

CAPITULO I

LOS ANALISIS DE SUELOS Y SU APLICACION EN LA FERTILIZACION DE LOS CULTIVOS

José Orlando Blanco Sandoval *

1. INTRODUCCION

El propósito fundamental de los análisis de suelos es caracterizar sus propiedades físico-químicas más importantes para, con base en los resultados, tomar decisiones sobre su uso y manejo, con énfasis en la aplicación de fertilizantes y enmiendas. Los análisis de suelos se constituyen en una valiosa herramienta para obtener información sobre su grado de acidez y/o alcalinidad y el estado de su fertilidad dentro de una determinada área o región geográfica. Los datos registrados se utilizan para identificar aquellos nutrimentos que se encuentran deficientes en el suelo y para determinar el grado y la cantidad de los fertilizantes necesarios para suplirlos. Los análisis de suelos también se utilizan para diagnosticar problemas físicos o biológicos presentes en los suelos agrícolas, aspectos estos que son de gran importancia para desarrollar cualquier plan de fertilización racional.

2. IMPORTANCIA DE LOS ANALISIS DE SUELOS

Los análisis de suelos se utilizan para:

- a. Agrupar los suelos en categorías de fertilidad y dar recomendaciones sobre necesidades fertilizantes y enmiendas.
- b. Estimar el grado de respuesta de los cultivos a la aplicación de los nutrimentos esenciales.
- c. Evaluar el grado de productividad del suelo.
- d. Establecer prácticas adecuadas de uso y manejo de suelos para mejorar, conservar o recuperar este valioso recurso natural.

La utilidad de los análisis de suelos depende mucho de la capacidad de interpretarlos

* Ing. Agrónomo, Ph. D. Director C.I. El Zulia, CORPOICA A.A. # 1141 Cúcuta.

Correctamente desde el punto de vista de la respuesta de los cultivos a la aplicación de los nutrimentos esenciales. Los análisis carecen de valor cuando no se establece la correlación entre los niveles de los nutrientes en el suelo y la cantidad y grado de fertilizantes o enmiendas que se deben añadir para suplir los requerimientos nutricionales de los cultivos (1,4,8).

3. ETAPAS DEL ANALISIS DE SUELOS

3.1. MUESTREO

El muestreo es una labor muy importante y, como tal, debe realizarse con mucha seriedad y responsabilidad, por cuanto la toma indebida de una muestra induce errores en los análisis, que conllevan a la pérdida de tiempo y dinero por parte del agricultor al no reflejar exactamente el estado de fertilidad del suelo y, consecuentemente, a generar recomendaciones inadecuadas de fertilizantes y enmiendas.

El análisis de un suelo comienza con la recolección de la muestra en el campo, por lo cual, los resultados analíticos serán un fiel reflejo de la representatividad y calidad del muestreo. La toma apropiada de una muestra de suelo es uno de los factores que más incide en la seguridad de los resultados del análisis y que tiene tanta importancia como la exactitud de las determinaciones en el Laboratorio o el criterio de interpretación de los resultados. Un muestreo mal hecho puede ser el producto de la ignorancia, el desgano para seguir las instrucciones, la pereza o el desconocimiento de su verdadero significado (1,4,8).

3.2. PROCEDIMIENTO DE LABORATORIO

Una vez coleccionada y preparada la muestra de suelo, se envía al Laboratorio más cercano para determinar el nivel aprovechable de los nutrientes esenciales. El nivel aprovechable es la "forma o formas químicas de un nutrimento esencial para las plantas en el suelo, cuya variación en cantidad se reflejará en variaciones en el crecimiento y rendimiento de los cultivos". Las técnicas de Laboratorio deben conducir a una medida precisa de las formas aprovechables de los nutrimentos en el suelo y deben mostrar una relación definida entre el nivel de disponibilidad de los nutrientes y el grado de respuesta de los cultivos a la aplicación de fertilizantes (1,2).

