

EL ANALISIS DE SUELOS Y SU INTERPRETACION

Rodrigo Lora Silva *

Las plantas requieren para su normal desarrollo de 16 elementos denominados "elementos esenciales", los cuales se encuentran a continuación:

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

En general, el carbono, el hidrógeno, y el oxígeno los toma la planta de la atmósfera. El resto de nutrientes son suministrados a través del medio de crecimiento (normalmente el suelo) o por vía foliar.

La capacidad real de un suelo para suministrar a las plantas los nutrientes esenciales en cantidad adecuada y al momento oportuno es la que se denomina fertilidad real. Esta fertilidad, puede ser alta, media o baja.

El análisis físico y químico del suelo es una herramienta que ayuda a caracterizarlas y por consiguiente a conocer su fertilidad, con lo cual se pueden tomar decisiones más confiables sobre el empleo de fertilizantes y enmiendas para obtener cosechas o para conservar o mejorar el grado de fertilidad mediante prácticas adecuadas de manejo.

CALIFICACION 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 invernadero, dicha técnica o procedimiento no tendrá ningún valor. Por tanto, es necesario

* Ing. Químico, M.S. Programa de Suelos. ICA - Tibaitatá
Apartado Aéreo 151123, Bogotá, Colombia.

calibrar el método, o sea, fijar los valores límites para calificar el suelo como bajo, medio o alto en determinado momento, de acuerdo con los resultados analíticos por el método bajo estudio.

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, sólo puede hacerse con base en una probabilidad de que el suelo sea realmente pobre, la probabilidad de que responda, es decir que aumente 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 1.

Calificación	Valor analítico (Unidad de expresión)	Probabilidad de Respuesta
Contenido bajo	Menos de (x)	Aprox. del 80% (alta)
Contenido medio	de (x) a (y)	Aprox. del 50% (Media)
Contenido alto	más de (y)	Aprox. del 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 Eoyacá encontraron que para trigo, el método Bray II para fósforo fue el que mostró el más alto índice de correlación.

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 poder tener un concepto global del análisis, considerar la interdependencia entre elementos y propiedades del suelo, medir el efecto de condiciones de clima y en fin, 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.

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 susceptibilidad 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).

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 rata de mineralización. Un estimativo conceptual muy general del nitrógeno se observa en la Tabla 2 (Frye, 1972).

Estimativo conceptual del nitrógeno en los suelos.

Clima	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 elaborada y el requerimiento de tiempo.

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).

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 (Euffer). Tiene gran influencia en la capacidad de intercambio catiónico; cada 1% de materia orgánica representa en general, 2 m. eq. /100 g en la medida de la C. I. C.

En la tabla siguiente se observa el estimativo conceptual de la materia orgánica en los suelos. (Tabla 3).

TABELA 3. Estimativo de materia orgánica en los suelos. *

Clima	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.

Relación C / N.

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

Menor de 10: Baja. Indica alta mineralización. Seguramente la materia orgánica da buen suministro de algunos nutrimentos. Propia de clima cálido en suelos bien aireados.

Entre 10 y 12: Mineralización "normal".

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

Fósforo Aprovechable.

Tal como se dijo anteriormente y en el capítulo sobre este nutrimento, existen varios métodos para la extracción de P. Algunos de los trabajos efectuados en Colombia han mostrado correlación con los métodos Eray II, Eray I y Troug.

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

20 - 40 ppm: Probabilidad media de respuesta.

Mayor de 40 ppm: Baja probabilidad de respuesta.

En la Tabla 4 se muestran los niveles críticos para fósforo por tres métodos.

TAELA 4. Calibración de fósforo aprovechable en suelos*.

Método	Nivel para alta respuesta (ppm)	Nivel para baja respuesta (ppm)
Eray I	Menor que 10	Mayor que 25
Eray II	Menor que 20	Mayor que 40
Clsen	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 y f) Fertilización nitrogenada y/o enclamiento que se va a hacer al cultivo.

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 resultados es 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.

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 considerar 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

$Al > Ca > Mg > K > Na$, entonces la concentración Ca^{++} en la solución será mayor cuando el ión acompañante es aluminio que cuando es sodio.

En la Tabla 5 se observa el estimativo conceptual de las bases en los suelos y el porcentaje de saturación de las mismas (Frye, 1972).

TAFLA 5. 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 de 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		

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 $\frac{Ca + Mg}{Al}$. Mientras más ba-

ja, mayor es el problema. El valor mínimo para esta 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).

Conductividad Eléctrica. (C.E.).

Como se dijo antes, 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 6 se hace una evaluación de la salinidad (Marín y Gómez, 1968).

TAFLA 6. Interpretación de la C.E. del extracto del suelo (milimhos/cm)

0-2	3-4	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 problemas serios en el suelo principalmente desde el punto de vista físico. En estos casos se necesita someter el suelo a un tratamiento a base de enmiendas sulfatadas generalmente, y lavado para recuperarlo.

Este tema se trató con mayor detalle en sección precedente.

UNIDADES DE EXPRESION EMPLEADAS EN EL ANALISIS DE SUELOS.

Las unidades comúnmente empleadas en el análisis de suelos son: a) Porcentaje (%), b) Miliequivalentes por cien gramos de suelo (meq/100 g), c) partes de 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) Partes por millón (ppm). Se llama ppm a las unidades en un millón de gramos; litros 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 por su valencia. Si se expresa en gramos se le denomina equivalente gramo.

Ej:	a)	Peso atómico de calcio (Ca)	40
		Valencia	2
		Equivalente gramo	$40 \div 2 = 20 \text{ g}$
	b)	Peso atómico del magnesio (Mg)	24
		Valencia	2
		Equivalente gramo	$24 \div 2 = 12 \text{ g}$
	c)	Peso atómico del potasio (K)	39
		Valencia	1
		Equivalente gramo	$39 \div 1 = 39 \text{ g}$

Se denomina mili-equivalentes al equivalente dividido por 1.000.

Ej:	a)	Miliequivalente gramo de Mg	0.012 g
	b)	Miliequivalente gramo del K	0.039 g
	c)	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 dio 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 o sea 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 = 430 Kg de Na/Ha.

CONCLUSIONES.

El análisis de suelos con fines agrícolas, es una herramienta valiosa para hacer recomendaciones de fertilizantes y enmiendas. Cada día los investigadores en este ramo están trabajando para obtener mejores técnicas que permitan resultados más confiables de acuerdo con la zona, el cultivo y el agricultor. Sin embargo, el agricultor debe igualmente considerar que es necesario utilizar buena semilla, controlar plagas y enfermedades y mantener un nivel adecuado de humedad, para que con la fertilización recomendada con base en el análisis de suelos pueda obtener altos rendimientos, cosechas de buena calidad y alta rentabilidad.

BIBLIOGRAFIA

1. ACCSTA, 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. - 33:83 - 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 NaACC₃ extracting solution. In: The evaluation and improvement of soil fertility in Indonesia. Contract AID/ASIA-C-1032. 1973. pp. 61-68.
5. 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.
6. _____ y GOMEZ, 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.
7. MARIN, M.; CRTIZ, G.; LCRA, R. y CWEN, 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.
8. NAVAS, J.; MANZANO E. 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.
9. CRTIZ, G. Y RAMIREZ, A. Métodos analíticos del laboratorio de suelos del ICA. Bogotá, Instituto Colombiano Agropecuario. Programa de Suelos, Palmira. 1974. 20 p. Sin publicar.