

48
29j



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

" ESTUDIO DE SUELOS PARA CULTIVO DE PAPA EN
LA REPUBLICA MEXICANA "

TRABAJO MONOGRAFICO DE ACTUALIZACION

Que, para obtener el título de :

QUIMICO

Presenta :

LAURA PATRICIA VAN-DYCK LOYO

MEXICO. D.F.

FALLA DE ORIGEN

1989



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

I N D I C E .

I.- Introducción.	1
II.- Generalidades.	
1.- Papa.	2
2.- Concepto de suelo.	12
3.- Desarrollo del suelo.	14
4.- Composición mecánica del suelo.	16
5.- La materia orgánica del suelo.	19
6.- Propiedades fisicoquímicas del suelo.	23
7.- La reacción del suelo.	26
8.- El suelo y las necesidades de nutrimentos por las plantas.	31
9.- Suelo para el cultivo de la papa.	40
III.- Métodos Analíticos.	44
1.- Análisis mecánico.	45
2.- Color, pH y resistencia en pasta.	47
3.- Materia orgánica.	49
4.- Capacidad de intercambio catiónico total.	51
5.- Determinación de cationes intercambiables.	53
6.- Determinación de fósforo.	57
7.- Determinación de sales solubles.	60
IV.- Resultados de la investigación.	66
V.- Conclusiones y recomendaciones.	66
VI.- Bibliografía.	70

I .- I N T R O D U C C I O N

El objetivo de este trabajo es dar a conocer los requerimientos del suelo para que sea un terreno adecuado para el -- cultivo de la papa, así como para proporcionar mejores cosechas en cuanto a volumen de producción y a calidad de producto.

Con este trabajo se intentará buscar nuevos caminos y -- corregir ciertas tendencias equívocas dentro del desarrollo -- agroindustrial, lo que implica un exhaustivo análisis del tema.

La recopilación de datos proporcionará material útil no sólo en el terreno estudiantil como fuente de información, sino que también será un beneficio colectivo para la sociedad, dirigido a las personas interesadas dentro del ramo agroindustrial.

La papa es uno de los alimentos más importantes, tanto en Europa como en América. Actualmente en el mundo se cultiva -- la papa en un área de alrededor de 22 millones de hectáreas, -- con una producción promedio de 13. 3 toneladas por hectárea. En la República Mexicana se siembran alrededor de 70, 000 hectáreas, con una producción superior a un millón de toneladas.

El continuo aumento de la población mundial implica que debe haber un incremento en la producción de papas, lo que conlleva a buscar nuevas formas de aumentar su cultivo, sin que és to ocasione que sean desplazados otros cultivos y lograr así un mayor volumen en la producción.

II.- GENERALIDADES

1.- PAPA.

La papa 6 patata es uno de los alimentos más importantes, tanto en Europa como en América. En los últimos cien años se ha cultivado extensivamente. Es originaria de América y los españoles la introdujeron en Europa en el siglo XVI durante la época de la conquista.

El origen geográfico de la papa está ubicado en las cordilleras de los Andes del Perú, desde donde ha sido llevada a casi todos los países del mundo.

Pertenece a la familia de las "Solanaceae", al igual que los tomates, los chiles, el tabaco y la berenjena.

Existe un gran número de especies de papa, pero en la producción las que más se utilizan son las especies *Tuberosum* y *Antigenum*. La primera tiene plantas, hojas y tubérculos más grandes que la segunda, por esta razón se cultiva más la especie *Tuberosum*.

También hay distintas variedades, siendo las más conocidas la papa Alpha, la Patrones y la Murca.

Papa Alpha. Madura a los 120 días y su rendimiento medio comercial es de 18 a 20 toneladas por hectárea. Tubérculos grandes, de forma redonda ó oval, "ojos" semisuperficiales, pulpa amarilla clara y cutícula blanca. Follaje verde semioscuro y flores blancas. Resistente a la sequía. Susceptible al tizón temprano *Alternaria solani* y al tizón tardío *Phytophthora infestans*. Durante su almacenamiento el porcentaje de brotación es bajo. Calidad excelente.

Patrones. Su producción se destina a la industria, para la elaboración de papas fritas. Se puede adquirir para siembras comerciales con los representantes de las industrias dedicadas a la elaboración de papas fritas.

Murca. Madura a los 110 días y su rendimiento medio comercial es de 18 a 20 toneladas por hectárea. Tubérculos grandes y ovalados, de pulpa amarillenta y cutícula rojiza. Follaje verde oscuro y flores moradas. Resistente al tizón temprano y al tizón tardío. Poco sensible al enrollamiento de la hoja. Brota rápidamente durante su almacenamiento. Calidad regular.

Los tubérculos contienen riquezas alimenticias de reserva en forma de almidón y proteínas, los cuales proporcionan nutrientes que dan lugar a una nueva planta. El tubérculo contiene 80% de agua; la materia seca consta de carbohidratos, proteínas, celulosa y minerales, y contiene vitaminas A, C, G y alguna del complejo B.

Además de su gran valor alimenticio, se cultiva para la preparación de productos industriales como harina, almidón y bebidas alcohólicas. También se utiliza en la alimentación animal sobre todo los tubérculos pequeños y los dañados.

La papa es una planta anual de tipo herbácea arbustiva. Alcanza una altura de entre 40 y 80 cm. La planta está constituida por:

1) Raíces. De tipo adventicias. La papa se propaga por tubérculos; en suelos arcillosos las raíces profundizan menos que en suelos arenosos. La mayoría de las raíces se encuentran en los primeros 40 cm.

2) Tallos. Es normal y herbáceo, erecto, poco veloso y -- con ramificaciones poco desarrolladas.

3) Tubérculos. Además del tallo normal, la papa produce en la tierra tallos modificados, que son los tubérculos, los cuales son los encargados de producir nuevas plantas.

4) Hojas. De tipo compuesto, con varios folíolos opuestos y uno grande en terminal. Son poco vellosas. En las axilas que forman con los tallos salen las yemas vegetativas.

5) Flores. Se componen de terminal con pedúnculos largos. Es completa y de cinco pétalos fusionados, formando un tubo floral.

6) Frutos. Son redondos, suaves, de aproximadamente 2 cm. de diámetro. Las semillas del fruto son pequeñas y aplastadas. Fig. 1.

Bajo condiciones apropiadas, la papa tiene un contenido mayor de nutrientes que los cereales. La papa sigue en importancia a la soya, la cual ocupa el primer lugar en cuanto a rendimiento de proteínas por hectárea, pero en cuanto a producción por hectárea, la papa proporciona mayor rendimiento que la soya.

En el Centro Internacional de Mejoramiento de la Papa, con sede en Lima, Perú, se desarrollan investigaciones sobre especies híbridas con un 9% de proteínas.

La propagación de la papa se puede hacer con semillas - obtenidas de las flores ó con semillas de los tubérculos; la primera forma es la reproducción botánica, utilizada sólo para el fitomejoramiento del cultivo. En la producción normal la papa se siembra a partir de la semilla del tubérculo y se cosecha antes de que la planta haya formado frutos.

Existe una relación entre el número de tallos y el número de tubérculos: mientras más tallos tenga la planta, mayor será el número de tubérculos, sólo que éstos serán de una tamaño menor.



Fig. 1.

En el proceso de tuberización ó formación de tubérculos influyen los cambios en las condiciones climatológicas, los días cortos favorecen la tuberización temprana, mientras que los días largos la retardan, excepto en el caso de la especie - Antigenum, en que los días largos inhiben la tuberización; también es favorecida por temperaturas entre 15 y 20° C.

Preparación del cultivo.

Antes de producir papas, el productor debe observar los requisitos y características de la papa con el fin de escoger - un adecuado sistema de producción, según las condiciones de la región.

a) Temperatura. Durante su crecimiento, el cultivo de papas requiere una variación en la temperatura ambiental. Después de la siembra la temperatura debe subir a 20° C, luego debe aumentar más para un buen crecimiento del follaje, pero no debe exceder los 30° C. Durante la tuberización debe estar entre 16 y 20° C.

b) Luz. El tubérculo no requiere luz para brotar, pero cuando la planta ha emergido necesita bastante luz. El sol fuerte durante mucho tiempo reduce la producción.

c) Humedad. La planta necesita una continua provisión de agua durante su crecimiento. Se requiere un tiempo seco para preparar la tierra y sembrar. En la primera etapa de su desarrollo requiere poca agua, pero después y hasta la cosecha, el consumo de agua es alto. Para facilitar la cosecha, el terreno debe estar seco. Demasiada humedad provoca el rápido desarrollo de enfermedades.

d) Variedades. Existen numerosas variedades de papa; - se deberá elegir cuál es la más adecuada, según se haya demostrado la calidad en la región. La selección se hace, en primer lugar, con base en el uso del tubérculo, ya sea para consumo humano, consumo animal, ó bien para la industria.

Las variedades pueden dividirse en tres grupos: primeras tempranas, segundas tempranas y de cosecha normal.

La primeras y segundas tempranas crecen rápidamente, -- se pueden cultivar en climas frescos; dan un rendimiento razonable en corto tiempo.

Las variedades tardías ó de cosecha normal se cultivan en regiones donde existe la posibilidad de cosechar al final de la época de crecimiento, antes de las heladas; también tienen un alto rendimiento.

En la selección de variedad, también se toma en cuenta la productividad, la resistencia a enfermedades, el poder de -- conservación después de la cosecha, la facilidad para la cosecha mecánica y la buena formación del tubérculo.

e) Rotación. La papa es un cultivo con un período relativamente corto de crecimiento, lo que permite, en ciertas regiones, que se siembre hasta dos veces al año.

La rotación de cultivos disminuye la posibilidad de enfermedades, y evita que baje el rendimiento.

Existe una gran variedad de sistemas de rotación con -- otros cultivos y la papa; a continuación se muestran tres:

- i) papa- soya- remolacha- trigo- papa
- ii) papa- soya- tomate- remolacha- papa
- iii) papa- melón- alfalfa- sorgo- papa

Epoca de siembra.

Los tubérculos se utilizan como semilla. Las características de calidad deseadas en las semillas son las siguientes:

- variedad apropiada y genéticamente buena;
- tamaño uniforme con un peso de entre 40 y 50 g. cada una;
- tubérculos enteros, sin daños para evitar enfermedades;
- libre de plagas y enfermedades;
- material no muy seco ni arrugado.

Para que los brotes en las semillas formen tallos y raíces, la temperatura del suelo debe ser superior a 10° C.

En regiones con una estación marcada de lluvias se siembra antes de que éstas comiencen, para tener bastante agua durante la época de crecimiento, cosechando, entonces, al final del período pluvial.

En regiones con una temperatura adecuada y una precipitación suficiente la fotoperiodicidad es la que determina la época de siembra. En este caso, se siembra al finalizar la estación de días cortos para asegurar la buena tuberización en la época de días largos.

Sin embargo, existen variedades que no son tan sensibles, y son utilizadas especialmente para producir papas en áreas semiáridas.

En la región del Bajío se tienen actualmente dos épocas de siembra con buenos rendimientos. En la época de invierno-primavera se recomienda del 25 de diciembre al 20 de febrero, cuando ha desaparecido el peligro de heladas, y se siembra el 80% de la superficie total en el estado. La otra fecha de siembra es la de verano-otoño, que vá del 15 de julio al 31 de agosto, llevando consigo el riesgo de una helada temprana.

En el estado de Guanajuato se siembran 5, 000 hectáreas correspondientes al 7% de la superficie en el país, y el 10% de la producción nacional, con un rendimiento medio de cerca de 20 toneladas por hectárea. Se siembra a alturas que van desde los 1, 700 hasta los 1, 900 msnm. Los municipios donde se siembra son: León, San Francisco del Rincón, Silao, Romita, San Felipe Tarimoro y Cortázar.

En la región de la Sierra Tarasca debe sembrarse durante la primera quincena de junio, ya que si se hace después de esta fecha, se corre el riesgo de exponer el cultivo a las heladas.

En esta región se siembra a alturas entre los 2, 000 y los 2, 700 msnm. Se encuentra en los municipios de Villa Escalante, Ario de Rosales, Tacámbaro, Nahuatzen, Tingambato y Paracho.

Métodos de siembra.

Existen varios métodos para sembrar papas; el más sencillo es abrir un hueco en la tierra, meter la semillas y taparla, pero no es un método adecuado, ya que no dá un buen rendimiento ni una buena calidad, ni una uniformidad en el tamaño del producto.

El método más utilizado es en el que se abren surcos -- con el surcador, se colocan manualmente las semillas y se cierran los surcos con el mismo equipo, formando un camellón por encima. Se debe sembrar a distancias uniformes, para lo que -- existen los abridores de huecos.

En el Bajío se trazan surcos a 92 cm de ancho y las regaderas pueden hacerse de 10 a más de 100 m, según el tipo de suelo y la disponibilidad de agua para el cultivo. El tubérculo se deposita en el fondo del surco a una profundidad de 10 a --- 15 cm y de 20 a 30 cm entre plantas. Se tapa lo más rápido posible para evitar la deshidratación y pudriciones de semillas.

