

INTERPRETACION DE ANALISIS DE SUELOS (+)

JORGE E. ORTEGA E. (++)

1. INTRODUCCION

El análisis de suelos, se constituye en un método rápido para establecer las necesidades de fertilizantes y enmiendas con anterioridad al establecimiento de las siembras de los distintos cultivos. El agricultor siempre se ve abocado a tomar la decisión sobre la cantidad y tipo de fertilizante que debe aplicar para lograr mayores beneficios con el mínimo de inversiones, ello se puede lograr a través de una correcta interpretación del análisis físico químico del suelo.

Además, los resultados del análisis de suelos, proporcionan una valiosa información sobre la acidez, alcalinidad, y estado general de la fertilidad potencial de los mismos, dentro de una área o región geográfica. Los datos que se utilizan de dicho análisis se pueden utilizar para identificar a ciencia cierta aquellos nutrimentos que pueden ser deficientes en los suelos, y tornarse limitantes en la producción de cultivos y al mismo tiempo centrar la atención en los fertilizantes o enmiendas necesarias para suplirlos.

(+) Contribución del Grupo Multidisciplinario Tuberosas Hortalizas Regional 5 .

(++) Ingeniero Agrónomo M.S. Programa Hortalizas ICA. Estación Experimental Obonuco. Apartado Aéreo 339 Pasto.

2. ESENCIALIDAD DE NUTRIENTES PARA LAS PLANTAS

Las plantas requieren para su normal desarrollo de 16 elementos denominados " esenciales " , es decir indispensables para que las plantas puedan crecer y reproducirse en forma normal; ellos son:

- a) **Macronutrientes:** Carbono (C), Oxígeno (O), Hidrógeno (H), Nitrógeno (N), Fósforo (P), y Potasio (K).
- b) **Elementos secundarios:** Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y Azufre (S).
- c) **Micronutrientes:** Boro (B), Cloro (Cl), Cobre (Cu), Hierro (Fe), Manganeso (Mn), Molibdeno (Mo), y Zinc (Zn).

Los requerimientos de fertilizantes varían de acuerdo con las condiciones del suelo y al tipo de planta, por ello se hace necesario, correlacionar el análisis de suelos con la respuesta de los cultivos a la aplicación de fertilizantes, bajo condiciones ambientales diferentes.

A pesar de que algunos investigadores del país, en diversas ocasiones han determinado las concentraciones a aplicar de los distintos nutrientes en el suelo, por encima de las cuales raramente se obtienen respuesta económica a la aplicación de fertilizantes, estos estudios, sin desconocer su importancia técnica y científica, están limitados por las condiciones particulares del lugar, dado que los métodos de análisis no han sido calibrados hasta el momento, en todas las condiciones de fertilidad natural variable. (NAVAS, 1966)

3. ASPECTOS NECESARIOS DE CONSIDERAR EN EL ESTABLECIMIENTO DE DIAGNOSIS SOBRE LA FERTILIDAD DEL SUELO

3.1 EVALUACION DEL TERRENO

Se debe considerar el relieve y las condiciones de drenaje superficial

que éste determina. Drenaje superficial excesivo hace necesaria la aplicación de riego con bastante frecuencia. Por su parte, un drenaje superficial lento asociado con drenaje interno imperfecto, requiere desague para que la fertilización sea eficaz.

3.2 EVALUACION FISICA DEL PERFIL

Los principales factores a considerar son: la profundidad efectiva y el espacio radical, el drenaje, las condiciones de aireación y retención de agua y los nutrimentos.

3.3 TOMA DE MUESTRAS DE SUELO

La toma de muestras de suelo para análisis, tiene tanta importancia como la exactitud del análisis o la interpretación de los resultados. Según Marín (1968) se deben tener en cuenta los siguientes aspectos para tomar correctamente una muestra de suelos para análisis:

3.3.1 Muestra representativa

La muestra de suelos debe incluir por lo menos 15 a 20 lugares del campo o área de muestreo como se indica a continuación. Una muestra que incluya muy pocos puntos del área puede dar información falsa sobre la fertilidad general del terreno.

