictivo, es decir, que con base en los resultados obtenidos se identifican las condiciones que afectarán el crecimiento de las plantas (Alvarez, 1994).



Avances Técnicos Cenicafé

# Interpretación de los resultados de análisis de suelos

Siavosh Sadeghian Khalajabadi  
Disciplina de Suelos

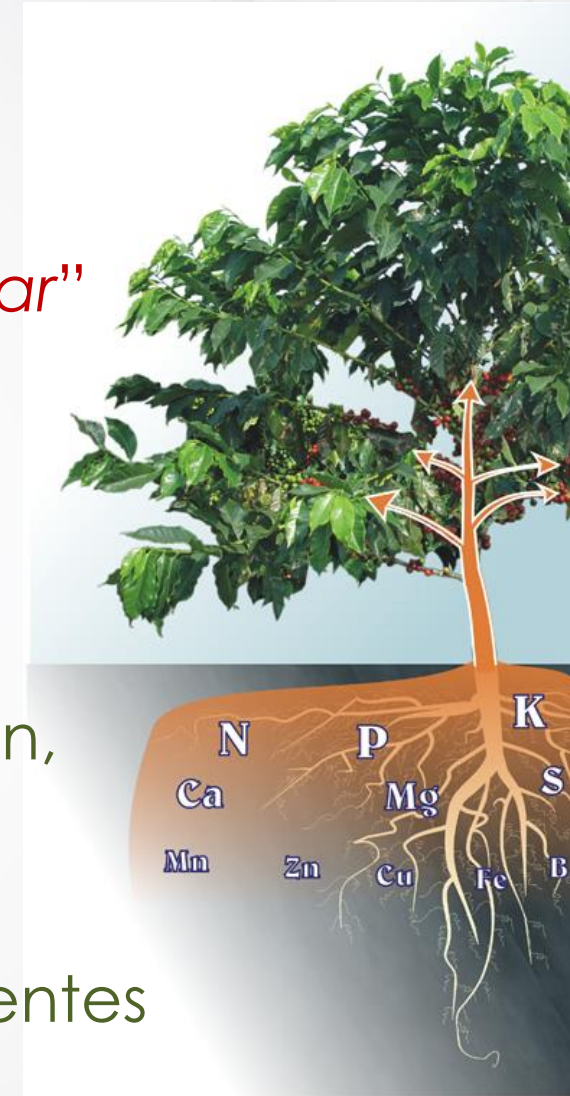
[Siavosh.Sadeghian@cafedecolombia.com](mailto:Siavosh.Sadeghian@cafedecolombia.com)

# Contenido de la presentación

- Conceptos y consideraciones
- Análisis de suelo
- Muestreo de suelo
- Método de análisis
- Unidades
- Equivalencias
- Propiedades químicas del suelo
- Consideraciones finales
- Interpretación

# Conceptos y consideraciones

- **Nutriente:** Elemento esencial  
*“las plantas no tienen alma para pensar”*  
(Aristóteles)
- Clasificación
  - *No minerales:* C, H, O
  - *Minerales:* N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Zn, Cu, B, Cl, Ni, Mo
- **Importancia del suelo:** Soporte y nutrientes



# Conceptos y consideraciones

## Fertilidad del suelo:

- Capacidad del suelo para suplir los elementos esenciales que demandan las plantas para su metabolismo (Foth y Ellis, 1997).
- Capacidad **global** para garantizar el crecimiento y la producción de los cultivos, mediante el suministro de agua y nutrientes (Malavolata, 2006).

“Un suelo puede ser fértil mas no productivo, pero un suelo productivo será fértil”

- Capacidad de proporcionar nutrientes que demanda una especie/cultivo en particular para su crecimiento en cantidades adecuadas y balanceadas (Soil Science Society of America, 2008).

# Conceptos y consideraciones

Propiedades del suelo relacionadas con la fertilidad.

