

# EL ANALISIS DE SUELOS Y SU INTERPRETACION

Rodrigo Muñoz A. \*

## 1. ASPECTOS GENERALES

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

- .1. Macronutrientes: Carbono (C), Hidrógeno (H), Oxígeno (O), Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Potasio (K).
- .2. Elementos secundarios: Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y Azufre (S).
- .3. 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) ó por vía foliar.

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

El análisis físico y químico del suelo es una herramienta que ayuda a caracterizarlo, 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 buenas cosechas y para conservar ó mejorar el grado de fertilidad mediante prácticas adecuadas de manejo.

Para lograr un diagnóstico adecuado sobre la fertilidad de un suelo, se debe incluir no solamente su análisis físico y químico, sino una evaluación global e integral de todas las propiedades del suelo propiamente dicho, del perfil y de las características externas del terreno. En esta forma se tiene un diagnóstico más acertado y la recomendación sobre fertilizantes y manejo será más confiable. Los pasos a seguir en esta evaluación se discuten en el presente artículo.

-----  
\* Ingeniero Agrónomo, M.S. Programa de Suelos, ICA. Estación Experimental Tulio Ospina, Apartado Aéreo 51764, Medellín. (Tomado parcialmente de "Los Suelos y su fertilidad", Compendio No. 23 de 1978).

### 1.1 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 desagüe para que la fertilización sea eficaz.

### 1.2 EVALUACION FISICA DEL PERFIL:

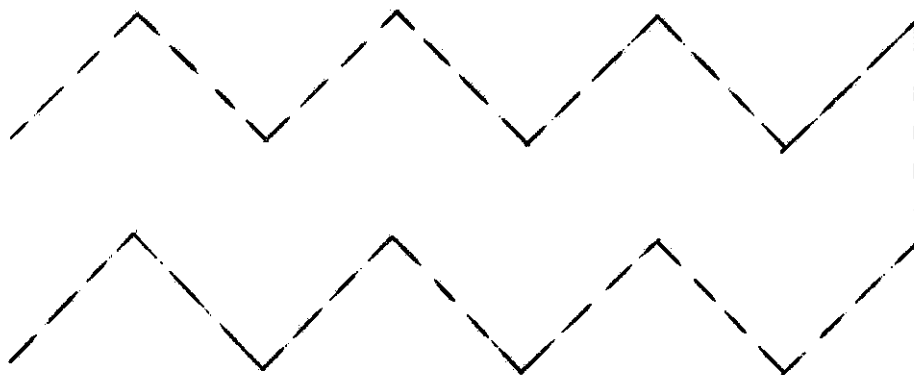
Los principales factores a considerar son la profundidad efectiva y el espacio radical, el drenaje, las condiciones de aireación y retención de agua y los nutrimentos.

## 2. TOMA DE MUESTRAS DE SUELO

La toma de muestras de suelo para análisis, tiene tanta importancia como la exactitud del análisis ó 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:

### 2.1 MUESTRA REPRESENTATIVA.

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



## 2.2 EPOCA DE MUESTREO.

En general, las muestras se deben tomar 2 ó 3 meses antes de la siembra. Cuando solo se puede tomar una muestra durante el año como medio de diagnóstico, se debe hacer en una época normal ó promedia (ni en invierno ni verano pronunciado). Para la mayoría de los cultivos, las muestras de suelos se deben tomar cada 1 ó 2 años. Para hortalizas, se deben tomar con más frecuencia.

## 2.3 LUGAR DE MUESTREO.

La unidad de muestreo debe guardar homogeneidad en los siguientes aspectos: Uso y manejo anteriores, crecimiento de la vegetación, relieve, drenaje, y textura y color de la capa superficial.

En lotes con cosechas cultivadas en surcos, las muestras se deben tomar entre los surcos ó entre los caballones. Se debe evitar el muestrear antiguos canales, carreteras ó caminos, sitios donde se haya colocado estiércol ó cal, cenizas ó fertilizantes, parches pantanosos, 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.

