

I. Análisis e Interpretación de resultados de suelos.

Jose E Baquero Peñuela* I A

Teniendo en cuenta que uno de los factores que mas inciden en la producción de cultivos, es el eficiente manejo de la fertilización, es necesario considerar algunos aspectos que conlleven a este fin. El presente documento hace parte del Manual de Asistencia Técnica No 25 del Instituto Colombiano Agropecuario titulado "FERTILIZACIÓN DE DIVERSOS CULTIVOS" (quinta aproximación), el cual contiene los aspectos mas importantes sobre el análisis de suelo, las instrucciones para la toma de muestras de suelo y la interpretación de estos resultados. Con el adecuado conocimiento y aplicación de las recomendaciones al respecto se puede llegar a tomar decisiones mas acertadas sobre la Fertilización de Cultivos.

1 ANALISIS DE SUELOS

Son muchos los factores que afectan el rendimiento de los cultivos entre los cuales ocupa un lugar importante, la disponibilidad en el suelo de los nutrientes esenciales para las plantas. Cuando estos nutrientes no están en cantidades adecuadas hay necesidad de agregar fertilizantes químicos y/o enmiendas para suplir las necesidades de la planta, o corregir condiciones adversas en el suelo que inhiben su absorción, para esto se hace indispensable realizar el análisis de suelos con el fin de obtener la información sobre disponibilidad en el suelo de estos nutrientes.

El análisis de suelos puede suministrar información muy valiosa sobre la necesidad de usar fertilizantes y cal para aumentar el rendimiento de las cosechas. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que estos análisis y la fertilización no son una panacea. Hay, además, otros factores que afectan el crecimiento de las plantas y, por lo tanto, deben estudiarse si se quiere aumentar la producción.

1.1 INSTRUCCIONES PARA TOMAR MUESTRAS DE SUELOS

La toma adecuada de las muestras de suelos para su análisis, tiene tanta importancia como la exactitud de las determinaciones de laboratorio o el criterio de interpretación de los resultados. Por consiguiente, es necesario que las personas que realicen esta tarea se ajusten a las instrucciones que para tal efecto se aconsejan, con el objeto de obtener una información mas exacta.

1.1.1 ¿Que es una muestra representativa de suelo?

Una muestra de suelo es una mezcla de varias submuestras mas pequeñas, obtenidas en distintas partes

de un lote hasta cubrir toda el area el terreno

La muestra del suelo deber pesar aproximadamente un kilogramo, cantidad que puede representar cinco o diez hectáreas de terreno que contienen por lo menos 20 millones de kg de suelo en la capa arable. La muestra de suelo debe incluir por lo menos 20 lugares diferentes del campo o área de 10 hectareas o mas, segun la homogeneidad en características visuales y de manejo, como se indica en la figura 1. Una muestra que incluya muy pocos puntos del area puede dar informacion falsa sobre la fertilidad general del terreno, y las cantidades de cal y de fertilizantes que se recomiendan sobre esas bases pueden ser, por tal motivo, erradas.

1.1.2 Cuando se deben tomar las muestras de suelo

Las muestras de suelo deben tomarse dos o tres meses antes de sembrar. En esta forma se obtendra de esa practica la informacion del analisis del suelo con tiempo suficiente para obtener los fertilizantes necesarios y hacer las aplicaciones de cal oportunamente. Es muy importante obtener las muestras dos o tres meses antes de la siembra en areas que se van a dedicar a pastos, ya que si es necesaria la aplicacion de cal, esta se mezclara con el suelo al incorporarla con la rastrillada para obtener mayores beneficios. En pastos ya establecidos, la mejor epoca para analizar el suelo y aplicar fertilizantes, es dos meses antes de comenzar el periodo de maximo crecimiento.

