

18937
2 cop.

9770 2002

CORPORACION COLOMBIANA DE INVESTIGACION
AGROPECUARIA "CORPOICA"

EL ANALISIS DE SUELOS Y SU INTERPRETACION

POR: CESAR BAQUERO MAESTRE
I. A. M.Sc. Investigador
Asociado

CI Caribia, Abril 1994

1. INTRODUCCION

Para su normal desarrollo la planta requiere de 16 elementos denominados "elementos esenciales". los cuales se enumeran a continuación:

a) Macronutrientes:

Carbono (C), Hidrogeno (H), Oxigeno (O), Nitrogeno (N), Fósforo (P) y Potasio (K).

b) Elementos secundarios:

Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y Azufre (S).

c) Elementos menores:

Boro (B), Cloro (Cl), Cobre (Cu), Hierro (Fe), Manganeso (Mn), Molibdeno (Mo) y Zinc (Zn).

En general el carbono, hidrogeno y oxigeno los toman la planta de la atmosfera. El resto de nutrientes son suministrados a través del medio de crecimiento (normalmente el suelo) o por vía foliar.

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

El análisis físico y químico del suelo es una herramienta que ayuda a caracterizarlo, y por consiguiente a conocer su fertilidad con lo cual se puede tomar decisiones más confiables sobre el empleo de fertilizantes y enmiendas para obtener buenas cosechas y para conservar o 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.

2. TIPOS DE ANALISIS

En los laboratorios de suelos de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA), se ofrecen los siguientes análisis de suelos que se describen a continuación:

2.1. Fertilidad

Este tipo de análisis incluye información sobre textura, pH, M.O., P, 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 de suelo por la adición de fertilizantes y enmiendas, y hace recomendaciones generales de fertilización.

2.2. Caracterización

El análisis de caracterización de información sobre textura pH M.O. P.K, acidez intercambiable, Ca, Mg, Na. Este análisis permite hacer recomendaciones más precisas sobre fertilización enmiendas, que el análisis de fertilidad, pues incluye además las bases intercambiables, Ca, Mg y Na.

2.3. Completo

Incluye textura, pH, M.O., P, K, acidez intercambiable, Ca, Mg, Na, C.I.C. y C.E. Este tipo de análisis, es recomendable para tener conocimiento más detallado de un suelo.

Los elementos menores se determinan cuando el técnico o agricultor los soliciten.

2.4. Salinidad

Incluye textura, pH, C.E., Na, C.I.C. % de saturación de Na prueba cualitativa de carbonatos.

Se recomienda este tipo de análisis cuando se sospecha que el suelo tiene problemas de salinidad.

3. INTERPRETACION DEL ANALISIS DE SUELOS

Posiblemente la interpretación es la etapa más importante difícil en un análisis de suelos. No se trata solamente conocer los niveles críticos, sino poder tener un concepto global del análisis, considerar la interdependencia entre elementos propiedades del suelo, medir el efecto de condiciones de clima 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 (Lora, 1977).

3.1. Elementos relacionados con la interpretación de resultados de análisis de suelos

3.1.1. El pH ó "La reacción del suelo"

Reaccion del suelo	pH
Muy alcalino	Mayor de 8.0
Alcalino	7.4 - 8.0
Neutro	6.6 - 7.3
Ligeramente ácido	6.0 - 6.5
Moderadamente ácido	5.5 - 5.9
Fuertemente ácido	5.0 - 5.4
Muy fuertemente ácido	4.3 - 4.9
Extremadamente ácido	Menor de 4.3

3.1.2. Materia Organica

A medida que disminuye la temperatura, el contenido de materia organica aumenta debido a la baja rata de mineralización de esta. En Colombia por existir relación inversa entre altitud y temperatura, se ha encontrado correlación positiva entre contenido de materia orgánica y altura sobre el nivel del mar. En la Tabla 1, se observa la distribución porcentual de la materia orgánica para las diferentes regiones del país.