3.3 CALIBRACION DE LOS ANALISIS DE SUELOS

Una técnica o procedimiento químico sólo será útil si al conocerse la concentración de un nutrimento en el suelo es posible predecir la respuesta que se puede esperar,

de un cultivo, al añadir una determinada cantidad de ese nutrimento al suelo, si los demás factores de producción (clima, labores culturales, etc.) son favorables. Por lo tanto, la calibración de una técnica de laboratorio consiste en "correlacionar el crecimiento de las plantas con la contribución de un nutrimento en particular", en otras palabras, consiste en fijar valores límites que permitan calificar un suelo como BAJO, MEDIO o ALTO en un determinado nutrimento, de acuerdo con los resultados analíticos obtenidos por el método bajo estudio. En esta forma, si el suelo se clasifica en la categoría de pobre para un nutrimento dado, la probabilidad de respuesta a la aplicación de ese nutrimento, medida en función del incremento en la producción, debe ser alta; por el contrario, si el suelo es alto en un nutriente, la probabilidad de respuesta debe ser baja.

Cuando no es posible calibrar con precisión un método analítico, por lo menos debe definirse el nivel crítico en el suelo, o sea, un valor por debajo del cual existe alta probabilidad de respuesta y, por encima del cual, la probabilidad de respuesta es baja. (1,5)

En la tabla 1 se relacionan los límites convencionales que se deben tener en cuenta al calibrar un método analítico.

TABLA 1. Interpretación sobre los requerimientos de fertilizantes

CALIFICACION	VALOR ANALITICO	PROBABILIDAD DE RESPUESTA
Contenido bajo	Menos de X	Aprx. del 80% (alto)
Contenido medio	Entre X a Y	Aprx. del 50% (media)
Contenido alto	Más de Y	Aprx. del 20% (baja)

3.4 INTERPRETACION DE LOS ANALISIS DE SUELOS

La interpretación de los análisis de suelos es una labor complicada y difícil, pero tan importante como el mismo análisis. Para realizarla correctamente es necesario conocer con exactitud la técnica analítica empleada, ya que cada método de análisis se basa en reacciones químicas específicas que permiten determinar el nivel aprovechable de un nutrimento en el suelo y establecer categorías de acuerdo al grado de respuesta de un cultivo al aplicar ese nutrimento al suelo.

Es necesario tener en cuenta que al agricultor sólo le interesan las recomendaciones

prácticas que se puedan deducir de los análisis, especialmente en lo referente a la aplicación de dosis óptimas económicas de fertilizantes y enmiendas y a la implementación de prácticas apropiadas de manejo de suelos (1,5).

3.5 RECOMENDACIONES DE FERTILIZANTES

Para determinar el nivel óptimo de aplicación de un nutrimento al suelo, se debe tener en cuenta el aspecto económico. Esto quiere decir que en toda recomendación debe analizarse el incremento esperado en los rendimientos con relación al costo de los fertilizantes.

En muchos casos las recomendaciones de fertilizantes se hacen desde el laboratorio central, lejos del lugar donde se pondrán en ejecución. Lo ideal sería que el propio agricultor formulara su propia recomendación basado en los resultados de los análisis de suelos, en el conocimiento de datos de calibración ya publicados y en la experiencia de sus propios cultivos (1,4,5).

No todo el nutrimento que es aplicado al suelo como fertilizante es absorbido por las plantas. Una parte puede reaccionar con el suelo y volverse menos disponible. Por lo tanto, la época, dosis y método de aplicación son factores muy importantes que se deben considerar en el uso eficiente de los fertilizantes.

4. TIPOS DE ANALISIS DE SUELOS

4.1. FERTILIDAD

Incluye *textura al tacto*, pH, *materia orgánica (M.O.)*, fósforo (P), potasio (K) y aluminio intercambiable (Al) en muestras que registren valores de pH menores de 5.5. Se utiliza para dar recomendaciones de nutrimentos mayores y cal y es el más aconsejable para los agricultores.

4.2. CARACTERIZACION

Incluye las mismas determinaciones del análisis de fertilidad, además del calcio (Ca), magnesio (Mg), sodio (Na) y la capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.). Se recomienda para estudios sobre reconocimiento de suelos y avalúo de fincas.

4.3 COMPLETO

Incluye las mismas determinaciones del análisis de caracterización, además la conductividad eléctrica (C.E).