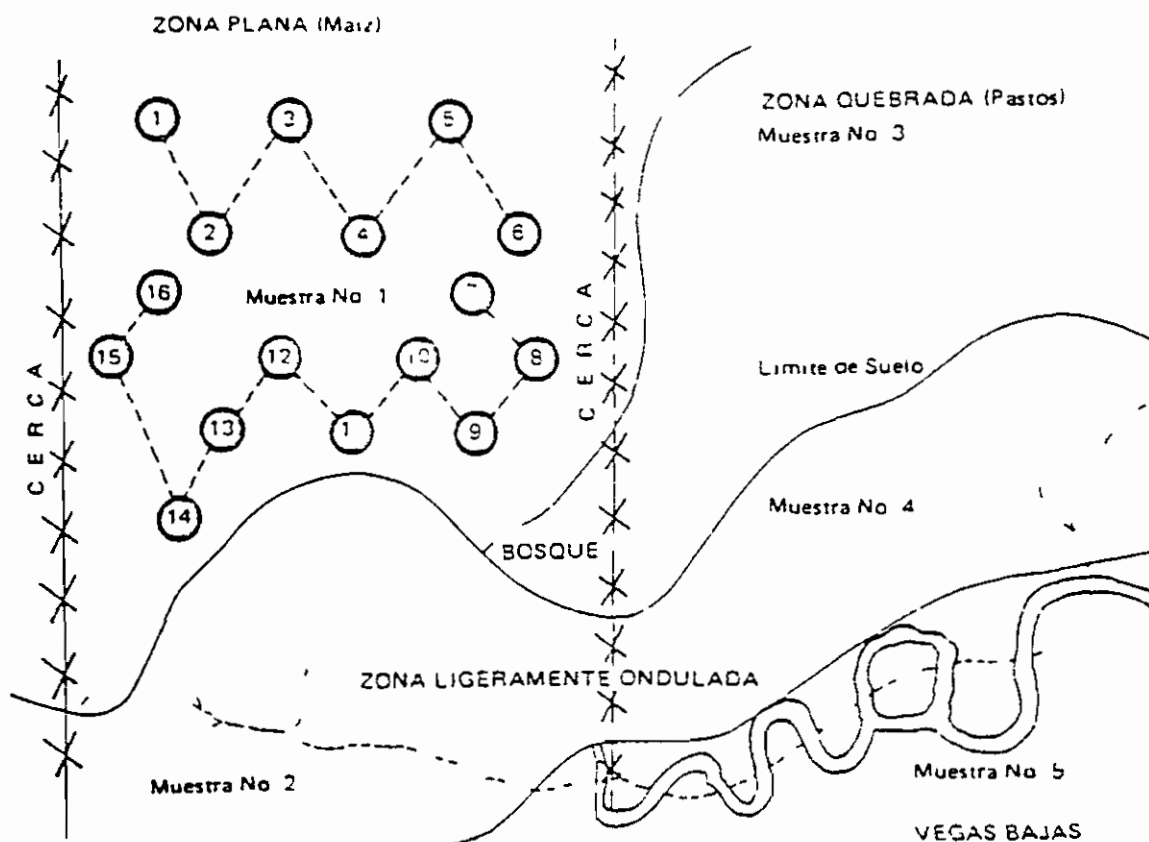


Figura 1 División de la finca en áreas y recolección de submuestras

Las muestras de suelo para la mayoría de las cosechas deben recolectarse cada uno o dos años, para hortalizas o cosechas de alto valor, es necesario hacerlo con más frecuencia. Siempre son necesarias las muestras de suelos para análisis de fertilidad, antes de sembrar pastos y de hacer aplicaciones de cal.

El momento más oportuno para la obtención de las muestras es cuando el suelo tiene el grado de humedad apropiado para las labores agrícolas. Si hay necesidad de ellas cuando el suelo tiene el grado de humedad apropiado para las labores agrícolas. Si hay necesidad de ellas cuando el suelo está muy húmedo, se extiende sobre papel limpio, o sobre un plástico y se secan al aire a temperatura ambiente, antes de enviarlas al laboratorio. Debe evitarse el uso de calor artificial para acelerar el secamiento de las muestras.

1 1 3 ¿Donde se deben tomar las muestras de suelos?

Cuando el predio presente cambios en apariencia y producción, como consecuencia de la variación de los tipos de suelo, de la conformación topográfica, de la cantidad de erosión, de la clase de drenaje, del tratamiento agrícola de los últimos años, es necesario dividir la finca en áreas que contemplen estas variaciones para coleccionar las muestras. Es conveniente evitar aquellas áreas muy pequeñas que difieren mucho del resto del campo, y que por su tamaño no tengan significación en la producción de cultivos. En aquellos casos en que por razones especiales interesa obtener una información analítica de estos sitios, es necesario obtener una muestra individual de esos lugares.

Cuando se extraigan muestras de suelo en lotes con cosechas cultivadas en surcos, deben provenir de estos o de los caballones y no de la banda del fertilizante ni de áreas de antiguos canales, carreteras o caminos. Tampoco de sitios donde existan residuos de paja o de quemados.

Hay que evitar, igualmente, recogerlas en el límite de los cambios de pendientes entre tierras planas y quebradas o en la orilla de las cercas inmediatas a los árboles, en parches pantanosos o en cualquier otra área de uso poco común no representativa.

Si el predio es uniforme en apariencia y producción, así como el manejo a que se ha sometido durante los últimos años, se puede considerar como una unidad para la extracción de la muestra. En estas circunstancias, las áreas no deben sobrepasar una superficie de 10 hectáreas.

Cuando el área sea mayor, deberá dividirse en unidades de este tamaño.

1 1 4 Profundidad a la cual se debe tomar la muestra

La muestra se debe recolectar a una profundidad de 0 a 20 centímetros cuando se trata de suelos cultivados o que se pretenden cultivar, y si se trata de suelos con pastos o de áreas en las cuales se quiere sembrar pastos, es necesario que la profundidad sea de 0 a 10 centímetros. La cal y los fertilizantes que se aplican al voleo sobre el terreno penetran muy lentamente en el suelo. En el caso de alfalfa, es recomendable tomar las muestras de suelos a profundidades de 30 cm.