## 2.4 PROFUNDIDAD DE MUESTREO.

Depende del cultivo que se va a establecer ó está establecido. Para pastos es suficiente 0 - 15 cm; para cultivos semestrales (maíz, frijol, cereales) es recomendable 0 - 20 cm. Para árboles frutales, café, cacao, forestales, palmas, etc., se debe hacer por capas u horizontes, separadamente.

## 2.5 HERRAMIENTAS Y MATERIALES.

Sacabocado, barreno, pala ó 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 a 1.000 gramos.

## 2.6 RECOPIACION DE INFORMACION.

Se debe llenar 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.

### 3. TIPOS DE ANALISIS

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

#### 3.1 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.

#### 3.2 CARACTERIZACION.

El análisis de caracterización da 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.

#### 3.3 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 se recomienda cuando se quiere tener un conocimiento más detallado de un suelo.

#### 3.4 SALINIDAD.

Incluye textura, pH, C.E., Na, C.I.C., % 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.

HOJA DE INFORMACION SOBRE MUESTRAS DE SUELOS

**IMPORTANTE:** Lea las Instrucciones de Muestreo

Esta hoja puede llenarse con información de varios lotes. Llénela y envíela junto con las muestras al Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias "TULLO OSPINA" Apartado Aéreo 51764.

INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO

Fecha, \_\_\_\_\_

Nombre \_\_\_\_\_ Dirección \_\_\_\_\_ Ciudad \_\_\_\_\_

Finca \_\_\_\_\_ Corregimiento \_\_\_\_\_ Municipio \_\_\_\_\_

Señale el tipo análisis solicitado:      1) FERTILIDAD                      2) CARACTERIZACION                      3) SALINIDAD

**INFORMACION DE CUATRO MUESTRAS PUEDE COLOCARSE AQUI:**

	Muestra No.		Muestra No.		Muestra No.		Muestra No.	
Profundidad a la cual se tomó la muestra								
Superficie Aproximada del lote y Altura sobre el nivel del mar								
Cultivo para el cual quiere la Recomendación								
Drenaje interno (Bueno, Regular, Pobre)								
Topografía (Plano, Ondulado, Pendiente)								
Cal Agregada Tons. Ha. Último Año                      año								
Se aplica riego?								
Último Cultivo o Cultivo Actual 19								
Rendimiento Último Cosecha (bueno, Regular Mala)								
	Kg/Ha.	Grado	Kg/Ha.	Grado	Kg/Ha.	Grado	Kg/Ha.	Grado
Fertilizante Agregados Al Último Cultivo								
Penúltimo Cultivo 19								
Rendimiento Aproximado Penúltimo Cosecha								
	Kg/Ha.	Grado	Kg/Ha.	Grado	Kg/Ha.	Grado	Kg/Ha.	Grado
Fertilizantes Agregados Al Penúltimo Cultivo								

**PARA ANALISIS DE SALINIDAD ENVIE UN KILOGRAMO DE MUESTRA COMO MINIMO**

Si las plantas en cualquiera de estos campos crecieron mal en el pasado, describa la anomalía especificando al lote

Anormalidades y Observaciones: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**IMPORTANTE:** Las muestras deben enviarse al Laboratorio por lo menos un mes antes de la siembra.

# Instrucciones para tomar muestras de suelos

El muestreo de suelos es la etapa más importante en el análisis de suelo y esta es su responsabilidad. Lea cuidadosamente las siguientes instrucciones y sigalas tan estrictamente como pueda.

- 1) Antes de tomar una muestra de suelos, dividida en áreas de acuerdo con la apariencia física del suelo. Se muestrean separadamente: las áreas oscuras o ligeramente coloreadas, suelos arenosos y suelos arcillosos, áreas de topografía diferente. Los lotes o áreas que tienen cosechas diferentes, o que se han encalado o fertilizado diferentemente también se muestrean por separado (Véase figura 1)

