

## **CAPITULO II**

### **REVISIÓN DE LITERATURA**

#### **2.1 EL SUELO**

##### **2.1.1 Definición conceptual**

“Es un recurso natural renovable básico para la vida sobre la tierra. Es la fuente de vida de las plantas, animales y la especie humana” (Suquilanda, 1996).

##### **2.1.2 La fertilidad del suelo**

Es la capacidad que tiene el suelo para producir plantas sanas y productivas de grano y/o forraje. La fertilidad puede ser natural o inducida mediante el manejo apropiado del suelo y la aplicación de fertilizantes orgánicos e inorgánicos que conserven permanentemente la fertilidad del suelo.

##### **2.1.3 Elementos nutritivos**

Los nutrientes vegetales se agrupan en cuatro apartados, a saber:

###### **Carbono, Hidrógeno, Oxígeno, Nitrógeno y Azufre**

Son los principales componentes de la materia orgánica; el C, H y O, abundan y la planta los toma del aire y del agua no son problema en la fertilización, son absorbidos en forma de CO<sub>2</sub> de la atmósfera, en donde abunda, y del HCO<sub>3</sub> de la solución del suelo. Es necesario un proceso complejo para que el N sea absorbido en el suelo en forma de nitrato NO<sub>3</sub>.

###### **Fósforo (P), Boro (B) y Silicio (Si)**

Son absorbidos en forma de fosfatos, boratos y silicatos de la solución del suelo.

**Calcio (Ca), Sodio (Na), Magnesio (Mg), Potasio (K), Manganeso (Mn)  
y Cloro (Cl)**

Son absorbidos en forma de ión desde la solución del suelo.

**Hierro (Fe), Cobre (Cu), Zinc (Zn) y Molibdeno (Mo)**

Son absorbidos en forma de ión o quelatos de la solución del suelo. De los elementos anteriores, dieciséis son esenciales y se clasifican en:

**2.1.3.1 Nutrientes primarios**

Se denominan los tres grandes N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O porque el suelo no puede suministrarlos en las cantidades altas que necesita la planta para desarrollar y producir altos rendimientos. Se obtienen de los sólidos del suelo o se suministran en grandes cantidades en los fertilizantes o abonos comerciales.

**2.1.3.2 Nutrientes secundarios**

Ca, Mg, S. Las plantas también los necesitan en cantidades altas, pero raramente son problema por escasez. Son tomados de los sólidos del suelo.

**2.1.3.3 Micronutrientes**

Son elementos que la planta requiere en pequeñas cantidades: B, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn, Cl. Se les conoce como micro elementos (Reyes, 1990).

**2.1.4 Algunos efectos ambientales por el uso de fertilizantes:**

De los principales efectos ambientales que se pueden anotar por la presencia de los fertilizantes según Enkerlin (1997) son los siguientes:

**2.1.4.1 Nitrógeno.- Aguas subterráneas**

Lixiviación de Nitrato, afectando el agua.

#### **2.1.4.2 Fosfato.- Suelo**

Acumulación de metales pesados

#### **2.1.4.3 Fosfato - Flora**

Efectos sobre la microflora del suelo

#### **2.1.4.4 NPK.- Aguas superficiales**

Derrames, lixiviación o descarga directa produciendo eutrofización

#### **2.1.4.5 NPK - Flora**

Eutrofización producida por exceso de algas y plantas de agua

#### **2.1.4.6 NPK - Fauna**

Agotamiento del oxígeno afectando los peces.

### **2.1.5 Importancia del pH del suelo**

Según Suquilanda (1996), una acidez marcada es un síntoma de deficiencia de nutrientes. En suelos con pH menor de 6.5 (ácidos), se reduce la disponibilidad del fósforo y del molibdeno. En suelos con pH mayor de 6.5 (tendiendo a alcalinos), se reduce la disponibilidad de cobre, manganeso, zinc y hierro. El pH influye de dos maneras:

**a.** Facilitando la absorción de algunos nutrientes que en grandes cantidades resultarían tóxicos para la planta.

**b.** Impidiendo el aprovechamiento de algunos nutrientes esenciales para el desarrollo de la misma.

Una acidez marcada es un síntoma de deficiencia de nutrientes; las partículas del suelo retienen más constituyentes ácidos que elementos nutritivos.

La acidez del suelo se puede reducir a través de aplicaciones de piedra caliza ( $\text{CO}_3\text{Ca}$ ) dolomítica en forma de cal agrícola ( $(\text{CO}_3\text{Ca})_2\text{Mg}$ ), que contiene también magnesio.

La alcalinidad del suelo se reduce con la aplicación de fertilizantes ácidos u otros materiales tales como el amonio, sulfato, flor de azufre o sulfato férrico.

### **2.1.6 Suelos salinos y sódicos**

Se caracterizan por concentraciones excesivas de sales solubles de calcio, magnesio y sodio en las capas superficiales del suelo; son típicos en regiones con clima seco.

En los suelos sódicos, las sales de sodio tienen un efecto predominante sobre el calcio y el magnesio. Las medidas correctivas de los suelos se realizan a través de la lixiviación y del drenaje.

Las medidas correctivas para suelos sódicos consisten en la aplicación de yeso y azufre (Suelos y fertilización, 2005).

