

ALGUNOS ASPECTOS DEL MUESTREO DE SUELOS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Gloria Elena Navas Ríos

El análisis de suelo es una herramienta esencial para el agricultor que usa prácticas adecuadas de manejo del cultivo para obtener rendimientos altos, sostenidos y rentables. El análisis de suelos cuando se usa en conjunto con otra información de soporte, es una guía indispensable para llegar a diseñar recomendaciones que permitan el uso eficiente de fertilizantes y enmiendas.

El análisis de suelos es también de mucha ayuda para monitorizar el estado de fertilidad del suelo a través de los años y conocer si la fertilidad de suelo se reduce, se mantiene o aumenta y no se debe considerar como un gasto sino como una inversión.

El uso e interpretación de los análisis de suelos requiere de habilidad y sentido común.

La mayor fuente de error en el análisis de suelos es la toma de la muestra para el respectivo análisis en el laboratorio. Una muestra mal tomada puede dar resultados erróneos.

Instrucciones para tomar muestras de suelos para análisis químico. La toma adecuada de las muestras de suelo para análisis, tiene tanta importancia como la exactitud de las determinaciones del laboratorio o el criterio de interpretación de los resultados.

Una muestra de suelo es una mezcla de varias submuestras más pequeñas que se toman en distintas partes de un lote para cubrir toda el área del terreno que se quiere analizar y asegurar una información más precisa del nivel de fertilidad del área en estudio.

IA. MSc. Programa Regional Agrícola CORPOICA, Regional Ocho. C.I. La Libertad. A.A. 3129. Villavicencio, (Meta).

Una muestra compuesta pesa aproximadamente 500 g. debe incluir por lo menos 15 a 20 lugares diferentes del campo o área como se indica en la figura 1.

Cuando se deben tomar las muestras del suelo: Las muestras del suelo se deben tomar 2 o 3 meses antes de sembrar, ya que si es necesaria la aplicación de cal haya tiempo para incorporarla con la maquinaria. En los pastos establecidos el mejor tiempo para analizar el suelo y hacer la aplicación de fertilizantes, será 2 meses antes de comenzar el período de máximo crecimiento.

Las muestras de suelos deben tomarse cada 1 o 2 años para la mayoría de las cosechas; para las hortalizas o cosechas de alto valor, sería con más frecuencia. Siempre se deben tomar muestras de suelos, para análisis de fertilidad, antes de sembrar pastos y antes de hacer aplicaciones de cal.

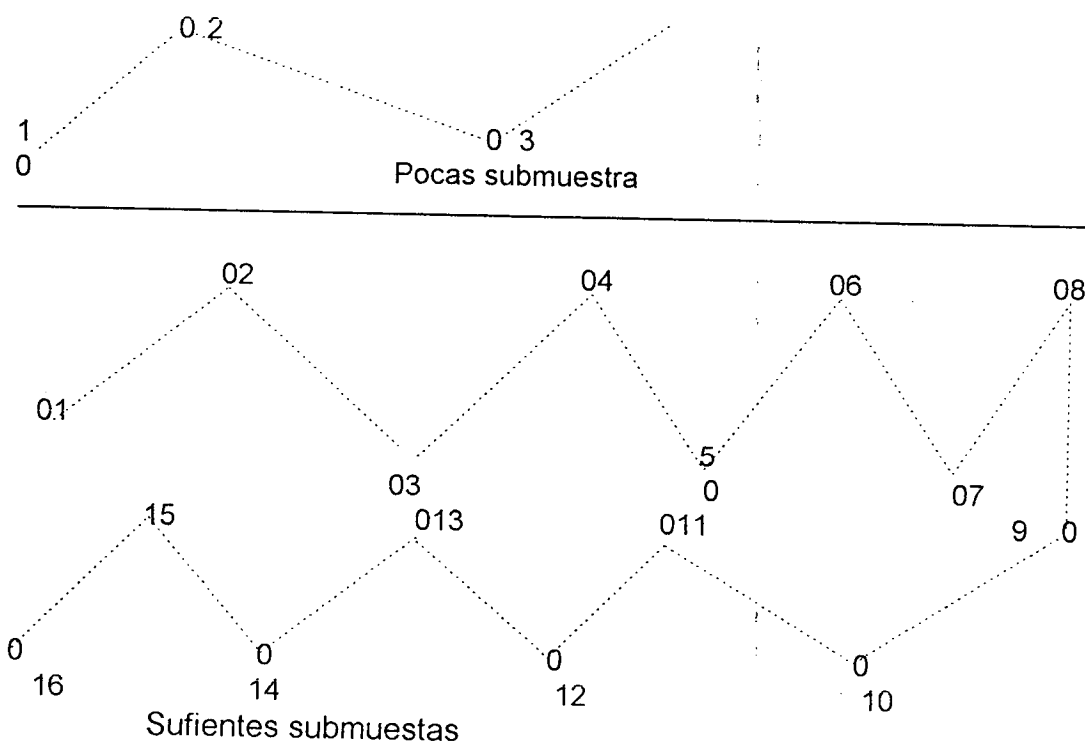


Figura 1: La muestra de suelo debe incluir suficiente submuestras.

El momento más oportuno para la toma de las muestras es cuando el suelo tiene el grado de humedad apropiada para las labores agrícolas. Si hay necesidad de tomar las muestras cuando el suelo esté muy húmedo, se debe extender la muestra compuesta sobre un papel limpio o plástico y secarla al aire a temperatura ambiente antes de enviarla al laboratorio. Nunca use calor artificial para acelerar el secamiento de la muestra.

Donde se debe tomar las muestras de suelos? Cuando el terreno presenta cambios en apariencia y producción, como consecuencia de la variación de la topografía, cantidad de erosión, clase de drenaje, y del tratamiento agrícola de los últimos años etc., es necesario para la toma de muestras del suelo dividir la finca en áreas que contemplen éstas variaciones. Es conveniente evitar aquellas áreas muy pequeñas que difieren mucho del resto del campo y que su tamaño no tengan significación en la producción de cultivos. En aquellos casos en que por razones especiales, interesa obtener una información analítica de éstos sitios, debe tomarse una muestra individual de éstos lugares.

Cuando se tomen muestras de suelos en lotes con cosechas cultivadas en surcos, tome las muestras entre los surcos o entre los caballones. No tome las muestras en la banda del fertilizante. Evite tomar muestras en áreas de antiguos canales, carreteras, caminos o sitios donde se haya colocado estiércol o cal, residuos de paja o quemas, o en limite de cambio de pendiente entre tierras planas y pendientes, en la orilla de las cercas, inmediato a los árboles, en parches pantanosos o cualquier área de uso poco común no representativa.

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 para la toma de muestras. En estas circunstancias las áreas no deben sobrepasar una superficie de 10 has. Cuando el área sea mayor deberá dividirse en unidades de ese tamaño. En la figura 2 se indica la forma de ubicar las áreas para la toma de muestras de suelos.