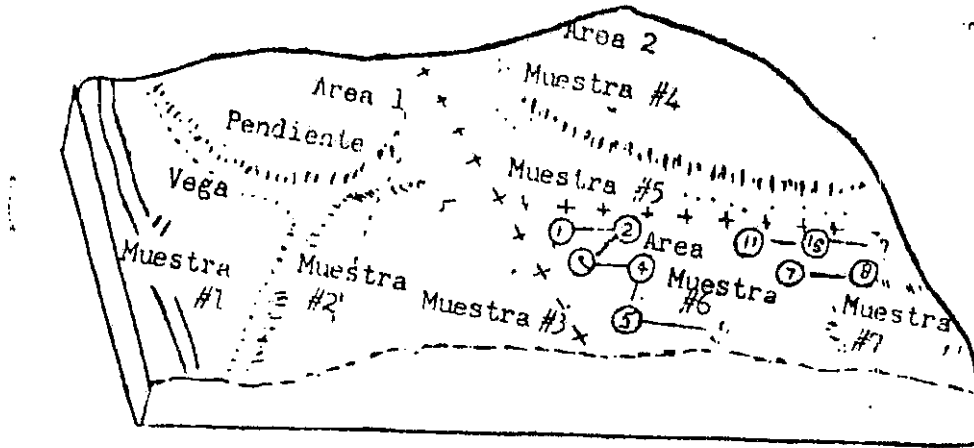


FIGURA NO. 1

- 2) Evite tomar muestras cuando el suelo está húmedo. No empaque la muestra en bolsas que hayan sido usadas con fertilizantes o sustancias Químicas. Evite fumar o dejar cenizas de cigarrillos al manipular las muestras.
- 3) Los materiales y herramientas de muestreo son: un balde limpio, un sacabocado, barreno o garlancha, cajas de cartón, bolsas de polietileno, y las hojas de información.
- 4) Es absolutamente indispensable que usted tome una muestra que sea representativa del lote en estudio. Use un barreno, un sacabocado o una garlancha y tome sub-muestras de 0 a 20 centímetros de profundidad en 10 o más puntos, de acuerdo al tamaño del lote área en donde se va a tomar la muestra, en la forma que se observa en la figura 2. Coloque esta sub-muestra en un balde limpio, mézclelas bien, con esa muestra compuesta llene una bolsa de polietileno y colóquela dentro de la caja de cartón; después numérela claramente y escriba el nombre y la dirección correspondiente. Continúe en el próximo lote o área y repita la operación (Véase figura 2).

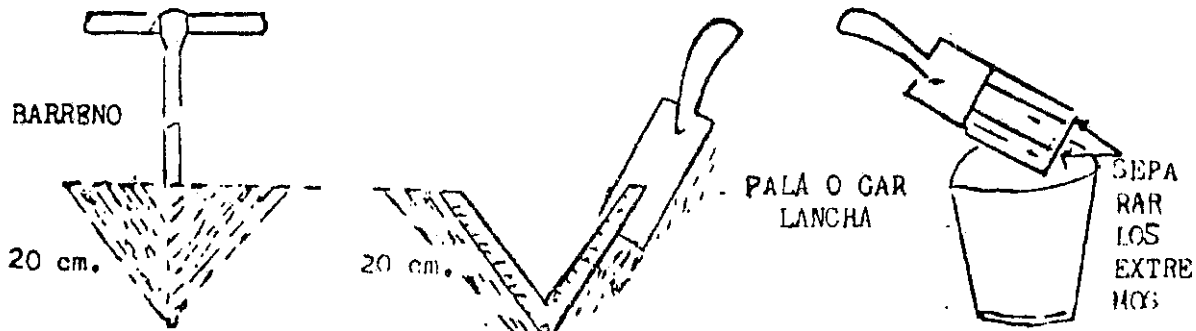


FIGURA NO. 2

- 5) Llene las hojas de información (al respaldo) tan completamente como le sea posible y esté seguro de que la muestra descrita corresponde al que se encuentra en las cajas de cartón. Guarde una copia de la información del área muestreada y asegúrese de que usted conoce el número de la muestra correspondiente.
- 6) Cuando tome muestras en lotes con cosechas cultivadas en surcos, tome las muestras entre los surcos o entre los ballones. No tome las muestras en la banda del fertilizante. Evite tomar muestras en áreas de antiguos canales, antiguas carreteras o caminos o sitios donde se haya colocado estiércol, residuos de paja o quemas, o cualquier área de uso poco común no representativa.