Cuando las muestras provienen de suelos a otras profundidades diferentes a las mencionadas, estas deben anotarse en la hoja de información, ya que la profundidad es una consideración muy importante que el especialista debe tener en cuenta al hacer las recomendaciones de fertilizantes y cal.

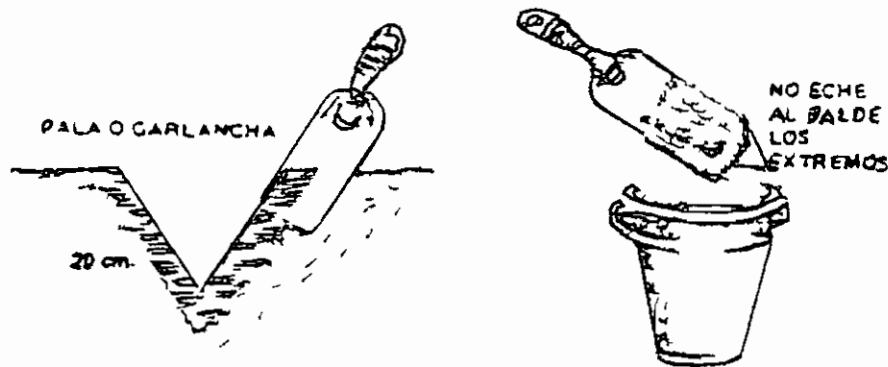


Figura 2 Forma de tomar las muestras de suelos

También se toman muestras de 20 a 40 cm en terrenos dedicados a fruticultura y para cultivar algodón, ya que en estos casos los resultados analíticos pueden proporcionar datos de mucho interés

1.1.5 ¿Cómo tomar una muestra de suelo?

La forma de tomar las muestras varía de acuerdo con el objeto del análisis, según se trate de muestras para análisis de fertilidad con el fin de proporcionar bases para la aplicación de fertilizantes, o para caracterizar perfiles de suelos con fines edafológicos. En esta oportunidad se hace referencia únicamente al primer caso, o sea a la muestra de suelo para análisis de fertilidad con el fin de asesorar a los agricultores sobre la aplicación de fertilizantes

Lo primero que debe hacerse es obtener los siguientes materiales y herramientas para obtener las muestras: un balde limpio, un sacabocado, barreno, pala o garlancha, cajas de cartón, bolsa de plástico y las hojas de información que suministran los técnicos agrícolas

Cuando la herramienta usada es una pala o garlancha se procede como se observa en la Figura 2: se raspa aproximadamente un centímetro de la superficie del suelo para eliminar los residuos frescos de materia orgánica, polvo de la carretera u otras contaminaciones artificiales. Se cava un hueco en forma de V, cuyo tamaño aproximado sea el ancho de la pala y tenga una profundidad de 20 centímetros. Luego se corta una tajada de suelo de 2-3 centímetros de grueso en la pared del hueco y se toma una faja de unos 3 a 5 centímetros de ancho en el centro de la tajada. Se coloca esta faja de suelo en el balde y se repite la operación en 15 ó 20 lugares del área delimitada para la extracción de la muestra completa

Cuando se usan barrenos o sacabocados, al final de las 15 o 20 perforaciones ya se ha obtenido la tierra necesaria para formar un volumen alrededor de 1 kg de peso. En cambio, cuando se saca la muestra con la pala, la tierra recogida constituye una cantidad demasiado grande para la muestra. Una combinación de varias submuestras pequeñas, cada una seleccionada de una parte homogénea del total, da información más precisa que un simple muestra más grande

Las muestras no deben empacarse en bolsas que hayan sido usadas con fertilizantes o sustancias químicas. No se debe fumar o dejar caer cenizas de cigarrillo al manipular las muestras, las cuales se identifican enumerándolas y escribiéndoles el nombre y la dirección correspondientes.

1.1.6 ¿Cómo llenar las hojas de información sobre las muestras de suelos?

Es importante llenar lo más exactamente posible la hoja de información sobre las muestras de suelos, porque esto ayudara especialmente a la formulación de las recomendaciones que cada agricultor necesita. Si las muestras corresponden a varias fincas, no deben usarse los mismos números para identificarlas.

Los datos que deben suministrar por cada muestra son los siguientes: nombre y dirección completa del solicitante, nombre y ubicación de la finca (corregimiento, municipio, etc), tipo de análisis solicitado, profundidad de la toma de aquellas, superficie que representa y cultivo para el cual se requiere recomendación.