TABLA 1. DISTRIBUCION PORCENTUAL DE LA MATERIA ORGANICA

CLIMA	INTERPRETACION DE % DE MATERIA ORGANICA		
	BAJO	MEDIO	ALTO
FRIO	Menor de 5.0	5 - 10	Mayor de 10
TEMPLADO	Menor de 3.0	3 - 5.0	Mayor de 5.0
CALIDO	Menor de 2.0	2 - 3.0	Mayor de 3.0

FUENTE: ICA (1991).

3.1.3. Nitrogeno Total

Normalmente los suelos de clima frio contienen más nitrógeno total que los de clima cálido, pero el suministro es menor debido a la baja rata de mineralización. En la Tabla 2, se muestran los niveles criticos de nitrógeno para las diferentes regiones del país.

TABLA 2. DISTRIBUCION PORCENTUAL DE LOS DIFERENTES NIVELES CRITICOS DE N

CLIMA	INTERPRETACION DEL % DE N TOTAL		
	BAJO	MEDIO	ALTO
FRIO	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
CALIDO	Menor de 0.10	0.10 - 0.20	Mayor de 0.20

FUENTE: Lora, R. (1977)

3.1.4. Fosforo Aprovechable

Existen varios métodos para la extracción de fósforo. Algunos de los trabajos efectuados en Colombia han mostrado correlación con los métodos Bray II, Bray I y Troug (Lora, R. 1977).

Se han establecido como niveles críticos para las recomendaciones de fertilizantes, los siguientes:

Bajo	Menor de 15 p.p.m.
Medio	15 - 30 p.p.m.
Alto	Mayor de 30 p.p.m.

3.1.5. Capacidad de intercambio de cationes

Esta asociada directamente con la textura, tipo de arcilla y contenido de materia orgánica. En Colombia la C.I.C. de los suelos es muy variable, aún dentro de una región. En términos generales un estimativo conceptual de la C.I.C. en los suelos es siguiente:

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

3.1.6. Bases intercambiables (Ca, Mg, K, Na)

En general, es difícil establecer niveles críticos para los nutrientes. En la mayoría de los casos se debe tener en cuenta solamente el elemento intercambiable sino también el porcentaje de saturación con el complejo de cambio y el pH del suelo (ICA 1991).

En la Tabla 3, se observan los niveles críticos de las bases en las mismas.

TABLA 3. NIVELES CRITICOS DE LAS BASES EN EL SUELO

ELEMENTO	INTERPRETACION		
	BAJO	MEDIO	ALTO
CALCIO meq/100 g	Menor de 3	3 - 6	Más de 6
Saturación (%)	Menos de 30	30 - 50	Más de 50
Magnesio meq/100 g	Menor de 1.5	1.5 - 2.5	Más de 2.5
Saturación (%)	Menos de 15	15 - 25	Más de 25
Potasio meq/100 g	Menos de 0.20	0.20 - 0.40	Más de 0.40
Saturación(%)	Menos de 2	2 - 3	Más de 3
Sodio Meq/100 g	Su contenido debe ser menor de 1		
Saturación (%)	Debe ser menor del 15%		
Relación normal	Ca: Mg: K 2-3: 1: 0.15-0.25		

FUENTE: ICA (1991)

3.1.7. Acidez Intercambiable

En la mayoría de los suelos la acidez intercambiable está constituida por el aluminio intercambiable. Casi con seguridad ocasiona problemas si la saturación con respecto a la C.I.C. es mayor del 5%. Otro factor a tenerse en cuenta es la relación $Ca + Mg / Al$. Mientras más baja, mayor es el problema. El valor mínimo para esta relación debe ser uno. Generalmente a valores de pH por debajo de 5.5 (suelos minerales) o por debajo de 5 (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 1500 kg/ha de $CaCO_3$, por cada miliequivalente de aluminio.