4.4. SALINIDAD

Incluye pH, C.E., C.I.C. y porcentaje de saturación de sodio. Se recomienda cuando se sospechan problemas de salinidad o sodicidad (1)

5. INSTRUCCIONES PARA TOMAR MUESTRAS DE SUELOS

La recolección de muestras de suelos debe hacerse de tal modo que el análisis químico refleje lo más cercanamente posible el verdadero estado nutricional del suelo. A continuación se relacionan algunas recomendaciones útiles para realizar un buen muestreo de suelos (1,4,5,8).

- a) La muestra debe ser representativa del área bajo estudio. Esto quiere decir que se debe recoger un número suficiente de sub-muestras en toda el área del terreno que se va a analizar. Una muestra constituida por unas pocas submuestras puede dar una información sesgada sobre la fertilidad del suelo originando recomendaciones erradas.
- b) Las muestras se deben tomar en la época oportuna, es decir, dos a tres meses antes de la siembra. En esta forma los resultados de los análisis del suelo se recibirán con suficiente anticipación para obtener los fertilizantes y/o enmiendas y hacer las aplicaciones en la fecha oportuna.
- c) El muestreo debe hacerse cuando el contenido de humedad del suelo sea apropiado para las labores agrícolas. En el caso de que el suelo esté muy húmedo al momento de realizar el muestreo, las muestras deben secarse al aire, a la temperatura ambiente, antes de enviarlas al laboratorio.
- d) Las submuestras se deben tomar teniendo en cuenta la variación del suelo, la conformación topográfica del terreno, la intensidad de la erosión, el drenaje interno y externo, los sistemas de producción, etc. Para la correcta recolección de las muestras de suelos, la finca debe dividirse en áreas que contemplen estas variaciones.
- e) La profundidad del muestreo dependerá del cultivo que se va a sembrar y/o fertilizar. En general, para cultivos con raíces superficiales tales como los pastos, el arroz, el maíz, el sorgo, etc, las muestras pueden tomarse de una profundidad de 20 centímetros. Para cultivos con raíces más profundas tales como los frutales, el cacao y la caña de azúcar, el muestreo debe hacerse de acuerdo a la disposición de los horizontes a través del perfil del suelo.
- f) Toda muestra de suelo debe acompañarse con una hoja de información debidamente elaborada. Esto ayudará al técnico en la formulación de las recomendaciones.

6. TECNICAS DE LABORATORIO O METODOS DE ANALISIS

Después que la muestra o muestras han sido cuidadosamente coleccionadas, se empaican y se envían al laboratorio de suelos más cercano al lugar de origen, donde se determinará el nivel de nutrimentos aprovechables.

Los nutrientes del suelo reconocidos como esenciales para el crecimiento de las plantas se agrupan en tres categorías:

- a) Primarios, mayores o macronutrimentos: Nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K).
- b) Secundarios: Calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S).
- c) Menores, micronutrimentos u oligoelementos: Manganeseo (Mn), hierro (Fe), cobre (Cu), zinc (Zn), boro (B), molibdeno (Mo) y cloro (Cl).

Las técnicas de laboratorio o métodos de análisis de suelos varían ampliamente de país a país y, aún, de un laboratorio a otro. Lo importante es que la técnica usada conduzca a una medida precisa de la forma aprovechable de los varios nutrimentos esenciales para las plantas. A continuación se describen, muy brevemente, los métodos comúnmente usados en Colombia.

- a) pH: Se determina directamente en un potenciómetro con electrodo de vidrio, usando una relación suelo-agua con base en volumen de 1:1 a 1:10 y un tiempo de agitación de 30 minutos.
- b) Materia Orgánica(M.O): se expresa en porcentaje del peso total del suelo y se calcula indirectamente determinando el carbón orgánico. El método más usado es el de Walkley y Black, que consiste en la oxidación de la materia orgánica con ácido crómico en presencia de un exceso de ácido sulfúrico concentrado, para posterior determinación calorimétrica. El porcentaje de materia orgánica resulta de multiplicar el porcentaje de carbono por 1,724 asumiendo que la M.O. contiene un 58 % de carbono orgánico
- c) Fósforo (P): Se expresa en partes por millón (ppm). Existen varios procedimientos para determinar el fósforo aprovechable en el suelo. En Colombia los más comúnmente usados son Bray II para suelos ácidos y, Olsen, para suelos calcáreos. El método Bray II utiliza como solución extractora una mezcla de fluoruro de amonio (NH_4F) 0.03 N y ácido Clorhídrico (HCl) 0.1 N. Posteriormente la lectura se hace en un espectrofotómetro, usando una longitud de onda de 640 nm. El método de Olsen emplea una solución de bicarbonato de sodio (NaHCO_3) 0.5N a un pH de 8,5.