Hay que señalar, también, lo que se detalla en seguida: si el drenaje interno es, bueno, regular o malo, si se ha agregado cal en los últimos años en el suelo, si se va a aplicar riego y cuáles son los cultivos sembrados en los últimos dos años, que tipos de fertilizantes se han utilizado y a razón de cuantos kilogramos por hectárea, mencionando el rendimiento de los sembrados, con o sin fertilizantes, y añadiendo observaciones y cualquier otro dato que el Técnico considere pertinente y útil.

Es importante conservar una copia de la información que acompaña a la muestra y del análisis de los suelos, junto con el registro de los rendimientos de la cosecha y las aplicaciones de cal y fertilizantes. Es conveniente tener un mapa de la finca, en el cual se indiquen los lotes y las áreas en donde se han tomado las muestras de suelos, numeradas claramente, para conservar los registros del análisis de suelos.

1.2 METODOS DE ANALISIS DE SUELOS

En el laboratorio se efectúan los análisis siguiendo los métodos descritos a continuación:

- **Determinación del pH** El Ph se determina por el método del potenciómetro con electrodo de vidrio en la relación suelo-agua por volumen de 1:1. A 10 cm³ de suelo, agregar 10 cm³ de agua destilada. La mezcla se deja en reposo durante una hora, se agita y luego se lee el pH en el potenciómetro.
- **Determinación de la acidez intercambiable (Al + H)** Se determina mediante la extracción con KCL normal titulando el extracto con 0,1 N NaOH, en presencia de fenolftaleína. La acidez intercambiable se expresa en mequivalente por 100 gramos de suelo (meg/100 g de suelo).
- **Cálculo de la materia orgánica** La materia orgánica del suelo se calcula indirectamente determinando el carbono orgánico, este se oxida con ácido crómico en presencia de un exceso de H₂SO₄ concentrado (método de Walkley Black), para posterior determinación colorimétrica.
- **Determinación del Fósforo** Para determinar el fósforo (P) en el suelo se utiliza el método de Bray.

II La extracción se efectúa con una mezcla de 0,03 N NH_4F y de 0,1 N NHCl . El fósforo del suelo se expresa en partes por millón de P (ppm de P)

- **Determinación de bases intercambiables** Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , Na^+ La extracción se hace con acetato de amonio normal y neutro, y la posterior determinación se logra por medio de la espectrofotometría
- **Determinación de la capacidad de intercambio catiónico** C I C Al desplazar los cationes del suelo con acetato de amonio, se lava el exceso de amonio con alcohol. El amonio (NH_4^+) retenido se desplaza con una solución del NaCl al 10%. Al lixiviado se le agregan 10 cm^3 de formaldehído neutro al 40%. Luego se titula con 0,1 N NaOH , utilizando fenolftaleína como indicador. La C I C se expresa en $\text{meq}/100$ g de suelo. La C I C también se puede calcular indirectamente, por suma de cationes Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , Na^+ , Al^{+++} , H^+ intercambiables, lo cual da la C I C efectiva
- **Análisis físico mecánico** El análisis físico-mecánico o de textura se hace por el método de Bouyoucos o del hidrómetro. Como agente dispersante se utiliza en una solución de hexametófosfato y carbonato de sodio. Para agricultores se determina la textura al tacto
- **Determinación de la salinidad** Se determina la conductividad eléctrica (C E) y la clase de aniones NO_3 , Cl , SO_4 , HCO_3 y cationes Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , Na^+ en el extracto de suelo saturado. También se determina el pH del suelo saturado y el contenido de Na^+ intercambiable en el suelo expresado en porcentaje. La conductividad del extracto se expresa en milimhos/cm

1.3 UNIDADES EMPLEADAS EN EL ANÁLISIS DE SUELOS

Las unidades comúnmente empleadas en el análisis de suelo son a) porcentaje (%), b) miliequivalente por 100 gramos de suelo ($\text{Meq}/100$ 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, cuando el suelo posee una densidad aparente de $1\text{g}/\text{cm}^3$

A continuación, se explican las unidades empleadas en el análisis de suelos

- a **Partes por millón (ppm)** Se llama ppm a las unidades en un millón de unidades. Ejemplo: kilogramos 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 Kgh/ha de P_2O_5 . 1 ppm de P es igual a 4,58 kg de P_2O_5 /ha
- b **Miliequivalente** 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

a	Peso atómico de calcio (Ca)	40
	Valencia	2
	Equivalente gramo $40/2 =$	20 g

b Peso atomico magnesio (Mg) 24
 Valencia 2
 Equivalente gramos 24 2 = 12 g

c Peso atomico del potasio (K) 39
 Valencia 1
 Equivalente gramos 39 1 = 39 g

Se denomina miliequivalente (meq) al equivalente dividido por 1000

Ejemplo

a) Miliequivalente gramo del Mg = $12/1\ 000 = 0,012\ g$

b) Miliequivalente gramo del K = $39/1\ 000 = 0\ 039\ g$

c) Miliequivalente gramo del Ca = $20/1\ 000 = 0\ 020\ g$

c Conversion de miliequivalente a kilogramos por hectareas La hectarea de suelo, capa arable, pesa en promedio 2 000 000 de kg. Supongamos que en un analisis 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, es decir, en una hectarea habra 400 kg de Ca.