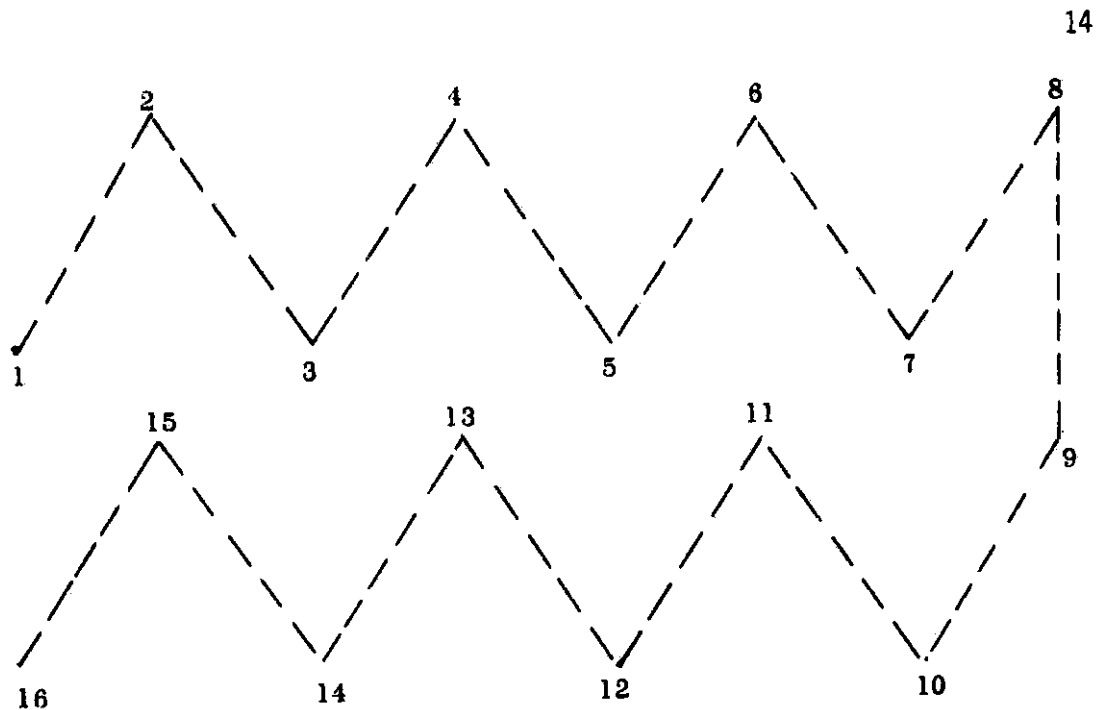


Fig. No. 1 FORMA DE MUESTREO EN EL CAMPO

3.3.2 Epoca del Muestreo

En general las muestras deben tomarse dos o tres meses antes de sembrar. Cuando sólo se puede tomar una muestra durante el año como medio de diagnóstico, debe hacerse en una época normal o promedia (ni en verano pronunciado ni en invierno). Para la mayoría de los cultivos las muestras de suelos deben tomarse cada uno o dos años. Para hortalizas, tabaco, etc., deben tomarse con más frecuencia.

3.3.3 Lugar de muestreo

La unidad de muestreo debe guardar homogeneidad en los siguientes aspectos:

- Uso y manejo anteriores
- Crecimiento de la vegetación
- Relieve
- Drenaje
- Textura
- ✓ Color de la capa superficial.

Tabla 1. Reproducción de un formulario de Solicitud de Análisis de Suelos.

I.C.A. Suelos		SOLICITUD DE ANALISIS DE SUELOS				No. Regional				
NOMBRE DEL SOLICITANTE		DIRECCION		LUGAR						
MUNICIPIO		VEREDA		FINCA						
OFICINA RECEPTORA		LUGAR		FECHA						
LA INFORMACION DE CINCO MUESTRAS PUEDE COLOCARSE AQUI :										
DETALLE	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4	MUESTRA 5					
Profundidad a la cual se tomó la muestra.										
Superficie aproximada del lote.										
Altura sobre el nivel del mar										
Cultivo para el cual quiere la recomendación.										
Drenaje (Bueno, Regular, malo).										
Topografía (Plana, ondulada, pendiente.)										
Cal agregada Tons / Ha último año Año.										
Va aplicar riego ?										
Ultimo cultivo o cultivo actual 1.9										
Rendimiento última cosecha (Bueno, Regular, Malo)										
Fertilizantes agregados al último cultivo.	Kg / Ha	Gra do	Kg / Ha	Gra do	Kg / Ha	Gra do	Kg / Ha	Gra do	Kg / Ha	Gra do
Penúltimo Cultivo 1.9										
Rendimiento penúltima cosecha (B, R, M)										
Fertilizantes agregados al Penúltimo cultivo	Kg / Ha	Gra do	Kg / Ha	Gra do	Kg / Ha	Gra do	Kg / Ha	Gra do	Kg / Ha	Gra do
Tipo de Análisis		No. Muestra		Valor Unitario		Valor Total				
Fertilidad										
Salinidad										
Caracterización										
Determ.Textura Bouyuc.										
Completo										
Determ.Textura Bouyucos										
Elementos menores										

