

## CAPITULO VI

### FERTILIDAD DE SUELOS

Por: Edgar Villaneda Vivas

#### 1. INTRODUCCION

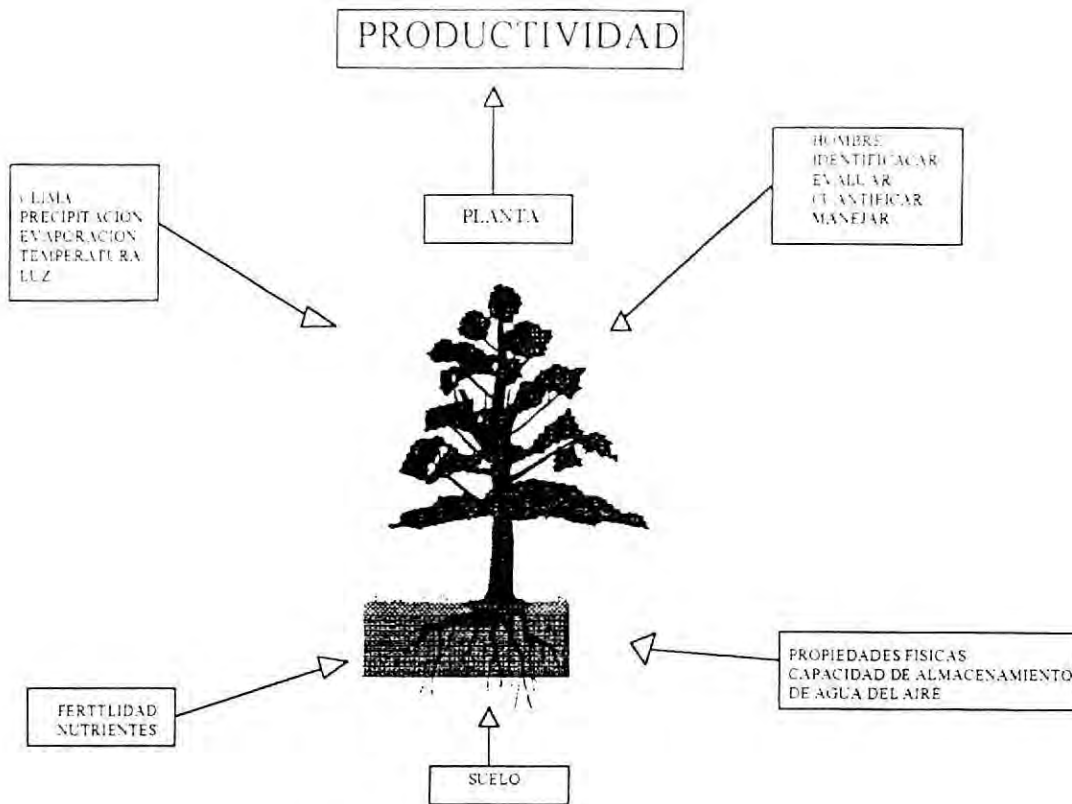
El estudio de la fertilidad de los suelos es un criterio fundamental, para lograr una mayor producción en los cultivos, poder definir cuales son las prácticas y recomendaciones de fertilizantes necesarias para obtener rendimientos económicos sin deterioro de la productividad de los suelos. La fertilidad la entendemos como la capacidad del suelo, para suministrar los nutrimentos que necesitan los cultivos para su desarrollo. La disponibilidad de nutrientes depende del comportamiento, equilibrio e interacciones entre los factores del medio ambiente y de la planta. El análisis de suelos constituye un criterio importante para el diagnostico de la fertilidad, con el propósito de dar recomendaciones de fertilizante y la formulación de enmiendas; por lo tanto en este documento se presenta concepto básico para hacer una adecuada interpretación de los resultados del laboratorio y las estrategias para utilizar en forma óptima los fertilizantes .

#### 2. FERTILIDAD Y PRODUCTIVIDAD

La fertilidad de un suelo se define como la capacidad de suministrar nutriente a las plantas, es un factor importante dentro de la productividad del suelo se debe conocer el comportamiento e interrelaciones entre clima - suelo - planta - hombre ver Figura 1. El hombre puede identificar, evaluar, cuantificar variables del clima y suelo para decir el tipo de cultivo que puede desarrollarse dentro de un agroecosistema específico, con el fin de conseguir mediante acciones de manejo una agricultura sostenible.