Aplicando los mismos racionamientos 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

14 LA CALIBRACION DEL ANALISIS DEL SUELO

Desde el punto de vista fisico o químico, una tecnica de analisis con fines agricolas puede ser buena, pero si no existe correlacion con la respuesta obtenida por la planta bajo condiciones de campo o de invernadero, dicha tecnica o procedimiento no tendra ningun valor. Por esto, es necesario calibrar el metodo, o sea, fijar los valores limites para calificar el suelo como bajo, medio o alto en determinado elemento, de acuerdo con los resultados analiticos obtenidos por el metodo bajo estudio.

La calibracion que se obtiene después de comparar estadisticamente los resultados del análisis de un adecuado numero de suelos, con los resultados obtenidos en el campo o invernadero (rendimiento y otra variable), al aplicarles el nutrimento bajo estudio. La calibracion de un metodo para establecer los limites estimativos de bajo, medio y alto, solo puede hacerse con base en la 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, de 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 analisis de los suelos estudiados, con la respuesta de la planta a la aplicacion del elemento,



se establecen los límites de los valores para que se cumplan los requisitos establecidos en la Tabla 1

TABLA 1 Probabilidad de respuesta de los cultivos a la fertilización, según el contenido del nutrimento en el suelo

Contenido del Nutrimento en el Suelo	Probabilidad de Respuesta a la Fertilización
Bajo (B)	Igual o mayor de 80% (Alta)
Medio (M)	Alrededor de 50% (Media)
Alto (A)	Igual o menor de 20% (Baja)

1.5 LA INTERPRETACION DEL ANALISIS DE SUELO

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 de poder tener un concepto global del análisis, considerar la interdependencia entre elementos y propiedades del suelo, medir el efecto de condiciones de clima y, el fin, de conocer el cultivo para el cual se va a utilizar el análisis. Indudablemente, esto es difícil, pero habrá una mayor confiabilidad mientras más y mejor se consideren los factores expuestos. Hacer un análisis es fácil, interpretarlo y utilizarlo correctamente presenta dificultades.

Enseguida se presentan algunos elementos relacionados con la interpretación de resultados de análisis de suelos.

1.5.1 El pH "La reacción del suelo" y sus efectos

- **Menor de 5,5** Fuerte a extremadamente ácido. Posible toxicidad del aluminio y del manganeso. Posibles deficiencias de P, Ca, Mg y Mo. Es necesario encalar para la mayoría de los cultivos.
- **De 5,5 a 5,9** Moderadamente ácido, baja solubilidad del P y regular disponibilidad de Ca y Mg. Algunos cultivos, como las leguminosas, requieren encalamiento.
- **De 6,0 a 6,5** Ligeramente ácido. Condición adecuada para el crecimiento de la mayoría de los cultivos.
- **Menor de 6,6 a 7,3** Casi neutro o neutro. Buena disponibilidad de Ca y Mg, moderada disponibilidad de P y baja disponibilidad de micronutrientes a excepción del Mo.

- De **7,4 a 8,0** Alcalino Posible exceso de carbonatos Baja solubilidad del P y de micronutrientos a excepción del Mo Se inhibe el crecimiento de varios cultivos Es necesario tratar el suelo con enmiendas
- **Mayor de 8,0** Muy alcalino Posible exceso de Na intercambiable Se inhibe el crecimiento de la mayoría de los cultivos Es necesario tratar el suelo con enmiendas

1 5 2 La acidez intercambiable

La acidez intercambiable en la mayoría de los suelos está constituida por el Al y el H intercambiables En los suelos minerales predomina el Al Generalmente, a valores de pH por debajo de 5,5 en suelos minerales y por debajo de 5,0 en suelos orgánicos, existen problemas con el aluminio

Criterios muy generales para considerar el Al como problema en los suelos

a Si el análisis indica valores superiores a 2 meq de Al intercambiable

b Si la relación
$$\frac{\text{Ca} + \text{mg} + \text{K}}{\text{Al}} \leq 1$$

c Si el porcentaje del Al dentro de los cationes intercambiables es mayor de 25

1 5 3 La materia orgánica

A medida que disminuye la temperatura, el contenido de materia orgánica aumenta debido a la baja tasa 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 la altura sobre el nivel del mar En términos generales, la materia orgánica dividida por 20 es igual al porcentaje de N

En la Tabla 2 Se observa el estimativo conceptual de la materia orgánica en los suelos

La materia orgánica es fuente principalmente de N, P, S y de algunos elementos menores Además, mejora las propiedades físicas del suelo, aumenta la capacidad amortiguadora (Buffer) y tiene gran influencia en la capacidad de intercambio catiónico Cada 1% de materia orgánica representa en general, 2 meq/100 g en la medida de la C I C