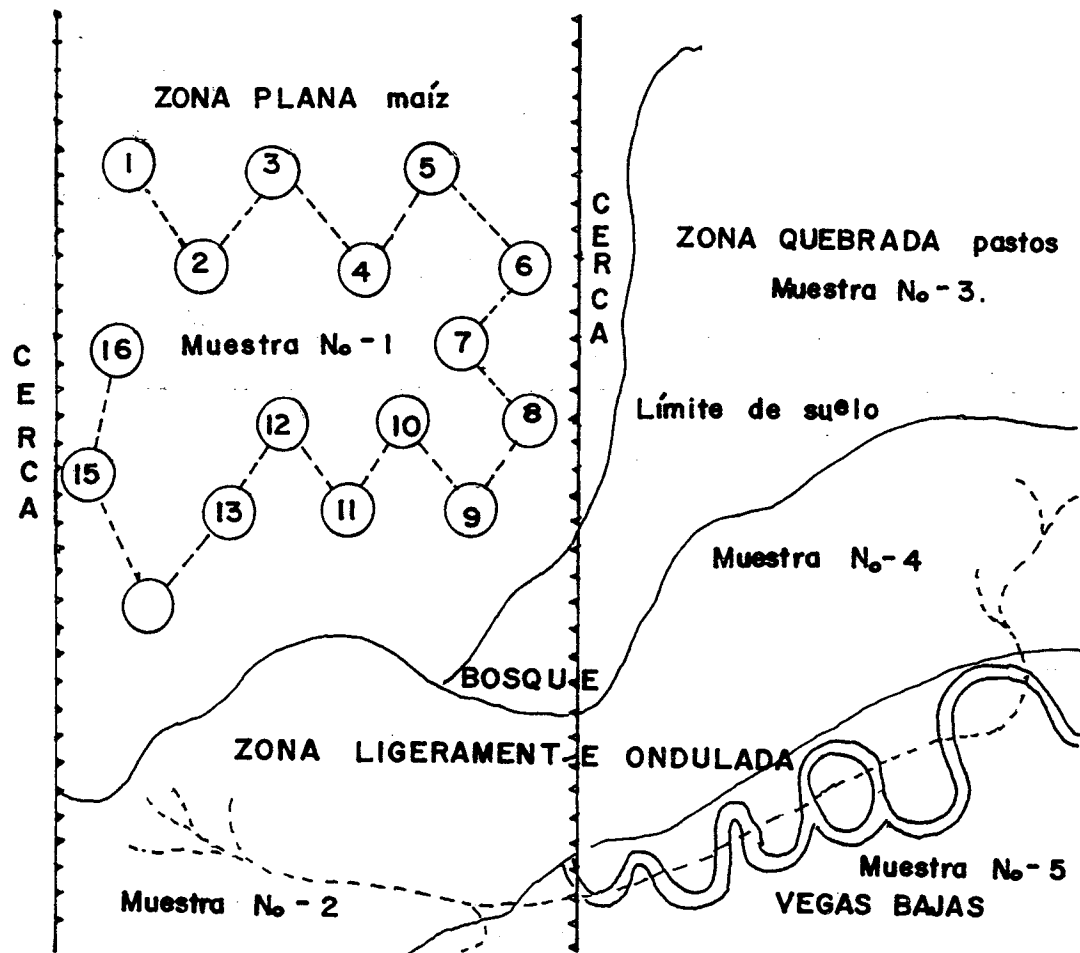


Fig. No-2. DIVISION DE LA FINCA EN AREAS Y RECOLECCION DE SUBMUESTRAS.

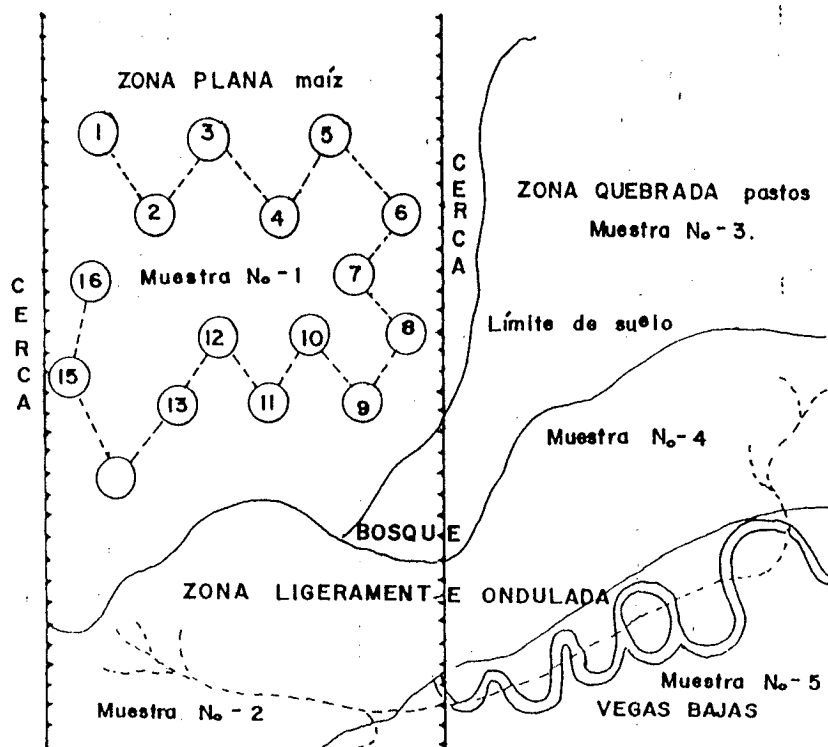


Fig. No-2. DIVISION DE LA FINCA EN AREAS Y RECOLECCION DE SUBMUESTRAS.

Profundidad a la cual se debe tomar la muestra. De 0-20 cm de profundidad cuando se trata de suelos cultivados y de 0-10 cm de profundidad para pastos.

Como tomar una muestra de suelos. Los materiales y herramientas para tomar las muestras de suelo son: Un balde limpio; un sacabocado, barreno, pala o garlanca; bolsas de plástico, hojas de información.