d) Bases Intercambiables: (Ca, Mg, K, Na). Se expresan en miliequivalentes por 100 gramos de suelo (meq/100 gr suelo). La extracción se hace con acetato de amonio normal y neutro. La determinación se realiza leyendo directamente una alicuata diluida en el espectrofotómetro de absorción atómica.

e) Capacidad de Intercambio Catiónico (C.I.C.) Se expresa en meq/100 gr suelo. Para el efecto se desplazan los cationes del suelo con acetato de amonio normal y neutro y se lava el exceso de amonio con alcohol. El amonio (NH_4^+) retenido se desplaza con una solución de NaCl al 10%. Luego se titula con NaOH 0.1N, utilizando fenofaleina como indicador. La C.I.C. también se puede calcular indirectamente mediante la suma de las concentraciones de los cationes intercambiables (Ca, Mg, K, Na), que corresponde a la C.I.C. efectiva del suelo.

f) Acidez Intercambiable (Al + H): Se expresa en meq/100 gr de suelo y se determina mediante extracción con cloruro de potasio (KCl) normal, titulando el extracto con NaOH 0.1 N, en presencia de fenofaleina.

g) Salinidad: Se expresa en milimhos/cm. Para el efecto se determina la conductividad eléctrica (C.E) y la clase de aniones (NO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , y HCO_3^-) y cationes (Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^+ y Na^+) en el extracto de saturación del suelo. También se determina el pH del suelo y el contenido de Na intercambiable, expresado en porcentaje.

h) Análisis Físico-Mecánico: comprende la determinación de la textura, que se hace al tacto o por el método de Bouyoucous o del hidrómetro. Como agente dispersante se utiliza una solución de haxametafosfato y carbonato de sodio.

7. UNIDADES DE MEDIDA EN LOS ANALISIS DE SUELOS

Las unidades comúnmente empleadas en los análisis de suelos son:

- Porcentaje (%)
- Partes por millón (ppm)
- Miliequivalentes por 100 gramos de suelo (meq/100 gr de suelo)

A continuación se explican brevemente las unidades mencionadas:

- Las partes por millón (ppm) se refieren a las unidades existentes en un millón de unidades de la misma especie. Ej:

kilogramos en un millón de kilogramos, gramos en un millón de gramos o litros en un millón de litros. Para los cálculos se acepta que una hectárea de capa arable de suelo pesa 2.000.000 de kilogramos o, en su defecto, un volumen de 2.000.000 de litros, asumiendo que la densidad aparente del suelo es de 1.0 gr/cm³.

De acuerdo con lo anterior 1 ppm de P equivale a 2 kg/Ha de P, ó 4.58 Kg de P₂O₅/Ha, teniendo en cuenta las siguientes conversiones: $P \times 2.29 = P_{2}O_{5}$ y $P_{2}O_{5} \times 0.43 = P$.

b) Miliequivalentes por 100 gramos de suelo (meq/100 gr suelo)

El equivalente químico ó equivalente-gramo de un elemento se obtiene dividiendo el peso atómico del elemento por su valencia. Ej:

a) Peso atómico del Calcio (Ca⁺⁺) = 40 gr
 Valencia del Ca: 2
 Equivalente-gramo del Ca: $40 \div 2 = 20$ gr

b) Peso atómico del magnesio (Mg⁺⁺): 24 gr
 Valencia: 2
 Equivalente gramo del Mg: $24 \div 2 = 12$ gr

c) Peso atómico del potasio (K⁺): 39 gr
 Valencia del K: 1
 Equivalente-gramo del K: $39 \div 1 = 39$ gr

El miliequivalente químico o miliequivalente-gramo de un elemento resulta de dividir el equivalente gramo por 1.000.