Propiedad física	Propiedad química	Propiedad biológica
<ul style="list-style-type: none"><li>• Textura</li><li>• Profundidad efectiva</li><li>• Densidad aparente e infiltración</li><li>• Capacidad para retener agua</li><li>• Característica del agua retenida</li><li>• Contenido del agua</li><li>• Temperatura</li><li>• Topografía</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Contenido total de C y N</li><li>• pH</li><li>• Conductividad eléctrica</li><li>• Contenidos de macro y micronutrientes</li><li>• Contenido de elementos tóxicos</li><li>• Relaciones entre elementos</li><li>• CIC-CICE</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Biomasa microbiana</li><li>• Potencial de mineralización de N y S</li><li>• Respiración del suelo</li><li>• Relación C de biomasa/C orgánico total</li><li>• Relación respiración/biomasa</li><li>• Flora y fauna</li></ul>



# Análisis de suelo

- Herramientas para evaluar las propiedades que determinan la fertilidad del suelo
- Análisis químico: la herramienta más difundida
- Ventaja: carácter predictivo. Se identifican de manera anticipada las condiciones que afectarán el crecimiento de las plantas

# Muestreo de suelo

- Realizar el muestreo 3 a 4 meses después de la última aplicación de fertilizantes y enmiendas.
- En el momento de la toma de la muestra el suelo no debe estar muy húmedo o seco.
- Evitar la toma de muestras en sitios no representativos del lote, por ejemplo, zonas erosionadas o áreas cercanas a las viviendas.
- Emplear herramientas y materiales limpios (barreno o palín, balde y bolsas).
- Para lotes con menos de dos hectáreas tomar las sub-muestras en 10 a 15 puntos, y para aquellos de mayor tamaño en 15 a 20 puntos.
- Recorrer el lote en zigzag y tomar la sub-muestra del suelo en el plato del árbol, a 20 cm de profundidad. Si el lote no ha sido sembrado, las sub-muestras se pueden tomar en cualquier punto del recorrido.

# Método analítico

Elemento o propiedad	Método
pH	Potenciométrico en relación suelo:agua 1:1 (peso/peso)
MO	Walkley & Black y determinación por colorimetría a 485 nm
N	Kjeldahl
P	Extracción con Bray II y determinación por Bray - Kurtz colorimétrica a 660 nm
Ca, Mg, K	Extracción con $\text{NH}_4\text{OAc}$ 1N - pH 7,0 y determinación por EAA
Al	Extracción con KCl 1N y determinación por EAA
S	Extracción con fosfato de calcio monohidratado 0,008M y determinación turbidimétrica a 420 nm
Fe, Mn, Zn, Cu	Extracción con EDTA 0,01M en $\text{NH}_4\text{OAc}$ 1N - pH 7,0 y determinación por EAA
B	Extracción con agua caliente y determinación por colorimetría con azometina - H a 410 nm
CIC	Extracción con $\text{NH}_4\text{OAc}$ 1N - pH 7,0 y determinación por colorimetría con reactivo de Nessler a 410 nm