En la Sierra Tarasca se deposita el tubérculo con 30 ó 40 cm de separación y 60 cm entre surcos.

Plagas.

Durante el crecimiento de la papa es conveniente poner especial atención a las señales de plagas animales, tales como huevos, excrementos, nidos y daños en las plantas.

Las plagas más comunes son las siguientes:

- 1) Nemátodo dorado. Sus quistes están adheridos a las raíces; las plantas afectadas se quedan chicas, las hojas amarillentas y se marchitan. Transmiten virus.
- 2) El quiste maduro es rojo, cargado de huevos.
- 3) El nemátodo es un gusano de menos de medio milímetro de largo.
- 4) Afidos y Pulgones. Causan decoloraciones, marchitamiento y arrugamiento en las hojas. Transmiten virus que causan enrollamiento y mosaicos en las hojas.
- 5) Gusano de alambre. Se aloja en el tubérculo, donde las larvas producen un túnel; reduce la calidad.
- 6) El gusano de alambre adulto se come las raíces.
- 7) La larva es dura, café, de hasta 33 mm de largo.
- 8) Gusano trozador. Las larvas se comen los tubérculos.

- 9) El gusano trozador adulto deposita los huevos en el suelo.
 - 10) La larva es de 25 mm y su vida, de 2 a 5 semanas.
 - 11) Dorífora ó Escarabajo de la papa. Tanto el adulto como la larva se alimentan de las hojas.
 - 12) Polilla ó Palomilla de la papa. La larva causa el daño como minador de la hoja y el tallo, y pasa a los tubérculos por medio de túneles.
 - 13) Picudos. Perforan las hojas. Las larvas dañan el tubérculo.
 - 14) Pulga saltona. Es un escarabajo de 2 mm de largo, negro; perfora las hojas.
 - 15) Psílido de la papa. Las ninfas carcomen las hojas por abajo produciendo amarillamiento y rizado de la hoja.
- Fig. 2 y Fig. 2 a).

Para combatir estas plagas existen en el mercado diversos insecticidas específicos, como Malatión, Paratión, Aldicarb, Carbaryl, y muchos más.

En el Bajío las plagas más comunmente encontradas son: Palomilla de la papa, pulgones y Nemátodo dorado.

Enfermedades.

Los agentes patógenos que causan enfermedades en la papa pueden ser varias clases de hongos, virus y bacterias. Particularmente, las enfermedades fungosas son muy destructivas.

Las enfermedades más peligrosas son:

- 1) Tizón tardío. Empieza con pequeñas manchas café oscuro en hojas y tallos. En los tubérculos aparecen manchas semihundidas - cafés provocando la pudrición.

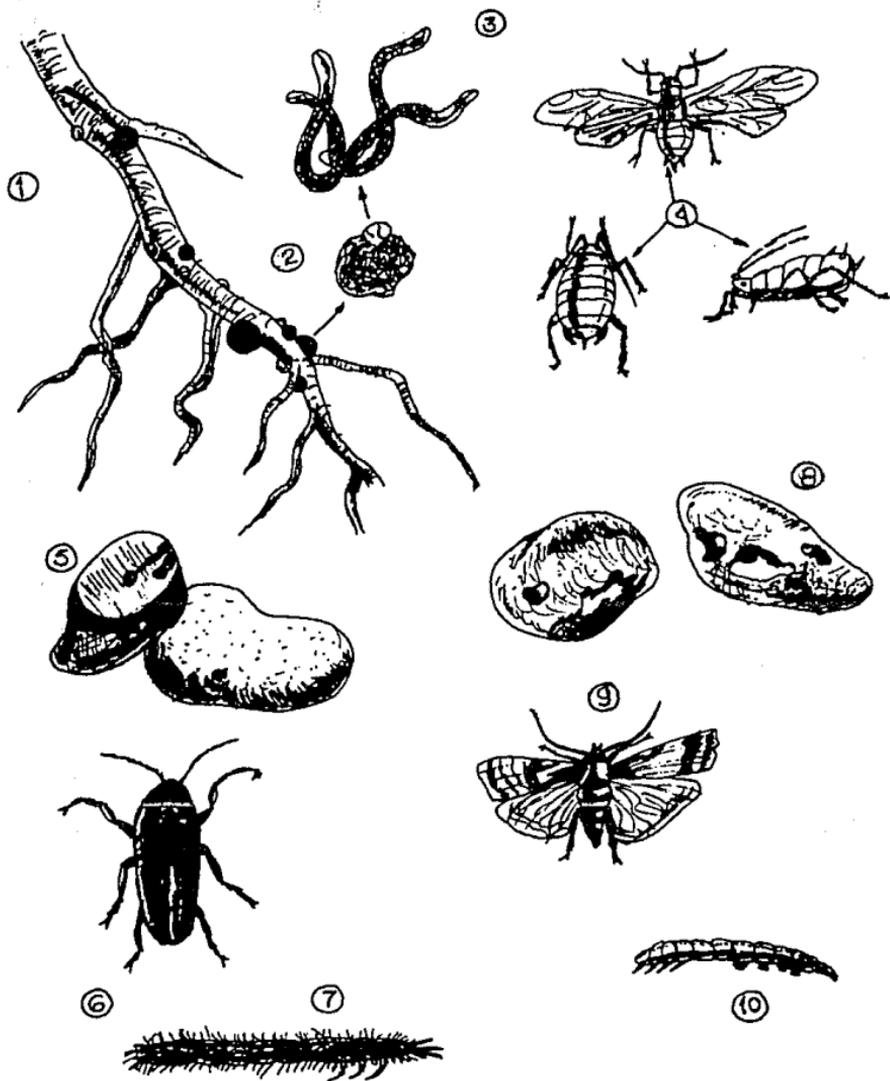
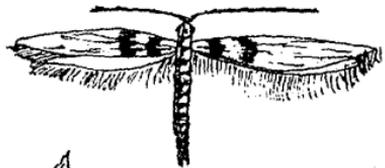
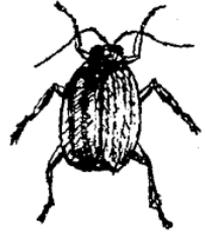


Fig. 2.



13



15

Fig. 2 a)

2) Tizón temprano. Se inicia con manchas pequeñas y circulares en las hojas, que, al crecer, forman círculos concéntricos oscuros, causando defoliación.

3) Rhizoctonia. Causa pudrición. Forma lesiones negras en la base de los tallos y costras negras en los tubérculos.

4) Marchitamiento del tallo. Enfermedad bacteriana, manifestada en condiciones de altas humedad y temperatura. La base del tallo y raíces se tornan negras; a veces ataca al tubérculo. Al cortar el tejido infectado se presentan exudados viscosos de masas grises bacterianas.

Fig. 3.

Las enfermedades más comunes causadas por virus son el mosaico y el enrollamiento de la hoja, mostrando síntomas como empequeñecimiento y deformación de las partes aéreas y parches amarillos y verdes en las hojas.

En la Sierra Tarasca se presenta principalmente el Tizón tardío.

Para prevenir estas enfermedades se recomienda principalmente hacer una buena selección de las semillas, que éstas sean certificadas, escoger un terreno libre de plagas, y la rotación de cultivos.

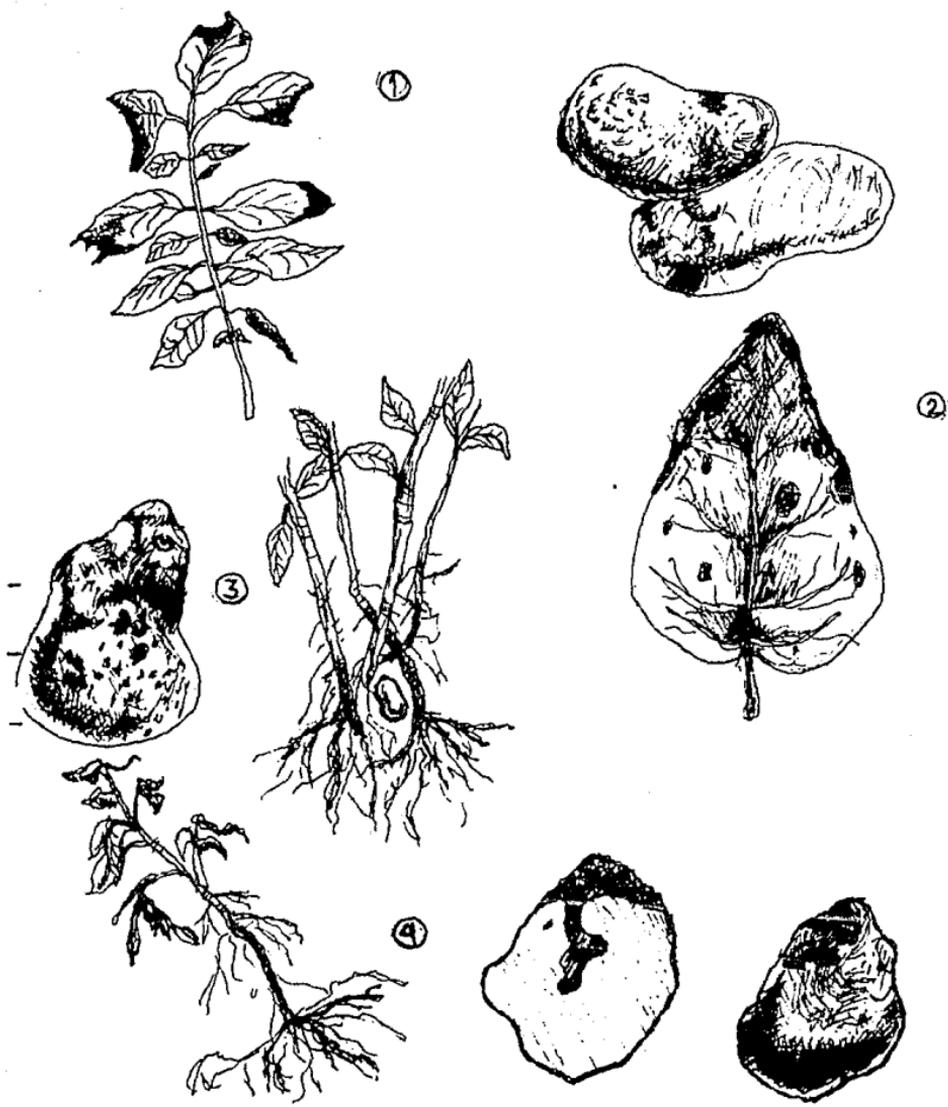


Fig. 3.

2.- CONCEPTO DE SUELO.

La palabra suelo se deriva del vocablo latino "solum" - y significa "piso" ó "terreno".

La Edafología es la ciencia que se ocupa del estudio -- del suelo desde el punto de vista de las plantas; considera las diferentes propiedades de los suelos con referencia a la producción de plantas. El edafólogo es práctico y científico al mismo tiempo, pues le concierne incluso la producción de alimentos y fibras. Al mismo tiempo debe determinar la causa de variación - de la productividad de los suelos, y hallar los medios de conservar .aumentar esta productividad.

Un significado más general de suelo, es el material que nutre y sostiene las plantas en desarrollo; pero este concepto incluye rocas, agua, materia orgánica, formas vivientes y aire ya que todo interviene, directa ó indirectamente, en el sostenimiento de la vida de las plantas.

Se consideran cuatro etapas principales en el proceso - de formación del suelo:

1: Debido a las acciones físicas ó mecánicas la intemperización del suelo produce un desmenuzamiento del material original;

2: Como consecuencia de esta subdivisión del material de donde proceden los suelos se favorecen las transformaciones químicas interiores más acentuadas;

3: Los productos formados en estas transformaciones pueden - reaccionar entre sí y formar nuevos minerales, y formas de materia orgánica con un poder de absorción mayor. Esta es la etapa más importante en la formación del suelo;

4: Posteriormente, estos productos pueden modificarse, ya -- que el suelo se destruye y pasa a formar un tipo diferente de -

suelo, de capacidad de regeneración cuando las condiciones vuelvan a ser las mismas.

En el análisis químico, para definir el grado de fertilidad se mencionan los términos suelo superficial y subsuelo; - el primero se refiere a la capa arable, consta de 10 a 30 cm de espesor; el segundo es la capa que le sigue 20 ó 30 cm después y puede llegar a medir 1. 5 m de profundidad.

El suelo superficial puede ser modificado en sus condiciones físicas por el laboreo y por la adición de residuos orgánicos. Su grado de fertilidad puede aumentar ó disminuir ó bien permanecer constante en cuanto a producción económica de cosechas.

La productividad del suelo se determina por la naturaleza del subsuelo debido a que, generalmente, está sujeto a pocas alteraciones, excepto cuando se establece un sistema de drenaje.

Componentes del suelo.

En su sentido más amplio, al suelo se le ha considerado como una mezcla de material mineral, materia orgánica, aire y agua, variando las proporciones según el tiempo y el lugar. El subsuelo generalmente contiene menor cantidad de materia orgánica que el suelo superficial; los suelos orgánicos, como los húmicos ó turbosos, tienen un volumen mayor ocupado por materia orgánica que por material mineral.