1 5 4 El fósforo (P) 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 Truog El capítulo sobre recomendaciones de fertilizantes indica los niveles críticos de P en el suelo para cada cultivo

TABLA 2 Estimativo de materia organica en los suelos

Clima	Interpretacion del % de materia organica		
	Bajo	Medio	Alto
Frio	Menor de 5	5 10	Mayor de 10
Templado	Menor de 3	3 5	Mayor de 5
Calido	Menor de 2	2 3	Mayor de 3

1 5 5 Capacidad de intercambio cationico (CIC)

Esta propiedad de los suelos está asociada directamente con la textura, el tipo de arcilla y el contenido de materia organica en ellos

En Colombia, la CIC de los suelos es muy variable, aun dentro de una misma region. Es deseable que todo el suelo presente una CIC alta, asociada con elevada saturacion de bases, ya que esta situacion indica una gran capacidad potencial para suministrar Ca, M y K a las plantas. En terminos generales, un estimativo conceptual de la CIC en los suelos es el siguiente

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

1 5 6 Bases intercambiables Ca, Mg, K, Na

En general es dificil establecer niveles criticos para estos nutrimentos. En la mayoria de los casos se debe considerar no solamente el elemento intercambiable, sino tambien el porcentaje de saturacion del complejo de cambio y el pH del suelo.

La relacion Ca/Mg debe tenerse en cuenta, especialmente en suelos acidos que requieren encalamiento. El valor minimo para relacion debe ser uno. Cuando la relacion Ca/Mg es amplia, mas de 4 y el suelo necesite encalamiento, se recomienda aplicar 1 250 kg/ha de cal dolomitica por cada miliequivalente de aluminio.

En la Tabla 3 se observa el estimativo conceptual de las bases en los suelos y el porcentaje de saturacion de las mismas.

1 5 7 Conductividad electrica (C E)

La conductividad electrica es un indice de la salinidad, es así como el porcentaje de saturacion de sodio lo es de la sodicidad del suelo. En la Tabla 4 se hace una evaluacion de la salinidad.

TABLA 3 Estimativo conceptual de las bases en el suelo

Elemento		Interpretacion		
		Bajo	Medio	Alto
Calcio	Meq/100 g	Menos de 3	3 - 6	Mas de 6
	Saturacion %	Menos de 30	30 - 50	Mas de 50
Magnesio	Meq/100 g	Menos de 1,5	1,5 - 2,5	Mas de 2,5
	Saturacion %	Menos de 15	15 - 25	Mas de 25
Potasio	Meq/100 g	Menos de 0,20	0,20 - 0,40	Mas de 0,40
	Saturacion %	Menos de 2	2 - 3	Mas de 3
Sodio	Meq/100 g	Su contenido debe ser menor de 1		
	Saturacion	Debe ser menor de 15%		
Relacion Normal Ca Mg K				
3 1 0,25				

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

TABLA 4 Interpretacion de la C E del extracto del suelo (milimhos/cm)

0 - 2	3 - 4	4 - 8	3 - 16	16
No salino	Muy ligeramente salino	Moderadamente salino	Fuertemente salino	Muy fuertemente salino

Por otra parte, cuando la saturacion 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 fisico. En estos casos se necesita someter el suelo a un tratamiento a base de enmiendas sulfatadas y de lavado para recuperarlo

2 RECOMENDACIONES DE CAL

La cal se aplica a los suelos para neutralizar hidrogeno H^+ y el aluminio intercambiable (Al^{+++}) y para proporcionar calcio. Se aplica calcio mas magnesio si ella es calcitica o dolomitica respectivamente

Los principales factores que se deben tener presentes al agregar la cal a los suelos, además de la planta que se va a cultivar, son el pH y el aluminio intercambiable, la textura, el contenido de materia orgánica y la relación Ca/Mg

La importancia del pH está relacionada con la tolerancia de las plantas al manganeso y al aluminio contenidos en la solución del suelo. Las leguminosas de grano requieren un pH aproximadamente de 6,5, la papa y la cebada crecen bien en suelos cercanos a un pH de 5,0. Las correcciones adecuadas de pH, mediante aplicaciones de cal, permiten que algunos nutrientes pasen a ser aprovechables por los cultivos, disminuyéndose así la cantidad de fertilizantes y su costo.

El tipo de suelo y el contenido de materia orgánica también influyen en la cantidad de cal que se debe agregar. Los suelos con alto contenido de materia orgánica y/o arcilla, requieren, para elevar el pH en una unidad, más cal que los arenosos.

Las rotaciones también deben tenerse en cuenta al hacer recomendaciones de cal. Por ejemplo, cuando la papa está incluida en una rotación con cosechas que requieren un pH más alto, debe aplicarse cal, pero no sobrepasar un pH de 5,5 ya que esta planta puede ser afectada por ciertas enfermedades que aparecen cuando el pH está por encima de este valor.