Para suelos de pH igual o menor de 5.0 y más de 10% de materia orgánica, se recomienda aplicar igualmente 1500 kg/ha de $CaCO_3$. Cuando la relación Ca/mg es amplia (más de 4) se recomienda aplicar 1250 kg/ha de cal dolomítica.

3.1.8. Conductividad eléctrica (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 4 se hace una evaluación de la salinidad.

TABLA 4. INTERPRETACION DE LA C.E. DEL EXTRACTO DEL SUELO (mmhos/cm)

0 - 2	3 - 4	4 - 8	8 - 16	16
No Salino	Muy Ligeramente Salino	Moderadamente Salino	Fuertemente Salino	Muy Fuertemente Salino

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

Por su parte cuando la saturación de sodio es superior a 15% y el pH es mayor de 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 recuperarla (Lora, R. 1977)

3.1.9. Niveles críticos generales para elementos menores de acuerdo con la metodología ICA.

TABLA 5. NIVELES CRITICOS DE ELEMENTOS MENORES EN EL SUELO

ELEMENTO	NIVELES ppm		
	BAJO	MEDIO	ALTO
BORO	0.20	0.20 - 0.40	0.40
COBRE	1.0	1.0 - 3.0	3.0
MANGANESO	5.0	5.0 - 10.0	10.0
HIERRO	25.0	25.0 - 50.0	50.0
ZINC	1.5	1.5 - 3.0	3.0
MOLIBDENO	0.1	-	--

FUENTE: Lora, R. (1991).

4. UNIDADES DE EXPRESION EMPLEADAS EN EL ANALISIS DE SUELOS

Las unidades comunmente empleados en el análisis de suelos son:

- a) Porcentaje (%)
- b) Miliequivalente por cien gramos de suelo (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 tiene un volumen de 2'000.000 de litros.

Brevemente se explican las unidades empleadas:

- a) Parte por millón (ppm), se llama ppm a las unidades en un millón de unidades; Ej: kg en un millón de kilogramo; gramos en un millón de gramos; litros en un millón de litros.

Si un suelo tiene 10 ppm P, ese suelo tendrá 20 kg/ha de P, o lo que es lo mismo 4.58 kg/ha de P205.

1 ppm de P es igual 4.58 kg de P205/ha.

- b) Miliequivalentes. El equivalente químico de un elemento es su peso atómico dividido por su valencia. Si se expresa en gramos se le denomina equivalente gramo.

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

Se denomina mil-equivalente al equivalente dividido por 1000.

Ejemplo:

- a) Miliequivalente gramo del Ca 0.02 g
- b) Miliequivalente gramo del K 0.039 g
- c) Miliequivalente gramo del Mg 0.012 g
- d) Conversion de miliequivalente a kilogramo por hectárea.

La hectárea en promedio pesa 2'000.000 de kg supongamos que un análisis de suelo dió 1 meq de ca/100 g de suelo.

Esto equivale a 0.02 g en 100 g, o sea a 0.0002 kg por kg de suelo.

Por tanto en 2'000.000 de kg o sea en una hectárea habrá 400 kg de Ca.

Aplicando los mismos razonamientos se tiene:

- 1 meq de Ca/100 g de suelo = 400 kg de Ca/ha.
- 1 meq de Mg/100 g de suelo = 240 kg de Mg/ha.
- 1 meq de K/100 g de suelo = 780 kg de K/ha.
- 1 meq de Na/100 g de suelo = 460 kg de Na/ha.

De lo anterior se deduce que el equivalente gramo de un elemento multiplicado por ciento equivale a kilogramos/ha de ese elemento.

5. CALCULO ESTIMATIVO DE LAS NECESIDADES DE FERTILIZANTES

La dosis recomendable se obtiene de la cuantificación aproximada de la disponibilidad de nutrimento, del requerimiento nutricional del cultivo, del potencial de la producción del cultivo, eficiencia de la fertilización, costos y rentabilidad.