### **2.1.7 Importancia de la materia orgánica del suelo**

La materia orgánica del suelo, está constituida por todo tipo de residuos, sean estos de origen vegetal o animal. Por efecto de procesos físicos, químicos y biológicos propiciados por la humedad, la temperatura, el aire y los microorganismos, entre los tres a cuatro meses se transforma en humus. Cumple funciones de vital importancia en el mejoramiento de los suelos de cultivo por las razones siguientes:

**a.** Aporta los nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas, durante el proceso de descomposición (N, P, K, S, B, Cu, Fe, Mg, etc.).

**b.** Activa biológicamente el suelo, ya que representa el alimento para toda la población biológica que en él existe.

c. Mejora la estructura del suelo, favoreciendo a su vez el movimiento del agua y del aire y por ende el desarrollo del sistema radicular de las plantas.

d. Incrementa la capacidad de retención del agua.

e. Incrementa la fertilidad potencial del suelo.

f. Aumenta la capacidad de intercambio catiónico (**CIC**) del suelo.

g. Contribuye a estabilizar el **pH** del suelo, evitando los cambios bruscos de **pH**.

h. Reduce las pérdidas de suelo por erosión hídrica y eólica.

i. Incrementa la temperatura del suelo.

Últimamente los organismos que rigen a nivel mundial los movimientos a favor de la producción orgánica, están permitiendo el uso complementario de sales fertilizantes tales como: muriato de potasa, sulpomag, indicando que estas no tienen mayor movilidad en el suelo y por lo tanto no constituyen peligro de contaminación para las aguas subterráneas (Suquilanda, 1996).

### **2.1.8 Los abonos orgánicos**

Son sustancias que están constituidas por desechos de origen animal, vegetal o mixto que se añaden al suelo con el objeto de mejorar sus características físicas, biológicas y químicas (Sánchez, 2003).

Se destacan los siguientes: estiércoles, residuos de cosechas, abonos verdes, compost, abonos líquidos y humus de lombriz (Suquilanda, 1996).

#### **2.1.8.1 Humus de Lombriz**

El humus de lombriz es un fertilizante de primer orden, protege al suelo de la erosión, siendo un mejorador de las características físico-químicas y biológicas del suelo, de su estructura, aumentando la retención hídrica, regulando el

incremento y la actividad de los nitritos del suelo, y la capacidad de almacenar y liberar los nutrientes requeridos por las plantas de forma equilibrada (nitrógeno, fósforo, potasio, azufre y boro) (Sánchez, 2003).

El humus de lombriz posee un alto contenido de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio; comparado con otros abonos orgánicos como el estiércol de bovino, cerdo, gallinaza, etc., tiene la ventaja de que una tonelada de humus equivale a diez producidas por vacas, cerdos y gallinas (Suquilanda, 1996).

El humus de lombriz contiene cuatro veces más nitrógeno, veinticinco veces más fósforo y dos veces y media más potasio que el mismo peso del estiércol de bovino (Sánchez, 2003).

Se recomienda aplicar 1 kg de humus por cada 5 m<sup>2</sup> de suelo (2 t/ha de humus); cuando el terreno está húmedo para no destruir la microflora del suelo.

1 kg de humus equivale a 25 kg de estiércol. (CARE, MAG, CP) citado por (Chicaiza, 2000).

Sin embargo García (1982), indica que se debe aplicar 5 t/ha de humus.

Mientras Sánchez (2003), dice que se debe aplicar 1 kg/m<sup>2</sup> de humus lo que equivale a 10 t/ha de humus.

#### ➤ **Composición del humus de lombriz**

De acuerdo con Sánchez (2003), la composición del humus de lombriz en promedio, es la que se indica en el cuadro 1.

**Cuadro 1: Composición del humus de lombriz**

<b>Componente</b>	<b>%</b>
Humedad	30 – 60
pH	6.8 – 7.2
Nitrógeno	1 – 2.6
Fósforo	2 – 8
Potasio	1 – 2.5
Calcio	2 – 8
Magnesio	1 – 2.5
Materia orgánica	30 – 70
Carbono orgánico	14 – 30
Ácidos fúlvicos	14 – 30
Ácidos húmicos	2.8 – 5.8
Sodio	0.02
Cobre	0.05
Hierro	0.02
Manganeso	0.006
Relación C/N	10 – 11

Fuente; Sánchez 2.003  
Elaborado: El autor

### **2.1.9 Selección de indicadores de calidad de suelos**

Si se va a utilizar un marco de calidad de suelos, es importante elegir indicadores que den información integral sobre sus propiedades, la productividad biológica y la calidad del ambiente circundante. Los reportes más recientes acerca de calidad de suelos solo consideran el aspecto relacionado con sus propiedades, y utilizan una extensa serie de indicadores físicos, biológicos y químicos (carbono orgánico, conductividad eléctrica, respiración biológica, pH, macrofauna, nitrógeno mineralizable, cationes intercambiables, fósforo disponible, densidad aparente, tasa de infiltración hídrica, materia orgánica, etc.) (Agrociencia, 2002).

## **2.2 LA POBLACIÓN BIOLÓGICA DEL SUELO**

### **2.2.1 Fauna**

Macrofauna (tamaño mayor de 10,4 mm) constituida por roedores, lombrices.