En lotes con cosechas cultivadas en surcos, las muestras deben tomarse entre los surcos o entre los caballones. Evite muestrear antiguos canales, carreteras o caminos, sitios donde se haya colocado estiércol o cal, cenizas o fertilizantes, parchas pantanosas, etc. Si el predio es uniforme en apariencia y producción, así como en el manejo a que se ha sometido durante los últimos años, se puede considerar como una sola unidad de muestreo siempre y cuando la superficie no sobrepase las 10 hectáreas.

3.3.4 Profundidad de Muestreo

Depende del cultivo que se va a establecer o está establecido. Para pastos es suficiente 0 - 15 cm; para cultivos semestrales (maíz, frijol, cereales) es recomendable 0 - 25 cm. Para árboles frutales, café, cacao, forestales, palmas, etc. debe hacerse por capas u horizontes, separadamente.

3.3.5 Herramientas y Materiales

Sacabocado, barreno, pala o garlancha, balde limpio, cajas de cartón, bolsas de plástico y hojas de información. En el balde se reúnen las submuestras, se mezcla el suelo y se utilizan de 500 - 1.000 gramos.

3.3.6 Recopilación de Información

Debe llenarse la hoja de información lo más exactamente posible, enviar el original al laboratorio junto con las muestras de suelo y guardar una copia. En el modelo adjunto de hoja de información, aparece todo lo solicitado (Tabla 1).

3.4 TIPOS DE ANÁLISIS

En los laboratorios de Suelos del Instituto Colombiano Agropecuario se ofrecen los cuatro tipos de análisis de suelos que se describen a continuación:

3.4.1 Fertilidad

Este tipo de análisis incluye información sobre textura, pH, materia orgánica (M.O), P y K. Si el pH es inferior a 5,5 se determina acidez intercambiable.

El análisis de fertilidad permite determinar las variaciones que pueden ocurrir en algunas características del suelo por la adición de fertilizantes y enmiendas, y hacer recomendaciones generales de fertilización.

3.4.2 Caracterización

El análisis de caracterización dá información sobre textura, pH, M.O, P,K, acidez intercambiable, Ca, Mg y Na. Este análisis permite hacer recomendaciones más precisas sobre fertilización y enmiendas que el análisis de fertilidad, pues incluye además las bases intercambiables Ca, Mg, y Na.

3.4.3 Completo

Incluye textura, pH, M.O., P,K, acidez intercambiable, Ca, Mg, Na, C.I.C. y conductividad eléctrica (C.E.). Este tipo de análisis es recomendable para tener conocimiento más detallado de un suelo.

3.4.4 Salinidad

Incluye textura, pH, C.E., Na, C.I.C. porcentaje de saturación de Na y prueba cualitativa de carbonatos. Se recomienda este tipo de análisis cuando se sospecha que el suelo tiene problemas de salinidad.

3.5 CALIBRACION DEL ANALISIS

Desde el punto de vista físico o químico, una técnica de análisis con fines agrícolas puede ser buena, pero si no existe correlación con la respuesta obtenida por la planta bajo condiciones de campo o de inver-

nadero, dicha técnica o procedimiento no tendrá ningún valor. Por tanto, es necesario calibrar el método o sea, fijar los valores límites para calificar el suelo como bajo, medio o alto en un determinado elemento, de acuerdo con los resultados analíticos por el método bajo estudio. (Lora, 1978)

La calibración se obtiene después de comparar estadísticamente los resultados del análisis de bastantes suelos, con los resultados obtenidos en el campo o invernadero (rendimiento u otra variable), al aplicar a esos suelos el nutrimento o nutrimentos bajo estudio. La calibración de un método para establecer los límites estimativos de bajo, medio y alto; solo puede hacerse con base en una probabilidad de que el suelo sea realmente pobre, medio o rico en el elemento que se estudia.