5.1. Cuantificación de la disponibilidad nutricional (8)

Es la que se hace a través del análisis de suelos.

Para el efecto como ya se comentó anteriormente, se considera el peso de una hectárea arable de 2'000.000 de kg (15 cm de profundidad) el cual depende de la densidad aparente (Da) del suelo. En la Tabla 6 se consignan los factores de conversión para los diferentes nutrimentos y para las densidades más usuales.

Observe que la densidad aparente afecta grandemente la disponibilidad de nutrimentos. Ej: 1 meq/100 g de K para un suelo de densidad 0.9 g/cm³ representa 526.5 kg/ha mientras que para un suelo de densidad aparente 1.5 g/cm³ representa 877.5 kg/ha.

Lo anterior permite observar que es erróneo el uso de un valor estandar para los cálculos y que debe trabajarse con un valor real de la densidad aparente.

5.2. Cuantificación de los requerimientos nutricionales del cultivo ponderado para su potencial de producción (Ppc)

Para el efecto se usan los valores de extracción de nutrimentos para las diferentes especies cultivadas. Las tablas 7, 8 y 9 son ejemplos de los muchos que se encuentran en la literatura y que se pueden usar para la cuantificación.

TABLA 6. FACTORES DE CONVERSION DE ppm Y me/100 g A kg/ha PARA DIFERENTES VALORES DE DENSIDAD APARENTE

DENSIDAD APARENTE (g/cm ³)	PARA HECTAREA DE 15 CM DE PROFUNDIDAD				PARA HECTAREA DE 20 CM DE PROFUNDIDAD			
	ppm a kg/ha	me/100 g	a kg/ha		ppm a kg/ha	me/100 g	a kg/ha	
	M/PLICAR POR	K	Ca	Mg	M/PLICAR POR	K	Ca	Mg
0.50	0.75	292.5	150	90	1.0	290	200	120
0.60	0.90	351.0	180	108	1.2	468	240	144
0.70	1.05	409.5	210	126	1.4	546	280	168
0.80	1.20	468.0	240	144	1.6	624	320	192
0.90	1.35	526.5	270	162	1.8	702	360	216
1.00	1.50	585.0	300	180	2.0	780	400	240
1.10	1.65	643.5	330	198	2.2	858	440	264
1.20	1.80	702.0	360	216	2.4	936	480	288
1.30	1.95	760.5	390	234	2.6	1014	520	312
1.40	2.10	819.0	420	252	2.8	1092	560	336
1.40	2.25	877.5	450	270	3.0	1170	600	360

FUENTE: Guerreo, R. (1988).

TABLA 7. REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DE DIFERENTES CULTIVOS PARA ALCANZAR BUENOS RENDIMIENTOS*. CEREALES-TUBEROSAS-HORTALIZAS-LEGUMINOSAS-PASTOS (GUERRERO 1988)

CULTIVO	REQUERIMIENTO NUTRICIONAL (kg/ha/COSECHA)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
CEBADA	70	14	60	15	8	10
AVENA	80	15	90	17	20	20
TRIGO	85	15	45	13	20	12
ARROZ	90	10	60	10	7	--
MAIZ	170	30	60	23	25	20
PAPA	220	20	240	60	20	12
YUCA	210	40	480	150	--	--
ZANAHORIA	210	20	260	180	15	--

CONT. TABLA 7. REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DE DIFERENTES CULTIVOS PARA ALCANZAR BUENOS RENDIMIENTOS*. CEREALES-TUBEROSAS-HORTALIZAS-LEGUMINOSAS-PASTOS (GUERRERO 1988)