Ej: a) Miliequivalente-gramo del Ca = $20 \div 1000 = 0.020$ gr
 b) Miliequivalente-gramo del Mg = $12 \div 1000 = 0.012$ gr
 c) Miliequivalente-gramo del K = $39 \div 1000 = 0.039$ gr

De acuerdo con lo anterior, si un análisis de suelo reporta 1 meq de calcio por 100 gr, equivale a 0.02 gr por 100 gr de suelo, o sea, 0,2 gr Ca/Kg de suelo. Asumiendo que una hectárea, capa arable, pesa 2.000.000 de Kg, entonces una hectárea tendrá 400 kg de Ca.

Aplicando los mismos razonamientos se obtiene que:

1 meq de Mg/100 gr de suelo = 240 Kg de Mg/Ha.
 1 meq de K/100 gr de suelo = 780 Kg de K/Ha.
 1 meq de Na/100 gr de suelo = 460 Kg de Na/Ha.

8. INTERPRETACION DE LOS ANALISIS DE SUELOS

Sin duda alguna, la interpretación de los análisis de suelos es la etapa más importante y difícil, por cuanto no se trata solamente de conocer los niveles críticos de los nutrimentos en el suelo, sino de establecer los requerimientos de fertilizantes para un cultivo en particular de acuerdo a las condiciones del suelo y al tipo de planta. Para lograr este objetivo es preciso correlacionar los análisis de suelos con la respuesta de los cultivos a la aplicación de fertilizantes bajo una amplia gama de condiciones ambientales.

A continuación se relacionan los niveles críticos establecidos en Colombia, por el Programa Nacional de Suelos del ICA para los principales parámetros químicos incluidos en los análisis de suelos (1,4,5).

8.1. EL pH O REACCION DEL SUELO Y SUS EFECTOS

En la Tabla 2 se incluye la denominación de los suelos de acuerdo a su grado de acidez o valores de pH y en la Tabla 3 se presenta el efecto de pH sobre la disponibilidad de los nutrimentos en el suelo.

TABLA 2. Denominación de la acidez del suelo de acuerdo a los valores de pH

REACCION DEL SUELO	PH
Muy alcalino	Mayor de 8.0
Alcalino	7.4 a 8.0
Neutro o casi neutro	6.6 a 7.3
Ligeramente ácido	6.0 a 6.5
Moderadamente ácido	5.5 a 5.9
Fuertemente ácido	5.0 a 5.4
Muy fuertemente ácido	4.3 a 4.9
Extremadamente ácido	menor de 4.3

TABLA 3. Reacción del suelo (pH) y su relación con los nutrientes esenciales para las plantas.

pH	REACCION DEL SUELO	EFECTO
Menos de 5.0	Extremadamente ácido	Toxicidad de aluminio y manganeso, deficiencias de P, Ca, Mg y Mo. Es necesario encalar.
5.0 a 5.5	Fuertemente ácido	Posible toxicidad del aluminio. Posibles deficiencias de P, Ca y Mg. La mayoría de los cultivos requieren aplicaciones de cal.
5.5 a 5.9	Moderadamente ácido	Baja solubilidad del P y regular disponibilidad del Ca y Mg. Algunos cultivos como las leguminosas requieren encalamiento.
6.0 a 6.5	Ligeramente ácido	Rango óptimo para el crecimiento y producción de la mayoría de los cultivos.
6.6 a 7.3	Neutro o casi neutro	Buena disponibilidad de Ca y Mg, moderada solubilidad del P, baja disponibilidad de micronutrientes excepto el Mo.
7.4 y 8.0	Alcalino	Posible exceso de carbonatos. Baja solubilidad del P y micronutrientes con la excepción del Mo. Se inhibe el crecimiento de algunos cultivos. Es necesario tratar el suelo con enmiendas.
Mayor de 8.0	Muy alcalino	Posible exceso de Na intercambiable. Muy baja disponibilidad de P y posible deficiencia de micronutrientes, excepto el Mo. Se inhibe el crecimiento de la mayoría de los cultivos. Es necesario aplicar enmiendas al suelo.

8.2 ACIDEZ INTERCAMBIABLE

La acidez intercambiable está constituida por el Al^{+3} y el H^{+} intercambiables. Generalmente en suelos minerales con valores de pH inferiores a 5.5 y en suelos orgánicos con valores de pH menores a 5.0 se presentan problemas relacionados con toxicidad de aluminio. Se recomienda tener en cuenta los siguientes criterios al considerar el Al como un problema en los suelos.