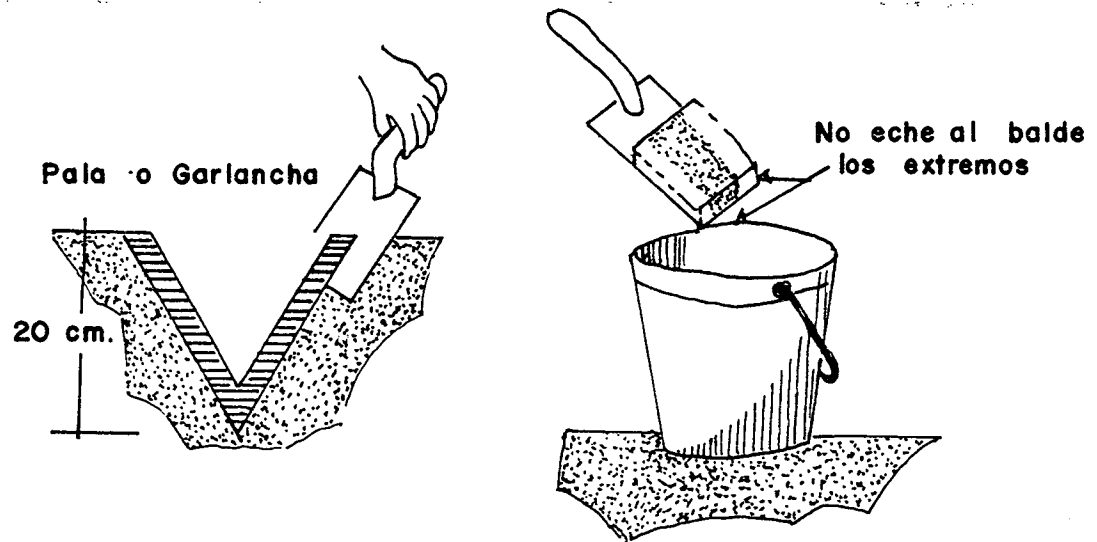


Fig. No- 3 FORMA DE TOMAR LAS MUESTRAS DE SUELO

Cuando la herramienta usada para la toma de la muestra es una pala o garlancha (figura 3), raspe aproximadamente 1 cm de la superficie del suelo, cabe un hueco en forma de v, cuyo tamaño aproximado sea el ancho de la pala y de una profundidad de 20 cm, luego corte una tajada de suelo de 2 o 3 cm de gruesa en la pared del hueco, tome una faja de 3 cm de ancho en el centro de la tajada. Coloque esta faja de suelo en el balde y repita la operación en 15 o 20 lugares de áreas delimitada para la toma de la muestra completa.

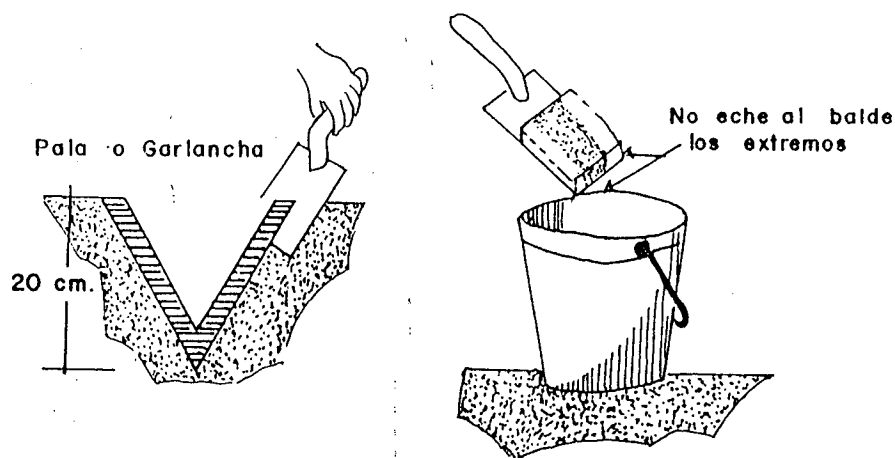


Fig. No.- 3 FORMA DE TOMAR LAS MUESTRAS DE SUELO

Cuando se usan barrenos o sacabocados (figura 4) para la toma de la muestra, al final de las 15 a 20 perforaciones ya se ha obtenido la tierra necesaria para tomar un volumen de alrededor de 500 g. de peso. Bote el suelo sobrante. No empaque las muestras en bolsas que hayan sido usadas

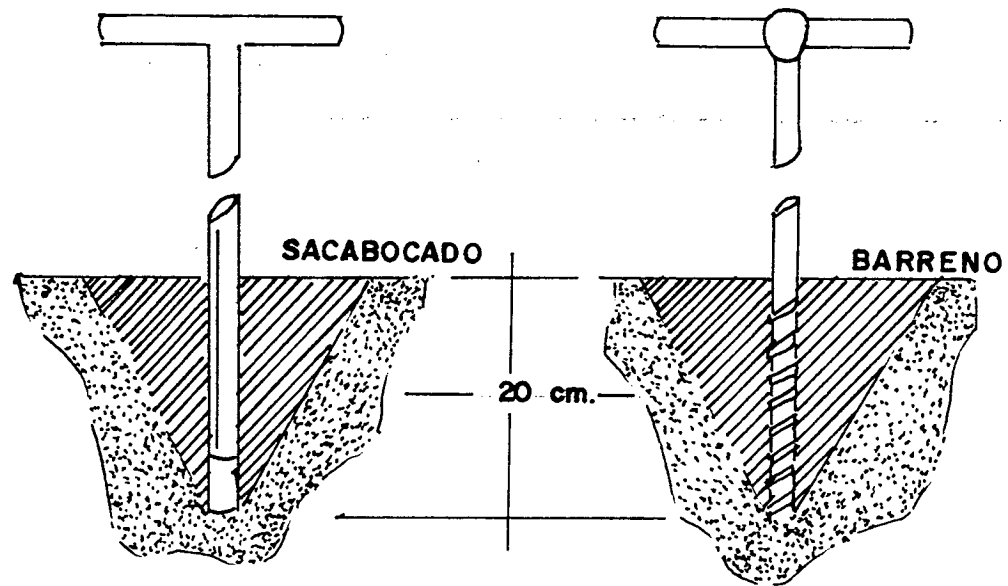


Fig. No-4. SACABOCADO Y BARRENO UTILIZADOS PARA TOMAR MUESTRA DE SUELOS.

con fertilizantes o sustancias químicas y evite fumar o dejar caer cenizas de cigarrillo al manipular las muestras.

Para análisis de salinidad se requiere más suelo aproximadamente 1.000 gr.

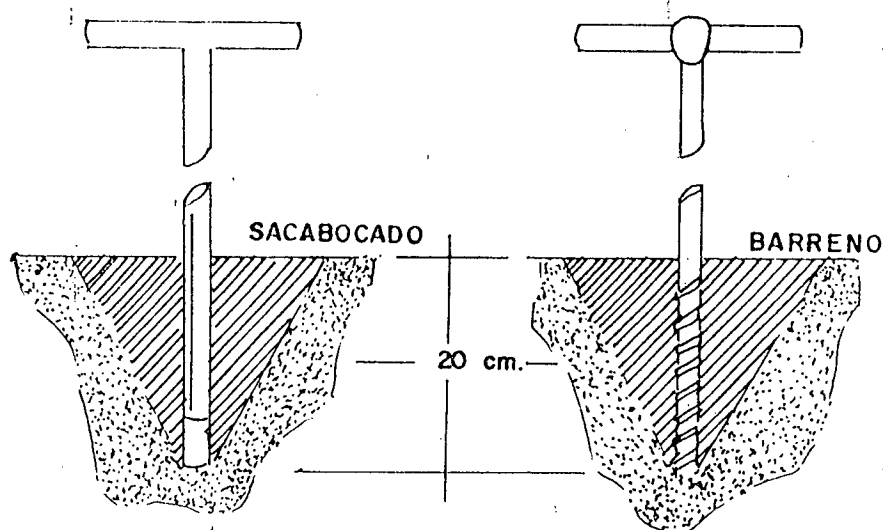


Fig. No-4. SACABOCADO Y BARRENO UTILIZADOS PARA TOMAR MUESTRA DE SUELOS.