#### 4. CALIBRACION DEL ANALISIS

Desde el punto de vista físico ó químico, una técnica de análisis con fines agrícolas puede ser bueno, pero si no existe correlación con la respuesta obtenida por la planta bajo condiciones de campo ó de invernadero, dicha técnica ó procedimiento no tendrá ningún valor. Por tanto, es necesario calibrar el método, ó sea, fijar los valores límites para calificar el suelo como bajo, medio ó alto en determinado elemento, 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 ó invernadero (rendimiento y otra variable), al aplicar a esos suelos el nutrimento ó nutrimentos bajo estudio. La calibración de un método para establecer los límites estimativos de bajo, medio y alto, sólo se puede hacer con base en una probabilidad de que el suelo sea realmente pobre, medio ó rico en el elemento que se estudia. Cuando el suelo se considera 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 (Tabla 1).

TABLA 1. Límites de probabilidad de respuesta de la planta a la aplicación de elementos (Frye, 1972).

Calificación	Valor analítico (Unidad de expresión)	Probabilidad de respuesta
Contenido bajo	Menos de (x)	Aprox. del 80% (alto)
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 rendimientos 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 se debe establecer 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.

## 5. 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.

### 5.1 pH.

Menos de 5,5: Muy ácido. Necesario encalar para la mayoría de los cultivos. Posible toxicidad de Al, H y Mn. 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 Mo.

7,4 - 8,0: Alcalino. Posible exceso de Ca, Mg y carbonatos. Baja solubilidad del P y micronutrientes a excepción del Mo. 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).

## 5.2 NITROGENO 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.

TABLA 2. Estimativo conceptual del nitrógeno en los suelos (Frye, 1972).

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 la elaborada y el requerimiento de tiempo.

## 5.3 CARBONO ORGANICO.

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, 1968).

En la Tabla 3, se observa el estimativo conceptual de materia orgánica en los suelos.

TABLA 3. Estimativo de materia orgánica en los suelos (Frye, 1972).

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

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 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.

#### 5.4 RELACION C/N.

Resulta de dividir el % C por % 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 nutrientes. Propia de clima cálido en suelos bien aireados.

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

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

#### 5.5 FOSFORO APROVECHABLE.

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, por ejemplo, son:

Menos de 20 ppm de P: Alta probabilidad de respuesta

20 a 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.

TABLA 4. Calibración de fósforo aprovechable en suelos (Frye, 1972).

Método	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

Es importante recordar que al hacer recomendaciones de fertilizantes fosfatados, se deben tener en cuenta varios factores, tales como: Ensayos regionales, fósforo disponible, tipo de cultivo, uso y manejo del lote, otras propiedades del suelo, y fertilización nitrogenada y/o encalamiento que se va a hacer al cultivo.

#### 5.6 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 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 ésto 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

### 5.7 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 considerar son los iones asociados ó 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 porciento de saturación de las mismas (Frye, 1972).

TABLA 5. Estimativo conceptual de las bases en el sodio.

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 del 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		

### 5.8 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 tener en cuenta es la relación  $\frac{Ca + Mg}{Al}$ . Mientras más baja, mayor es el problema. El valor mínimo  $\frac{Ca + Mg}{Al}$  para esta relación debe ser uno. Generalmente, a valores de pH por debajo de 5,5 (suelos minerales) ó 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 ó 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).

### 5.9 CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (C.E.).

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).

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

0 - 2	0 - 4	4 - 8	8 - 16	16
No salino	Muy ligeramen- te salino	Moderadamen- te salino	Fuertemen- te salino	Muy fuerte- mente 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.

## 6. UNIDADES DE EXPRESION EMPLEADAS EN EL ANALISIS DE SUELOS

Las unidades comúnmente empleadas en el análisis de suelos, son: Porcentaje (%); Miliequivalentes por cien gramos de suelo (meq/100 g), y partes por millón (ppm).