**3.1 La dinámica nutricional:** La relación del sistema suelo - planta se presenta en el siguiente modelo ver Fig. 2, en donde se analiza las siguientes fases: sólidas, cambiabile y solución.

- La fase sólida del suelo está constituida por partículas minerales y por compuestos orgánicos de naturaleza compleja. Los minerales pueden ser primarios o secundarios. Los primarios son constituyentes de las partículas gruesas del suelo, tales como arena, grava y gravillas, en tanto que los secundarios son constituyentes principales de las arcillas. Los sólidos orgánicos están constituidos, bien por tejidos vegetales o animales frescos, o bien por complejos orgánicos alterados por la acción microbial (humus). En la fase sólida los nutrimentos se encuentran en estados complejos y, por tanto, no pueden ser utilizados por las plantas.
- La fase cambiabile esta constituida por los coloides del suelo (humus arcillas) que están provistos de cargas negativas y positivas; permiten que se genere una atracción electroquímica, tanto de cationes como aniones que están absorbidas a las superficies micelares.
- La solución del suelo constituye realmente el componente líquido del suelo, integrado por agua y sales en ella disueltas. Por consiguiente, en esta fase los nutrimentos se encuentran en forma simple y en estado iónico susceptible de ser absorbido por la planta. La solución del suelo está ocupando parte del espacio poroso. Además, los iones en solución pueden perderse por el arrastre del agua de gravedad (lixiviación).



**Figura. 1. FACTORES QUE AFECTAN LA PRODUCTIVIDAD**

### 3. MODELO DE LA DINAMICA NUTRICIONAL SUELO - PLANTA

#### 3.2 Procesos en la dinámica del suministro de nutrientes a la planta:

En el modelo de la dinámica se establece una serie de interacciones entre los componentes del sistema. Estas interacciones son procesos complejos de naturaleza físico-química o bioquímica, como son: la meteorización, mineralización, fijación, inmovilización.

En la fase sólida los nutrientes se encuentran en forma no disponible, sin embargo estos compuestos están sujetos a procesos de meteorización en el caso de los sólidos minerales, o mineralización en los complejos orgánicos. El resultado de este proceso es la liberación de formas simples iónicas a la fase cambiante y de esta a la solución.

El sistema planteado implica que las reacciones nutricionales son reversibles. En consecuencia los iones nutritivos de la solución del suelo puede ser transformados a formas sólidas complejas no aprovechables si el complejo resultante es de naturaleza mineral el proceso involucrado se denominara "fijación" cuyo mecanismo es en esencia físico - químico, en cambio si el sólido resultante es orgánico, el proceso responsable de transformación es de naturaleza bioquímica y se denominará "inmovilización".



perennes un mes antes de la cosecha y en pastos establecidos después del corte o en la época de máximo pastoreo.

Los análisis de suelos que se pueden solicitar al laboratorio son: Químico (caracterización, elementos menores, completo, salinidad), Mineralógicos (mineralogía arcillas y arenas), Físico (textura, densidad, retención de humedad).

#### 4.2 Interpretación del análisis de suelos

La interpretación de los resultados de los análisis de suelos, se puede resumir en la Tabla No.1. En ésta se analiza: el pH, que se clasifica en nueve categorías que van de extremadamente ácido a muy fuerte alcalino. El fósforo en partes por millón, el potasio en meq/100g suelos, la materia orgánica y el nitrógeno total en porcentaje, su apreciación para la clasificación se hace en tres categorías (bajo, medio y alta).

Tabla No. 1 Consideraciones generales para interpretar análisis químico de suelos