Cuando el suelo se considera pobre, la probabilidad de que responda, es decir que aumenta significativamente el rendimiento al aplicar dicho nutrimento, debe ser alta; cuando es rico, la probabilidad debe ser baja. Agrupados y comparados los resultados de los análisis de los suelos estudiados con la respuesta de la planta a la aplicación del elemento, se establecen los límites buscando que se cumpla el siguiente requisito (Frye, 1972):

Tabla 2 - LIMITES DE RESPUESTA

Calificación	Valor analítico (unidad de expresión)	Probabilidad de respuesta
Contenido Bajo	Menos de (x)	Aprox.del 80% (Alta)
Contenido Medio	de (x) a (y)	" " 50% (Md.)
Contenido Alto	más de (y)	" " 20% (Baja)

Navas, Manzano y McClung (1966) consideran como respuesta positiva (al fósforo, por ejemplo) aquellos aumentos en rendimiento superiores al 20% y como ninguna respuesta aquellos inferiores al 20%.

Cuando no se puede llegar a mucha precisión en la calibración de un método analítico por lo menos debe establecerse el " nivel crítico ". Valores por debajo de dicho nivel implican alta probabilidad de respuesta, y valores por encima, baja probabilidad de respuesta.

En Colombia se han efectuado algunos estudios con el objeto de correlacionar métodos analíticos con respuesta de la planta. Por ejemplo Navas, Manzano y McClung (1966) con base en pruebas regionales establecidas en Cundinamarca y Boyacá encontraron que para trigo, el método Bray II para fósforo fue el que mostró el más alto índice de correlación.

3.6 INTERPRETACION DEL ANALISIS

Posiblemente la interpretación es la etapa más importante y difícil en un análisis de suelos. No se trata solamente de conocer los niveles críticos, sino tener un concepto global del análisis, considerar la interdependencia entre elementos y propiedades del suelo, medir el efecto de condiciones de clima y conocer el cultivo para el cual se va a utilizar el análisis. Indudablemente esto es difícil, pero habrá una mayor confiabilidad entre más y mejor se consideren los factores expuestos. Hacer un análisis es fácil; interpretarlo y utilizarlo correctamente es lo difícil, (Lora, 1978).

3.6.1 pH.

Menos de 5,5: Muy ácido. Necesario encalar para la mayoría de los cultivos. Posible toxicidad de aluminio, hidrógeno y manganeso. Deficiencia de P, Ca, Mg, Mo y N.

5,5 - 5,9: Moderadamente ácido. Baja solubilidad del P y regular disponibilidad de Ca y Mg. Algunos cultivos como leguminosas requieren encalamiento.

6,0 - 6,5: Ligeramente ácido. Condición adecuada para el crecimiento de la mayoría de los cultivos.

6,6 - 7,3: Casi neutro. Buena disponibilidad de Ca y Mg; moderada disponibilidad del P; baja disponibilidad de los micronutrientes a excepción del molibdeno.

7,4 - 8,0: Alcalino. Posible exceso de Ca, Mg y carbonatos. Baja solubilidad del fósforo y micronutrientes a excepción del molibdeno. Posible necesidad de tratar el suelo con enmiendas. Se inhibe el crecimiento de varios cultivos.

Más de 8,0: Muy alcalino. Posible exceso de sodio intercambiable. Se inhibe el crecimiento de la mayoría de los cultivos. Necesidad de tratar el suelo con enmiendas (Frye, 1972).

3.6.2 Nitrógeno Total

Normalmente los suelos de clima frío contienen más nitrógeno total que los de clima cálido, pero el suministro es menor debido a la baja tasa de mineralización. Un estimativo conceptual muy general del nitrógeno se observa en la Tabla 3 (Frye, 1972).

Tabla 3. ESTIMATIVO CONCEPTUAL DEL NITRÓGENO EN LOS SUELOS

C L I M A	Interpretación del % de N. Total		
	Bajo	Medio	Alto
Frío	Menor de 0,25	0,25 - 0,50	Mayor de 0,50
Medio	Menor de 0,15	0,15 - 0,25	Mayor de 0,25
Cálido	Menor de 0,10	0,10 - 0,20	Mayor de 0,20

La determinación del N total del suelo no es una medida que permita conocer en forma confiable la disponibilidad de este nutrimento para las plantas. Algunos investigadores han encontrado buena correlación entre producción de nitratos y amonio por el suelo y respuesta a nitrógeno. Sin embargo, para un laboratorio de rutina (servicio para agricultores), la técnica no es adecuada por lo laboriosa y el requerimiento de tiempo (Lora, 1978).