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

Brevemente se explicarán las unidades empleadas:

.1. Partes por millón (ppm). Se llama ppm a las unidades en un millón de unidades. Ejemplo: kg en un millón de kilogramos; gramos 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, a lo que es lo mismo 45,8 kg/Ha de  $P_2O_5$ .

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

.2. 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. Ejemplo:

Peso atómico de calcio (Ca)	40
Valencia	2
Equivalente gramo 40    2 =	20 g
Peso atómico del magnesio (Mg)	24
Valencia	2
Equivalente gramo 24    2 =	12 g
Peso atómico del potasio (K)	39
Valencia	1
Equivalente gramo 39    1 =	39 g

Se denomina mili-equivalente al equivalente dividido por 1.000. Ejemplo:

Miliequivalente gramo de Mg	0,012 g
Miliequivalente gramo del K	0,039 g
Miliequivalente gramo del Ca	0,020 g

.3. 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, ó sea 0,0002 kg por kg de suelo. Por tanto en 2.000.000 de kg ó 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 = 460 kg de Na/Ha

## 7. RESULTADOS DE ANALISIS DE SUELOS PARA CLIMA MEDIO Y FRIO MODERADO CULTIVADOS CON PASTOS EN ANTIOQUIA

En las Tablas 7 y 8, se presentan los límites tentativos bajo, medio y alto, para varias características químicas de suelos cultivados con pastos en Antioquia. Estos límites están basados en las respuestas de varios cultivos, incluidos los pastos, en los pisos térmicos indicados, en varias zonas de Colombia.

Para las categorías "bajo", existe una alta probabilidad de respuesta a la aplicación del respectivo nutrimento. Para "medio", la probabilidad es intermedia y para la categoría "alto", la probabilidad de respuesta es baja.

En las Figuras 1, se indican las características químicas predominantes en suelos de clima caliente y medio, de 0 a 1.800 m.s.n.m. cultivados con pastos. De acuerdo con estos datos y los de la Tabla 7, se puede considerar que en clima medio y caliente en Antioquia predominan los suelos con las características siguientes: Suelos fuertemente a ligeramente ácidos, medios a altos en aluminio intercambiable, medios a altos en materia orgánica; bajos en fósforo aprovechable cuando se determina por el método de Bray II; bajos a medios en las bases intercambiables calcio, magnesio y potasio. Es decir, los suelos son de una fertilidad original de baja a media.

En clima frío a frío moderado, de 1.800 a 2.500 m. s. n. m. (Figura 2), las características predominantes son: Suelos fuertemente a ligeramente ácidos; bajos a medios en aluminio intercambiable, pero con algunos

TABLA 7. Límites tentativos para varias características químicas en suelos cultivados con pastos en Antioquia, en clima medio y caliente (alturas de 0 a 1.800 m. s. n. m.).

Características	CATEGORIAS		
	Bajo	Medio	Alto
Materia Orgánica (M. O. %)	Menor 3,0	3,0 - 5,0	Mayor 5,0
Fósforo - ppm (Bray II)	Menor 15,0	15,0 - 30,0	Mayor 30,0
Potasio meq/100 g	Menor 0,20	0,20 - 0,40	Mayor 0,40
Calcio meq/100 g	Menor 3,0	3,0 - 6,0	Mayor 6,0
Magnesio meq/100 g	Menor 1,5	1,5 - 2,5	Mayor 2,5
Aluminio meq/100 g	Menor 0,5	0,5 - 1,5	Mayor 1,5-3,0
Reacción del suelo pH	Menor de 5,5 fuertemente ácido - limitante		
	5,5 - 6,5 ligeramente ácido - adecuado		
	6,6 - 7,3 neutro - óptimo		
	Mayor 7,3 ligeramente alcalino - limitante		

suelos con aluminio intercambiable alto; altos en el contenido de materia orgánica; bajos a medios en fósforo aprovechable cuando se extrae por el método de Bray II; bajos en un alto porcentaje en las bases calcio, magnesio y potasio. En estos suelos, el contenido de magnesio intercambiable es notoriamente bajo. En resumen, estos suelos son de una fertilidad natural baja a media.