CULTIVO	REQUERIMIENTO NUTRICIONAL (kg/ha/COSECHA)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
NABO	140	15	85	55	17	13
PATATA	6	2	25	2	3	3
REMOLACHA	70	10	85	30	20	8
TOMATE	170	25	275	150	25	22
ESPARRAGO	20	3	10	1	--	3
CEBOLLA	85	20	80	40	--	20
REPOLLO	175	30	165	120	--	40
ESPINACA	100	15	70	30	--	--
COLIFLOR	200	35	210	40	--	--
ALFALFA	170	20	120	175	15	20
TREBOL ROJO	140	15	90	100	25	10
MANI	150	10	70	70	--	--
SOYA	125	20	55	30	18	10
HABA	110	10	70	90	--	--
FRIJOL	105	10	105	70	10	--
PASTO DE CORTE**	350	70	400	110	70	80

* ADAPTADO DE FRIED DE BROESHART

** SEGUN CHANDLER. DATOS EN kg/ha/año

TABLA 8. REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DE DIFERENTES CULTIVOS PARA ALCANZAR BUENOS RENDIMIENTOS*. INDUSTRIALES Y PERENNES. (GUERRERO 1988)

CULTIVO	REQUERIMIENTO NUTRICIONAL (kg/ha/COSECHA)				
	N	P	K	Ca	Mg
TABACO	120	25	200	80	--
PIÑA	150	55	480	110	60
ALGODON	150	40	130	--	--
CANA DE AZUCAR	145	40	210	120	110
BANANO	60	10	165	10	15
MANZANO	120	15	130	--	--
PERA	155	30	200	--	--
DURAZNO	85	10	70	85	--
CAFETO**	70	12	115	--	--
CACAO**	100	20	200	5	--
PALMA-COCO	85	20	155	25	--
PALMA-ACEITE	90	10	110	25	--

CONT: TABLA 8. REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DE DIFERENTES CULTIVOS PARA ALCANZAR BUENOS RENDIMIENTOS*. INDUSTRIALES Y PERENNES. (GUERRERO 1988)

CULTIVO	REQUERIMIENTO NUTRICIONAL (kg/ha/COSECHA)				
	N	P	K	Ca	Mg
NARANJO	240	25	165	220	--
LIMON	180	25	155	200	--
TE	65	10	30	--	--
CAUCHO	420	26	160	--	--
FIQUE	122	20	150	--	--

* ADAPTADO DE FRIED Y BROESHART

** PARA UN RENDIMIENTO DE 1 TON/HA DE MAZORCA SEGUN OMOTOSO

*** PARA UN RENDIMIENTO DE 2.300 KG/HA DE CAFE-CEREZA, SEGUN ORTIZ.

TABLA 9. REQUERIMIENTOS RELATIVOS DE ELEMENTOS MENORES PARA DIFERENTES CULTIVOS*. A= ALTO; M= MEDIO; B= BAJO (GUERRERO, 1988)

CULTIVO	REQUERIMIENTO NUTRICIONAL RELATIVO					
	Zn	Fe	Mn	Mo	Cu	B
CEBADA	M	A	M	B	A	B
AVENA	B	M	A	M	A	B
TRIGO	B	B	A	B	A	B
ARROZ	M	A	MB	B	B	B
MAIZ	A	M	B	B	M	B
SORGO	A	A	A	B	M	B
PASTAS	B	A	B	B	B	B
PAPA	M	-	M	B	B	B
PAPA	M	-	M	B	B	B
ZANAHORIA	B	-	M	B	A	M
REMOLACHA	M	A	A	M	A	A
TOMATE	M	A	M	M	A	A
ESPARRAGO	B	M	B	B	B	B
REPOLLO	-	M	M	M	M	M
ESPINACA	-	A	A	A	A	A
COLIFLOR	-	A	M	A	M	A
APIO	-	-	M	B	M	A
PEPINO	-	-	A	-	M	B
LECHUGA	-	-	A	A	A	M
ALFALFA	B	M	M	M	A	A
TREBOLES	M	-	M	A	M	M
SOYA	M	A	A	M	B	B
FRIJOL	A	A	A	B	B	B