3.- DESARROLLO DEL SUELO.

Se entiende por desarrollo del suelo, el proceso de cambio que sufre el material madre en la formación del suelo, y para visualizarlo se debe tomar en cuenta a las fuentes del material que compone el suelo.

Minerales. Son sustancias inorgánicas con composiciones químicas y propiedades físicas más ó menos definidas.

Rocas. Son combinaciones de dos ó más minerales.

Factores de formación del suelo.

Las personas que trabajan con la tierra como fuente de producción se dan cuenta de que en los suelos siempre hay variaciones; así, los agricultores saben que la tierra de un cierto campo nunca es igual a la de otro y nota las diferencias, según la facilidad de labrarla y su producción, así como las fallas de algún cultivo para ser desarrollado en un campo específico.

Los factores de la formación del suelo son; material madre, clima, vegetación, topografía, drenaje y tiempo.

El material madre es la sustancia original de donde se desarrolla el suelo, pudiendo ser de naturaleza mineral ó orgánica.

El clima se constituye por dos componentes principales que son la lluvia y la temperatura; este factor siempre es activo, pero su variación es mucho menos rápida que la del material madre.

La materia orgánica, en ciertas regiones, es reducida, mientras que en otras se encuentra en mayor cantidad. El contenido de materia orgánica en el suelo se relaciona con la vegetación nativa, pero si ésta es constante, la acumulación es regulada por las condiciones climáticas.

La topografía es el arte de descubrir y de linear la superficie de un terreno; ésta indica la configuración que posee dicho terreno.

4.- COMPOSICION MECANICA DEL SUELO.

Cuando el suelo ya está formado por los procesos del -- desarrollo del suelo, se tiene una mezcla difícil de definir, - con propiedades dependientes de su composición y de la forma en que están dispuestos sus componentes. Si al suelo se le considera como un sistema disperso se pueden diferenciar tres fases: - sólida, líquida y gaseosa, siendo la primera los componentes orgánicos e inorgánicos, la fase líquida el agua y la gaseosa el aire.

La textura del suelo se refiere a la proporción de arena, limo y arcilla que tiene el suelo. La clasificación de textura se basa en la cantidad de partículas menores de 2 mm en el suelo; cuando existen partículas mayores de 2 mm en cantidades apreciables, al nombre de la textura se le agrega "gravoso" ó - "pedregoso".

La textura del suelo es una característica muy importante, ya que afecta las propiedades físicas y químicas. Se divide en textura gruesa y textura fina; un suelo con textura fina tiene predominantemente arcilla y existe en él una mayor superfi-cie activa, así como una capacidad más grande de absorber los - nutrimentos; por todo esto, son, generalmente, más fértiles. -- Los suelos arenosos son más porosos y debido a esto el agua se infiltra más rápidamente.

El Triángulo de Texturas y su uso.

La textura del suelo se expresa por los nombres de las clases que se encuentran en el Triángulo de Texturas (Fig. 4). Las clases de los suelos consisten básicamente en los términos arena, limo, arcilla y migajón ó franco, usados como adjetivos ó como nombres ó de ambas formas.

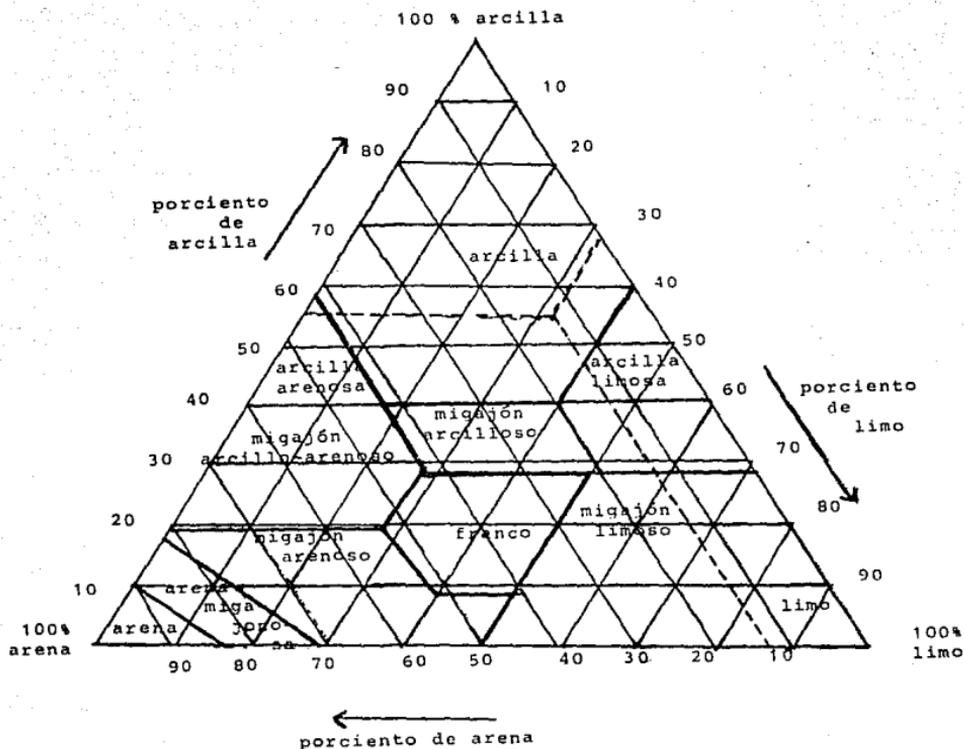


Fig. 4. Triángulo de Texturas.

El Triángulo de texturas muestra los porcentajes de arena, limo y arcilla. La intersección de las líneas punteadas -- muestra que un suelo con 55% de arcilla, 32% de limo y 13% de arena tiene una textura de arcilla, siendo éste, tan sólo un -- ejemplo de cómo se usa dicho triángulo.

El término migajón también se conoce como franco, llamándose, entonces textura franco-arcillosa, franco-limosa, etc.

Color del suelo.

El color de los horizontes del suelo puede ser uniforme ó moteado, manchado, vetado ó matizado; generalmente un suelo moteado es así debido a un mal drenaje; las manchas pueden deberse a acumulaciones de cal, materia orgánica, ó al estado de oxidación del fierro; el vetado se debe a infiltraciones de -- los coloides orgánicos y de óxidos de hierro que proceden de capas superiores; por último, el matizado en el suelo es debido -- también a infiltraciones, pero ocurre cuando el material madre está totalmente intemperizado.

Para medir el color del suelo se hace comparándolo con la carta de colores del suelo de Munsell; dicha carta consta de 175 papeles coloreados, arreglados sistemáticamente de acuerdo con las anotaciones de Munsell, según matiz ó tinte, brillo ó pureza e intensidad ó saturación, que son tres variables que, -- combinándolas producen todos los colores. El símbolo del matiz puede ser R (rojo), YR (amarillo rojizo ó anaranjado), Y (amarillo), y así sucesivamente, precedido por números, que van desde cero hasta diez, en el caso de tener dos letras; como ejemplo -- el matiz llega a ser más amarillo y menos rojo al aumentar los números, la mitad de la variación en cada literal del matiz es de cinco, el punto 0 coincide con el punto 10 del matiz inmediato más rojo. Por ejemplo, YR está a la mitad del matiz amarillo

rojizo, el cual varía de 0 YR a 10 YR, un valor de 2 YR es más amarillo, mientras que uno 7 YR es más rojo.

La comparación del brillo según Munsell, consiste en números que van del cero al diez, cero para negro absoluto, y diez para el blanco absoluto. Por ejemplo: un color con valor de brillo 5/ está a la mitad del blanco y negro absolutos, en cambio un valor de 6/ es ligeramente menos oscuro, 60% de la gama del negro al blanco.

Las anotaciones para la saturación consta de números, comenzando en cero para las tonalidades grises, aumentando en intervalos iguales hasta llegar a un máximo que es alrededor de 20, valor al que nunca se llega cuando se trata de suelos.

Cuando se tratan colores acromáticos absolutos que son gris, blanco y negro puros, se designan con la letra N (neutral) ya que tienen cero de saturación y matiz, siendo la N la anotación correspondiente al matiz.

Ejemplo. Según el procedimiento de Munsell, la anotación para el color de matiz 5 YR, pureza de 5 y saturación de 6, será: 5 YR 5/ 6, el cual corresponde al rojo amarillento, como lo muestra la fig. 5.

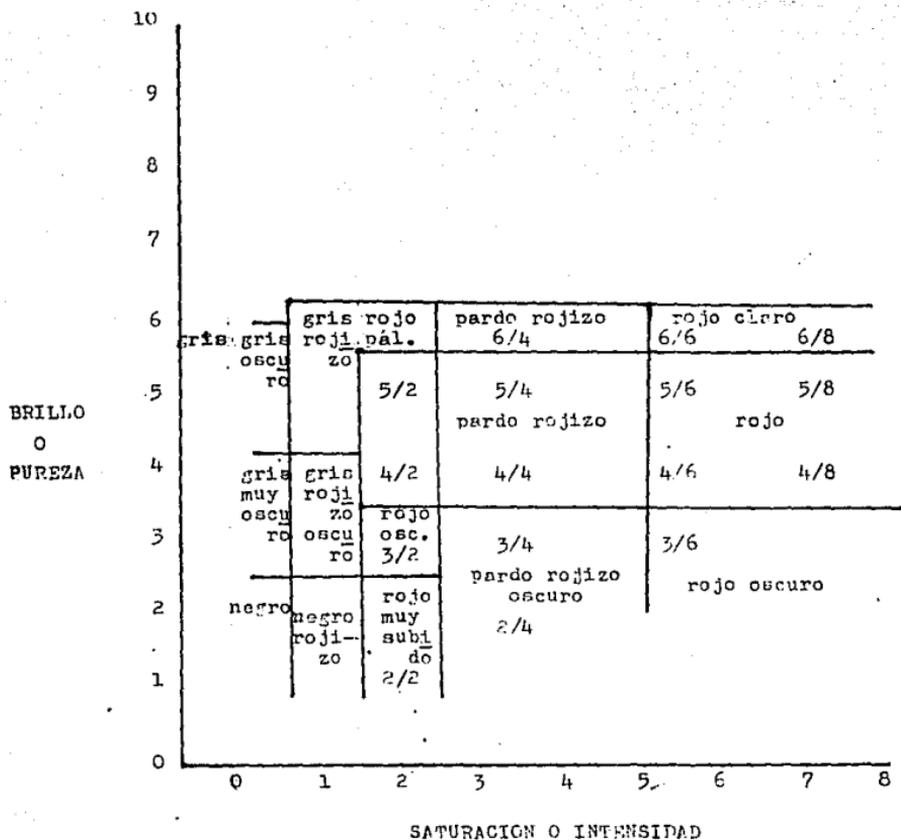


Fig. 5.

5.- LA MATERIA ORGANICA DEL SUELO.

La materia orgánica del suelo tiene su origen en las raíces de las plantas, los residuos de éstas y los organismos del suelo, ya sean vivos ó muertos. Los suelos minerales contienen menos del 20% de materia orgánica, mientras que los suelos orgánicos contienen más del 20%.

La materia orgánica ha sido llamada la "sangre vital" del suelo; tiene un grandísimo impacto en las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo.

La materia orgánica es importante, ya que mejora la condición estructural de los suelos, tanto arenosos, como arcillosos. Los suelos minerales con suficiente materia orgánica permiten un eficiente laboreo.

Funciones de la materia orgánica.

La materia orgánica tiene varias funciones, las cuales se pueden resumir de la manera siguiente:

- a) Los residuos orgánicos que hay en la superficie del suelo reducen el impacto de las gotas de lluvia y favorecen la lenta infiltración del agua.
- b) Cuando la materia orgánica se descompone, se producen sustancias y aglutinantes microbianos que ayudan a la estabilización de la estructura deseable del suelo.
- c) Las raíces de las plantas, al descomponerse, dejan conductos a través de los cuales penetra el agua y existe la difusión de los gases del suelo, los cuales favorecen al desarrollo más vigoroso de las raíces de los siguientes cultivos.

- d) La materia orgánica fresca suministra alimento para -- los organismos del suelo. Existen animales que excavan en el suelo, de modo que permiten a las raíces obtener oxígeno y liberar el bióxido de carbono al desarrollar se las plantas.
- e) Los residuos orgánicos que quedan sobre la superficie del suelo reducen las pérdidas del mismo debidas a la erosión.
- f) La temperatura del suelo baja en el verano cuando su - superficie está cubierta por residuo orgánicos, y así se conserva el suelo más caliente en invierno.
- g) La descomposición de la materia orgánica produce diversos nutrientes, los cuales son liberados satisfaciendo las necesidades de las plantas.
- h) Cuando la superficie del suelo está cubierta por los - residuos orgánicos las pérdidas de agua por evapora---ción se reducen.
- i) Un suelo con un alto contenido de materia orgánica tiene una mayor capacidad de aprovechar agua para el buen desarrollo de las plantas, que el mismo tipo pero con menor cantidad de materia orgánica.
- j) La materia orgánica ayuda en la capacidad amortiguadora de los suelos, atenuando los cambios químicos rápidos cuando se agregan fertilizantes.
- k) Durante la descomposición de la materia orgánica se liberan ácidos orgánicos, los cuales ayudan a disolver - minerales y a hacerlos más accesibles para el desarrollo de las plantas.
- l) La materia orgánica descompuesta ó humus, constituye - un almacén de los cationes intercambiables y aprovechara

bles que son: potasio, calcio y magnesio. Temporalmente el humus también retiene el amonio en forma intercambiable y aprovechable.