Mesofauna (tamaño de 0,6 a 10,4 mm) constituida por coleópteros, ácaros o arañas, quelópodos y miriápodos (milpiés y ciempiés).

Microfauna (tamaño menor de 0,16 mm) constituida por nemátodos, protozoos, etc.

### **2.2.2 Flora:**

Macroflora constituida por plantas superiores.

Microflora constituida por bacterias, hongos actinomicetos y algas.

## **2.3 EL CULTIVO DEL MAÍZ**

### **2.3.1 Descripción de la Especie**

Familia	Gramínea
Género	Zea
Especie	Mays

### **2.3.2 Variedades más comunes en el Ecuador**

Según Agripac (1996), las variedades mejoradas producidas por INIAP y de mayor aceptación en el país se citan a continuación en el cuadro 2.

**Cuadro 2: Variedades más comunes en el Ecuador**

Variedades mejoradas		Variedades criollas
Chillos mejorado	Harinoso amarillo	Zhima
INIAP 101	Harinoso blanco	Guandango
INIAP 130	Harinoso amarillo	Guandango
INIAP 125	Harinoso amarillo	Mishca
INIAP 126	Harinoso amarillo	Morocho
INIAP 151	Morocho blanco	Canguil
INIAP 176	Morocho forrajero	Chulpi
INIAP 178	Morocho forrajero	
Canguil		
Chulpi		

Fuente: Agripac 1996

Elaborado: El autor

### 2.3.2.1 Descripción Botánica

➤ **Tallo.-** El tallo es una caña formada por nudos y entrenudos macizos, de longitud variable, gruesos en la base y de menor grosor en los entrenudos superiores.

Potencialmente un tallo puede desarrollar 10 o más yemas florales que pueden originar 10 o más mazorcas; únicamente una, dos o tres yemas llegan a formar grano de maíz por el fenómeno conocido como “dominancia apical” que inhibe el desarrollo de las yemas inferiores (Reyes, 1990).

➤ **Hoja.-** Está constituida de vaina, cuello y lámina. La lámina es una banda angosta y delgada hasta de 1,5 m de largo por 10 cm de ancho, que termina en un ápice muy agudo.

➤ **Mazorca.-** La espiga es compacta y está protegida por las hojas transformadas, que la cubren por completo. (Enciclopedia Agropecuaria 1, 2001).

### 2.3.2.2 Ecología del maíz

Es una de las plantas de mayor adaptación, se cultiva desde el nivel del mar hasta más de 3.200 msnm (Reyes, 1990).

Temperaturas inferiores a 13<sup>0</sup>C hacen que el maíz tenga un crecimiento muy reducido, y mayores de 29<sup>0</sup>C ocasionan marchites y muerte de la planta por la dificultad para absorber agua (Enciclopedia Agropecuaria 1, 2001).

➤ **Ciclo de cultivo maíz Sierra.-** 6 a 9 meses (Agripac, 1996).

Oscila entre 140 y 300 días y está sujeto a las condiciones agroecológicas y climáticas predominantes (Enciclopedia Agropecuaria 1, 2001).

➤ **Época de siembra.-** Varía según la zona y la variedad que va a ser sembrada. En forma general, las siembras se inician con el advenimiento de las lluvias, las mismas que comienzan en los meses de Septiembre y Octubre (Agripac, 1996).

➤ **Forma de siembra.-** La forma más común de siembra en la Sierra ecuatoriana es la manual, haciendo uso de un espeque. En terrenos que poseen una pendiente inclinada la distancia de siembra utilizada es de 80 cm entre surcos y 50 cm entre plantas para alcanzar una población por hectárea de 25.000 plantas.

En terrenos relativamente planos se puede incrementar la población de plantas acortando las distancias de siembra. Es recomendable sembrar tres granos por golpe para asegurar una buena germinación.

La cantidad de semilla necesaria oscila entre 22 a 30 kg/ha (50 a 60 lb/ha).

La pérdida de suelo por efecto de erosión es el enemigo más grande de la agricultura, razón por la cual se debe sembrar en surcos en contra de la pendiente y realizar obras de conservación de suelos (Agripac, 1996).

➤ La siembra del maíz por lo general es mateada depositando de 1 a 5 semillas por mata; la siembra manual se practica para pequeñas áreas, o para fines experimentales. Con una estaca de madera de unos 5 cm de diámetro y 2 o 3 metros de largo, terminada en punta endurecida se abre hoyos de unos 10 o 15 cm de profundidad donde se depositan 4 o 6 semillas tapando con tierra. La siembra se hace en suelo surcado o sin surcar. La profundidad de siembra varía de 5 a 15 cm. La densidad óptima de siembra es de 45.000 a 55.000 plantas/ha; 22 kg de semilla/ha para obtener 55.000 plantas/ha; si se espera llegar a la cosecha con 45.000 plantas/ha se divide los kg de semilla por 1,22 (Reyes, 1990).

En el método bio intensivo se practica la siembra cercana, las ventajas son:

- Existe más producción por metro cuadrado.
- Se limita el crecimiento de las malas hierbas y hay menos plagas.
- Las raíces crean un ambiente favorable para el aprovechamiento de los abonos.
- Se reduce la evaporación (Método bio intensivo de cultivo, 2001).