3.6.3 Carbono Orgánico

A medida que disminuye la temperatura el contenido de materia orgánica aumenta debido a la baja rata de mineralización de ésta. En Colombia, por existir relación inversa entre altitud y temperatura, se ha encontrado correlación positiva entre el contenido de materia orgánica y altura sobre el nivel del mar (Marín, y Gómez, 1968).

En la Tabla 4 se observa el estimativo conceptual de la materia orgánica en los suelos.

Tabla 4 ESTIMATIVO DE MATERIA ORGANICA EN LOS SUELOS (+)

C L I M A	Interpretación del % de Materia Orgánica		
	Bajo	Medio	Alto
Frío	Menor de 5	5 - 10	Mayor de 10
Medio	Menor de 3	3 - 5	Mayor de 5
Cálido	Menor de 2	2 - 4	Mayor de 4

(+) Frye, 1972.

La materia orgánica es fuente principalmente de N,P,S y algunos elementos menores. Además mejora las propiedades físicas del suelo y aumenta la capacidad amortiguadora (buffer). Tiene gran influencia en la capa-

cidad de intercambio catiónico; cada 1% de materia orgánica representa en general, 2meq / 100 g en la medida de la C.I.C.

3.6.4 Relación C/N

Resulta de dividir el % C sobre el % de N. Esta relación da una idea de los procesos que están regulando el estado del nitrógeno en el suelo. Una calificación de ésta relación es la siguiente (Frye, 1972):

Menor de 10: Baja. Indica alta mineralización. Seguramente la materia orgánica da buen suministro de algunos nutrimentos.

Propio de clima cálido en suelos bien aireados.

Entre 10 y 12: Media. Mineralización " normal ".

Mayor de 12 : Alta. Mineralización lenta. El aporte de nutrimentos por la materia orgánica es poco eficiente.

3.6.5 Fósforo Aprovechable

Ya se comentó antes, sobre este nutrimento, existen varios métodos para la extracción de P. Algunos de los trabajos efectuados en Colombia han mostrado correlación con los métodos Bray II, Bray I y Troug.

Para Bray II los valores de correlación para trigo, y cebada son: Menos de 20 ppm de P: Alta probabilidad de respuesta.

entre
~~Menos~~ de 20 y 40ppm: Probabilidad media de respuesta.

Mayor de 40 ppm. : Baja probabilidad de respuesta.

En la tabla 5 se muestran los niveles críticos para fósforo por tres métodos.

Tabla 5 CALIBRACION DE FÓSFORO APROVECHABLE EN SUELOS (+)

M E T O D O	Nivel para alta respuesta (ppm)	Nivel para baja respuesta (ppm)
Bray I	Menor que 10	Mayor que 25
Bray II	Menor que 20	Mayor que 40

Olsen

Menor que 12

Mayor que 35

 (+) Frye, 1972 .

Es importante recordar que al hacer recomendaciones de fertilizantes, fosfatados se deben tener en cuenta varios factores tales como:

- a) ensayos regionales
- b) Fósforo disponible
- c) Tipo de cultivo
- d) Uso y manejo anterior del lote
- e) Otras propiedades del suelo
- f) fertilización nitrogenada y/o encalamiento que se va a hacer al cultivo.

3.6.6 Capacidad de intercambio de cationes

Está asociada directamente con la textura, tipo de arcilla y el contenido de materia orgánica del suelo. En Colombia la C.I.C. de los suelos resulta muy variable, aún dentro de una misma región. Es deseable que un suelo presente una C.I.C. alta, asociada con una buena saturación de bases, ya que esto indica una gran capacidad potencial de suministro y reserva de Ca, Mg, y K. En términos generales un estimativo conceptual de la C.I.C. en los suelos es el siguiente (Frye, 1972):

Menor que 10 meq / 100 g	: Baja
10 - 20 meq / 100 g	: Media
Mayor que 20 meq / 100 g	: Alta.