- m) Una función muy especial de la materia orgánica es hacer al fósforo más fácilmente aprovechable en los suelos ácidos. Cuando se descompone la materia orgánica libera los siguientes compuestos: citratos, oxalatos, tartratos y lactatos, los que se combinan más fácilmente con el fierro y el aluminio que con el fósforo; el resultado es la formación de menos fierro soluble y fosfato de aluminio y la disponibilidad de más fósforo.

Humus.

El humus es la fracción activa de la materia orgánica del suelo. En el caso de los suelos agrícolas, el humus se define como la porción bien descompuesta y estabilizada de materia orgánica del suelo. En los suelos forestales, el humus comprende a todo el material orgánico en descomposición.

El humus es altamente coloidal, al igual que la arcilla pero es amorfo y no es cristalino. Es de color negro; el color de los suelos superficiales, muy a menudo se relaciona con el contenido de humus.

Las cantidades de materia orgánica en los suelos varía considerablemente, y es muy difícil tener cifras representativas.

A continuación se presenta una relación según el contenido de materia orgánica y la interpretación que se le da al suelo (Tabla No. 1).

Niveles de materia orgánica (%)	Interpretación
1.0- 2.0	muy pobre
2.0- 3.0	pobre
3.0- 5.0	medio
más de 5.0	muy rico

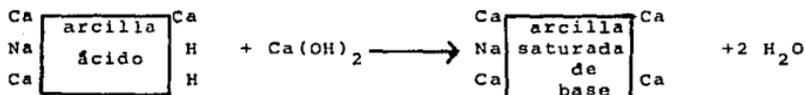
Tabla No. 1.

6.- PROPIEDADES FISICOQUIMICAS DEL SUELO.

a) Intercambio de cationes.

Las propiedades fisicoquímicas del suelo (absorción, adherencia, carga eléctrica, hinchamiento y plasticidad) están muy ligadas con el área superficial y la estructura de la arcilla, la cual, si presenta una superficie específica grande, será, por lo general, de mayor carga eléctrica y de mayor capacidad de intercambio catiónico.

Los cationes son adsorbidos por la arcilla y los coloides orgánicos, porque los coloides negativos atraen iones positivos como Na^+ . Al disolverse el cloruro de sodio (NaCl), otro catión como el K^+ puede reemplazar al Na^+ para formar cloruro de potasio (KCl). De igual forma los cationes en solución del suelo pueden reemplazar a los cationes adsorbidos en la superficie de la arcilla cargada negativamente. A continuación se muestra una reacción de intercambio de cationes:



El calcio del $\text{Ca}(\text{OH})_2$ reemplaza a los iones H^+ intercambiables en una reacción de encalado; la reacción es reversible y químicamente equivalente: 2 iones H por un ión Ca .

Las proporciones de iones intercambiables en el suelo hacen que las características de éste cambien. Un ejemplo de esto son los suelos ácidos, que contienen cantidades considerables de H^+ intercambiable y soluble; otro ejemplo: los suelos -

calcáreos, que por lo general tienen una saturación de 100% de bases conteniendo grandes proporciones de Ca^{++} intercambiable y cal libre; los suelos "álcali" contienen más del 15% de Na^{+} intercambiable.

Los cationes intercambiables son una importante fuente de nutrientes para las plantas; están en equilibrio con los cationes en solución. Los iones disueltos pueden fácilmente ser eliminados por medio de un lavado, ya que se mueven con la solución del suelo; los cationes intercambiables no son fáciles de remover por un lavado, a menos que la solución contenga una sal que proporcione cationes que se intercambien con los adsorbidos por los coloides.

Mecanismo de intercambio de cationes.

El intercambio de cationes es rápido y reversible y las condiciones de equilibrio existen entre los cationes solubles e intercambiables. El intercambio se hace así: los cationes en la solución del suelo reemplazan a los cationes adsorbidos.

La cantidad de cationes adsorbidos en el suelo por unidad de peso difiere en cada tipo de suelo. Entre más alto sea el contenido de arcilla y de humus en un suelo, mayor será la capacidad de intercambio.

b) Fijación del fosfato por los suelos.

El término fijación se define como el proceso en el suelo por el que ciertos elementos químicos esenciales para el desarrollo de las plantas son convertidos de una forma soluble ó intercambiable a una forma menos soluble ó no intercambiable.

Sobre el fosfato fijado se han dado las tres siguientes definiciones:

- 1) Aquel fósforo que ha sido cambiado a una forma menos soluble como resultado de la reacción con el suelo, siendo éste el fósforo moderadamente aprovechable.
- 2) El fósforo aplicado que no es absorbido por las plantas durante el primer año de cultivo.
- 3) El fósforo soluble que se ha adherido a la fase sólida del suelo en formas generalmente inutilizables por los cultivos; éste es el fósforo no aprovechable.

7- LA REACCION DEL SUELO.

Probablemente, la caracterfstica más comúnmente medida es el pH, ya que es la forma más sencilla para juzgar si un suelo es ácido ó alcalino. En un suelo ácido el pH vá desde 4 - hasta 6. 5; en el caso de que existan ácidos libres el valor de pH será menor. Valores arriba de 7 indican alcalinidad.

A pesar de que el pH es una medida muy útil, a veces se juzga muy empíricamente. Para medir el pH del suelo, usualmente se hace una suspensión de suelo y agua en relación 1: 2.

El grado de acidez ó alcalinidad del suelo expresado en términos de pH es a lo que se denomina "la reacción del suelo" y a continuación se muestran los distintos grados. Tabla No. 2.

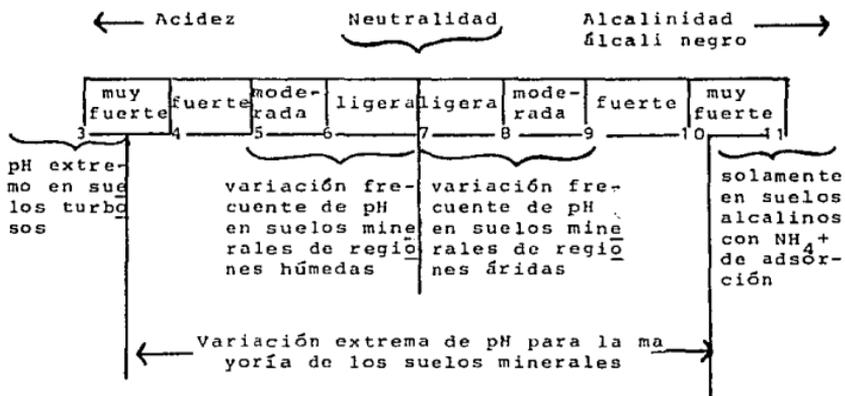


Tabla No. 2

Naturaleza de la acidez del suelo.

La acidez en el suelo tiene varias fuentes: el humus ó materia orgánica descompuesta, arcillas aluminosilicatadas, óxidos hidratados de fierro y aluminio, sales solubles y bióxido de carbono.

La Tabla No. 3 muestra la reacción del suelo.

El pH tiene influencia directa ó indirecta en la disponibilidad de los elementos nutritivos. La acidez ó alcalinidad en los suelos iddica la clase de plantas que pueden desarrollar se mejor en ese medio y dá una idea de los tratamientos que deben aplicarse como práctica adecuada en el manejo del suelo.

Como consecuencia de la absorción de nutrientes por las raíces de las plantas, pueden permanecer otros constituyentes - de los fertilizantes, los cuales, según su reacción, pueden influir en la acidificación ó en la alcalinización. ó bien, pueden afectar sensiblemente la reacción del suelo. Esta es la razón por la cual los fertilizantes deben ser aplicados adecuadamente, según el tipo de suelo, y en relación directa con las exigencias de cada cultivo.

La regulación del pH considera dos modalidades:

- a) aumentar el pH en suelos ácidos, y
- b) disminuirlo en suelos alcalinos.

a) Aumento del pH.

Este problema se presenta en suelos desarrollados bajo el proceso de latosolización y considera el uso de calizas.

pH	fuerte acidez	moderada acidez	ligera acidez	ligera alcalinidad	moderada alcalinidad	fuerte alcalinidad	muy fuerte	10	11
necesidad de cal	cal necesaria, excepto para los cultivos que requieren suelo ácido	cal necesaria para todos los cultivos, excepto los tolerantes a la acidez	generalmente no se requiere	no se requiere cal					
ocurrencia	rara frecuente	muy común en el sustrato cultivado de climas húmedos	cal incorporada debe incorporarse al suelo	común en regiones subhúmedas y áridas	ocurre en áreas limitadas de regiones áridas				
	fosfatos fijados	fosfatos solubles	fosfatos fijados						
	se lixivian() la cal y la potasa, Fe, Al y Mn son solubles	cal presente en óptimas cantidades							
	Prosperan los hongos	actividad bacteriana deseable							exceso de boro puede ocurrir
	Desquide con las bacterias	nitrógeno en áreas libres de fijado							en áreas libres de fijado

Tabla No. 3. La reacción del suelo.

() Lixiviación.- pérdida de material en solución de una capa ó capas de un suelo.

La cantidad de caliza requerida para neutralizar una condición ácida depende de muchos factores; son el H+ intercambiable y el Al+++ los que deben neutralizarse. La cantidad de cal agrícola que debe aplicarse por hectárea depende de la acidez total del suelo.

La Tabla No. 4 muestra los materiales calizos utilizados para aumentar el pH en suelos ácidos.

Nombre	Fórmula química	CaCO ₃ equivalente	Fuente del material
Conchas marinas	CaCO ₃	95%	Depósitos naturales de conchas
Caliza agrícola	CaCO ₃	95%	Depósitos naturales
Cal hidratada	Ca(OH) ₂	120%	Caliza quemada al vapor
Cal quemada	CaO	150%	Caliza quemada al horno
Dolomita	CaCO ₃ MgCO ₃	110%	Depósitos naturales minerales

Tabla No. 4

b) Disminución del pH.

Para disminuir el pH en suelos alcalinos se pueden aplicar mejoradores como yeso, azufre, ácido sulfúrico ó sulfato férrico.

Un paso muy importante en la mejoración de suelos alcalinos es el lavado, para lo que se requiere un sistema de drenaje adecuado para remover el exceso de sales solubles que resultan de la aplicación de mejoradores al suelo.

En la Tabla No. 5 se muestran varios materiales en los que interviene el azufre y los datos de azufre equivalente para corregir la alcalinidad de los suelos.

Material	Fórmula química	Ingredientes activos (%)	Azufre combinado	Kg. necesarios para igualar 1 Kg de azufre.
Yeso	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	65- 95	18. 6	5. 38
Azufre	S	99	99	1. 0
Ac. sulfúrico	H_2SO_4	95	31	3. 2
Solución de azufre y cal	CaS_4	29	22	4. 54
Azufre y cal seca	CaS_4	75	57	1. 75
Sulfato férrico	$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$	70	17	5. 9
Sulfato ferroso	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	95	11	9. 1
Sulfato de aluminio	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	90	25	4. 0
Polisulfuro de amonio	$(\text{NH}_4)_2\text{S}_x$	40- 45	40- 45	2. 2- 2. 5

Tabla No. 5

* Latosolización; Proceso por el cual el desarrollo del suelo produce una pérdida de sílice que se combina con algunos cationes básicos y donde prosigue una consecuente concentración de óxidos hidratados de fierro y aluminio.

8.- EL SUELO Y LAS NECESIDADES DE NUTRIMENTOS POR LAS PLANTAS.

Todas las plantas son seres vivos, y, al igual que los humanos y los animales, requieren nutrientes para su crecimiento y su desarrollo; los nutrientes están compuestos por ciertos elementos químicos esenciales.

Las plantas contienen aproximadamente 90 elementos, algunos en muy pequeñas cantidades, de los cuales, 17 se consideran esenciales para el desarrollo y la reproducción de las plantas superiores. Estos 17 elementos son: carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, fósforo, calcio, magnesio, azufre, fierro, manganeso, cobre, boro, zinc, molibdeno, cloro, potasio y cobalto.

Para saber si un elemento es esencial ó no, se tienen tres criterios:

- 1) El ciclo vital de la planta no se puede realizar completamente si el elemento no existe;
- 2) La acción del elemento debe ser específica; y
- 3) El efecto sobre la planta debe ser directo.

Las fuentes de nutrientes son: del aire, del agua, del suelo y de los fertilizantes.

La Tabla No. 6 muestra los elementos que provienen de cada fuente.