➤ **Cosecha.-** En algunas variedades se realiza en estado tierno, “choclo”.

➤ **Suelos.-** Los mejores suelos para altos rendimientos, son los que cuentan con un adecuado drenaje, fértiles, de fácil manejo, bien aireados, profundos, suelos francos, arcillosos rojizos; ricos en materia orgánica, en N, P, K y elementos menores en cantidades balanceadas y con pH de 6 – 7 (Reyes, 1990).

➤ **Fertilización.-** El análisis de suelos es importante para determinar el grado de fertilidad, y en base de este generar las recomendaciones de fertilización adecuadas.

Considerando la condición más general del grado de fertilidad de los suelos de las zonas maiceras de la serranía, esto es, contenidos bajos de Nitrógeno y Fósforo y medios a altos de Potasio, las dosis más adecuadas de estos tres elementos serían: 120 kg/ha de N, 100 kg/ha de P y 50 kg/ha de K. Lo que en términos de fórmulas comerciales de fertilizantes significa que se debe aplicar:

4.5 sacos de 50 kg de 18-46-0 por ha.

3 sacos de 50 kg de urea por ha.

1 saco de Sulpomag por ha.

El 18-46-0 y el Sulpomag aplicar al momento de la siembra a chorro continuo al fondo del surco.

La urea se debe aplicar en banda lateral, separada 5-10 cm de las plántulas, a los 30-45 días de siembra en condiciones de buena humedad en el suelo.

Usando la fórmula 12-36-12 los requerimientos son:

5.5 sacos de 50 kg de 12-36-12 por ha al momento de la siembra.

3.5 sacos de 50 kg de urea por ha en banda lateral a los 30 o 40 días de la siembra.

Es importante recordar que al aplicar las fórmulas arriba indicadas únicamente se suministra al cultivo los elementos mayores y para el caso del maíz una aplicación de Zn (cinc) es de mucha importancia, a igual que otros micro elementos.

La aplicación de un fertilizante que contenga microelementos, preferiblemente en forma quelatizada, debe realizarse al momento de la siembra.

Usando librel BMX los requerimientos son:

6 a 8 kg/ha para corregir deficiencias, y de 1 a 2 kg/ha como fertilización de mantenimiento (Agripac, 1996).

Las aportaciones de nitrógeno tendrán lugar en la primera cobertera con maíz de 30 cm y la segunda cobertera con maíz de 70 - 80 cm. La absorción del nitrógeno tiene lugar, especialmente, en las 5 semanas que transcurren desde 10 días antes de la floración hasta 25 o 30 días después de ella; durante estas 5 semanas la planta extrae el 75 % de sus necesidades totales; las mazorcas procedentes de plantas que han sufrido falta de N no tienen grano en las puntas.

La absorción del fósforo por la planta es importante en las proximidades de la floración y continúa hasta su maduración. Las 5 semanas de necesidades máximas de N coinciden con las del P.

El maíz necesita las dos terceras partes del potasio durante el mes que transcurre desde 15 días antes hasta 15 días después de la floración. La carencia de potasio origina raíces muy débiles y las plantas son muy sensibles al encamado, así como al ataque de hongos (Guerrero, 2000).

➤ **Rendimientos.-** El rendimiento depende fundamentalmente de la variedad usada, del grado de fertilidad del suelo, del clima y del manejo realizado. Para las variedades mejoradas se espera un rendimiento entre 4.500 a 5.000 kg/ha y para las variedades criollas de 1.000 a 2.000 kg/ha.

➤ **Controles fitosanitarios.-** La mayor parte de las enfermedades se las controla en la actualidad con el uso de variedades resistentes y un buen manejo del cultivo (Agripac, 1996).

Para controlar el ataque de gusanos de la mazorca (*Heliothis zea* y *Euxesta eluta*), de acuerdo con la recomendación del programa de maíz del INIAP, se debe realizar tres aplicaciones de aceite comestible, de origen vegetal, con aceitero o algodón, en el lugar de salida de los pelos del choclo (estigmas). La primera aplicación se realiza cuando una tercera parte de las plantas mostraron sus mazorcas con pelo, la segunda luego de 8 días y la tercera a los 15 días de la primera aplicación (Rea, 2007).

### **2.3.3 Toma de muestras para análisis de suelos**

Se recomienda hacer 20 o 30 tomas/ha, cogidas al azar en forma de zigzag; de 0 a 30 cm de profundidad (Fuentes, 1999).

Se debe tomar del campo un número de muestras que representen la población, se mezclan hasta obtener un cuerpo homogéneo, del cual se extrae una cantidad suficiente (1 kg) para análisis en el laboratorio (El Agro, 2001).

#### **2.3.4 Toma de muestras de suelo o raíces para análisis de nemátodos**

En este grupo se incluyen cultivos tales como: maíz, soya, papa, etc.

Las muestras deberán ser compuestas (suelo y raíces) y la profundidad de muestreo estará de acuerdo al tipo de sistema radicular; de preferencia se tomarán plantas completas incluyendo el suelo adherido a las raíces; el tallo y hojas deberán eliminarse en el campo.