Como la cal reacciona lentamente en el suelo, debe aplicarse de cuatro a seis semanas antes de la siembra. Sin embargo, los pastos y en general las plantas forrajeras crecen bien cuando la cal se aplica un poco antes de la siembra, pero mezclada uniformemente con el suelo.

Las recomendaciones de cal por parte del ICA, se basan especialmente en el contenido de aluminio intercambiable de los suelos. En suelos con menos de 10% de materia orgánica y un pH inferior a 5,5 y en suelos con más de 10% de materia orgánica y pH inferior a 5,0 se recomienda aplicar una tonelada y media de cal agrícola, que contenga por lo menos el equivalente al 80% de CaCO_3 , por cada miliequivalente (meq) de aluminio intercambiable. Cuando se utilizan Escorias Thomas, es posible disminuir la cantidad de cal en suelos con un pH menor de 5,5.

En algunos suelos de Colombia, el contenido de aluminio intercambiable es muy alto y, por tanto, la cantidad de cal para su corrección sería exagerada. Es muy importante que el técnico analice con el agricultor el aspecto económico en el uso de la cal. Aplicaciones superiores y aun menores de tres toneladas por hectárea pueden resultar antieconómicas. Se puede pensar también en aplicar la cal por ciclo agrícola hasta llegar a las condiciones adecuadas de acidez de los suelos.

En muchos suelos del país que requieren cal se encuentra una relación Ca/Mg muy amplia, es decir, que la cantidad de magnesio en relación con la del calcio es muy pequeña. Al agregar a los suelos cal agrícola, o sea aquella que contiene solamente CaCO_3 , se agrava el desequilibrio entre el calcio y magnesio y se pueden inducir deficiencias de este en los cultivos.

Por esta razón es muy importante que las aplicaciones de cal se hagan con base en cal dolomítica o sea de aquella que contiene además de carbonato de calcio, carbonato de magnesio.

2 1 TOLERANCIA DE VARIOS CULTIVOS A LA ACIDEZ DEL SUELO

En la Tabla 5 se indican los limites aproximados de tolerancia de pH para algunos cultivos

Un caso muy especial es el de arroz, que tolera suelos bastantes acidos aun cuando se siembre en secano pero si el suelo esta inundado se logra una modificacion muy marcada del pH Por ejemplo, un suelo de bajo contenido de materia organica y un pH inicial de 5,0 tendra un pH 6,0 despues de dos a tres semanas de inundacion En este caso, la especie no es necesariamente resistente a la acidez Parece que el arroz de secano responde a moderadas aplicaciones de cal en suelos muy acidos del Piedemonte Llanero, mientras que el riego, en los mismos suelos, no responde tanto a esa aplicacion

A veces, cuando se modifica la reaccion del suelo, es preciso hacerlo en tal forma que si bien no se consigue el mejor desarrollo del cultivo, se logra, en cambio, evitar la presencia de ciertas enfermedades Por ejemplo la "Costra" o "sarna" de las papas que es causada por la bacteria *Streptomyces scabies* encuentra su medio mas apropiado en los suelos alcalinos, pues la acidez del terreno le es altamente perjudicial Otro ejemplo La pudricion de la raiz del tabaco se puede presentar en terrenos cuya reaccion es de 6,0 o mas, pero cuando el pH es inferior a 5,6 la enfermedad rara vez se presenta

2 2 MATERIALES UTILIZADOS PARA NEUTRALIZAR LA ACIDEZ DEL SUELO

Para neutralizar la acidez del suelo, es decir, para aumentar el pH, se pueden utilizar la cal o las Escorias Thomas Existen cuatro clases de cal, agricola, viva, apagada y dolomitica

2 2 1 Cal agricola

Es el producto formado principalmente por carbonato de calcio (CaCO_3) en cantidad del 70% como minimo En forma natural se encuentra como piedra caliza o piedra de cal

2 2 2 Cal viva

Es la misma piedra caliza o carbonato de calcio, calcinada o quemada en hornos Esta cal tambien recibe el nombre de oxido de calcio (CaO) y se encuentra en el comercio en forma de terrenos mas o menos grandes Para aplicarla al suelo se puede pulverizar, inmediatamente despues de su aplicacion absorbe agua y forma granulos que se endurecen por la formacion en sus superficies de carbonato de calcio, en este estado puede permanecer en el suelo por largo tiempo Su aplicacion se recomienda solamente cuando se puede asegurar una mezcla en el terreno, pues existe el peligro de "quemar" la semilla

2 2 3 Cal apagada

Es la misma cal viva despues de haberla tratado con agua, tambien recibe tecnicamente el nombre de hidroxido de calcio (Ca(OH)_2) y de cal hidratada Es menos fuerte que la cal viva y como el oxido de calcio, es un polvo blanco, de manipulacion dificil y desagradable