CONT. TABLA 9. REQUERIMIENTOS RELATIVOS DE ELEMENTOS MENORES PARA DIFERENTES CULTIVOS*. A= ALTO; M= MEDIO; B= BAJO (GUERRERO, 1988)

CULTIVO	REQUERIMIENTO NUTRICIONAL RELATIVO					
	Zn	Fe	Mn	Mo	Cu	B
ARVEJA	B	-	A	M	B	B
ALGODON	A	-	-	B	M	M
NARANJO	A	A	A	M	A	B
MANZANO	A	-	A	B	M	A
DURAZNO	A	-	A	B	M	M
VID	B	A	A	B	-	M
FRESA	-	A	A	-	M	M

* ADAPTADO DE LUCAS Y KNEXEK

Los valores que aparecen en estas tablas deben tomarse como una guía, puesto que corresponden a resultados de investigaciones en otras zonas del planeta donde las condiciones ambientales pueden afectar de manera diferente los cultivos.

Los valores consignados en las tablas corresponden a requerimientos nutricionales para buenos rendimientos. Si el nivel tecnológico del agricultor no corresponde a un cultivo de alto potencial de producción deberá ponderarse el valor de las tablas con base a una evaluación aproximada de los factores que determinan el potencial de productividad.

Ejemplo:

Si se espera un rendimiento de 3.5 ton/ha para un cultivo de maíz cual será el requerimiento de nitrógeno?

En la Tabla 7 para maíz se encuentra un valor de 170 kg/ha/cosecha de N como requerimiento nutricional. Este valor corresponde al requerimiento para alcanzar buenos rendimientos que para el caso del maíz pueden considerarse 6 ton/ha.

Si se espera o desea un rendimiento de 3.5 ton/ha el requerimiento de N será:

$$\frac{6 \text{ ton/ha}}{3.5 \text{ ton/ha}} \times 170 \text{ kg N/ha} = X$$

Requerimiento ponderado de N = 99.17 kg N/ha

Una dificultad en el uso de este concepto radica en calcular el potencial de producción del cultivo.

En la Tabla 10, aparecen los rendimientos altos y medios para diferentes cultivos en Colombia, bajo condiciones comerciales.

5.3. Cuantificación de la eficiencia de fertilización

5.3.1. Nitrógeno

La eficiencia de la fertilización nitrogenada depende de:

C.I.C.

pH

Regimen de precipitación pluvial

Fuente de N utilizada

Epoca de aplicación

Especie cultivada

Ejemplo:

- Suelos livianos de drenaje rápido en regiones de alta precipitación.

Eficiencia muy baja 50%

Si se usan fuentes nítricas 20-50%

- Regimen de lluvias moderado o bajo en suelos con C.I.C. normal, 50-80%.
- Suelo con pH 7, la eficiencia se afecta debido a la volatilización, especialmente cuando se hacen aplicaciones superficiales con fuentes amoniacales o urea. Bajo estas condiciones la eficiencia puede bajar en un 30%.

TABLA 10. RENDIMIENTOS ALTOS Y MEDIOS PARA DIFERENTES CULTIVOS EN COLOMBIA, BAJO CONDICIONES COMERCIALES* (GUERRERO, 1988)

CULTIVO	REGION	RENDIMIENTOS TON/HA	
		ALTO	MEDIO
MAIZ	VALLE DEL CAUCA	5	3.5
	LLANOS ORIENTALES	3	2.0
SORGO	VALLE DEL C. TOLIMA	3.5	2.5
	LLANOS ORIENTALES	2.5	1.5
ARROZ RIEGO	TOLIMA-HUILLA	6.0	5.0
	LLANOS ORIENTALES	5.0	4.0
SOYA	VALLE DEL CAUCA	2.0	1.5
	LLANOS ORIENTALES	1.5	1.0
FRIJO ARBOLITO	VALLE DEL CAUCA	1.5	0.5