Se hará un muestreo de suelo previo a la siembra de cualquiera de estos cultivos para establecer poblaciones de larvas o quistes libres en el suelo. Se aconseja tomar muestras después de la siembra, a la mitad del ciclo vegetativo del cultivo y a la cosecha. El número de plantas a muestrearse por hectárea será de 5 a 8, integradas en una sola muestra (Agripac, 1996).

#### **2.3.5 Efecto de la labranza del suelo**

Los herbajes de maíz densos y bien abonados producirán tanto residuo vivo como los de una leguminosa. Los métodos de labranza usados corrientemente en la producción del maíz, favorecen una descomposición más rápida de la materia orgánica.

El cultivo continuo en hileras supone una mayor circulación del tractor y una mayor remoción del suelo, y ello da patentes resultados para la compactibilidad, el desmoronamiento de la estructura, la descomposición de la materia orgánica y la erosión superficial; algunos de estos problemas serán compensados por herbajes densos de cultivos fertilizados adecuadamente; la labranza mínima es un factor que ayuda (Samuel y Werner 1970).

#### **2.3.6 Ventajas de los cultivos rotativos**

Favorece el control de hierbas nocivas e insectos, favoreciendo así el control de las enfermedades; renovando los residuos del cultivo se mantiene la

competencia entre los organismos del suelo, y puede ayudarse de este modo a reducir los patógenos.

Al sembrarse periódicamente leguminosas de raíz profunda en todos los campos, hay una mayor protección continua del vegetal y menos probabilidad de erosión; los cultivos varían en la clase de sustancias alimenticias de las raíces y en sus requerimientos nutritivos; enraizados de profundidad frente a los de superficie, de nutrición intensa frente a los de débil, y fijadores de nitrógeno frente a no leguminosas (Samuel y Werner 1970).

### **2.3.7 Técnicas de aplicación de los abonos**

Los fertilizantes comerciales, se aplican a mano o con maquinaria. La distribución al suelo se hace al voleo, en aspersión, en línea a chorrillo o banda y mateado, según si el fertilizante es líquido, sólido o gaseoso. La distribución debe ser tal que la profundidad de colocación sea en promedio a 10 cm y a una distancia de la semilla o de la planta, en promedio de 6 cm; la semilla o planta en contacto directo con el fertilizante resultan dañadas y quemadas (Reyes, 1990).

### **2.3.8 Abonado de fondo de plantación o de vertedera**

La distribución se realiza un poco antes o en el momento de la siembra. En este abonado se aportan fundamentalmente, el P, el K y una parte de N. El abono se entierra mediante una labor de grada o de vertedera (Fuentes, 1999).

La distribución del abonado de fondo y de cobertera depende de cada cultivo; el método tradicional consiste en aplicar cantidades muy elevadas para el abonado de fondo, en la mayor parte de los casos, de NPK mineral y abono orgánico (Cadahia, 2000).

### **2.3.9 Abonado de cobertera**

La distribución se realiza durante el desarrollo del cultivo, se aporta fundamentalmente, la mayor parte de N.

### 2.3.10 Distribución localizada

El abono se coloca cerca de las raíces (Fuentes, 1999).

Los abonos fosfóricos se pueden aplicar al voleo con enterrado posterior, en bandas superficiales con enterrado posterior y en bandas localizadas junto a la semilla. El abono localizado junto a la semilla es muy efectivo, debido a que disminuye el contacto entre el abono y el suelo y, por tanto, se mantiene mayor cantidad de P soluble al alcance de las raíces. En general, en suelos pobres en P, el abono aplicado en bandas es más efectivo (Fuentes, 1989).

**Cuadro 3: Gramos de fertilizante aplicados al suelo por metro lineal, cuando se distribuye en banda o chorrillo. Diferentes distancias de siembra entre surcos y kg/ha de fertilizante.**

Distancia entre surcos, cm	kg/ha de fertilizantes				
	100	200	300	400	500
50	5	10	15	20	25
60	6	12	18	24	30
70	7	14	21	28	35
80	8	16	24	32	40
90	9	18	27	36	45
100	10	20	30	40	50

Fuente: Reyes, 1.990

Elaborado: El autor

### 2.3.11 La Fertilización

Es la aportación de sustancias minerales u orgánicas al suelo de cultivo con el objeto de mejorar su capacidad nutritiva (Suquilanda, 1996).

El abonar o fertilizar, es la operación que consiste en aumentar la fertilidad de la tierra, mediante el añadido de sustancias orgánicas e inorgánicas. Los abonos o fertilizantes pueden ser químicos u orgánicos (Bejarano, 2004).

### **2.3.11.1 La fertilización química**

Consiste en alimentar a las plantas con sustancias nutritivas químico-sintéticas solubles en agua por medio de la ósmosis forzada (Suquilanda, 1996).

Las enmiendas del suelo son sustancias químicas que influyen favorablemente en el desarrollo vegetal produciendo en el suelo efectos benéficos, como el cambio en la reacción del suelo, esto es, que la tierra sea menos ácida o menos alcalina; la transformación en el suelo de los elementos de que se nutre la planta, haciéndolos asimilables si antes no lo eran; el mejoramiento de las condiciones físicas del suelo; la neutralización de los efectos de sustancias perjudiciales.