Las anteriores consideraciones permiten predecir una respuesta positiva a la aplicación de fertilizantes y enmiendas en la gran mayoría de los suelos cultivados con pastos en Antioquia, especialmente en aquellas especies de gramíneas forrajeras y en leguminosas.

Esta afirmación es corroborada por los ensayos de campo realizados por el Instituto Colombiano Agropecuario y demás entidades relacionados con los pastos.

TABLA 7. Límites tentativos para varias características químicas en suelos cultivados con pastos en Antioquia en clima frío y frío moderado (alturas de 1.800 - 2.500 m. s. n. m.).

Características	CATEGORIAS		
	Bajo	Medio	Alto
Materia Orgánica (M. O. %)	Menor 5,0	5,0 - 10,0	Mayor 10,0
Fósforo - ppm (Bray II)	Menor 15,0	15,0 - 30,0	Mayor 30,0
Potasio - meq/100 g	Menor 0,20	0,20 - 0,40	Mayor 0,40
Calcio - meq/100 g	Menor 3,0	3,0 - 6,0	Mayor 6,0
Magnesio - meq/100 g	Menor 1,5	1,5 - 2,5	Mayor 2,5
Aluminio - meq/100 g	Menor 0,5	0,5 - 1,5	Mayor 15-30
Reacción del suelo pH	Menor 5,5 fuertemente ácido - limitante 5,5 - 6,5 ligeramente ácido - adecuado 6,6 - 7,3 neutro - óptimo Mayor 7,3 ligeramente alcalino - limitante		

No obstante lo anteriormente expuesto, el uso de fertilizantes orgánicos, inorgánicos y enmiendas es muy escaso por parte de los ganaderos y, ésta debería ser una de las grandes preocupaciones de las personas dedicadas a la tecnificación de la ganadería en Antioquia.