Fuente	Elemento	
del aire y del agua	{ carbono hidrógeno oxígeno	
del suelo y los fertilizantes } { }	{ nitrogeno fósforo potasio calcio magnesio azufre fierro manganeso boro molibdeno cobre zinc cloro cobalto }	
	macronutrientes	
		} nutrientes mayores
		} nutrientes secundarios
	micronutrientes	

Tabla No. 6

Nutrimientos.

La mayor parte del peso de la planta está constituido por el carbón y la humedad (oxígeno e hidrógeno). La mayoría de los cultivos obtienen carbono y oxígeno directamente del aire por medio de la fotosíntesis. El hidrógeno es derivado directa ó indirectamente del agua del suelo.

Macronutrientes. Esto seis elementos, las plantas los obtienen en cantidades considerables y suelen ser deficientes en muchos suelos, es por esto por lo que se les llama nutrientes mayores. Los otros tres macronutrientes (calcio, magnesio y azu--

frec) son llamados nutrientes secundarios debido a su importancia secundaria.

Micronutrientes. Esto ocho elementos son utilizados por los cultivos en cantidades muy pequeñas, de ahí el nombre de micronutrientes, llamados también elementos traza, menores ó raros. A pesar de que son menos utilizados por las plantas, los micronutrientes son tan esenciales en el desarrollo de éstas como los elementos ó nutrientes mayores (nitrógeno, fósforo y potasio).

Para que las plantas sigan un crecimiento y un desarrollo adecuados, los nutrimentos deben cumplir las tres siguientes condiciones;

- a) deben estar presentes en forma aprovechable para las plantas. Por ejemplo, el fósforo es absorbido como H_2PO_4 ó HPO_4 , en el suelo puede encontrarse como $Ca_3(PO_4)_2$ y para ser aprovechable debe pasar a la forma $Ca(H_2PO_4)_2$, que es soluble en el agua;
- b) debe estar presente en una óptima concentración; esta condición es especialmente importante para los micronutrientes que son requeridos en pequeñas cantidades; y
- c) debe haber un balance adecuado entre la concentración de los diferentes nutrimentos solubles en el suelo.

Existen otros elementos que no son esenciales, pero sí útiles, que pueden incrementar el desarrollo de las plantas cultivadas, cuando se presentan como elementos solubles; dichos elementos pueden aumentar el rendimiento en cultivos específicos bajo ciertas condiciones de campo. Estos elementos son; sodio, yodo, estroncio y flúor.

El sodio parece ser esencial para ciertos procesos fisiológicos; se cree que sustituye parcialmente al potasio en algunas de sus funciones.

Funciones de los nutrimentos esenciales.

Nitrógeno.

- 1.- Es un constituyente esencial de todos los seres vivos, forma parte de las proteínas y la clorofila.
- 2.- Proporciona un color verde oscuro a las plantas.
- 3.- Promueve el desarrollo de hojas y tallos.
- 4.- Produce una calidad mejorada de las legumbres que se cultivan por sus hojas.
- 5.- Produce un crecimiento rápido en el primer ciclo del desarrollo.
- 6.- Aumenta el contenido de proteínas en los cultivos alimenticios y forrajeros.

Fósforo.

- 1.- Es un constituyente del ácido nucleico, la fitina y los fosfolípidos. Un adecuado abastecimiento de fósforo en el período de desarrollo inicial de la planta es importante en la formación de las partes reproductivas en ella.
- 2.- Estimula el desarrollo radicular inicial, ayudando así en el establecimiento rápido de las plántulas.
- 3.- Origina un rápido comienzo de las plantas.
- 4.- Produce la madurez temprana de los cultivos, especialmente de los cereales.
- 5.- Estimula la floración y ayuda en la formación de la semilla.
- 6.- Aumenta la relación de grano a paja ó a rastrojo.
- 7.- Mejora la calidad alimenticia de los granos y de otras cosechas.

- 8.- Al ser aplicado a las leguminosas activa al rhizobium y la formación de nódulos en las raíces. De este modo ayuda en la mayor fijación de nitrógeno atmosférico.

Potasio.

A diferencia de los otros nutrimentos mayores, el potasio no entra en la composición de los constituyentes importantes de las plantas, como las proteínas, clorofila, grasas y carbohidratos relacionados con el metabolismo de las plantas. Debido a esto, su papel es difícil de determinar.

- 1.- Proporciona mayor vigor y mayor resistencia a las enfermedades en las plantas.
- 2.- Produce rastrojo ó paja fuerte y rígida en cereales, particularmente en el arroz y el trigo.
- 3.- Aumenta el tamaño en grano y semillas.
- 4.- Es esencial en la formación y la transferencia de almidón y azúcares.
- 5.- Imparte vigor a ciertos cultivos en el invierno.
- 6.- Ayuda a la formación de proteínas.
- 7.- Regula las condiciones del agua dentro de las células de la planta y las pérdidas de agua por transpiración.
- 8.- Actúa como un acelerador de la acción de las enzimas.

Calcio.

- 1.- Es un constituyente de la pared celular; como tal, aumenta la rigidez del rastrojo.
- 2.- Promueve el desarrollo de las raíces.
- 3.- Constituye una base para la neutralización de ácidos orgánicos.
- 4.- Es esencial para activar los puntos del desarrollo, sobre todo las puntas de las raíces. Al mismo tiempo, no se mueve

libremente de las partes más viejas a las más nuevas, por lo que los síntomas de deficiencia de calcio aparecen primero en los puntos de crecimiento.

- 5.- Afecta la absorción de otros nutrimentos, especialmente del nitrógeno.
- 6.- Fomenta la producción de semillas.

Magnesio.

- 1.- Debido a que es constituyente de la clorofila es esencial para todas las plantas verdes. Ayuda a mantener el color verde oscuro de las plantas.
- 2.- Actúa como portador del fósforo en las plantas, particularmente en conexión con la formación de semillas de alto contenido de aceite, de este modo promueve la formación de aceites y grasas.
- 3.- Ayuda en la translocación de almidones.
- 4.- Regula la absorción de otros nutrimentos.

Azufre.

- 1.- Ayuda en la formación de la clorofila, a pesar de que no es un constituyente de ella y fomenta el desarrollo vegetativo de la planta.
- 2.- Es un constituyente esencial de muchas proteínas y de ciertos compuestos volátiles.
- 3.- Promueve un mayor desarrollo radicular.
- 4.- Estimula la formación de las semillas.
- 5.- Promueve la formación de nódulos en las leguminosas.

Boro.

- 1.- El papel principal del boro parece estar relacionado con la absorción del calcio por las raíces y con el uso eficiente de este elemento por las plantas.
- 2.- Tiende a conservar el calcio soluble.

- 3.- Actúa como regulador de la relación potasio/ calcio.
- 4.- Ayuda a la absorción del nitrógeno.
- 5.- Ayuda al sistema vascular de la raíz en la distribución de más raicillas para el abastecimiento de alimento a las bacterias de los nódulos, de manera que las bacterias de rhizobium no lleguen a ser parásitas.

Manganeso.

- 1.- La función del manganeso se considera que está estrechamente ligada con la del fierro.
- 2.- Ayuda en la formación de la clorofila.
- 3.- Actúa como un catalizador en las reacciones de oxidación y reducción dentro del tejido de las plantas.
- 4.- Un adecuado abastecimiento de manganeso a veces ayuda a contrarrestar el mal efecto de una aereación deficiente.

Fierro.

- 1.- Aunque no es un constituyente de la clorofila, ayuda en su formación; una deficiencia de fierro causa clorosis.
- 2.- Ayuda en la absorción de otros nutrimenti.
- 3.- Ayuda en los sistemas enzimáticos que originan las reacciones de oxidación y reducción en la planta; estas reacciones son esenciales para el desarrollo y función de la planta.
- 4.- Es esencial para la síntesis de proteínas contenidas en los cloroplastos.

Zinc.

- 1.- Es esencial en los sistemas enzimáticos que son necesarios para las reacciones importantes en el metabolismo de la planta.
- 2.- Es considerado útil en la formación de algunas auxinas del crecimiento.
- 3.- Es útil en la reproducción de ciertas plantas.

Molibdeno.

- 1.- Actúa en reacciones enzimáticas que originan reacciones de oxi- reducción en las plantas.
- 2.- Es esencial en los procesos de fijación del nitrógeno, tanto por organismos simbióticos como no simbióticos. Aumenta la eficiencia en las leguminosas sobre la fijación del nitrógeno atmosférico.

Cobre.

- 1.- Actúa como "portador de electrones" en enzimas que producen reacciones de oxi- reducción en las plantas; estas reacciones son esenciales para el desarrollo y la reproducción de las plantas.
- 2.- Regula la respiración.
- 3.- Ayuda en la utilización del hierro.

Cloro.

Se ha considerado un nutriente esencial. La necesidad del cloro para el desarrollo de las plantas es de gran importancia. El papel exacto en la nutrición de la planta no ha sido claramente definido.

Cobalto.

Es también un elemento esencial para los animales y es requerido por el ganado vacuno. Se agrega a las mezclas de fertilizantes.

Las plantas obtienen sus nutrientes en cuatro formas diferentes que son:

- a) a través de las hojas,
- b) de la solución del suelo,
- c) de los iones intercambiables, en la arcilla y en la fracción de humus (complejo coloidal) y

d) de los minerales fácilmente alterables.

Los nutrimentos de las plantas pueden ser agregados al suelo a través de los siguientes materiales:

- a) fertilizantes comerciales, inorgánicos y orgánicos,
- b) abonos orgánicos voluminosos y concentrados,
- c) cultivos de abonos verdes,
- d) mejoradores del suelo, y
- e) herbicidas y fungicidas.

Para el uso de fertilizantes existen ciertas recomendaciones, las cuales se basan en:

1. los resultados de los experimentos de campos debidamente conducidos;
2. los resultados de análisis de suelos previamente calibrados; y
3. análisis de plantas cuyos índices han sido estudiados durante varios años.

9.- SUELO PARA EL CULTIVO DE LA PAPA.

La papa puede crecer en casi todos los tipos de suelos, excluyendo suelos muy húmedos, donde la semilla se pudre.

Las condiciones del suelo que se prefieren para el cultivo de la papa son:

- La profundidad de la capa de tierra cultivable debe ser de 35 cm como mínimo;
- la granulación debe ser relativamente fácil. La cama de semillas debe tener una estructura granulada para ayudar a la filtración del agua hacia las raíces;
- la humedad debe ser adecuada. La papa requiere un suelo húmedo y a la vez con buena aereación. La humedad excesiva pudre la papa; la sequedad detiene el crecimiento;
- la acidez del suelo debe ser de pH entre 5.5 y 7;
- la cantidad de sales debe ser baja;
- la cantidad de materia orgánica debe ser superior a 2%, para que el suelo no forme costras.

Los suelos arcillosos se secan lentamente, lo que puede retardar la siembra, ya que resulta una época corta de crecimiento y por consecuencia la producción no es muy alta.

Los suelos arenosos secan rápido, lo que permite sembrar temprano, además de que la temperatura de estos suelos se eleva rápidamente, provocando un fuerte crecimiento de la planta joven. Sin embargo, el suelo arenoso tiene una capacidad limitada de retener agua, lo que puede afectar en el desarrollo de la planta en tiempos secos.

Los suelos francos son los más adecuados para la producción de papas, porque no secan tan rápido ni tan lentamente.

La calidad del producto depende en mucho del tipo de suelo. En suelos arcillosos la cáscara del tubérculo es más clara, son más grandes y tienen protuberancias, además de que se conservan mejor que las papas de suelos livianos.

Fertilización.

Las papas requieren altos niveles de fertilidad del suelo para una buena producción. Una cosecha con un rendimiento al rededor de 40 toneladas por hectárea extrae del suelo las siguientes cantidades aproximadas de elementos esenciales:

139 K de nitrógeno

21 K de fósforo

165 K de potasio

8 K de calcio

15 K de azufre

15 K de magnesio

además de cantidades mínimas de elementos menores.

Nutrientes.

Para la papa los nutrientes primarios son: nitrógeno, fósforo y potasio y su importancia se manifiesta así:

Nitrógeno. Lo necesita durante todo el ciclo de vida, sobre todo en la fase vegetativa. Con altos niveles de nitrógeno la planta formará más follaje, sacrificando la tuberación.

Fósforo. La papa lo necesita para estimular su crecimiento y la rápida formación de raíces.

Potasio. Importante para la alta producción de almidón. Proporciona gran vigor a la planta y ayuda al desarrollo de los tubérculos.

Los nutrientes secundarios, como calcio, magnesio y azufre, y los micronutrientes como boro, cobre, fierro, manganeso, molibdeno, zinc y cloro, son requeridos por la planta de papa en cantidades menores y en general no presentan problemas.

Los nutrientes se pueden adicionar en forma de fertilizantes orgánicos, como estiércol, abono verde y residuos de las cosechas ó en forma de fertilizantes químicos, simples ó compuestos.

El estiércol tiene un contenido aproximado de 5% de nitrógeno, 2% de anhídrido fosfórico y 5% de óxido de potasio, además de calcio, magnesio, cobre, fierro y zinc. También se debe adicionar fertilizantes inorgánicos como superfosfato, sales potásicas y sulfato de amonio.