Las enmiendas del suelo contienen también, por regla general, nutrientes de las plantas; las materias calcáreas que se emplean en la agricultura, suministran calcio y a veces magnesio, como elementos nutritivos (Ignatieff, Page, 1959).

El simple listado de los nutrientes de las plantas que se eliminan con la cosecha pone de manifiesto la necesidad de fertilizantes; la fertilización apropiada es el mantenimiento de los niveles óptimos de nutrientes en el suelo a largo plazo.

Los fertilizantes son necesarios para mantener la productividad del suelo y una agricultura viable; el uso correcto de los fertilizantes es parte de las “buenas prácticas agrícolas”; un uso fuera de tiempo, desequilibrado o excesivo supone un derroche y puede ocasionar problemas medio ambientales (Cadahia, 2000).

La denominación de fertilizantes se ha venido dando, generalmente, a los productos químicos inorgánicos que contenían alguno o varios de los tres macro elementos primarios: N, P y K.

Como fertilizantes minerales o químicos se conocen aquellos productos obtenidos mediante procesos químicos desarrollados a escala industrial, que tienen cantidades mínimas de alguno de los elementos principales.

Pueden ser fertilizantes simples y compuestos; los fertilizantes simples son aquellos que solo contienen uno de los tres elementos: N, P o K; por el contrario, aquellos productos que tienen más de uno de dichos elementos, se denominan fertilizantes compuestos.

Los fertilizantes simples, según que contengan N, P o K, se denominan: nitrogenados, fosfatados y potásicos, respectivamente; por lo que respecta a los fertilizantes compuestos, pueden ser binarios o ternarios, según que en su composición participen dos o tres elementos principales (Domínguez, 1989).

Con el uso exclusivo o el abuso de los fertilizantes químicos se advirtió que, en algunos casos, degradaba la calidad del suelo, aumentaba sus sales y llevó a considerar a algunos estudiosos la necesidad de retornar a la fertilización orgánica, para conservar mejor nuestros suelos y obtener plantas más sanas y nutritivas. En un programa adecuado de fertilización, sin embargo, conviene el empleo tanto de materiales químicos como orgánicos (Lesur, 2006).

La fertilización recomendada de acuerdo al análisis químico de suelos por el DMSA fue la siguiente: 60 kg N/ha; 40 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha; 30kg K<sub>2</sub>O/ha y 20kg S/ha, se utilizó urea y NPK 18-46-0. En la fertilización de arranque se colocó 40 kg N/ha y la totalidad de los otros elementos (Rea, 2007).

#### ➤ **Fertilización con urea**

La urea tiene el inconveniente de su gran solubilidad en agua y la posibilidad de sublimar, lo que provoca la pérdida de una parte importante del fertilizante. Una vía para eliminar esas dificultades la constituye el uso de productos derivados de la urea que posea la característica de descomponerse en el suelo, conocidos como fertilizantes de liberación lenta. Los más comunes son la

urea recubierta por sulfuro y silicato de sodio. El rendimiento de la semilla se ve favorecido por niveles de N superiores a los 120 kg/ha (Chapingo, 2000).

La urea se presenta en forma de gránulos blancos de 2 mm de diámetro, y contiene el 46 % de N. Se recomienda entre 75 y 150 kg/ha de urea. Se distribuye en 3 partes: antes de la siembra; con anterioridad al entallado y 20 días después.

Pueden distribuirse 25 kg de urea/ha dos días antes de sembrar, sin realizar labor de incorporado, puesto que este abono se disuelve con la humedad que tenga el suelo en la siembra, con la lluvia, riego o rocío, penetrando así en profundidad.

No conviene distribuir más de 50 kg/ha de urea en cada aplicación, puesto que su rápida transformación en nitrato puede producir un gran desarrollo vegetativo en detrimento de la floración, debiendo espaciar las aplicaciones entre 15 y 20 días.

De hacer la aplicación el mismo día de la siembra, el biuret que contiene la urea, destruye una tercera parte del maíz en germinación; por ello, se adelanta la aplicación en dos días. El biuret, tiene efecto tóxico sobre las semillas en germinación, pero no sobre las plantas ya nacidas, pudiendo distribuirse 3 días antes de sembrar, en cuyo tiempo el biuret actúa como herbicida sobre las semillas espontáneas en germinación. Pero a los 3 días la urea se ha transformado en carbonato amónico y nitratos, desapareciendo el biuret (García, 1982).

➤ **Extracción de elementos nutritivos de una cosecha de maíz con productividad de 4.000 kg de grano/ha.**

120 kg de N; 50 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 160 kg de K<sub>2</sub>O (García, 1982).

➤ **Recomendaciones generales para la fertilización del maíz**

60 kg/ha de N y 80 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (kg/ha) (Reyes, 1990).

➤ **Extracción de elementos nutritivos**

**Cuadro 4: Extracción de elementos nutritivos (kg/ha y por unidad de producción)**

<b>Cultivo</b>	<b>Unidad Producción</b>	<b>N</b>	<b>P2O5</b>	<b>K2O</b>
Trigo	t de grano	28	14	25
Maíz	t de grano	28	11	23

Fuente: Fuentes, 1 999

Elaborado: El autor

➤ **Fertilización Nitrogenada**

La cantidad de nitrógeno que se debe aportar será la diferencia entre las necesidades del cultivo y las existencias disponibles en el suelo.