- a) Cuando el contenido de Al intercambiable sea superior a 2 meq/100 gramos de suelo.
- b) Cuando la relación $\frac{Ca + Mg + K}{Al} \leq 1$
- c) Cuando el porcentaje de saturación del Al, con relación a los cationes intercambiables, sea mayor del 25%.

8.3 MATERIA ORGANICA

En la Tabla 4 se pueden observar los niveles críticos de la materia orgánica (M.O.) y el nitrógeno (N) en los suelos.

Tabla 4. Estimativos de la materia orgánica (%) y el nitrógeno (%) en los suelos.

PISO TERMICO	INTERPRETACION		
	BAJO	MEDIO	ALTO
FRIO	Menor de 5.0* Menor de 0.25**	5.0-10.0 0.25-0.50	Mayor de 10.0 Mayor de 0.50
TEMPLADO	Menor de 3.0 Menor de 0.15	3.0-5.0 0.15-0.25	Mayor de 5.0 Mayor de 0.25
CALIDO	Menor de 2.0 Menor de 0.10	2.0-4.0 0.10-0.20	Mayor de 4.0 Mayor de 0.20

* % de materia orgánica (M.O.)

**% de nitrógeno (N)

En términos generales se puede asumir que el porcentaje de materia orgánica dividido por 20 es igual al porcentaje de nitrógeno total del suelo. Estudios realizados en Colombia han demostrado que a medida que disminuye la temperatura se incrementa el contenido de materia orgánica debido a su baja tasa de mineralización, por lo cual, existe una correlación positiva entre el contenido de materia orgánica y la altura sobre el nivel del mar.

La materia orgánica (M.O.) es fuente principalmente de N, P, S y algunos elementos menores como el B y el Cu. Así mismo, mejora las propiedades físicas del suelo (textura, estructura, porosidad, consistencia, plasticidad y la capacidad de retención de humedad), aumenta la capacidad amortiguadora (buffer) e influencia la capacidad de intercambio catiónico del suelo, ya que cada 1% de M.O. aporta, en promedio, 2 meq/100 gr de suelo.

8.4 FOSFORO APROVECHABLE (P)

Existen varios métodos para la extracción del P del suelo. En la Tabla 5 se relacionan los niveles críticos del P en el suelo para los dos métodos que han mostrado mayor correlación con los suelos de Colombia (Bray II y Olsen).

Tabla 5. Niveles críticos del P aprovechable en los suelos para tres métodos de extracción.

METODO	NIVELES CRITICOS DE EL P EN EL SUELO		
	BAJO	MEDIO	ALTO
Bray II	Menor de 15 ppm	15-30 ppm	Mayor de 30 ppm
Olsen	Menor de 12 ppm	12-25 ppm	Mayor de 25 ppm

En razón a que el método Bray II es el que mejor ha correlacionado con el P extraído de los suelos ácidos de Colombia, es la técnica más utilizada para determinar las necesidades de fertilizantes fosfóricos. Estos valores pueden variar de acuerdo al cultivo. Por ejemplo para las hortalizas y la papa los niveles críticos son más altos.

8.5 BASES INTERCAMBIABLES (Ca, Mg, K y Na)

Es difícil establecer niveles críticos en el suelo para estos nutrientes. En la mayoría de los casos se debe tener en cuenta no sólo el contenido del elemento intercambiable, sino también el porcentaje de saturación en el complejo de cambio y el pH del suelo. En la Tabla 6 se presentan los niveles críticos de las bases intercambiables en los suelos y el porcentaje de saturación de las mismas.

Tabla 6. Niveles críticos de las bases intercambiables en el suelo.

ELEMENTO	MEDIDA	INTERPRETACION		
		BAJO	MEDIO	ALTO
Calcio	meq/100 gr suelo	Menos de 3	3-6	Más de 6
	% Saturación	Menos de 30	30-50	Más de 50
Magnesio	meq/100 gr suelo	Menos de 1.5	1.5-2.5	Más de 2.5
	% Saturación	Menos de 15	15-25	Más de 25
Potasio	meq/100 gr suelo	Menos de 0.20	0.20-0.40	Más de 0.40
	% saturación	Menos de 2	2-3	Más de 3
Sodio, meq/100 gr suelo :		Su contenido debe ser menor de 1		
% saturación :		Debe ser menor del 15%		
Relación normal Ca: Mg: K, 3: 1: 0.25				