# Unidades

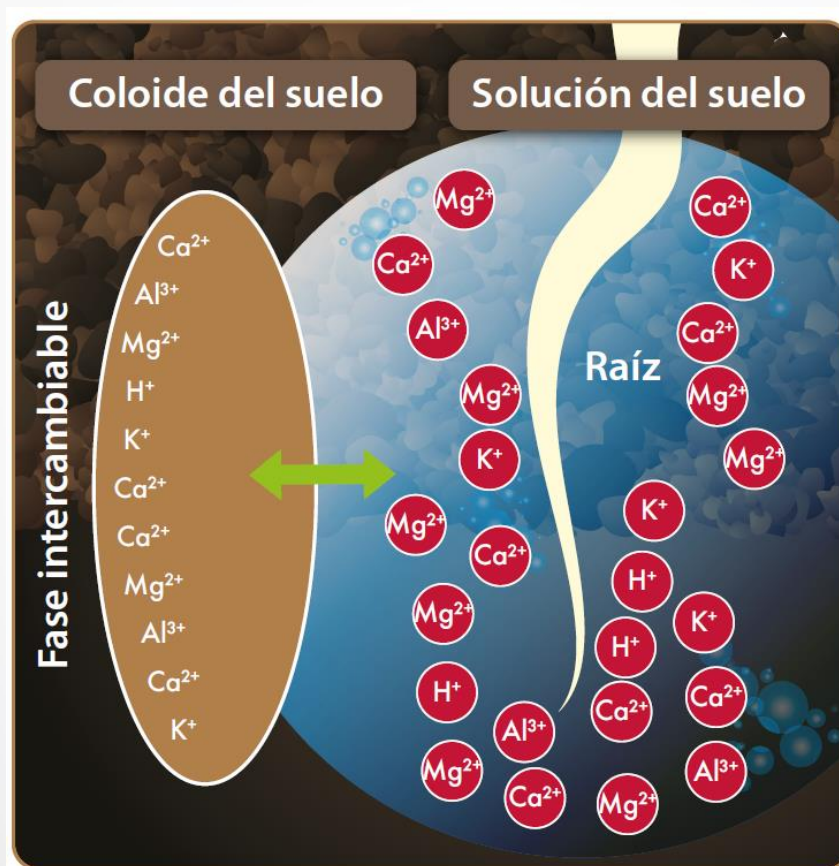
- Materia orgánica (MO) y nitrógeno (N): % (porcentaje). En el SIU se puede emplear  $\text{dag kg}^{-1}$  (decagramo por kilogramo) o  $\text{g kg}^{-1}$  (gramo por kilogramo), siendo  $\text{dag kg}^{-1}$  y % equivalentes. Para expresar  $\text{g kg}^{-1}$  en términos de %, se divide el valor de  $\text{g kg}^{-1}$  por 10.
- $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Al}^{3+}$ , CIC y CICE:  $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  o  $\text{cmol}_{(+)} \text{ kg}^{-1}$  (centimol carga por kilogramo). Anteriormente  $\text{meq}/100 \text{ g}$  (miliequivalente por 100 gramos). Estos son equivalentes.
- P, S, Fe, Mn, Cu, Zn, B:  $\text{mg kg}^{-1}$  (miligramo por kilogramo). Anteriormente ppm (partes por millón). Estos son equivalentes.
- Saturación de bases y de  $\text{Al}^{3+}$ : %
- Conductividad eléctrica (CE):  $\text{dS m}^{-1}$  (decisiemens por metro).  $1 \text{ dS m}^{-1} = 1 \text{ milimhos cm}^{-1} = 1000 \mu\text{S cm}^{-1}$ .

# Equivalencias

- 1  $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  de Ca equivale a 200,39  $\text{mg kg}^{-1}$  de Ca
- 1  $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  de Mg equivale a 121,53  $\text{mg kg}^{-1}$  de Mg
- 1  $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  de K equivale a 390,98  $\text{mg kg}^{-1}$  de K
- 1  $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  de Na equivale a 229,90  $\text{mg kg}^{-1}$  de Na
- 1  $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  de Al equivale a 89,94  $\text{mg kg}^{-1}$  de Al

# Propiedades químicas del suelo

- Acidez activa: pH
- Acidez intercambiable:  $\text{Al}^{3+}$
- Bases intercambiables:  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  y  $\text{Na}^+$

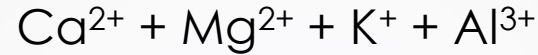


# Propiedades químicas del suelo

- Relaciones entre bases:
  - % Saturación:  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  y  $\text{K}^+$
  - Ca:Mg, Ca:K, Mg:K y Ca:Mg:K
  - Ca/Mg, Ca/K, Mg/K y  $(\text{Ca}+\text{Mg})/\text{K}$
  - Relevancia, si el desequilibrio sea grande
- Capacidad de Intercambio Catiónico-CIC
  - Acetato de amonio a  $\text{pH} = 7,0$
  - Máxima capacidad
  - Suelos de carga variable
  - $\text{CIC} (\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}) = 10,26 + 1,25 \times \text{MO} (\%)$

# Propiedades químicas del suelo

- Capacidad de Intercambio Catiónica Efectiva-CICE



- % Saturación de aluminio intercambiable- $\text{Al}^{3+}$

$$\text{Saturación de } \text{Al}^{3+} (\%) = \frac{\text{Al}^{3+} \times 100}{\text{CICE}}$$

---

% Saturación de bases intercambiables

$$\text{Saturación de bases } (\%) = \frac{(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^{+}) \times 100}{\text{CIC}}$$

---

- Materia orgánica

$$\text{MO } (\%) = \text{CO } (\%) \times 1,724$$

---

- Nitrógeno total

$$\text{N } (\%) = 0,01644 + 0,045277 \times \text{MO } (\%) - 0,00063493 \times \text{MO } (\%)^2$$

# Propiedades químicas del suelo

- Fósforo disponible
- Micronutrientes
- Conductividad eléctrica-CE

## Nutrientes disponibles

- Esencialmente, los iones en la solución más los iones de la fase sólida que están en rápido equilibrio con los iones en solución (Foth y Ellis, 1997).
- La cantidad de nutriente en formas químicas accesibles para las raíces de las plantas o compuestos susceptibles a convertirse a formas tales durante la temporada de crecimiento (Soil Science Society of America, 2008).