Dosis = Necesidades del cultivo – Existencias disponibles.

Ejemplo: Si cada tonelada de trigo extrae del suelo 28 kg de N, una producción de 4 t/ha necesita:  $4 \times 28 = 112$  kg de N/ha (Fuentes, 1999).

Los fertilizantes de liberación lenta se refieren fundamentalmente a fertilizantes nitrogenados; la lenta liberación evita pérdidas y, por lo tanto, la contaminación de los acuíferos fundamentalmente por nitratos, ya que, como es sabido, el suelo no retiene el nitrógeno en forma nítrica.

Las ventajas de los abonos nitrogenados de liberación lenta se resumen en: una mayor eficacia en la absorción de nitrógeno por las plantas, disminución por las pérdidas por lavado y menor contaminación (Cadahia, 2000).

➤ **Fertilizantes Nitrogenados**

- **Urea [CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>].-** La urea contiene 46 % de nitrógeno total, es un producto de origen orgánico que se obtiene sintéticamente a partir del amoníaco, es uno de los sólidos con mayor concentración de nitrógeno.

- **Nitrato de Amonio [NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>].-** Contiene 34 % de nitrógeno, 50 % en forma nítrico, 50 % en forma amoniacal. El nitrato es de disponibilidad y absorción inmediata, el amonio es de lenta disponibilidad, ya que se fija en las partículas coloidales inorgánicas del suelo (humus); lo cual permite un suministro al suelo por más tiempo.

- **Sulfato de Amonio [(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>].-** Tiene buenas cualidades de manejo y almacenamiento y también es una buena fuente de nitrógeno 21 % y azufre 24 % para los suelos deficientes en este elemento. Se recomienda aplicarlo en suelos arenosos donde hay una gran percolación o aquellos suelos que se encuentran localizados a orillas de los ríos que tienden a desbordarse, igualmente se lo debe aplicar en suelos con pH alcalino, para contrarrestar la alcalinidad del suelo por el NH<sub>4</sub> que contiene.

✓ **Formas de Aplicación:** Para aprovechar mejor los fertilizantes nitrogenados; se recomienda hacer aplicaciones fraccionadas, por cuanto tiende a perderse por lixiviación, percolación y volatilización. Las aplicaciones se las debe de fraccionar en dos o tres partes en el caso de cultivos de ciclo corto, en cultivos anuales o perennes la aplicación se la debe fraccionar mucho más dependiendo de los mismos (Fertisa).

### ➤ **Fertilización Fosforada**

El fósforo es retenido por el suelo con mucha facilidad, sin riesgo de que se pierda por percolación. La dosis de mantenimiento será igual a la cantidad extraída por la cosecha, incrementando esa cifra en un 50 %, para compensar las pérdidas. La dosis de enriquecimiento consistirá en aumentar la dosis de mantenimiento en las siguientes cantidades por ha.

- En suelos arenosos no calizos: 40 - 60 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha
- En suelos francos no calizos y en arenosos calizos: 50-70 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha
- En suelos arcillosos no calizos: 60 - 80 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha
- En suelos francos y arcillosos calizos: 80 - 100 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha

**Ejemplo:** Calcular la fertilización fosforada en un cultivo de trigo con una producción de 4 t/ha. El suelo es arcilloso no calizo.

Dosis de mantenimiento:  $4 \times 14 = 56$

$$56 + 56 \times 0.50 = 84 \text{ kg de P}_2\text{O}_5/\text{ha}$$

Dosis de enriquecimiento: 70 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha

Dosis total:  $84 + 70 = 154$  kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha (Fuentes, 1999).

Los fosfatos solubles al agua son absorbidos rápidamente por las plantas. Se pueden aplicar al tiempo de la siembra, no existe el peligro de pérdidas inmediatas por lixiviación; el fosfato se transforma rápidamente en formas menos solubles al agua del suelo (Suelos y Fertilización, 2005).

#### ➤ **Fertilizantes Fosforados**

✓ **Fosfato Diamónico. DAP (18-46-0) - (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>.**- Es uno de los fertilizantes con el mayor contenido de unidades nutritivas, contiene 18 % de nitrógeno (N) y 46 % de fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) que minimizan los costos de embarque, transporte, almacenamiento y manejo.

✓ **Super Fosfato Triple (0-46-0) - Ca (H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>.**- Contiene 46 % de (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) y 14% de CaO. El Superfosfato TSP es un fertilizante neutro que no tiene efecto apreciable sobre el pH del suelo. Es una excelente fuente de fertilizantes fosforado, se lo fabrica en forma granular y se los usa en mezclas físicas y en aplicaciones directas al suelo y en las camaroneras.

#### ➤ **Formas de Aplicación:**

El fósforo debe aplicarse necesariamente antes de la siembra o al momento de la misma, ya que por su lenta solubilidad, difícilmente, será aprovechado por las plantas de ciclo corto, al aplicarlo durante el cultivo (Fertisa).