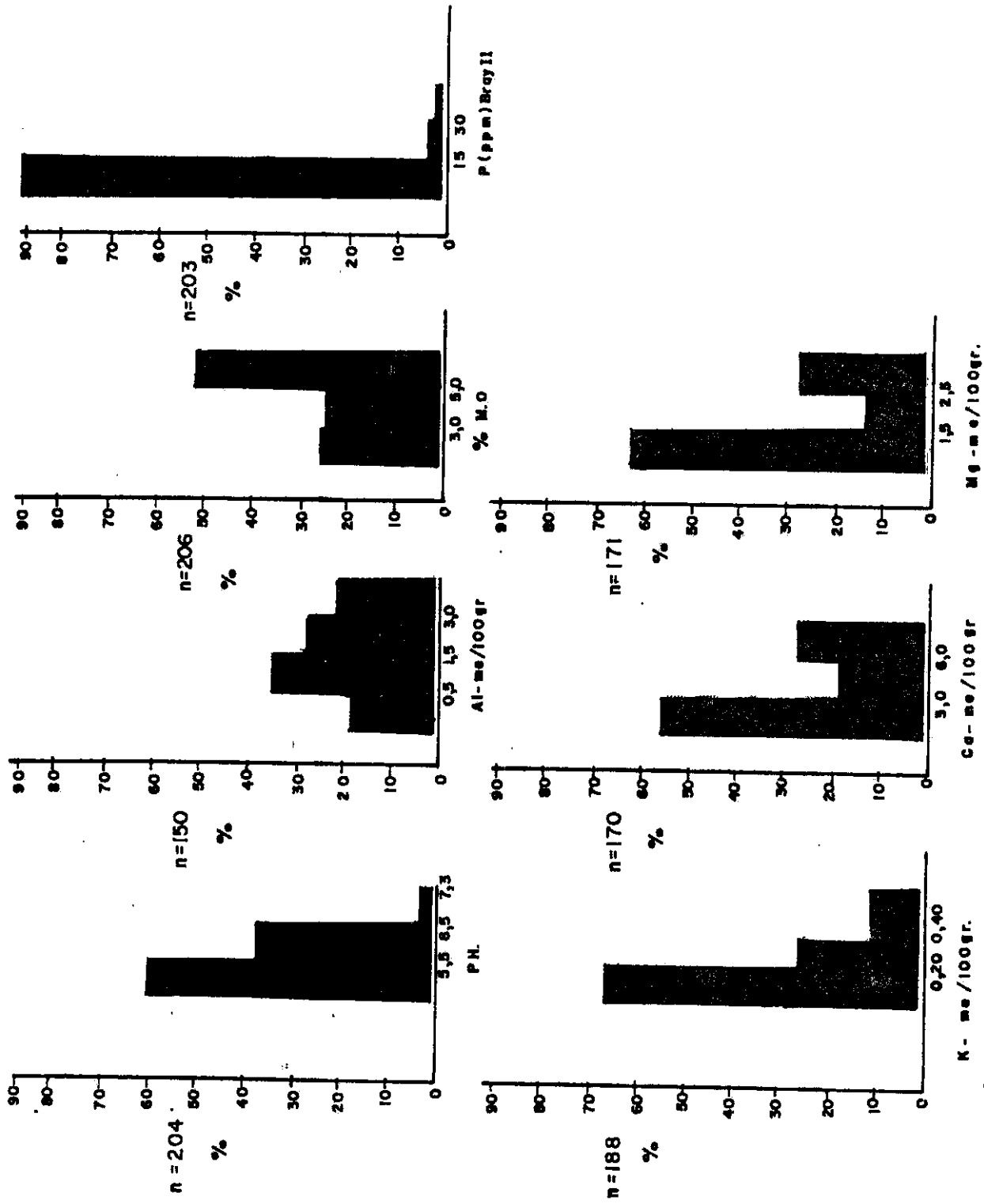


Figura 1 - Características químicas de suelos cultivados con pastos en clima medio y caliente en Antioquia.