Hoja de información sobre las muestras de suelos. Es importante llevar la hoja de información sobre las muestras de suelos, pues esto ayuda especialmente en la formulación de las recomendaciones que cada agricultor necesita.

Los datos a suministrar son los siguientes: Nombre y dirección completa del solicitante, nombre de la finca, corregimiento y municipio donde está localizada; tipo de análisis solicitado; profundidad de toma de las muestras; superficie que representa y la altitud; el cultivo para el cual se requiere la recomendación; como es el drenaje interno; se ha agregado cal en los últimos años? va a aplicar riego?; cuales son los cultivos realizados en los 2 últimos años? que tipo de fertilizantes se han utilizado? a razón de cuántos

kg/ha? cuanto rindió con fertilizantes? etc., observaciones si hay necesidad de ello.

Es importante conservar una copia de la información de la muestra de suelos y del análisis de suelos junto con los registros de los rendimientos de la cosecha y las aplicaciones de cal y fertilizantes. Además es conveniente tener un mapa de la finca en la cual se indiquen los lotes y áreas donde se han tomado las muestras de suelos numeradas claramente para conservar los registros del análisis de suelos (ICA, 1966).

Que elementos se analizan normalmente. Los elementos a analizarse dependen de la naturaleza del suelo, los cultivos a sembrarse y de los problemas que se espera encontrar con el suelo o el cultivo.

Todos los laboratorios en las regiones tropicales analizan el suelo por pH, AL intercambiable, requerimiento de Ca, P disponible y K intercambiable. Otros determinan MO, Ca y Mg intercambiable y CIC. Para los Oxisoles y ultisoles suelos de carga variable (conocidos antes como dependientes de pH), es recomendable determinar CICE el cual se obtiene sumando las bases y el AL extraídos con el análisis de suelo ordinario ($CICE = Ca + Mg + K + AL$).

Se asume que los análisis más confiables son pH, AL, requerimiento de cal, P disponible y K intercambiable. (INPOFOS, 1993).

Que significan las cifras de los reportes de los análisis de suelos. Las cifras presentados en el reporte de los resultados de análisis de suelos son solamente un índice. Debe tenerse en cuenta que el análisis de suelos no extrae y determina la cantidad de nutrientes que están disponibles inmediatamente, sino más bien la cantidad que puede pasar a ser disponible para la planta durante el ciclo.

Los niveles de fertilidad de suelo clasificados como bajo, medio o alto fueron calibrados con experimentos de campo en los cuales se han estudiado diferentes cantidades y combinaciones de fertilizantes. El cuadro 1 presenta la clasificación de nivel de fertilidad del suelo para el establecimiento de las pasturas tropicales.

Cuadro 1: Clasificación de la fertilidad natural del suelo, para el establecimiento de pasturas tropicales.

Parámetros del suelo	Nivel de fertilidad			
	Baja	Media	Alta	Muy alta
pH	< 4.5	4.5 - 5.5	5.5 - 6.5	> 6.5
P (p.p.m) ^a	< 2	2 - 5	5 - 10	> 10
K (meq/100g) ^a	< 0.05	0.05 - 0.10	0.10 - 0.15	>0.15
Mg (meq/100g) ^b	< 0.08	0.08 - 0.12	0.12 - 0.20	>0.20
Saturación AL (%) ^b	>80	60 - 80	20 - 60	<20
Saturación Ca (%) ^b	<20	20 - 40	40 - 60	>60
Saturación Mg (5) ^b	<5	5 - 15	15 - 30	>30
S (p.p.m)	<10	10 - 15	15 - 20	>20
Zn (p.p.m.) ^c	<0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 1.5	>1.5
Cu (p.p.m.) ^c	<0.5	0.5 - 10	1 - 3	>3
B (p.p.m.) ^c	<0.3	0.3 - 0.5	0.5 - 1.0	>1
Mn (p.p.m.) ^c	<1	1 - 5	5 - 10	>10
Mo	<5	5 - 8	8-12	>12

a = Extractor: solución Bray II

b = Extractor: con KCL 1N. Calculados individualmente en base porcentual con tres elementos

c= Extractor ácido doble 1:4

Fuente: Salinas y García (1985).

Como interpretar el análisis de suelos. El análisis de suelos, usado conjuntamente con información complementaria, sirve para diseñar recomendaciones que buscan eliminar las deficiencias de nutrientes del suelo como factor limitante en el crecimiento del cultivo. Estas recomendaciones son diseñados para maximizar la eficiencia del uso de fertilizantes y minimizar cualquier efecto adverso de los fertilizantes en el ambiente.

Se debe hacer énfasis que el análisis de suelo se utiliza no solamente para hacer recomendaciones de fertilización para un cultivo en particular, sino también para monitorizar la fertilidad del suelo.

El objetivo principal cuando se interpreta el análisis de suelo y se diseña una recomendación de fertilización, debe ser el de mantener los niveles de nutrientes lo suficientemente altos para que el suplemento para las plantas no sea un factor limitante en cualquier etapa de crecimiento del cultivo. (INPOFOS, 1993).

INTERPRETACIÓN DEL ANÁLISIS

La acidez del suelo. La acidez de los suelos está asociado con la presencia del H^+ y AL^{3+} en forma intercambiable. La acidez puede dividirse en dos componentes: acidez activa y acidez potencial.

La acidez activa es la que está en la solución del suelo. La acidez potencial está asociada con las superficies de los coloides orgánicos y minerales. El pH del suelo es una medida de la cantidad de acidez activa que contiene el mismo. En algunos suelos la acidez potencial es exceso de iones de H^+ , pero en la mayoría el AL^{3+} es la fuente de la acidez potencial.

El pH se define como el logaritmo del recíproco de la concentración de iones de H. Este influye en la disponibilidad de los nutrientes mayores y menores. En los suelos ácidos hay generalmente buenas cantidades de elementos menores a excepción de Mg y poca disponibilidad de P y bases de cambio; en el rango de pH 6.1 a 7.3 la disponibilidad de nutrientes para las plantas es óptima. La clasificación de pH en los suelos es la siguiente: Menos de 5.5 es muy ácido, de 5.5 a 5.9 es moderadamente ácido, de 5.9 a 6.5 ligeramente ácido, de 6.6 a 7.3 casi neutro, de 7.4 a 8.0 alcalino y más de 8.0 muy alcalino (Alvarez, 1979; ICA, 1968 INPOFOS. 1993).

Materia orgánica. Un nivel adecuado de materia orgánica mejora las propiedades físicas de los suelos; hace los suelos pesados más friables, fáciles de trabajar y promueve una mejor estructura; mejora la capacidad de los suelos ligeros para retener agua y disminuye la pérdida de nutrientes por lixiviación.