El porcentaje de saturación de una base o catión metálico en el suelo se determina con relación a la C.I.C. total, mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ saturación} = \frac{\text{contenido de la base en el suelo (meq/100g)} \times 100}{\text{C.I.C.}}$$

$$\text{Ej: \% saturación de Na} = \frac{\text{meq Na/100 gr suelo} \times 100}{\text{C.I.C.}}$$

Donde el contenido de la base en el suelo es la concentración expresada en el análisis, en meq/100 gr suelo y, la C.I.C., es la Capacidad de Intercambio Catiónico del suelo.

8.6 CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO (C.I.C.)

La C.I.C. está directamente asociada con la textura, tipo de arcilla y contenido de materia orgánica del suelo. Es deseable que la C.I.C. de un suelo sea alta asociada con alta saturación de bases, ya que ésta situación indica una gran capacidad potencial para suministrar Ca, Mg y K a las plantas. En términos generales, un estimativo conceptual de la C.I.C. en los suelos es el siguiente:

Menor de 10 meq/100 gr de suelo:	Baja
Entre 10 y 20 meq/100 gr de suelo:	Media
Mayor de 20 meq/100 gr de suelo:	Alto

8.7. CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (C.E)

La C.E. es un índice de salinidad, así como el porcentaje de saturación de sodio lo es de la sodicidad del suelo. En la Tabla 7 se presentan los rangos de evaluación de la salinidad.

Tabla 7. Interpretación de la C.E del extracto de saturación (milimhos/cm)

2	2-4	4-8	8-16	Más de 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 deben iniciarse prácticas de recuperación del suelo.

Se consideran suelos salinos aquellos que registran valores en la C.E del extracto de saturación mayores a 4 mmhos/cm, menos del 15% de saturación de sodio intercambiable y pH, ordinariamente, inferior a 8.5. Suelos sódicos no salinos son aquellos que presentan menos de 4 mmhos/cm en su C.E, más del 15% de saturación de sodio intercambiable y pH entre 8.3 y 11. Estos suelos pueden presentar problemas en sus propiedades físicas debido al efecto dispersante del sodio en el suelo. Finalmente, suelos sódico-salinos son aquellos cuya conductividad eléctrica es mayor de 4 mmhos/cm y el contenido de sodio intercambiable es superior al 15%.

9. BIBLIOGRAFIA

1. INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. 1968. Algunos Aspectos del Análisis de Suelos. Segunda Edición. Boletín de Divulgación N° 16 Centro de Comunicaciones Tibaitatá. 55 p.
2. INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. Programa de suelos 1982. La Fertilidad de los suelos colombianos y las Necesidades de Fertilizantes. Boletín Técnicos N° 95 Tibaitatá. Bogotá 75 p.
3. INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO PROGRAMA DE SUELOS. 1983. Generalidades sobre la Fertilidad de los Suelos del Valle del Cauca y Cálculo de las Necesidades Mínimas de Fertilizantes. Boletín Técnico N° 105. Tibaitatá. 35 p.
4. INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. PROGRAMA DE SUELOS. 1983. El Análisis del Suelo para Diagnosticar su fertilidad. Boletín Técnico N° 86. C. E. Tibaitatá. Bogotá 40 p.
5. INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. SECCION RECURSOS NATURALES. 1992. Fertilización de Diversos Cultivos. Quinta aproximación. Manual de Asistencia Técnica N° 25. C.I. Tibaitatá. Bogotá 64 p.
6. MARIN, G.; ORTIZ, G.; LORA, R.; OWEN, E. 1975. El Análisis de Suelos y las Recomendaciones de Fertilizantes y Cal. Tercera Aproximación. Boletín Técnico N° 34. Bogotá. 26 p.
7. MARIN, G.; HENAO, J.; BLANCO, J. O. 1979. Evaluación de la Fertilidad de los Suelos de la Zona Sur del Departamento Norte de Santander. Documento de Trabajo ICA N° 42 C.E. Tibaitatá 39 p.
8. TOSBON, J.H. 1970. Cómo tomar una Buena Muestra de suelo. Boletín Divulgativo ICA N° 27. Bogotá. 12 p.