pH: I-I	APRECIACION	Pppm Bray III	K me 100g	%N10			%N			CIC me 100g	BT me 100g
				CLIMA			CLIMA				
				Frio	Medio	Calido	Frio	Medio	Calido		
≤ 4.5 Extremadamente ácido	Bajo	< 15	< 0.2	< 5	< 3	< 2	< 0.25	< 0.15	< 0.10	< 10	< 10
4.6 a 5.0 Muy fuertemente ácido	Medio	15 a 30	0.2 a 0.3	5 a 10	3 a 5	2 a 4	0.25 a 0.5	0.15 a 0.25	0.1 a 0.2	10 a 20	10 a 30
5.1 a 6.0 Mediamente ácido	Alto	> 30	> 0.3	> 10	> 5	> 4	> 0.5	> 0.25	> 0.2	> 20	> 30
6.1 a 6.5 Ligeramente ácido	APRECIACION	RELACION				Clasificación de suelos de acuerdo a Sales y Sodio			SAT % AI	APRECIACION	
6.6 a 7.3 Neutro		Ca:Mg	Mg:K	Ca:K	Ca:Mg:K	% mmhos/cm	%Na Saturacion	Clase			
7.4 a 7.8 Ligeramente alcalino	Relación Ideal	2 a 4	3	6	10	0 a 2		Normal	< 15	Sin problemas	
7.9 a 8.4 Mediamente alcalino	K deficiente		> 18	> 30	> 40	2 a 3	inferior	Lumite	15 a 30	Limitante para cultivos cultivos susceptibles	
8.5 a 9.0 fuertemente alcalino	Mg deficiente	> 10	< 1			3 a 8	a	S1			
> 9.0 Muy fuertemente alcalino	Nivel Critico	Elementos menores (ppm)				9 a 16	15	S2			
		Ma	B	Zn	Cu	Mn	Fe	> 16	S3	30 a 60	Limitante para cultivos tolerables
	Suelo	*0.3	0.5	0.2	1.0	2.5-4.5	0 a 4	Superior	Sodico		
	Planta	0.5-0.2		20	5 a 10	20	1 a 8	a	Na S1		
							9 a 16		Na S2	> 60	Niveles toxicos para la mayoría de cultivos
							> 16	15	Na S3		
		*Boro extraído con Agua caliente, los restantes con DTPA							Fuente: INSTITUTO GEOGRAFICO "AGUSTIN CODAZZI" Lab. de suelos Daniel F. Ortega R. - Aprelego		

La capacidad de intercambio catiónico (CIE) expresado en meq/100g. suelo, es importante porque indica la capacidad potencial del suelo para suministrar calcio, magnesio, potasio, se clasifica en tres categorías (bajo, medio y alto).

Las relaciones entre las bases nos permite determinar las posibles deficiencias de calcio, magnesio y potasio. La concentración de sales se reporta en ds/m o mmho/cm; así como el porcentaje de sodio intercambiable (PSI), se clasifica en cuatro categorías dependiendo del tipo de cultivo (sin problema, susceptibles, tolerantes y niveles tóxicos), lo mismo para la saturación de aluminio.

Los elementos menores se expresan en ppm su importancia se hace con base al nivel critico tanto en el suelo como en la planta.

#### 4.3 Unidades, Conversiones y fórmulas empleadas en los análisis de suelo

Las unidades que utiliza el laboratorio para reportar los resultados de los análisis de suelos son:

Porcentaje (%) partes por millón (ppm), miliequivalentes por 100 gramos de suelos (meq/100g).

Para convertir estas unidades a kg/ha es necesario determinar el peso de la hectárea, a través de la siguiente fórmula:

$$P_{(ha)} = 10.000.000 \times Pr \times Da$$

donde:

$P_{(ha)}$  = peso de la ha en kg

10.000.000 = Constante

Pr = profundidad radical en m.

Da = densidad aparente del suelo en g/cm<sup>3</sup>

**Ejemplo:** calcular el peso de la ha. cuando la profundidad 0.20 m y la densidad 1.0 g/cm<sup>3</sup>

$$P_{(ha)} = 10.000.000 \times 0.20 \times 1.0 = 2.000.000 \text{ Kg}$$

conversiones:

- Porcentaje a kilogramo por hectárea

$$\text{Kg / ha} = \% \times Pha$$

Donde:

% = porcentaje de elemento

Pha = peso de la ha en Kg

- Partes por millón a kilogramo por hectárea

$$\text{Kg / ha} = ppm \times Pha$$

Donde:

ppm = partes por millón = relación (1/1.000.000)

Pha = peso hectáreas en Kg.