La materia orgánica es fuente de nutrientes para las plantas, particularmente N, P y S. En términos generales el porcentaje de materia orgánica del suelo dividida por 20 es igual al porcentaje del N total del suelo. El principal efecto

de la materia orgánica sobre la reacción del suelo o pH, no es hacer el suelo ácido sino aumentar la capacidad amortiguadora (Buffer) del suelo, dicho en otra forma la presencia de la materia orgánica tiende a disminuir la tendencia del pH del suelo a cambiar cuando se agrega material ácido o alcalino. (ICA, 1968).

El nitrógeno del suelo. El clima juega un papel importante en el contenido de N del suelo, al afectar el crecimiento de las plantas y la actividad de los microorganismos. En climas calurosos y húmedos la rata de descomposición de la materia orgánica es rápida y de ahí que haya un rápido reintegro del N con alta aprovechabilidad. En climas fríos la materia orgánica se acumula y la cantidad de N total en el suelo disminuye.

En Colombia el problema del N se acentúa al aumentar la temperatura y la precipitación en las distintas regiones, además hay que tener en cuenta las exigencias del cultivo y algunas propiedades del suelo, para la recomendación de fertilizantes nitrogenados. (ICA, 1968).

Clima	Clasificación del % de materia orgánica		
	Bajo	Medio	Alto
Frio	Menor de 5	5-10	mayor de 10
Medio	Menor de 3	3-5	Mayor de 5
Cálido	Menor de 3	2-4	Mayor de 4

Adaptado de Alvarez, 1979.

Fósforo (P)

La deficiencia de P es general en los suelos ácidos de la altillanura plana y el piedemonte llanero, no solo por su bajo contenido sino por su capacidad para fijar e inmovilizar éste especialmente en los suelos donde predomina la caolinita y la haloisita y abundan los óxidos de Fe.

La eficiencia de P es mayor en los suelos inundados porque con la reducción química se incrementa su solubilidad y disminuye la fijación por Fe y AL. Se debe aplicar este nutrimento a la siembra, pues las plántulas durante las fases iniciales de desarrollo requieren P fácilmente asimilable, para iniciar sus procesos energéticos de fotosíntesis y absorción de otros nutrimentos. (Acosta et al., 1995).

Este nutrimento es importante en el establecimiento y persistencia de las gramíneas y leguminosas. La deficiencia de P en las plantas forrajeras se manifiesta por un crecimiento lento, hojas pequeñas y caída prematura, crecimiento radicular pobre y consecuentemente sensible a la sequía. En los leguminosas se reducen el número de nódulos y su eficiencia en la fijación de N. En general en Oxisoles y Ultisoles tropicales se recomienda aplicar 30 kg./ha de P cada año al inicio de las lluvias para el mantenimiento de las pasturas. (Escobar et al., 1995).

En general la clasificación de los suelos en bajos, medios y altos, está basada en la probabilidad de respuesta de una cosecha a la aplicación de fertilizantes fosfóricos. Cuando el suelo está clasificado en la categoría de bajo, la probabilidad de respuesta de una cosecha a la aplicación de fertilizantes fosfóricos es mucho más alta que en otro suelo clasificado en la categoría alto, en el cual la probabilidad de respuesta es mínima. (ICA, 1968).

Potasio (k)

Se pierde por lixiviación, fijación y absorción por las arcillas del suelo. Los requerimientos internos de K en gramíneas y leguminosas son variables de acuerdo a la especie, siendo mayores los requerimientos para las leguminosas. (Acosta et al., 1995).

Pasturas de gramíneas y leguminosas deficientes en K en general son poco desarrolladas, las hojas viejas presentan clorosis en el ápice, necrosis y defoliación, los tallos son raquíticos y poco resistentes al volcamiento.

En suelos con baja disponibilidad de K, la reposición de este nutrimento a través de las heces y orina del ganado no es suficiente. (Escobar, et al., 1995).

Calcio (Ca)

La aplicación de Ca debe hacerse en forma incorporada por lo menos 30 días antes de la siembra; en el caso de pasturas ya establecidas la aplicación debe hacerse al voleo al inicio de las lluvias. (Escobar, et al., 1995).

Los requerimientos de fertilización con Ca son similares para gramíneas y leguminosas y oscilan entre 100 y 200kg/ha de Ca. (Acosta et al., 1995).

Magnesio (Mg)

Las concentraciones críticas internas de Mg en las gramíneas están alrededor de 0.2% y para las leguminosas en 0.3% lo que equivale a una aplicación de 10 kg/ha de Mg; este elemento es constituyente esencial de la molécula de clorofila.

Azufre (S)

A pesar de su baja disponibilidad, raras veces se ha informado de deficiencia de S en las especies forrajeras tropicales. La fertilización con S se hace más importante en los suelos arenosos cuyo contenido de materia orgánica es baja. (Acosta et al., 1995).

Micronutrientos. Los requerimientos externos de micronutrientos en la mayoría de las especies forrajeras comerciales y promisorios son bajos. El cuadro 2 presenta una guía de las concentraciones de estos en el tejido vegetal y en el suelo, asociados con los síntomas de deficiencia y toxicidad aplicable a gramíneas y leguminosas.

Cuadro 2: Rangos de concentración de micronutrientos en los cuales éstos causan deficiencia o toxicidad en especies forrajeras tropicales sembradas en varios tipos de suelos .

Micronutrientos	Deficiencia en		Toxicidad en		Recomendación n Kg/ha
	Tejido (ppm)	Suelo (ppm)	Tejido (ppm)	Suelo (ppm)	
Zn	15-20	0.5-1.0	60-80	20-30	3.0
Cu	2-4	0.1-0.4	10	15-25	2.0
B	2-4	0.3-0.5	12	3-5	1.0
Mn	10-20	1.0-5.0	500	100-200	-----

Fuente: Salinas y Sait (1989)

El cuadro 3 presenta un resumen de la fertilización de establecimiento de las especies forrajeras comerciales para la Orinoquia y Amazonia Colombiana.

Cuadro 3: Fertilización de establecimiento para las principales especies forrajeras de la Orinoquia y Amazonía Colombiana

Especie	Nombre común y/o cultivar	Fertilización de establecimiento (Kg/ha)					
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Cal agricola	S	
GRAMINEAS							
Brachiaria decumbens	Brachiaria común	25 ^a	30-45	20-30	300-500		
B. dictyoneura	Llanero	25 ^a	30-45	30-50	200-300		
B. humidicola	p. humidicola	25 ^a	30-45	30-50	200-300		
B. brizantha	La Libertad	25 ^a	30-45	20-30	300-500		
Panicum maximum	Guinea	50 ^b	20-30	20-30	500		
Andropogon gayanus	Carimagua		20-30	20-30	200-300		
B. arrecta	Tanner	50	50-60	30-50	300-500		
B. mutica	Pará	50	100	50	300-500		
Echinochloa polystachia	Alemán	50	50	30-50	300-500		
LEGUMINOSAS							
					Ca	Mg	
Arachis pintoi	Maní forrajero perenne		30-50	30-50	300-500	15-20	10-15
Centrosema acutifolium	Centrosena Vichada		50	20-30	300-500	10	10
Pueraria phaseoloides	Kudzú común		50-80	50	500	20	20
Stylosanthes capitata	Capica		50	50	300	10-15	10

a: 30 -40 días después de la siembra aplicada al voleo como la úrea

b. Responde a la fertilización con N y P

Adaptado de Belalcazar, et al., (1994)