A los suelos menos deslavados y menos calcáreos se añade menos potasio.

A las variedades tempranas se aplica mayor dosis de nitrógeno, ó cuando se pretende obtener más cantidad que calidad de cosecha.

Ejemplo; los tratamientos que se indican a continuación son los más recomendados para el cultivo de papa en la región del Bajío (Tabla No. 7) y en los municipios de Nahuatzen, Tinguambato y Paracho, así como Pátzcuaro, Arrio de Rosales y Tacámbaro.

Cultivo anterior	suelos gris oscuro (Kg de nutrimento/ hectárea)			suelos café claro (Kg de nutrimento/ hectárea)		
	N	P	K	N	P	K
sorgo	140	300	100	150	300	100
maíz	120	280	100	130	280	100
alfalfa	100	240	100	100	240	100
Nahustzen						
Tingambato						
Paracho	120	120	100			
Pátzcuaro						
Ario de Rosales						
Tacámbaro	120	120	60			

Tabla No. 7.

Además de lo anterior, si se dispone de abonos orgánicos, se adiciona 500 K por hectárea.

III. METODOS ANALITICOS

Es necesario conocer la composición de los suelos mediante análisis químicos, ya que los suelos tienen una gran importancia para la agricultura.

Existen dos tipos de análisis que se practican en el laboratorio para clasificar un suelo y poder determinar el tipo de nutrientes necesarios para un cultivo específico, y estos tipos son: análisis químicos y análisis físicos.

Dentro de los análisis físicos y fisicoquímicos se determina color en seco y en húmedo, pH, densidad aparente y análisis mecánico.

Los análisis químicos comprenden capacidad de intercambio catiónico total, cationes intercambiables (Ca^{++} , Mg^{++} , Na^{+} , y K^{+}), porcentaje de materia orgánica, fósforo y sales solubles (Ca^{++} , Na^{+} , K^{+} , $\text{SO}_4^{=}$, HCO_3^{-} y Cl^{-}).

Lo primero que se hace al recibir la muestra de suelo es ponerla a secar a temperatura ambiente, después se muele y se pasa a través de un tamiz número 100 (0.149 mm ó 0.0159 in) de ahí se toman muestras para los diferentes análisis, descritos a continuación.

1.- ANALISIS MECANICO.

Se le llama análisis mecánico a la determinación del porcentaje de arena, limo y arcilla. Existen varios métodos para efectuar un análisis mecánico, de los cuales sólo dos son los más aceptados; el método de la "Pipeta de Robinson" y el método del "Densímetro de Bouyoucos". Ambos métodos se basan en la proporción diferencial de asentamiento de las partículas del suelo en el agua.

En caso del método de Bouyoucos, la cantidad de partículas en suspensión es determinada utilizando el hidrómetro para medir la densidad de la suspensión. En el método de la pipeta, una porción de la suspensión es sacada con una pipeta, luego evaporada y la cantidad de material del suelo se determina pesándola.

El método que más se utiliza para determinar la textura de un suelo es el de Bouyoucos, que a continuación se describe.

Método de Bouyoucos.

Aparatos

agitador eléctrico

densímetro de Bouyoucos graduado de 0- 60.

Reactivos.

a) Solución de silicato de sodio. Pesar 50 g, pasarlos a una probeta de 1000 ml, agregar agua hasta disolverlos, aforar a 1 l, tomar la densidad con el densímetro, que debe ser de 1.369 - si es mayor, agregar agua.

b) Solución saturada de oxalato de sodio. Pesar 37 g de oxalato de sodio, disolverlo en agua y aforar a 1 l.

Procedimiento.

Para suelos con las siguientes características, no salinos, con un contenido de materia orgánica menor a 3%, que no sean ricos en yeso y/o carbonatos.

Pesar 50 g de suelo, pasarlos al vaso del agitador eléctrico, agregar 5 ml de silicato de sodio y 5 ml de oxalato de sodio más 100 ml de agua; dejar reposar 25 minutos. Agitar durante 20 minutos en caso de arcillas y de 5 a 10 en caso de arenas y migajones arenosos; pasar la mezcla a una probeta de Bouyoucos, colocar el densímetro y aforar con agua a 1 l cuando se pesan 50 g. Agitar durante un minuto mediante inversiones sucesivas y se determina el peso específico de la suspensión por medio del densímetro, 40 segundos después (primera lectura); se debe anotar también la temperatura en el momento con el fin de hacer la corrección debida por la dilatación producida por la temperatura ambiente.

La primera lectura del densímetro, después de hecha la corrección por la temperatura, que es de 0.11 por cada grado -- que se separa de 20° C, sumando ó restando, según el caso, indica el porcentaje de limo y arcilla; la arcilla sedimenta a los 40 segundos.

La segunda lectura se realiza a las dos horas y representa el porcentaje de arcilla en suspensión, se supone que todo el limo se ha sedimentado a las dos horas.

2.- COLOR, pH Y RESISTENCIA EN PASTA.

Color.

El color en seco y en húmedo se determina por medio de las tablas de Munsell, numéricamente, descritas anteriormente.

pH.

El pH del suelo está influenciado por la composición de los iones intercambiables, la naturaleza de los materiales de intercambio catiónico, composición y concentración de las sales solubles y la presencia ó ausencia de yeso y carbonatos de metales alcalinotérreos.

El valor del pH se determina en un potenciómetro con los electrodos de calomel como referencia y de vidrio para la medición.

Procedimiento.

Se pesan 30 g de suelo y se le agregan 30 ml de agua destilada, se deja reposar 30 minutos y se efectúa la medición.

Resistencia en pasta.

La conductividad eléctrica ($R_c = 1 / C_c$) se usa comúnmente para indicar la concentración total de componentes en las soluciones; está íntimamente relacionada con la suma de cationes ó aniones que se determinan químicamente y en general tiene estrecha correlación con los sólidos totales disueltos.

Equipo.

Puente de Wheaststone

corriente alterna apropiada para medición de conductividad

Copa del Departamente de Suelos con electrodos

termómetro

Procedimiento.

Se llena la copa con la pasta preparada saturando con agua destilada la muestra del suelo y agitando con una espátula. Se dan unos golpecitos leves para eliminar las burbujas de aire y nivelar al ras de la copa con una espátula, eliminando el exceso de pasta. Después se mide la resistencia a 60° F, luego se convierte la resistencia a un porcentaje aproximado de sales (Tabla No. 8) debido a que el porcentaje de saturación varfa según la textura.

Cuando se encuentra una conductividad eléctrica mayor de 2 milimhos se puede hacer el extracto de saturación y la determinación de las sales correspondientes.

Conductividad específica del extracto de saturación del suelo (milimhos/ cm)				
0	2	4	8	16
no salinos	muy ligeramente salinos	moderadamente salinos	fuertemente salinos	muy fuertemente salinos
0	0.1	0.3	0.5	1

Tanto por ciento de sales en el extracto de saturación del suelo

Tabla No. 8.

3.- MATERIA ORGANICA.

A continuación se describirá el análisis para determinar el por ciento de materia orgánica en el suelo.

Reactivos.

a) Sulfato ferroso 0. 5 N. Disolver 140 g de sulfato ferroso -- ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) en agua, añadir 40 ml de ácido sulfúrico, enfriar y aforar a 1 l con agua. Para estandarizar este reactivo se utiliza dicromato de potasio 1 N ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) como se indica a continuación:

A 5 ml de dicromato de potasio se le agregan 7. 5 ml de -- ácido sulfúrico, se deja reposar durante 30 minutos, después se agregan 100 ml de agua, 2. 5 ml de ácido fosfórico y 0. 5 ml de difenilamina. Se titula con el sulfato ferroso gota a gota, hasta que el color vire de violeta oscuro a verde. Los mililitros gastados de sulfato ferroso son el factor del propio sulfato ferroso que se utiliza en los cálculos.

b) Dicromato de potasio 1 N. Pesar 49. 04 g de dicromato de potasio, disolver en agua y aforar a 1 l.

c) Difenilamina al 1%. Pesar 1. 09 g de difenilamina y diluir con ácido sulfúrico a 100 ml.

d) Acido fosfórico al 95%.

e) Acido sulfúrico concentrado al 98%.

Procedimiento.

Pesar 0. 5 g (± menos en el caso de una muestra rica en materia orgánica) de la muestra tamizada y pasarla a un matraz Erlenmeyer de 300 ml. Agregar 5 ml de dicromato de potasio, -- 7. 5 ml de ácido sulfúrico concentrado; agitar vigorosamente durante 1 minuto, dejar reposar 30 minutos. Agregar 100 ml de -- agua, 2. 5 ml de ácido fosfórico y 0. 5 ml de difenilamina. Titular con el sulfato ferroso gota a gota hasta que vire de violeta oscuro a verde.

Cálculos.

$$\% \text{ de materia orgánica} = \frac{(\text{ml de FeSO}_4 \text{ blanco} - \text{ml de FeSO}_4 \text{ muestra}) F 1.37}{2}$$

F= Factor del sulfato ferroso.

4.- CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO TOTAL.

El siguiente, es el procedimiento seguido para determinar los miliequivalentes de los cationes intercambiables en el suelo.

Equipo.

centrifuga
tubos de 25 X 100 mm de base redonda
agitador de vidrio

Reactivos.

- a) Solución de acetato de amonio 1 N. A 300 ml de agua destilada se le agregan 57 ml de ácido acético concentrado y luego 68 ml de hidróxido de amonio concentrado, se diluye a 1 l y se ajusta a pH 7, agregando más ácido amoniaco.
- b) Alcohol etílico al 95%.
- c) Indicador mixto. Disolver 0. 1g de rojo de metilo y 0. 5 g de verde de bromocresol en 100 ml de alcohol etílico al 95% y llevar a pH 4. 5 con hidróxido de sodio ó ácido clorhídrico.
- d) Acido clorhídrico 0. 1 N. A 8. 02 ml de ácido clorhídrico al 36% añadir agua destilada hasta aforar a 1 l. Determinar su normalidad.
- e) Cloruro de sodio al 10%. Disolver 100 g de cloruro de sodio en 750 ml de agua destilada, llevar a pH 2. 5 con ácido clorhídrico y aforar a 1 l.
- f) Oxido de magnesio U. S. P.

g) Acido bórico al 4%. Pesar 40 g de ácido bórico y disolver en -
500 ml de agua caliente, enfriar y aforar a 1 l.

Procedimiento.

Se pesan 4 g de suelo de textura mediana 5 fina y 6 g en caso de textura gruesa. Pasar la muestra a un tubo de ensayo de -
25 X 100 mm, agregar 25 ml de solución de acetato de amonio 1 N, agitar y dejar reposar durante 30 minutos; centrifugar a 2, 000 -
rpm hasta que el líquido esté claro. aproximadamente 5 minutis. -
Decantar el líquido, filtrándose para determinar Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, Na⁺ y K⁺.

El suelo que queda en el tubo de centrifuga se lava cua--
tro veces con 30 ml de alcohol etílico y luego se transfiere a un matraz Kjeldhal, agregando 40 ml de solución de cloruro de sodio al 10% pH 2. 5, 0. 5 g de magnesia calcinada y 150 ml de agua des-
tilada. Se destila, recibiendo el destilado en 40 ml de ácido bó-
rico al 4%, usando indicador mixto para la titulación con ácido -
clorhídrico 0. 1 N.

Los resultados obtenidos se reportan en miliequivalentes del elemento por 100 g suelo.

5.- DETERMINACION DE CATIONES INTERCAMBIABLES.

Los siguientes¹⁾ son los métodos utilizados para determinar Ca^{++} , Mg^{++} , Na^{+} y K^{+} .

Calcio intercambiable.

Reactivos.

a) Solución precipitante. Disolver 3. 5 ml de hidróxido de amonio, 20 g de ácido cítrico, 20 g de oxalato de amonio, 20 g de cloruro de amonio y 100 g de urea en 900 ml de agua destilada. Mezclar perfectamente.

b) Hidróxido de amonio.

c) Acido sulfúrico al 10%.

d) Permanganato de potasio 0.1 N. Disolver 3. 3 g de permanganato de potasio en agua destilada¹⁾, hervir 30 minutos, reposar durante 24 horas; filtrar a través de lana de vidrio y aforar a 1 l con agua destilada hervida y enfriada¹⁾. Guardar en frasco ámbar.

Valoración de la solución de permanganato de potasio. Secar oxalato de sodio R. A. en la estufa a 110° C durante 1 hora, para eliminar la humedad¹⁾.

Procedimiento.

Se toman 5 ml de alícuota del extracto obtenido en la determinación de capacidad de intercambio catiónico total; se pasa a un vaso de precipitado de 250 ml, de preferencia de forma alta. Añadir 10 ml de solución precipitante y poner a calentar, de modo

que tenga una ebullición suave, mantenida así durante 1 hora. Después retirar del calor y agregar 5 gotas de amoníaco y filtrar inmediatamente a través de un filtro de poro medio de 9 cm de diámetro. El calentamiento no debe exceder de 1 hora, debido a que se corre el riesgo de una contaminación con oxalato de magnesio. Lavar el vaso donde se hizo la precipitación tres veces y el precipitado siete veces en el filtro, teniendo especial cuidado en lavar bien el precipitado desde el borde del filtro; todos estos lavados se hacen con agua caliente. Tanto el filtro como el precipitado se regresan al vaso donde ocurrió la precipitación, agregando 10 ml de ácido sulfúrico en solución acuosa al 10% y se titula con permanganato de potasio 0.1 N, hasta que la solución tome un color rosa que persista durante 30 segundos.