# Propiedades químicas del suelo

## Nutrientes disponibles

- Cationes intercambiables. Puede considerarse disponibles.
- Fósforo. Mucha dificultad en determinar lo que sería realmente es disponible.
- Nitrógeno y azufre. Nutrientes que están en formas orgánicas. Su disponibilidad depende de la mineralización de la materia orgánica, la cual siempre es una incógnita.

# Propiedades químicas del suelo

## Nutrientes disponibles

- Si  $Mg^{2+} = 1,0 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  hay mayor disponibilidad que  $Mg^{2+} = 0,5 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$
- $0,5 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  de  $Mg^{2+}$  son más disponibles si hay buena humedad que en temporadas secas
- Si hay buena humedad en el suelo,  $0,5 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  de  $Mg^{2+}$  son más disponibles que  $1,0 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  del elemento en condiciones de déficit hídrico
- $0,5 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  de  $Mg^{2+}$  son más disponibles para una planta con buen sistema radical que para otra pobre en raíces, o para una planta que una plántula
- $0,5 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  de  $Mg^{2+}$  son más disponibles cuando  $K^+$  es medio ( $0,3 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ) que un nivel de  $K^+$  muy alto ( $0,8 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ )
- $0,5 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  de  $Mg^{2+}$  son más disponibles para la planta cuando no se presentan condiciones de acidez en el suelo frente a escenarios de elevada acidez
- $0,5 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  de  $Mg^{2+}$  son más disponibles para la planta cuando no hay un exceso del ion sulfato- $SO_4^{2-}$  en el suelo que cuando lo hay

# Consideraciones

Antes de generar las recomendaciones considerar los siguientes aspectos:

- Asegurarse de que la muestra del suelo fue bien tomada.
- Revisar las metodologías de laboratorio empleadas para el análisis. En el caso que no aparezcan en los resultados entregados, se podrán solicitar al laboratorio. Estas deben coincidir con las descritas en este documento, pues de lo contrario, no tendrá sentido la interpretación.
- Tener presente que las unidades.
- Examinar los resultados y, en el caso de encontrar valores anómalos, consultar con el laboratorio.

# Interpretación

Propiedad	Unidad	Bajo	Medio	Alto
pH	Adimensional	< 5,0	5,0 – 5,5	> 5,5
Materia orgánica (MO)	%	< 8,0	8,0 – 16,0	> 16,0
Nitrógeno total (N)	%	< 0,34	0,34 – 0,58	> 0,58
Fósforo (P)	mg kg <sup>-1</sup>	< 10	10,0 – 20,0	> 20,0
Azufre (S)	mg/kg <sup>-1</sup>	< 6,0	6,0 – 12,0	> 12,0
Potasio (K <sup>+</sup> )	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	< 0,2	0,2 – 0,4	> 0,4
Calcio (Ca <sup>2+</sup> )	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	< 1,5	1,5 – 3,0	> 3,0
Magnesio (Mg <sup>2+</sup> )	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	< 0,6	0,6 – 0,9	> 0,9
Aluminio (Al <sup>3+</sup> )	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	< 0,5	0,5 – 1,0	> 1,0
CIC	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	< 15,0	15,0 – 25,0	> 25,0
CICE	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	< 3,0	3,0 – 6,0	> 6,0
Saturación de aluminio	%	< 15,0	15,0 – 30,0	> 30,0
Saturación de bases	%	< 20,0	20,0 – 30,0	> 30,0
Hierro (Fe)	mg kg <sup>-1</sup>	< 25	25 – 50	> 50
Manganeso (Mn)	mg kg <sup>-1</sup>	< 5	5 – 10	> 10
Zinc (Zn)	mg kg <sup>-1</sup>	< 1,5	1,5 – 3,0	> 3,0
Cobre (Cu)	mg kg <sup>-1</sup>	< 1,0	1,0 – 3,0	> 3,0
Boro (B)	mg kg <sup>-1</sup>	< 0,2	0,2 – 0,4	> 0,4



**GRACIAS**