TABLA 5 Limite de tolerancia de pH para algunos cultivos

pH 4,8 - 5,5	pH 5,6 - 6,4	pH 6,5 - 7,3
Piña (<i>Anana comosus</i> Merr)	Maiz (<i>Zea mayz</i> L)	Alfalfa (<i>Medicago sativa</i> L)
Papa (<i>Solanuon tuberosum</i>)	Frijol Phaseolus (spp)	Trebol (<i>Trifolion</i> spp)
Yuca (<i>Manihot esculenta</i> Crantz)	Tngo (<i>Triticum sativion</i>)	Algodonero (<i>Gossipium</i> spp)
Pasto gordura (<i>Melinis minutiflora</i> L)	Arroz (<i>Oriza sativa</i> L)	Coliflor (<i>Brassica oleracea</i> L)
Pasto puntero (<i>Hyparrhenia rufa</i> L)	Tomate (<i>Lycopersicum esculention</i> B)	Caña de azucar (<i>Sacarum officinurion</i> L)
Pasto braquiaria (<i>Brachiaria decumbens</i>)		

2 2 4 Cal Dolomítica

Es una mezcla de carbonato de calcio y magnesio. Generalmente contiene 40% de carbonato de calcio (CaCO_3) y 8 a 10% de carbonato de magnesio (MgCO_3). Esta cal tiene mucha importancia en suelos ácidos deficientes en Mg.

2 2 5 Escorias Thomas

Las Escorias Thomas son un subproducto de la industria del acero. En Colombia, son producidas por Acerías Paz del Río. Poseen un contenido relativamente alto en fósforo (P_2O_5), aproximadamente 10% y mediano de CaCO . Se aplica a los suelos, mas por su contenido de fósforo que como material de encalamiento, pero por su poder de neutralización son adecuadas para suelos ácidos deficientes en P como los de los Llanos Orientales. Las Escorias Thomas son también fuente de Mg.

2 2 6 Valor de neutralización de los distintos materiales

Los materiales para encalar los suelos difieren marcadamente en su capacidad para neutralizar la acidez. El valor de neutralización de la cal, depende de la cantidad de ácido que esta neutraliza. La Tabla 6 muestra el valor de neutralización de algunos materiales utilizados para encalar suelos, teniendo como base el contenido de carbonato de calcio puro (CaCO) con un poder neutralizante del 100%.

2 3 LA RELACION Ca/Mg

Uno de los problemas mas comunes en los suelos colombianos es el de la relación Ca/Mg en el complejo

TABLA 6 Equivalente CaCO_3 de varios materiales de encalamiento

Nombre Comun	Formula quimica	Equivalente CaCO_3
Carbonato de calcio puro	CaCO_3	100
Caliza-cal agricola	CaCO_3	70-95
Cal viva	CaO	150
Cal apagada	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	120
Cal dolomitica	$\text{CaCO}_3 \text{ MgCO}_3$	110
Escorias Thomas	-	60 - 70
Escorias de alto horno	-	75 - 90

Deben tenerse en cuenta las consideraciones anteriores a fin de conseguir los resultados que se persiguen con la utilizacion de esta practica

coloidal de los suelos En suelos donde la relacion Ca/Mg se halla en estado natural amplio, se ha constatado deficiencias de Mg Por otra parte, en suelos del Valle del rio Cauca, en donde la relacion es estrecha o menor que la unidad, se ha encontrado baja produccion en cultivos como el arroz, la caña de azucar y pastos

No obstante que se conocen muchos efectos beneficos del encalamiento en suelos extremadamente acidos, como el de neutralizar los efectos toxicos del Al y del Mn y aumentar la aprovechabilidad de otros nutrimentos, tambien puede causar disturbios en la fertilidad del suelo, como por ejemplo, el desbalanceamiento de la relacion Ca/Mg , provocando, en muchos casos, una deficiencia de Mg en las plantas Es una costumbre muy difundida aplicar cal a los suelos extremadamente acidos de las regiones humedas, sin efectuar ensayos previos para probar la bondad de esta practica

3 RECOMENDACIONES DE NITROGENO, FOSFORO Y POTASIO

3.1 FACTORES QUE AFECTAN LA EFICIENCIA DE LA FERTILIZACION

Los fertilizantes son tal vez el arma mas eficiente y rapida para la obtencion de una mayor productividad de las areas agricolas del pais Existen, sin embargo, una serie de factores que afectan la eficiencia de los fertilizantes, los cuales desafortunadamente no se pueden detectar con un analisis de suelos Estos factores son entre otras calidad de semilla, preparacion de terreno control fitosanitario, control de malezas, etc

Por lo anterior es necesario entender que el analisis de suelos y su correcta interpretacion no es suficiente para obtener optimas y eficientes producciones, ya que existe otras labores extremas que inciden directa e indirectamente sobre la marcha del cultivo que son necesarios tener en cuenta