Cálculos.

$$\text{meq Ca} = \frac{\text{ml de KMnO}_4 \times N \times 1000}{\text{alícuota}}$$

Magnesio intercambiable.

Reactivos.

a) Indicador. Agregar 1 g de azul negro de eriocromo B a 200 g de cloruro de sodio, mediante una muy cuidadosa molienda.

b) Solución de EDTA 0.05 M titulada con la solución tipo de zinc.

Procedimiento

Tomar una alícuota de 5 ml del extracto obtenido en la capacidad de intercambio catiónico total. Pasar a un matraz Erlenmeyer de 250 ml, agregar 5 ml de hidróxido de amonio concentrado y titular con EDTA 0.05 M, utilizando como indicador azul negro de

eriocromo B; el vire será de rojo a azul, en el caso de que la solución inicial fuera incolora, ó de rojizo a verde esmeralda, en caso de ser amarilla.

Cálculos.

$$\text{meq Ca} = \text{Mg} = \frac{\text{ml EDTA} \times N \times 1000}{\text{alícuota}}$$

$$\text{meq Mg} = \text{meq Ca} + \text{Mg} - \text{meq Ca}$$

determinación de sodio intercambiable por flamometría.

Reactivos

Solución de sulfato de sodio conteniendo 229.1 mg de la sal previamente secada a 500° C durante 1 hora, más 8 ml de ácido perclórico por litro de solución.

Procedimiento.

Tomar una alícuota de 5 ml. Pasar a un matraz aforado de 50 ml y aforar con agua destilada. Mezclar perfectamente e introducir en el atomizador del flamómetro provisto de un filtro de interferencia para sodio y se determina el valor de la emisividad de la llama. El cero del aparato se ajusta con agua destilada y el 100 con una solución de sulfato de sodio conteniendo 229.1 mg de sal previamente secada y 8 ml de ácido perclórico por litro de solución.

Se hace una gráfica normal que contenga un rango de óxido de sodio en ppm de cero a 100 ppm.

Determinación de potasio intercambiable por flamometría.

Para esta determinación se utiliza la misma alícuota que para sodio intercambiable.

La solución se introduce en el atomizador del flamómetro provisto de un filtro para potasio. La emisividad de la llama debe ser medida. Para ajustar el cero del aparato se agrega agua -- destilada y para el 100, una solución de sulfato de potasio conteniendo 185 mg de sal previamente secada y 8 ml de ácido perclórico por litro de solución. Se hace una gráfica que contenga un rango de 0- 100 ppm, de óxido de potasio.

6.- DETERMINACION DE FOSFORO,

Para la determinación de fósforo se utilizan dos métodos, el de Olsen, para suelos alcalinos y el de Bray- Kurtz para suelos ácidos. Ambas determinaciones se efectúan en un colorímetro, y a continuación se describen.

Método de Olsen.

Reactivos.

- a) Bicarbonato de sodio 0. 1 M. Pesar 42 g por litro ajustando a un pH de 8. 5 con hidróxido de sodio.
- b) Acido cloromolibdico. Pesar 15 g de molibdato de amonio y disolver en 100 ml de agua destilada, calentar cerca de 45° C, filtrar para eliminar cualquier sedimento existente. Enfriar la solución y añadir 350 ml de ácido clorhídrico 10 N lentamente y agitando rápidamente, después aforar a 1 l. Esta solución debe renovarse cada dos meses.
- c) Acido cloroestano. Disolver 25 g de cloruro estano en 50 ml de ácido clorhídrico concentrado. La solución se lleva a 500 ml con agua destilada para quedar 0. 2 M aproximadamente.

Procedimiento.

A 2 g de suelo se le agregan 20 ml de solución de bicarbonato de sodio y lo que tome una espátula chica de carbón activado, agitar y dejar reposar durante 30 minutos. Filtrar a través de un papel filtro Whatman No. 40. En el caso de que el filtrado no sea claro, se deberá agregar más carbón activado, y después se filtrará nuevamente.

Tomar 4 ml del filtrado y se colocan en un tubo de ensayo Pyrex, agregar ácido clorhídrico gota a gota hasta que no haya -- desprendimiento de dióxido de carbono y después se agrega 1 ml de ácido cloromolibdico, agitar y añadir 0.1 ml de ácido cloroestano -- so y se lee la concentración con un filtro de 640 $m\mu$.

Para hacer la solución estándar de fósforo se pesan -- 0.0439 g de fosfato ácido de potasio, disolver en agua destilada y aforar a 1 l. Esta solución contiene 10 ppm de fósforo. De aquí se toman alícuotas para hacer la curva de fósforo.

Cálculos.

$ppm P = ppm \text{ testigo} \times \text{lectura problema}$

Método de Bray- Kurtz.

Reactivos.

- a) Solución de cloruro de amonio 0.03 N en ácido clorhídrico -- 0.25 N.
- b) Acido cloromolibdico. Preparado igual que en el caso del método de Olsen.
- c) Acido cloroestano. Disolver 10 g de cloruro de estaño en 25 ml de ácido clorhídrico, y guardar en frasco ámbar. Para trabajar con esta solución, debe tomarse 1 ml y diluirse a 330 ml con -- agua destilada.

Procedimiento.

Pesar 2g de suelo, agregar 20 ml de la solución de fluoruro de amonio, agitando durante 1 minuto. Filtrar utilizando un papel Whatman No. 42; del filtrado tomar una alícuota de 2 ml y agregar 5 ml de agua destilada y 2 ml de ácido cloromolibdico y agitar e inmediatamente agregar 1 ml de ácido cloroestano. Agitar y leer después de 5 ó 6 minutos, pero no después de 20, en un filtro de 660 m μ .

Se debe hacer una serie de patrones de 0. 25 ppm a 2. 5 de la solución tipo de fósforo de 10 ppm, además de un blanco, y se procede a trazar la curva patrón.

7.- DETERMINACION DE SALES SOLUBLES.

Equipo.

vasos de polietileno con capacidad de 500 ml

Puente de Wheatstone, descrito en la determinación de resistencia en pasta

embudos Büchner

papel filtro Whatman No. 40

bomba de vacío

tubos de ensayo de 20 X 150 mm

celda de conductividad, ya sea de pipeta ó de inmersión con electrodos platinados. La constante de la celda deberá ser la recíproca de 1 cm

Procedimiento.

Se prepara la pasta saturada del suelo, agregando agua -- destilada a 225 g de suelo y agitando con una espátula. De vez en cuando la muestra debe consolidarse, golpeando el recipiente con cuidado sobre la mesa de trabajo. Al saturarse la pasta, brilla -- por la reflexión de la luz, fluye ligeramente si se inclina el recipiente y la pasta se desliza fácilmente de la espátula, excepto en el caso de suelos con alto contenido de arcilla. Después de -- mezclarse, debe dejarse reposar la muestra durante 1 hora, y toda la noche en el caso de suelos altamente arcillosos y comprobar el criterio de saturación.

La pasta debe acumular agua en la superficie, perder brillo ó endurecerse durante el reposo. En el caso de que haya perdido su vrillo ó se haya endurecido, será necesario,mezclar nueva--mente con adición de agua.

Debido a que los suelos se vuelven lodosos más rápidamente cuando se les trabaja cerca de su capacidad de campo, se debe agregar suficiente agua para casi saturar la muestra. Si la pasta es demasiado húmeda se deberá agregar suelo seco.

La cantidad de suelo que se requiere, depende del volumen de extracto deseado. Una muestra de 225 g es fácil de manejar y -- proporciona suficiente extracto.

Cuando se van a preparar pastas saturadas de un grupo de - suelos con textura uniforme, se puede ahorrar mucho tiempo determinando el porcentaje de saturación en la forma usual en una muestra representativa. Las otras muestras se pueden saturar agregando una determinada cantidad de agua a pesos conocidos de suelos.

Se requieren ciertas precauciones especiales en el caso de suelos de texturas muy fina ó muy gruesa.

Por lo general, después del primer humedecimiento pierde - brillo la pasta y se endurece después de dejarla en reposo. Al -- agregar agua y mezclar nuevamente, la mezcla conserva las características de una pasta saturada.

Para que los suelos de textura muy fina no se vuelvan muy - lodosos, y se logre un buen punto de saturación, es aconsejable -- agregar el agua agitando el suelo lo menos posible, especialmente al principio del humedecimiento.

La pasta saturada se coloca en un embudo Büchner con papel filtro y se aplica vacío. El extracto se recibe en un tubo de ensayo. Si el filtrado es turbio se puede decantar ó pasar nuevamente al suelo. La extracción al vacío debe terminarse cuando empieza a pasar aire por el filtro. Si se van a determinar carbonatos ó bi--

carbonatos en el extracto, se debe añadir una solución que contenga 1000 ppm de hexametáfosfato de sodio en la proporción de una gota por cada 25 ml de extracto antes de taparse y guardarse, lo que sirve para evitar la precipitación de carbonato de calcio durante el reposo.

Para evaluar la salinidad, en la mayoría de los casos la extracción se puede hacer poco después de preparar la muestra saturada. En el caso de que el suelo contenga yeso, la conductividad puede aumentar de 1 a 2 mmhos durante el reposo.

Se toma la temperatura del extracto, se enjuaga y se llena la celda de conductividad. Se ajusta la temperatura. Se cierra el switch de contacto para la celda brevemente, mientras que se equilibra el indicador principal del puente. La conductividad se lee y se anota en mmhos por cm a 25° C.

Determinación de cationes y aniones solubles en el extracto de saturación.

1) Sodio, potasio, calcio y magnesio. Se cuantifican en --
igual forma que los cationes intercambiables, y se reportan en --
meq/ l.

2) Carbonatos y bicarbonatos.

Reactivos.

a) Fenolftaleína al 1% en etanol al 60%.

b) Anaranjado de metilo al 0. 01%.

c) Acido clorhídrico 0. 01 N. Se miden aproximadamente 4. 25 ml de

ácido clorhídrico concentrado y se afora a 1 l con agua destilada y se determina su factor de normalidad.

Procedimiento.

Se toma una alícuota del extracto de saturación del suelo con agua, se añade una gota de fenolftaleína; Si la solución toma un color rosa se agrega ácido clorhídrico 0.01 N gota a gota, utilizando una microbureta de 2 ml hasta que desaparezca el color. Esta lectura se designa como A. Se agregan dos gotas de anaranjado de metilo y se titula hasta la primera coloración canela: esta nueva lectura se designa como B

Cálculos.

$$\text{meq/ l CO}_3 = \frac{2 A \times N \times 1000}{\text{ml. alícuota}}$$

$$\text{meq/ l HCO}_3 = \frac{(B - A) N \times 1000}{\text{ml. alícuota}}$$

N= Normalidad

3) Cloruros.

Titulación con nitrato de plata.

Reactivos.

a) Solución de cromato de potasio al 5%. Se disuelven 5 g de cromato de potasio en 50 ml de agua y se agrega gota a gota nitrato de plata 1 N hasta que se produzca un precipitado estable ligeramente rojo. Filtrar y diluir a 100 ml.

b) Solución de nitrato de plata 0.005 N. Disolver 0.08495 g de nitrato de plata en un litro de agua destilada y se guarda en frasco ámbar.

Procedimiento.

Se toma una alícuota de 1 ml en un matraz Erlenmeyer de 125 ml y se agregan cuatro gotas de cromato de potasio y titular gota a gota con nitrato de plata hasta que sea estable un color rojizo. Se hace una prueba en blanco.

Cálculos.

$$\text{meq/ l Cl}^- = \frac{\text{ml AgNO}_3 - \text{ml AgNO}_3 \text{ testigo) } \times 0.005 \times 1000}{\text{alícuota}}$$

4.- Sulfatos.

Precipitación de cloruro de bario.

Reactivos.

a) Acido clorhídrico 1 N.

b) Cloruro de bario al 20%. Disolver 20 g de cloruro de bario en 100 ml de agua destilada.

c) Sulfato de sodio 10 meq/ l. Pesar 0.35515 g de sulfato de sodio y colocarlos en un matraz de 1 l y aforar con agua destilada.

Procedimiento.

Tomar una alícuota del extracto de saturación con agua, --

agregar 1 ml de solución de cloruro de bario al 20% y 1 ml de ácido clorhídrico 1 N; llevar a 5 ml con agua destilada; leer en filtro de 445 m antes de 5 minutos para evitar que flocule el precipitado de sulfato de bario.

La concentración de sulfatos se determina por interpolación en una gráfica que se hace tomando diferentes alícuotas de la solución tipo de sulfato de sodio, agregando los mismos reactivos que para los problemas.