Además de las especies forrajeras presentadas en el cuadro 3 existen otras especies como *Melinis minutiflora* (Gordura) que requiere en el establecimiento de 30-45 kg/ha de P₂O₅ y de 15 a 30 kg/ha de K₂O; *Hyparrhenia rufa* (puntero) requiere de 45-60 kg/ha de P₂O₅ y 30-45 de K₂O; *Desmodium ovalifolium* requiere de 30-45 kg/ha P₂O₅, 30-45 kg/ha de K₂O, 15 kg/ha de Mg y de 5-10 kg/ha de S, si la fuente de P no contiene Ca se debe aplicar de 250-500Kg/ha de cal dolomítica; las variedades de pasto elefante *Penisetum purpureum* requieren de 1 a 2 t/ha de cal dolomítica, incorporada 20 a 30 días antes de la siembra y de 100 180 Kg/ha de P₂O₅ al establecimiento, el K y N se deben aplicar 20 a 30 después de la

siembra en dosis de 60 Kg/ha de K_2O y 50 Kg/ha de N; para el pasto imperial ***Axonopus scoparius*** se comporta bien con aplicaciones de 75-100 Kg/ha de P_2O_5 , 60 Kg/ha de K_2O y 46 Kg/ha de N.

Para el mantenimiento de praderas en pastoreo se recomienda aplicar anual o bianualmente 30-50% de los niveles de fertilización utilizados en la siembra, o emplear abonos compuestos en dosis de 100 Kg/ha. Cuando en la pradera hay leguminosas o está sembrada en asociación con ellas hay que adicionar 10 Kg/ha de Mg y 5 Kg/ha de S.

Las épocas más adecuados para la fertilización de mantenimiento de potreros es el inicio del período de lluvias o un poco antes de su finalización. La aplicación al final de invierno tiene la ventaja de reducir pérdidas por lixiviación y mejorar la disponibilidad de forraje en el verano (Spain, 1983, Pérez et al., 1994)

MUESTRAS DE SUELOS PARA ANALISIS FISICOS

Además de las muestras para análisis químico de nutrimentos en el suelo es conveniente en el área hacer 3 o 4 calicatas para mirar profundidad efectiva de raíces, estructura, textura y presencia de capas compactas, para lo cual se pueden tomar varias muestras para mirar densidad aparente, densidad real y calcular porosidad total del suelo. Estas características físicas del suelo son determinantes de la intensidad de la labranza y de la clase de maquinaria e implementos a usar.

Profundidad efectiva. Indica el área o zona hasta donde pueden penetrar las raíces sin que se presenten impedimentos de tipo físico (rocas, capas compactadas etc.).

La preparación del suelo debe eliminar las capas duras presentes y evitar su formación, además debe inducir a un mejor intercambio de gases entre la superficie y el interior del suelo y a un aumento en la capacidad de retener humedad, estimulando de paso la actividad bacterial. (IGAC. 1990; Acosta et. al., 1995).

Estructura del suelo. Son las formas como están agrupadas las partículas: arena, limo, arcilla en conjuntos estables o agregados. Los agregados son unidades secundarias o gránulos formados por muchas partículas de suelo

enlazados o cementados por varias sustancias, los agregados naturales se denominan granos.

La palabra terrón se usa para denominar masas coherentes de suelo con forma variable, que se han perturbado por algún medio artificial como la labranza.

La intensidad de la labranza depende en gran parte, de la estabilidad estructural del suelo. Las propiedades estructurales como son su densidad aparente y espacio poroso, son importantes al momento de decidir la preparación del suelo. Los suelos que han sido sobrepastoreados, o que han sido sometidos a laboreo intensivo, sufren un proceso de compactación, principalmente en las capas superiores, presentando una disminución en el tamaño de los poros y una aireación y movimiento de agua deficientes; por lo tanto las labores de preparación deben conducir a la recuperación de éstas propiedades.

La velocidad de infiltración del agua en el suelo está determinada por la estructura, estructuras laminares y masivas son poco permeables, mientras que las estructuras granurales y de grano suelto no ofrecen interferencia al movimiento del agua. (Acosta et al., 1995; IGAC, 1990).

Textura. Es determinado por la proporción de las partículas que forman el suelo: arena (2 - 0.05mm), limo (0.05 - 0.002mm) y arcilla (menor de 0.002mm).

La textura del suelo determina en muchas ocasiones la intensidad de labranza, en suelos arenosos la labranza será reducida y muchas veces es suficiente el paso superficial de un implemento (cincel o rastrillo), mientras que en suelos pesados o con alto contenido de arcilla, es necesario una mayor intensidad de labranza.

De la textura del suelo va a depender la facilidad de penetración de las raíces, contenido y retención de nutrientes y movimiento de agua y aire en él. (Acosta, et al., 1995; Alvarez, 1979; IGAC, 1990)

Fuentes de fertilizantes. En el cuadro 4 aparece la lista de los fertilizantes más comunes en el país.

Cuadro 4. Fórmula y composición química de los fertilizantes comerciales en Colombia

- Fertilizantes nitrogenados Úrea $\text{Ca}(\text{NH}_2)_2$ Nitrate de amonio NH_2NO_3^* Fosfato de amonio (MAP) Fosfato dianómico (DAP) Sulfato de amonio $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	46% N 33-34.5% N 12% N 22% P 18% N 20%P 21% N 24% S
- Fertilizantes fosfatados Superfosfato tripe $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ Superfosfato simple $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4) + \text{CaSO}_4$ Calfos Roca fosfórica Huila (Fosforita) Roca fosfórica Pesca Fosfato de magnesio fundido	20% P 14% Ca 7%P 20%Ca 12%S 4%P 37%Ca 1%Mg 8%P 30% Ca 8%P 20%Ca 15P 8%Mg
- Fertilizantes potásicos Cloruro de potasio KCL Sulfato de potasio K_2SO_4 Sulpomag (KMAG)	50%K 42%K 18%S 18%K 11% Mg 22%S
- Fertilizantes de nutrimentos secundarios Sulcamag Sulfato de magnesio Oxido de magnesio Sulfato de Zn Sulfato de Cu Borax Yeso comercial CaSO_4 Cal dolomítica $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ Cal dolomita Cal agrícola CaCO_3 Flor de azufre	18%Ca 96%Mg 9S 10%Mg 13%S 32%Mg 22% Zn 25% S 24%Cu 15%S 14%B 14 - 17%Ca 10-13%S 25-30%Ca 7-12%Mg 9.5%Mg. 30%Ca 85%S
- Fertilizantes compuestos 15-15-15 14-14-14 12-20-20 10-30-10	15%N 6.5%P 12.5K 14%N 6.1%P 11.7%K 10%N 8.7%P 16.7%K 10%N 13.1%P 8.3%K

* El nitrón 26 es un nitrato de amonio que contiene 26% de N.