3.6.7 Bases Intercambiables (Ca,Mg,K,Na)

En general es difícil establecer niveles críticos para estos nutrimentos. En la mayoría de los casos se debe tener en cuenta no solamente el elemento intercambiable sino también el porcentaje de saturación del complejo de cambio y el pH del suelo. Otro factor importante a conside-

rar son los iones asociados o acompañantes. Por ejemplo en el caso del calcio, asumiendo cantidades iguales de calcio en dos suelos, pero en el uno el catión acompañante es el aluminio y en el otro es el sodio. Si se considera que la capacidad de retención es Al Ca Mg Mg K Na, entonces la concentración Ca^{++} en la solución será mayor cuando el ión acompañante es aluminio que cuando es sodio, (Lora, 1978).

En la Tabla 6 se observa el estimativo conceptual de las bases en los suelos y el porcentaje de saturación de las mismas (Frye, 1972).

Tabla 6 ESTIMATIVO CONCEPTUAL DE LAS BASES EN EL SUELO

ELEMENTO	Interpretación		
	Bajo	Medio	Alto
Calcio meq/100 g	Menos de 3	3-6	Más de 6
Saturación (%)	Menos de 30	30-50	Más de 50
Magnesio meq/100 g	Menos de 1,5	1,5-2,5	Más de 2,5
Saturación (%)	Menos del 15	15-25	Más de 25
Potasio meq/100 g	Menos de 0,20	0,20-0,40	Más de 0,40
Saturación (%)	Menos de 2	2-3	Más de 3
Sodio meq/100 g	Su contenido debe ser menor de 1.		
Saturación	Debe ser menor del 15%.		
Relación normal Ca : Mg : K			
2-3: 1:0, 15-0,25			

3.6.8 Acidez Intercambiable

En la mayoría de los suelos la acidez intercambiable está constituida por el aluminio intercambiable.

Casi con seguridad ocasiona problemas si la saturación con respecto a la C.I.C. es mayor del 5%. Otro factor a tenerse en cuenta es la relación Ca + Mg. Mientras más baja, mayor es el problema. El valor mí-

nimo para ésta relación debe ser uno. Generalmente a valores de pH por debajo de 5,5 (suelos minerales) o por debajo de cinco (suelos orgánicos) existen problemas con el aluminio. Para cultivos poco exigentes en calcio y para suelos de pH inferior a 5,5 y menor de 10% de materia orgánica, se recomienda aplicar 1.500 kg/Ha de CaCO_3 , por cada miliequivalente de aluminio. Para suelos de pH igual o menor que 5,0 y más de 10% de materia orgánica se recomienda aplicar igualmente 1.500 kg/Ha de CaCO_3 . Cuando la relación Ca/Mg es amplia (más de 4) se recomienda aplicar 1.250 Kg/Ha de cal dolomítica (Frye, 1972).

3.6.9 Conductividad Eléctrica (C.E.)

Se insiste en que la conductividad eléctrica es un índice de la salinidad así como el porcentaje de saturación de sodio es un índice de la sodicidad del suelo. En la Tabla 7 se hace una evaluación de la salinidad (Marfán, y Gómez, 1968).

Tabla 7 INTERPRETACION DE LA C.E. DEL EXTRACTO DEL SUELO (milimhos/cm)

0-2	0-4	4-8	8-16	16
No salino	Muy ligeramente salino	Moderadamente salino	Fuertemente salino	Muy fuertemente salino

En general por encima de 4 milimhos / cm se restringe el rendimiento de muchos cultivos y se debe recuperar el suelo.

Por su parte cuando la saturación de sodio es superior al 15% y el pH es superior a 8,0, existen serios problemas en el suelo principalmente desde el punto de vista físico. En este caso se necesita someter el suelo a un tratamiento a base de enmiendas sulfatadas generalmente, y lavado para recuperarlo.

3.7 UNIDADES DE EXPRESION EMPLEADAS EN EL ANALISIS DE SUELOS

Las unidades comunmente empleadas en el análisis de suelos son: a) Porcentaje (%), b) Miliequivalentes por cien gramos de suelo (meq / 100 g) c) Partes por millón (ppm).

Es de anotar que se acepta que una hectárea de suelo, capa arable, pesa 2.000.000 de kilogramos o en su defecto que tiene un volumen de 2.000.000 de litros.