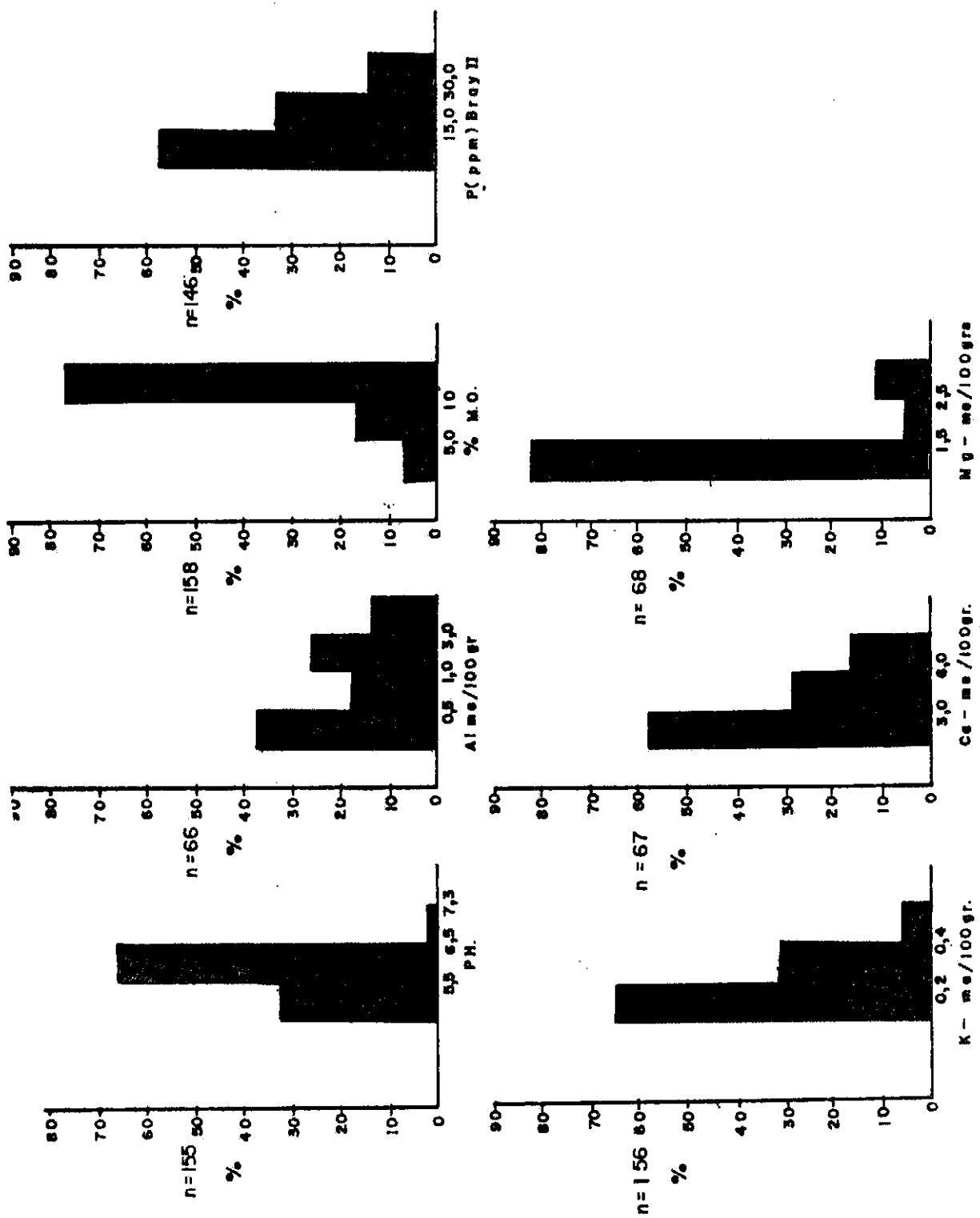


Figura 2. Características químicas de suelos cultivados con pastos de clima frío y frío moderado, en antioquia.

## 8. REFERENCIAS

1. ACOSTA, S.C. 1974. Principios básicos de análisis químico para evaluar el estado de fertilidad de los suelos. U.N.- ICA, Bogotá. Seminario sin publicar.
2. BRAY, R.H. 1948. Requeriments of successful Soil Test. Soil Sci. 66: 83-89.
3. FRYE, C.A. 1972. El análisis de suelos en la evaluación de su fertilidad para la aplicación de fertilizantes y correctores. Universidad del Tolima, Ibagué. 3a. Reunión Nacional de Suelos. pp. 1-29.
4. HUNTER, A.H. 1973. Soil analytical procedures using the modified  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  extracting solution. In: The evaluation and improvement of Soil fertility in Indonesia. Contract AID/ASIA-C1062. pp. 61-68.
5. MARIN, G. 1968. Instrucciones para tomar muestra de suelos. In: Algunos aspectos del análisis de suelos. Instituto Colombiano Agropecuario. Boletín de Divulgación No. 16. pp. 11-18.
6. \_\_\_\_\_ y J.A. GOMEZ. 1968. La interpretación del análisis de suelos. In: Algunos aspectos del análisis de suelos. Instituto Colombiano Agropecuario, Bogotá. Boletín de Divulgación No. 16. pp. 37-47.
7. \_\_\_\_\_; G. ORTIZ; R. LORA y E. OWEN. 1975. El análisis de suelos y las recomendaciones de fertilizantes y cal; tercera aproximación. Instituto Colombiano Agropecuario, Bogotá. Boletín de Divulgación No. 34. 26 p.
8. NAVAS, J.; H. MANZANO y A.C. McCLUNG. 1968. Calibración del análisis de suelos. In: Algunos aspectos del análisis de suelos. Instituto Colombiano Agropecuario, Bogotá. Boletín de Divulgación No. 16. pp. 27-36.
9. ORTIZ, G. y A. RAMIREZ. 1974. Métodos analíticos del laboratorio de suelos del ICA. Instituto Colombiano Agropecuario, Programa de Suelos, Bogotá. 20 p. (Sin publicar).

4 de mayo