Adaptado de Marin (1982)

Cálculos de fertilizantes. Para los efectos de los cálculos es necesario tener en cuenta las especies forrajeras a sembrar, sus requerimientos nutricionales principalmente en términos de P, K, Mg y S y las fuentes que ofrecen más de un nutrimento. Generalmente la cantidad a utilizar de productos de fertilizantes está determinada por el elemento de mayor demanda.

Como los análisis de suelos los nutrientes vienen expresados como p.p.m. (partes por millón), los cuales son unidades en un millón de unidades de la misma especie ejemplo: kg. en un millón de kg.; meq/100g de suelo, se denomina meq (miliequitativamente) el equivalente dividido por 1.000 y un equivalente es el peso atómico del elemento dividido por su valencia.

* Pesos atómicos para algunos nutrientes:

$$P = 31, O = 16, Ca = 40, Mg = 24, K = 39 \text{ y } Na = 23g.$$

* Factores de conversión que ayudarán para los cálculos de nutrientes:

$$P_2O_5 = P \times 2.29$$

$$K_2O = K \times 1.20$$

$$CaO = Ca \times 1.40$$

$$MgO = Mg \times 1.66$$

Ejemplos:

1. Si un análisis de suelos da 20 p.p.m. de P, a cuantos kg/ha equivale éste, si se asume como 200.000 kg el peso 1 hectárea de la capa arable. Expréselo en forma de P_2O_5 .

$$\begin{array}{l} 1000.000 \text{ Kg} - 20 \text{ Kg P} \\ 2000.000 \text{ Kg} - X \end{array} \quad X = \frac{20 \times 2000.000}{1000.000} = 40 \text{ kg P/ha}$$

Para expresarlo como P_2O_5 /ha: $40 \text{ kg P} \times 2.29 = 91.6 \text{ kg } P_2O_5$ /ha
o simplemente se busca el peso de la molécula P_2O_5

$$P_2O_5 = 31 \times 2 + 16 \times 5 = 62 + 80 = 142 \text{ kg.}$$

$$\begin{array}{l} \text{Si } 62 \text{ Kg P} - 142 \text{ kg } P_2O_5 \\ 40 \text{ kg P} - X \end{array} \quad X = \frac{40 \times 142}{62} = 91.6 \text{ kg } P_2O_5/\text{ha}$$

2. Si un análisis de suelos da 1 meq Ca/100g suelo a cuánto kg Ca/ha equivale; si 1 ha de suelo de la capa arable pesa 2000.000 kg. Expreselo también como Ca CO₃ y CaO en kg/ha.

$$\text{Ca} = \frac{\text{Pm}}{\text{\#val}} = \frac{40}{2} = 20\text{g}$$

$$1 \text{ meq Ca} = \frac{20\text{g}}{1000} = 0.02 \text{ g en } 100 \text{ g suelo}$$

$$\begin{array}{l} 0.1\text{K} - 0.02\text{g} \\ 2000.000 - X \end{array} \quad X = \frac{2000.000 \times 0.02}{0.1} = 400.000\text{g Ca/ha}$$

$$X = 400 \text{ kg Ca/ha}$$

Para expresarlo como Ca CO₃:

$$\text{CaCO}_3 = 40 + 12 + 16 \times 3 = 40 + 12 + 48 = 100\text{g}$$

$$\begin{array}{l} 40 \text{ kg Ca} - 10\text{kg Ca} \\ 400 \text{ kg Ca} - X \end{array} \quad X = \frac{400 \times 100}{40} = 1000 \text{ kg CaCO}_3/\text{ha}$$

$$\text{CaO} = 40 + 16 = 56 \text{ g}$$

$$\begin{array}{l} 40 \text{ Kg Ca} - 56 \text{ kg CaO} \\ 400 \text{ kg Ca} - X \end{array} \quad X = \frac{400 \times 56}{40} = 560 \text{ kg CaO/ha}$$

3. En una finca del Piedemonte llanero se van a establecer 20 has de **B. dictyoneura** asociada con **A. pintoii** y se sugiere al productor hacer una fertilización de establecimiento así:

Elemento	Cantidad (Kg/ha)
P	22
K	27
Mg	18
S	12

Fuente de fertilizantes: Fosforita Huila y sulpomag se recomienda aplicar el P antes de la siembra, incorporándolo con el último pase de rastrillo y los demás elementos se aplicarán 30 y 50 días después de la siembra (repartidos en partes iguales).

Cálculos:

$$\begin{array}{rcl}
 100 \text{ kg Fosforita Huila} & - & 8 \text{ kg P} \\
 X & & 22
 \end{array}
 \quad
 X = \frac{22 \times 100}{8} = 275 \text{ kg/ha}$$

Para K primera aplicación la mitad de lo requerido (13.5 kg)

$$\begin{array}{rcl}
 100 \text{ Kg sulpomag} & - & 19 \text{ kg K} \\
 X & & 13.5
 \end{array}
 \quad
 X = \frac{13.5 \times 100}{18} = 75 \text{ kg/ha}$$

Para el total de la aplicación de K:

$$2 \times 75 = 150 \text{ kg/ha}$$

Con fines didácticos se calcula el aporte de Ca a través de la Fosforita Huila, el Mg y S con el sulpomag

$$\begin{array}{rcl}
 100 \text{ kg Fosforita Huila} & - & 30 \text{ kg Ca} \\
 275 & - & X
 \end{array}
 \quad
 X = \frac{275 \times 30}{100} = 82.5 \text{ kg Ca/ha}$$

$$\begin{array}{rcl} 100 \text{ kg sulphomag} & - & 11 \text{ kg Mg} \\ 150 \text{ kg} & - & X \end{array} \quad X = \frac{150 \times 11}{100} = 1.65 \text{ Kg Mg/ha}$$

$$\begin{array}{rcl} 100 \text{ kg sulphomag} & - & 22 \text{ kg S} \\ 150 \text{ kg} & - & X \end{array} \quad X = \frac{150 \times 22}{100} = 33 \text{ kg S/ha}$$

Si al determinar las cantidades de elementos requeridos éstos resultan inferiores como es el caso de Mg (18 Vs 16.5) o superiores como en el S (12 Vs 30), no debe ser motivo de preocupación, ya que son cantidades aproximadas.

4. Se tiene un análisis de caracterización de un suelo de Cumaral: Textura: FAra; pH = 4.9; MO = 2.8%; P = 3p.p.m.; AL = 3.2, Ca = 0.25, Mg = 0.09, K = 0.09 y Na=0.06 meq/100g; Fe = 48, B= 0.19, Cu = 3.1, Mn = 16, Zn = 1.2 y S = 5.9 p.p.m. Se van a sembrar 2 potreros de 3 has cada uno, con **B dec** y **B. dec + A.p**. Los fertilizantes que se pueden conseguir en el mercado son: SFT Roca fosfórica Huila KCL Cal agrícola, flor de azufre y Cal dolomítica.

De acuerdo al nivel de fertilidad (cuadro 1) si tiene que es un suelo ácido, con buen contenido de MO; contenido medio de P, K; bajo de B y S; alto de Zn; % sat AL = 86.7 alto; % sat Ca = 6.8 y % sat Mg = 2.4 baja.