Brevemente se explicarán las unidades empleadas:

a) Parte por millón (ppm). Se llama ppm a las unidades. Ej: Kg en un millón de kilogramos; gramos en un millón de gramos; litro en un millón de litros.

Si un suelo tiene 10 ppm de P, ese suelo tendrá 20 kg/ha de P, o lo que es lo mismo 45,8 Kg/Ha de P_2O_5 .

1 ppm de P es igual a 4,58 kg de P_2O_5 / Ha.

b) Miliequivalentes. El equivalente químico de un elemento, es su peso atómico dividido sobre su valencia actuante. Si se expresa en gramos se le denomina equivalente gramo.

Ej: 1.	Peso atómico de calcio (Ca)	40
	Valencia	2
	Equivalente gramo $40 \div 2 =$	20 g
2.	Peso atómico del magnesio (Mg)	24
	Valencia	2
	Equivalente gramo $24 \div 2 =$	12 g
3.	Peso atómico del potasio (K)	39
	Valencia	1
	Equivalente gramo $39 \div 1 =$	39 g

Se denomina mili-equivalentes al equivalente dividido sobre 1.000.

Ej: 1.	Miliequivalente gramo de Mg	0.012 g
2.	Miliequivalente gramo de K	0.039 g
3.	Miliequivalente gramo del Ca	0.020 g

c) Conversión de miliequivalentes a kilogramos por hectárea.

La hectárea en promedio pesa 2.000.000 de Kg. Supongamos que un análisis de suelo dió 1 meq de calcio por 100 gramos de suelo. Esto equivale a 0.02 g en 100 gramos de suelo, o sea a 0.0002 Kg por Kg de suelo. Por tanto en 2.000.000 de Kg es decir en una hectárea habrá 400 Kg de Ca.

Aplicando los mismos razonamientos se tiene:

1 meq de Ca / 100 g de suelo	=	400 kg de Ca / Ha
1 meq de Mg / 100 g de suelo	=	240 kg de Mg / Ha
1 meq de K / 100 g de suelo	=	780 kg de K / Ha
1 meq de Na / 100 g de suelo	=	460 kg de Na / Ha.

4. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. ACOSTA, S.C. Principios básicos de análisis químico para evaluar el estado de fertilidad de los suelos. Bogotá, U.N.C. - ICA, 1974 (Seminario sin publicar).
2. BRAY, R.H. Requirements of successful - Soil Test. Soil Sci. 66: 83-89. 1948.
3. FRYE, C.A. El análisis de suelos en la evaluación de su fertilidad para la aplicación de fertilizantes y correctores. Ibagué, Universidad del Tolima, 1972. pp. 1-29
3a. Reunión Nacional de Suelos.
4. HUNTER, A.H. Soil analytical procedures using the modified Na₂CO₃ extracting solution. In: The evaluation and improvement of soil fertility in Indonesia. Contract AID / ASIA - C - 1062. 1973. pp. 61-68.
5. LOJA, R. El Análisis de suelos y su interpretación, Bogotá Instituto Colombiano Agropecuario. Programa de Suelos Compendio No. 23 - pp 237 - 267 1978.
6. MARIN, G. Instrucciones para tomar muestra de suelos. In: Algunos aspectos del análisis de suelos. Instituto Colombiano Agropecuario. Boletín de divulgación No. 6. 1968 pp. 11-18.
7. _____, y GÓMEZ, J.A. La interpretación del análisis de suelos. In: Algunos aspectos del análisis de suelos. Bogotá Instituto Colombiano Agropecuario. Boletín de divulgación No. 16. 1968 pp 37-47.

8. MARIN, M.; ORTIZ, G.; LORA, R. y OWEN, E. El análisis de suelos y las recomendaciones de fertilizantes y cal; tercera aproximación. Bogotá, Instituto Colombiano Agropecuario. Boletín Técnico No. 34. 1975 p 26.
9. NAVAS, J.; MANZANO, H. y McCLUNG, A.C. Calibración del análisis de suelos. In: Algunos aspectos del análisis de suelos. Bogotá, Instituto Colombiano Agropecuario Boletín de Divulgación No. 16. 1966 pp 27 - 36.
10. ORTIZ, G. y RAMIREZ, A. Métodos analíticos del laboratorio de suelos del ICA. Bogotá, Instituto Colombiano Agropecuario. Programa de Suelos, Palmira 1974. p-20 (Sin publicar).