- Miliequivalentes en 100 gramos de suelo a Kg./ha

$$\text{Kg/ha} = \frac{PA}{v} \times Da \cdot \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \times Pr \times \frac{\text{meq}}{100\text{g}} \times 100$$

Donde:

PA = peso atómico del elemento

v = valencia del elemento

Da = densidad aparente en g/cm

Pr = profundidad radical en m

meq / 100g = miliequivalentes en 100/g del análisis del laboratorio

100 = constante

- Fósforo elemental (P) a óxido de fósforo ( $P_2O_5$ )  
 $P_2O_5 = P \times 2.29$
- Potasio elemental (K/P) a óxido de potasio ( $K_2O$ )  
 $K_2O = K \times 1.21$
- Calcio elemental (Ca) a óxido de calcio ( $CaO$ )  
 $CaO = Ca \times 1.4$

## 5. LOS NUTRIENTES DE LA PLANTA

La planta necesita de 16 elementos para nutrirse se clasifica en elementos esenciales como: carbono, oxígeno, hidrógeno, constituyen cerca 95% de la planta, provienen del aire y del agua, los elementos mayores o primarios nitrógeno, fósforo, potasio que son suministrados por el suelo y los fertilizantes, elementos secundarios como: calcio, magnesio y azufre que son suministrados por los minerales que provienen del suelo o de los fertilizantes. Los micronutrientes o elementos menores como cloro, hierro, boro, manganeso, zinc, cobre, molibdeno. En la Tabla 2. se presentan los elementos esenciales para el crecimiento de la planta y absorción de nutrientes.

### 5.1 Criterio para la fertilización

Para la recomendación de fertilización se debe de tener en cuenta las siguientes criterios.

- Determinación del peso de la hectárea en kilogramo conociendo el valor de la densidad aparente del suelo en  $g/cm^3$  y la profundidad radical (m).
- Cuantificar los nutrientes del suelo en Kg/ha
- Cuantificar los requerimientos de la planta en Kg/ha
- Hacer un balance para determinar las necesidades de fertilización.

Tabla 2. Elementos esenciales para el crecimiento de la planta y absorción de nutrientes.

ELEMENTO	SIMBOLO	Kg/ha Absorción de Nutrientes
Nitrógeno	N	20-300
Fósforo	P	20-100
Potasio	K	20-400
Calcio	Ca	20-400
Magnesio	Mg	20-100
Azufre	S	20-100
Cloro	Cl	5-20
Hierro	Fe	1-5
Manganeso	Mn	0.5-2
Boro	B	0.2-2
Zinc	Zn	0.3-3
Cobre	Cu	0.2-2
Molibdeno	Mo	0.01-0.1

En la siguiente tabla se compara los rangos de la absorción de nutrientes por diferentes autores:

Tabla 3. Absorción de nutrientes.

Nutriente	Absorción de nutrientes Kg/ha		
	1	2	3
Nitrógeno	20-300	20-350	40-450
Fósforo	20-100	10-70	10-70
Potasio	20-400	20-400	70-400
Calcio	20-400	10-350	
Magnesio	20-100	5-110	5-100
Azúfre	20-100	8-80	10-30

- Fuentes:
1. Instituto de potasio y el Fósforo (Impofos) 1493
  2. Fried de Broeslant 1967 Tomado diagnostico de fertilidad
  3. Vademecum Nutrimon 1987 Monomeros Venezolanos.

**BIBLIOGRAFIA:**

- **AMEZQUITA E. 1989.** Algunas consideraciones agroclimático y edáficas para uso y manejo integral de suelos. Tomada del curso de actualización sobre suelo y fertilización. pp. 211-22.
- **GUERRERO R. 1980.** Hacia la formulación de un modelo suelo - planta. Tomada de Fertilidad de Suelo, diagnostico y control SCCS. pp 1-10.
- **GUERRERO R. 1980.** La Recomendación de Fertilidad fundamentos y aplicaciones. Tomada de Fertilidad de Suelos diagnostico y control SCCS. pp 225-267.
- **INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO (ICA). 1992.** Fertilización en diversos cultivos. Quinta aproximación. pp. 1-26.
- **INSTITUTO de la POTASA y el FOSFORO. 1993.** Diagnostico del estado nutricional de los cultivos. pp. 1-10.
- **INSTITUTO de la POTASA y el FOSFORO. 1988.** Manual de fertilidad de los suelos. pp. 6-14.
- **MONOMEROS COLOMBO VENEZOLANO. 1993.** Vademecum Nutriman. pp 5-19.
- **NAVAS. 1989.** Evolución de la fertilidad de los suelos. Tomado del curso de actualización sobre suelos y fertilizantes. pp. 162-163.