Los requerimientos de fertilidad las especies a sembrarse (cuadro 3) son:

B.dec 25 N, 30 - 45P₂O₅, 20-30 K₂O 300 - 500 cal agrícola (kg/ha)
A. p. 30 - 50 P₂O₅, 30-50 K₂O, 300-500Ca, 15-20 Mg y 10-15 S(Kg/ha)

Como de las dos especies, el **A. p** es más exigente, el cálculo se hará en base a ella, se requiere 30 P₂O₅, 30 K₂O, 15 a 20 Mg y 10 a 15 S (Kg/ha)

Fuentes a usar: RFH (8%P y 30% Ca)

KCL (50%K)

Cal dolomítica (30% Ca y 12% Mg)

RFH: 8 kg P X 2.29 = 18.3 kg P₂O₅

$$\begin{array}{rcl}
 100 \text{ kg RFH} & - & 18.3 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \\
 X & & 30 \text{ kg P}_2\text{O}_5
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{l}
 30 \times 100 \\
 X = \frac{\quad}{18.3} = 163.9 \text{ kg RFH/ha} \\
 \cong 3 \text{ bultos RFH/ha}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{rcl}
 100 \text{ kg RFH} & - & 30 \text{ kg Ca} \\
 163.9 & - & X
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{l}
 163.9 \times 30 \\
 X = \frac{\quad}{100} = 49.2 \text{ kg Ca/ha} \\
 \text{lo aportado}
 \end{array}$$

$$\text{KCL: } 50 \text{ kg K} \times 1.20 = 60 \text{ kg K}_2\text{O}$$

$$\begin{array}{rcl}
 100 \text{ kg KCL} & - & 60 \text{ Kg K}_2\text{O} \\
 X & & 30 \text{ Kg K}_2\text{O}
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{l}
 30 \times 100 \\
 X = \frac{\quad}{60} = 50 \text{ kg K CL/ha} \\
 = 1 \text{ bulto KCL/ha}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{rcl}
 100 \text{ Kg cal dolomitica} & - & 30 \text{ Kg Ca} \\
 X & & 250 \text{ kg Ca}
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{l}
 250 \times 100 \\
 X = \frac{\quad}{30} = 833 \text{ kg cal} \\
 \text{dolomitica/ha} \\
 \cong 16 \text{ bultos cal dolomitica/ha}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{rcl}
 100 \text{ kg Flor de S} & - & 85 \text{ kg S} \\
 X & & 10 \text{ kg S}
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{l}
 10 \times 100 \\
 X = \frac{\quad}{85} = 11.8 \text{ kg flor S/ha}
 \end{array}$$

Para saber cuánto Ca faltaría donde está el **B. dec** solo; Se recomienda 300 kg/ha de Cal agrícola.

$$\begin{array}{rcl}
 100 \text{ kg Cal agrícola} & - & 30 \text{ kg Ca} \\
 300 & - & X
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{l}
 300 \times 30 \\
 X = \frac{\quad}{100} = 90 \text{ kg Ca/ha}
 \end{array}$$

Como al aplicar RHF apporto 49 kg Ca/ha, solo restaría por aplicar 41 kg Ca/ha

$$\begin{array}{rcl}
 100 \text{ kg Cal dolomítica} & - & 30 \text{ kg Ca} \\
 X & & 41 \text{ kg Ca}
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{l}
 41 \times 100 \\
 X = \frac{\quad}{30} = 136.7 \text{ kg cal dolomítica/ha} \\
 \cong 3 \text{ bultos cal dolomítica/ha}
 \end{array}$$

Para 3 has de **B. dec** se necesitará
 9 bultos de Cal dolomítica
 9 bultos de RHF
 3 bultos de KCL

Para 3 has de **B. dec + A. p** se necesitará.
 48 bultos de Cal dolomítica
 9 bultos de RHF
 3 bultos de KCL
 35 kg de flor de azufre.

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

- ACOSTA, E. A, PARDO, O, Duran, C.V.; GUALDRÓN, R y SOTO G. 1995. Capacitación en Tecnología de Producción de Pastos: Establecimiento de Pasturas en Suelos ácidos de Colombia. Fascículo 3. CIAT, NESTLE, BANCO GANADERO. 155p.
- ALVAREZ. O.J. 1979. Interpretación de Análisis de Suelos y bases para la aplicación de fertilizantes. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Programa de Desarrollo y Diversificación de zonas cafeteras. Departamento de Investigaciones y Programación . Imprenta Bancafetero. 32p.
- BELALCAZAR. J. DURAN, C. C. V. LEMUS, L:H. 1994. Especies forrajeras tropicales de interés para pasturas en suelos ácidos de Colombia. En: Unidades de Aprendizaje para la capacitación en Tecnología de Pastos. Zapata, S. V y Duran C. C. V. (eds). Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT. Cali. Colombia. Vaidad 2.
- ESCOBAR. C., LOTERO. J. I. SOTO. L. .A. 1995. Capacitación en Tecnología de Producción de Pastos: Agroecosistemas en suelos ácidos de Colombia. Fascículo 1. CIAT, NESTLE, BANCO GANADERO. 83p.
- ICA. 1968. Algunos aspectos del análisis de suelos. Segunda edición. Boletín de Divulgación. número 16. Centro de Comunicaciones. Tibaitatá. Bogotá. 55p.
- IGAC. 1990. Propiedades físicas de los suelos subdirección agroecológica. Bogotá. 813p.
- INPOFOS. 1993. Diagnóstico del Estado Nutricional de los Cultivos. Quito - Ecuador. 55p.

- MARIN, M. G. 1982. La Fertilidad de los Suelos Colombianos y las Necesidades de Fertilizantes. ICA. Programa de Suelos. Tibaitatá, Colombia. Boletín Técnico. Numero 95.
- PEREZ. B.R. GOMEZ. S. J. ACOSTA. A. A. NAVAS R. G. 1994. El Pasto Brachiaria: Característica, manejo y producción animal en la Orinoquia Colombiana. Editorial Produmedios. ICA. Bogotá. 32p.
- SALINAS, J.G. GARCIA. R. 1985. Métodos químicos para el Análisis de suelos ácidos y plantas forrajeras. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali. Colombia. 83p.
- SALINAS, J.G. SAIF. S.R. 1989. Requerimientos nutricionales de *Andropogon gayanus*. En: TOLEDO, J.M. VERA. R. LASCANO. C. y LENNE. J. M. (eds). *Andropogon gayanus* Kunth: Un pasto para los suelos ácidos del trópico. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. p 105-165.
- SEGURA. C. F. y NORATO. F. T. 1994. Recursos Herbáceos y Arbóreos con potencial nutritivo para bovinos. Manual de identificación de algunas especies. ICA. CORPOICA. Ed. Atlas, Ibagué, Colombia. 79p.
- SPAIN. J.M. 1983. Recomendaciones Generales para el establecimiento y mantenimiento de pastos en la zona de Carimagua, Llanos Orientales de Colombia. CIAT. Cali. 30p.