### ➤ **Fertilización Potásica**

La fertilización potásica es muy parecida a la fosforada, puesto que el comportamiento del K en el suelo es muy parecido al del P. Cuando el contenido de **K** en el suelo es deficiente, se aplica una dosis de mantenimiento, que será igual a la cantidad extraída por la cosecha incrementando esa cifra en un 50 %.

En suelos pobres en **K**, además de la dosis de mantenimiento, se aportará una dosis de enriquecimiento que consistirá en las siguientes cantidades por Ha.

- En suelos arenosos: 50 – 70 kg de K<sub>2</sub>O/Ha
- En suelos arcillosos: 90 – 120 kg de K<sub>2</sub>O/Ha

Ejemplo: Calcular la fertilización potásica de un cultivo de trigo en un suelo arcilloso, con una producción de 4 t/ha.

Dosis de mantenimiento:  $4 \times 25 = 100$  kg de K<sub>2</sub>O/ha

Dosis de enriquecimiento: 100 kg de K<sub>2</sub>O/ha

Dosis total:  $100 + 100 = 200$  kg de K<sub>2</sub>O/ha (Fuentes, 1999).

### ➤ **Fertilizantes Potásicos**

**-Muriato de Potasio 60 % DE (K<sub>2</sub>O).**- Representa alrededor del 95 % de todo el potasio que se consume en el mundo, por su alta concentración 60 % de (K<sub>2</sub>O) y su abundancia en la naturaleza.

**- Sulpomag, Sulfato de Potasio, Nitrato de Potasio.**

**-Formas de Aplicación:** El Potasio se lo puede aplicar en forma fraccionada conjuntamente con el Magnesio y el Azufre, debemos procurar darle a la planta la mayor cantidad de nutrientes en una sola aplicación, ya que esto asegura una buena producción y estamos evitando que el elemento faltante actúe como un factor limitante de la producción (Fertisa).

### 2.3.12 Requerimientos nutritivos del maíz

1. P. J. Mohr y E. B. Dickinson dan los siguientes valores:

**Cuadro 5: Kg de NPK que extrae el maíz/t de grano (rendimiento medio a alto)**

<b>Producción</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>
Grano	15 - 18	2.5 - 3	3 - 4
Grano + Rastrojo	27 - 29	4.5 - 5	15 - 20

2. Necesidades estimadas ( kg/ha ) de nutrientes para el maíz, según diferentes productores de grano y varios autores.

**Cuadro 6: Necesidades estimadas ( kg/ha ) de nutrientes para el maíz**

<b>Nutriente</b>	<b>Para 6 t/ha Domínguez, V. A</b>	<b>Dr. Hugo Velasco (1)</b>	<b>David B. Parson (2)</b>
Nitrógeno N	147	130,0	110
Fósforo P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	53	23,4	40
Potasio K <sub>2</sub> O	94	92,3	80
Calcio CaO	54	23,4	7
Magnesio MgO	56	24,7	6
Azufre S	22	19,5	6

Fuente: Agripac 1 996

Elaborado: El autor

(1) Rendimientos medios de grano

(2) Rendimiento 4 ton/ha de grano

3. Necesidades estimadas de NPK para una cosecha de 2.485 kg/ha.

N, 180 kg/ha; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 62 kg/ha y K, 124 kg/ha.

4. En Apodaca, Nuevo León, se hizo un análisis químico en un suelo que se considera con las siguientes características: clima caliente seco, con heladas invernales, precipitación pluvial – varía entre 400 y 500 mm – temperatura media anual 23°C, suelo calcáreo, pobre en materia orgánica (1-2 %), y pH 7.1 – 8.6.

**Cuadro 7: Resultado del análisis químico (F. Morgan), expresado en kg/ha.**

Muestra Única	NH4	NO3	P2O5	K2O	CaO	Sales EcX10	M. O.	pH
	90	A	38 M	++ 350	A	0,52 B	2,3 B	7,8

Fuente: Suquilanda 1 996

Elaborado: El autor

A= Alto      M=Medio      B=Bajo

Es necesario adicionar nitrógeno y fósforo. pH óptimo 5.5 a 7.0

Se recomendó abonar con 200 kg de la fórmula 18-46-0 (es decir, 36 kg de N/ha y 92 kg de P2O5/ha). Por lo anterior, se tiene:

N	disponible	90 + 36 = 126 kg/ha
P2O5	disponible	38 + 92 = 130 kg/ha
K2O	disponible	= 350 kg/ha

Se sembró NLVS-2 y se produjeron 4.8 tn/ha. (Tesis profesional, ingeniero Faustino Reyes, ITESM (1.986) (Reyes, 1990).

### 2.3.13 Necesidad de fertilizantes

El simple listado de los nutrientes de las plantas que se eliminan con la cosecha pone de manifiesto la necesidad de fertilizantes; la fertilización apropiada es el mantenimiento de los niveles óptimos de nutrientes en el suelo a largo plazo.

Los fertilizantes son necesarios para mantener la productividad del suelo y una agricultura viable; el uso correcto de los fertilizantes es parte de las “buenas prácticas agrícolas”; un uso fuera de tiempo, desequilibrado o excesivo supone un derroche y puede ocasionar problemas medio ambientales (Cadaña, 2000).