Cálculos.

$$\text{meq/ l SO}_4 = \frac{\text{meq/ l de la gráfica} \times 1000}{\text{ml. alícuota}}$$

Nota: En el caso de que exista una gran concentración de sulfatos, se deberá hacer una conveniente disolución.

IV.- RESULTADOS DE LA INVESTIGACION.

La papa es un alimneto básico dentro de la dieta del ser humano; se cultiva en casi todo el mundo y día a día se sigue estudiando sobre el mejoramiento de este producto.

A través del análisis de la literatura existente sobre el cultivo de la papa, se puede observar que es un cultivo difícil de tratar, debido a que es muy sensible de ser atacado por diversos hongos, virus y bacterias, causándole graves enfermedades, así como por plagas que deterioran los tubérculos, ya sea en cuanto a ca lidad, como en cantidad.

Además se necesitan ciertas características específicas, para obtener una cosecha con buen rendimiento, como son:

Humedad: demasiada humedad pudre el tubérculo; escasa humedad lo reseca y no permite un adecuado crecimiento, por lo tanto debe ser una humedad media, que no falte durante su crecimiento.

Temperatura: aproximadamente una temperatura no menor de 16° C, ni mayo de 30° C; las heladas quemam la planta.

Rotación: para evitar enfermedades y aumentar el rendimiento.

El análisis del suelo que se describió en el Capítulo III es un procedimiento sencillo para conocer las características químicas, físicas y fisicoquímicas que posee el suelo, y así poder determinar si se trata de un terreno adecuado para el cultivo de la papa.

Antiguamente, el cultivo y la cosecha de la papa, así como de otros productos se hacfa manualmente, pero en la actualidad el avance de la tecnología ha facilitado la actividad en el campo permitiendo que la siembra se efectúe en un tiempoo mucho menor, y en un terreno adecuado para cada tipo de cultivo, según los requeri--mientos de cada uno y así poder tener un mejor producto con mayo--res rendimiento.

V.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Para obtener una producción en lo que se refiere a calidad y cantidad del producto es necesario adquirir semillas certificadas para evitar plagas, enfermedades y malos rendimientos. Una buena semilla proporcionará tubérculos de buen tamaño, adecuado color y agradable sabor, todo ésto con un alto rendimiento.

Así mismo, se deberá escoger un terreno que reúna las condiciones adecuadas para soportar el cultivo.

En el Capítulo II se muestra un análisis del tipo de suelo que resulta ser el mejor para el cultivo de la papa, siendo éste un suelo franco, ya que no se seca ni muy rápido, ni muy lento, -- con una profundidad mínima de 35 cm, pH entre 5.5 y 7, con una baja cantidad de sales y materia orgánica superior a 2%.

También es necesario seguir una técnica adecuada y avanzada de agronomía, construir un buen sistema de riego, agregar fertilizantes, ya sea orgánicos ó inorgánicos para compensar las deficiencias naturales del suelo, que en el mercado existe una gran variedad, así como fungicidas y pesticidas, además de facilitar el análisis del suelo para saber qué tipo de fertilizante necesita cada campo que será cultivado.

La población mundial aumenta día a día lo que hace necesario incrementar la producción de todos los elementos requeridos -- por el ser humano y enfocar los esfuerzos a mejorar los sistemas -- que proporcionen mayor cantidad de beneficios al hombre; uno de éstos es la agricultura, y la producción de la papa, como ya se mencionó anteriormente, es muy importante ya que es un alimento con alto contenido de proteínas y de los que más consume el hombre en todo el mundo, estudiando aún el mejoramiento del producto.

VI.- BIBLIOGRAFIA.

- 1.- ALBARRADA, H. J. M. y HOYOS de CASTRO, A.
Edafología.
Ed. Saeta.
Madrid. 1955.
- 2.- ALBARRADA, J. Ma.
El Suelo.
Ed. Saeta.
Madrid. 1940.
- 3.- ARROYO, I.
Estudios de Suelos para cultivo de café en la República Mexicana
1987. na.
- 4.- AUDUS, L. J.
Plant Growth Substances.
Leonard Hill.
London. 1959.
- 5.- AUDUS, L. J.
Plant Growth Substances - past, present and future.
Advancement of Science. 25: 1- 12. 1968.
- 6.- BAVBE, Li D.
Soil Physics.
John Wiley.
N. Y. 1956.
- 7.- BEAD, FERMAN, y TOCH, St.
Soil Sci. 1948, 65.
- 8.- BEAD, F. F.
Suelo y Fertilizantes.
Barcelona. 1958.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

- 9.9 BERGER, K. C. y TROUG, E.
Boron Deficiencies as revealed by Plant and Soil Tests.
J. Amer. Soc. Agron.
32, 297- 301. 1940.
- 10.- BERTRAMSON.
Soil Sci. 53. 1942.
- 11.- BLACK, C. A.
Soil Plant Relationships.
John Wiley,
N. Y. 1961.
- 12.- BLACK, C. A. y col.
Methods of Soil Analysis.
American Society of Agronomy.
Wisconsin. 1965.
- 13.- Boletín de la SARH.
Bajío. 1985.
- 14.- Boletín de la SARH.
Sierra Tarasca. 1982.
- 15.- BOURVONCOUS, G. J.
Soil Sci. 67. 1949.
- 16.- BOURVONCOUS, G. J. y MICK, A. K.
Mich. Agr. Exp. Sta. Tech. Bull. 1940.
- 17.- BRAY, y KURTZ.
Soil Sci. 59. 1945.
- 18.- BRIDGMAN, E. H.
World Soils.
Cambridge Univ. Press.

- 19.- BROWNE, C. E.
A Source Book of Agriculture Chemistry.
Chonica Botanica Co. N. Y.
- 20.- BUCKMAN, H. O.
Naturaleza y Propiedades de los Suelos.
Montaner y Simon, S. A.
Barcelona. 1977.
- 21.- CERVANTES, B.
Estudio de Suelos para el Cultivo de frijol en la República
Mexicana. 1954.
- 22.- CLARKE, G. R.
The Study of Soil in the Field.
Clarendon Press.
- 23.- CHANG y JACKSON.
J. Soil Sci. 9. 1958.
- 24.- COPE, S. T. Jr. y otros.
Fertilizer Recommendations and Computer Programs Key Used by
the Soil Testing Laboratory.
Auburn Univ. 1970.
- 25.- DAS.
Soil Sci. 30. 1930.
- 26.- DE WIT, C. T., DIJKSHOORN, W. y MOGGIE, J. C.
Ionic Balance and Growth of Plants.
Verl Landbouwk. 1963.
- 27.- DOUCHAUFOR, P.
Manuel de Botanique.
Toray, Mascon, S. A.
Barcelona, 1978.
- 28.- FEAR, D. F. H.
Tratado de Química Agrícola. T I.
Salvat Edit.
Barcelona. 1956.

- 29.- FRIED, M. y BROESHAFT, H.
The Soil- Plant System.
Academic Press.
N. Y. & London. 1967.
- 30.- GARDNER, W. R. y FREDMAN, M.
J. of Soil Sci.
11. 1960.
- 31.- GARDNER y KELLEY.
Soil Sci. 59. 1940.
- 32.- GREENE, H.
J. of Soil Sci. 14. 1963.
- 33.- Guía para la Asistencia Técnica Agrícola.
SARH. 1985.
- 34.- HANDBOOK.
USDA Agr. No. 60. 1954.
- 35.- HESSE, P. E.
A Text Book of Soil Chemical Analysis.
Murray. London. 1970.
- 36.- HESSE, P. E.
Soil Chemical Analysis.
John Murray. London. 1971.
- 37.- JACKSON, M. L.
Análisis Químico de Suelos.
Edic. Omega, S. A.
Barcelona. 1964.
- 38.- JACKSON, W. A. y EVANS, H. J.
Soil Sci. 94. 1962.
- 39.- JEFFRIES, G. A. y JACKSON, M. L.
Soil Sci. 68. 1949.

- 40.-JENNY, H. y OVERSTREET, R.
Intercambio de Cationes entre las Raíces de las Plantas y --
los coloides del suelo.
Soil Sci. 47 1939.
- 41.- KANEHIRO, Y. y SHERMAN, G. D.
Soil Sci. Soc. Amer., Proc. 20. 1956.
- 42.- KITENICK y JACKSON.
J. of Soil Sci. 7. 1956.
- 43.-KOLTSCOFF, I. M. y SAMBELL, M. B.
Tratado de Química Analítica Cuantitativa.
Ed. Nigar.
Buenos Aires. 1960.
- 44.- KONNORA, M.
Soil Organic Matter.
Pergamon Press.
- 45.- KRISHNA MURTI, G. S. y SATYAN- ARAYANA, K, U. J.
Soil Sci. 107. 1969.
- 46.- KURITA, W. I.
Clayes Sistemáticas de Suelos.
C. S. I. C.
Madrid. 1952.
- 47.- LOPEZ, R. J.
Mineralógico de Suelos y Plantas.
Edic. Mundi- Prensa.
Madrid. 1970.
- 48.- MACY, P.
The Quantitative Mineral Nutrient Requirement of Plants.
Plant Physiology 11. 1936.
- 49.- Manual de las ventajas de los suelos.
Dpto. de Agricultura.
Manual USDA No. 18.
Caracas. 1965.

- 50.- MARSHAL, R. J. Y STIRK, R. G.
Soil Sci. 68. 1949.
- 51.- Mc LEMAN, E. G.
Testing Soils for pH and Lime Requirements.
Ohio State Univ.
- 52.- MELA, M. P.
Edafología.
Madrid. 1954.
- 53.- MELA, P.
Tratado de Edafología.
Ed. Agrociencia.
Zaragoza 1963.
- 54.- Ministerio de Agricultura.
Métodos oficiales de análisis.
Madrid 1973.
- 55.- OLSEN, R. y otros.
Estimation of Available phosphorus in Soils by extraction --
with Sodium Bicarbonate.
U. S. Dept. Agr. Circ. 939. 1954.
- 56.- ORRICO, D. F.
Análisis Químico Cuantitativo.
Edit. Porrúa, S. A.
México. 1973.
- 57.- ORTIZ- VILLANUEVA.
Edafología.
Ed. de la Esc. Nal. de Agric.
Chapingo, Méx. 1975.
- 58.- PARSONS, D. B.
Manuales para la Educación Agropecuaria. Papas.
SEP/ Trillas. 1964.

- 59.- PIPER.
Soil and Plant Analysis.
Interscience Publisher Co.
N. Y. 1944.
- 60.- PRIMO, Y. E. y CARRASCO, D. J. M.
Química Agrícola. V I.
Ed. Alhambra, S. A.
Madrid.1973.
- 61.- RENNIE, P. J.
Soil Sci. 96. 1965.
- 62.- REUTHER, W.
Cobra y Fertilidad del Suelo.
Anuario de la Agricultura (suelos).
E. U. Dept. de Agric. 1957.
- 63.- RICHARDS, L.
Soil Sci. 68. 1949.
- 64.- ROBINSON, G. W.
Los Suelos.
Barcelona. 1952.
- 65.- ROJAS, G. E. y SALGADO, A. R.
Guía para la Asistencia técnica Agrícola.
SARH. 1982.
- 66.- ROSE, C. W.
Agricultural Phytic.
Pergamon Press.
- 67.- RUTHER y DEAN.
Soil Sci. 64. 1947.
- 68.- RUSSELL.
Soil Conditions and Plant Growth.
Longmans Green & Co. Inc.
N. Y. 1932.

- 69.- SAIZ DEL RIO, J. F.
Análisis Químico del Suelo.
Turralba. 1961.
- 70.- SAUNDER, E. H.
Soil Sci. 82. 1956.
- 71.- SCHMITZER, M. y SKINNER, S. I. M.
Soil Sci. 82. 1956.
- 72.- SCHMITZER, M. y SKINNER, S. I. M.
Soil Sci. 99. 1965.
- 73.- SIMONSON, R. W.
What Soils are, Soil.
USDA. Year Book. 1957.
- 74.- SWENSON y otros.
Soil Sci. 67. 1949.
- 75.- THOMAS, W.
Soil Sci. 59. 1945.
- 76.- THOMPSON, L. M.
El Suelo y su Fertilidad.
Ed. Reverté, S. A.
Barcelona. 1962.
- 77.- TOYNS END, W. N.
An Introduction to the Scientific Study of the Soil.
St. Martin's Press.
N. Y. 1973.
- 78.- TURNER y RICH.
Soil Sci. 74. 1952.
- 79.- ULRICH, A.
Soil Sci. 55. 1943.
- 80.- WEAVER, R. J.
Reguladores del Crecimiento de las Plantas en la Agric.
Ed. Trillas.
México. 1980.

- 81.- WHIFF, E. K.
Soil Sci. 94. 1962.
- 82.- WILLARD, H. H. y otros.
Análisis Químico Cuantitativo.
Ed. Marín.
Barcelona. 1956.
- 83.- WILLIAMS, D. E. y COLEMAN, H. W.
Propiedades de los cambios de cationes de la superficie de -
las raíces de las plantas.
Planta y Suelo. 2. 1950.
- 84.- YUAN, T. L. Soil Sci. 95. 1963.