CONT. TABLA 10. RENDIMIENTOS ALTOS Y MEDIOS PARA DIFERENTES CULTIVOS EN COLOMBIA, BAJO CONDICIONES COMERCIALES* (GUERRERO, 1988)

CULTIVO	REGION	RENDIMIENTOS TON/HA	
		ALTO	MEDIO
ALGODON	TOLIMA-VALLE DEL CAUCA	2.0	1.5
	COSTA ATLANTICA		
	LLANOS ORIENTALES	1.5	1.0
MANI	TOLIMA	2.0	1.0
YUCA		20	10
TABACO			
CAFE	ZONAS CAFETERAS	300 ARROBAS HA/ANO	50 ARROBAS HA/ANO
CACAO		1.0	0.4
CANA PANELERA	ZONA DE LADERA	3 TON PANELA POR CORTE	1.5 TON PANELA POR CORTE
BANANO	URABA	20	15
CEBADA	BOY-CUND-NARINO	2.0	1.2
TRIGO	BOY-CUND-NARINO	3.0	1.2
PAPA	BOY-CUND-NARINO	20	10

* DATOS OBTENIDOS POR INFORMACION PERSONAL DE LOS PROFESORES LUIS ZULUAGA Y GERMAN CORCHUELO

5.3.2. Fosforo

La eficiencia de los fertilizantes fosfatados en lo relativo al suministro de P a las plantas, depende de la intensidad y el tiempo en que el fertilizante está en capacidad de incrementar la concentración de fósforo en la solución del suelo en la proximidad del sistema radical.

En suelos ácidos el grado de interacción de las fuentes de P solubles es muy grande y se forman compuestos de muy baja solubilidad. Este tipo de procesos y otros que se discutirán más adelante determinarán que la concentración de fósforo en la solución del suelo, se incremente solo levemente y por corto tiempo.

Los fosfatos son fijados mas fuertemente cuando las fuentes de alta solubilidad son aplicadas en polvo o finamente divididas disminuyendo la eficiencia y viceversa.

En suelos altamente fijadores la eficiencia puede incrementarse localizando el fertilizante de manera que el contacto o interacción con el suelo sea mínimo lo que hace que la fijación disminuya.

En el caso de fertilizantes fosfatados de baja solubilidad o insolubles en agua, su eficiencia puede ser mayor cuando disminuye su tamaño de partículas y cuando la superficie de contacto suelo-fertilizante es mayor.

Puede decirse, en conclusión, que a mayor capacidad de fijación menor eficiencia de la fertilización.

A continuación se presenta una estimación tentativa de la capacidad de fijación de fosfatos de diferentes suelos, al igual que la respectiva eficiencia aproximada de la fertilización fosfatada.

TABLA 11. RANGOS DE P Y ESTIMACION TENTATIVA DE LA FERTILIZACION EN DIFERENTES CLASES DE SUELOS TROPICALES (COMPILACION DE GUERRERO, 1984)

SUELOS	CAPACIDAD DE FIJACION DE FOSFORO (%)	EFICIENCIA DE LA FERTILIZACION FOSFATADA (%)
OXISOLES	80-90	10-20
ULTISOLES	70-90	10-30
ANDISOLES	90-95	5-10
ALUVIALES	70-80	20-30

EFICIENCIA = $100 - \% \text{ DE FIJACION}$

5.3.3. Potasio

Se acepta que la eficiencia es mayor que la del P y similar a la de los fertilizantes nitrogenados.

6. CUANTIFICACION DE LAS NECESIDADES DE FERTILIZACION

6.1. Establecer los parámetros determinantes de las necesidades de fertilización

S = Disponibilidad de nutrimento en el suelo (kg/ha).

Ppc = Requerimientos nutricionales del cultivo, ponderados para su potencial de producción.

E = Eficiencia de la fertilización (%).