



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Química



ESTUDIO DE SUELOS PARA DIFERENTES
VARIEDADES DE AGUACATE

**ESTUDIO DE SUELOS PARA DIFERENTES
VARIEDADES DE AGUACATE**

TRABAJO MONOGRAFICO

Que para obtener el título de:

Q U I M I C O

P r e s e n t a :

ESTHER MORENO AVILA

México, D. F.

1983



Universidad Nacional
Autónoma de México



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 esta 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.

INDICE.

CAPITULO I.

	Páginas
Introducción.....	1

CAPITULO II.

Generalidades.....	3
--------------------	---

CAPITULO III.

Métodos de Análisis	20
---------------------------	----

CAPITULO IV.

Conclusiones y Recomendaciones.....	64
-------------------------------------	----

CAPITULO V.

Bibliografía.....	68
-------------------	----

I. INTRODUCCION

QUIMICA.- Es la ciencia que estudia la materia y sus transformaciones y establece las leyes que rigen los distintos cambios químicos que toman lugar en los procesos físicos, químicos y biológicos.

SUELOS.- El término suelo se deriva del latín *solum*; que significa piso, superficie o terreno. En general el suelo se refiere a la superficie suelta de la tierra para distinguirlo de la roca sólida. Al material que nutre y sostiene el crecimiento de las plantas.

El científico consideró al suelo como "un cuerpo natural" que posee tanto profundidad como extensión; es decir, que su carácter es tridimensional.

Juzga que es un producto de la naturaleza resultante tanto de fuerzas destructivas como constructivas y también lo conceptúa. Según Millar, Turk, Foth y otros. Se le considera como un "Habitat para el desarrollo de las plantas"

El Dr. Ortega dice que.- El suelo es una mezcla de sólidos orgánicos e inorgánicos aire, agua y microorganismos. Todas estas fases se afectan unas a otras: las reacciones de los sólidos afectan la calidad del aire y el agua. El aire y el agua meteorizan los sólidos, y los microorganismos catalizan muchas reacciones que toman lugar en los suelos..

El estudio del suelo dada su íntima relación con la AGRICULTURA - ha ocupado en todos tiempos una posición de trascendencia.

El suelo sin embargo fue considerado por mucho tiempo como una rama de la GEOLOGIA o de AGRONOMIA.

El avance más importante en estos estudios durante los últimos años, ha sido reconocer el perfil del suelo como una unidad básica de clasificación.

El especialista en química de suelos, se interesaba en conocer en detalle la composición química, de las rocas originales, de aquellos minerales que constituyeron el material a partir del cual los suelos - se derivaron. Sin embargo en la época moderna se preocupa más en seguir paso a paso los cambios químicos que han ocurrido o que están ocurrien-

do sobre éstas rocas como consecuencia de la acción de agentes metareológicos y biológicos. Por lo cual, los suelos resultantes son sumamente variables.

Davy (1813) en Inglaterra fué considerado como el primer químico de suelos. Este investigador, se interesó principalmente en el suelo — como una fuente de metales alcalino y alcalino-terreos, pero también en sus cátedras de Química Agrícola, ya mencionaba el papel tan importante que juegan los suelos en relación con la nutrición vegetal. Con el tiempo, fue dándosele mayor importancia al suelo como factor primordial en la producción de alimentos, de aquí se mencionará y aumentará la atención hacia el estudio de la composición química del suelo, en relación con las necesidades de los cultivos.

El presente trabajo es una recopilación de lo que se encuentra disperso en la literatura relacionado con suelos y análisis de los mismos y tiene como objetivos los siguientes:

Determinar las condiciones físicas, químicas y fisicoquímicas más recomendables de regiones, tipos de suelos, riego, humedad relativa, — tiempo en que se debe de sembrar, análisis de suelos, propiedades físicas y químicas que debe de tener un suelo para determinado fruto, en éste caso el aguacate.

II.- GENERALIDADES

AGUACATE: el árbol se designa como aguacatero (en nahuatl Ahuacatl, en Inglés, Avocado, Alligator pear; En francés, Avocatier, Perseé; En español, Aguacate).

El aguacate es un fruto subtropical originario de Centroamérica; ya se cultivaba en México y otros países vecinos cuando los españoles descubrieron a América en 1492. Su cultivo por los indígenas era antiguo y constituía una parte importante de su alimentación. Martín Fernández de Enciso en su libro SUMA DE GEOGRAFIA publicado en 1519 lo describe por primera vez como una fruta parecida a la naranja en la forma, que cuando está madura es amarilla parece manteca y es de sabor maravilloso. Asimismo Gonzalo Hernández de Oviedo también lo describe unos años después en Colombia.

En la actualidad el cultivo del aguacate, debido a la aceptabilidad de su fruto, como a la diversidad de condiciones climáticas en que prospera, se haya difundido en los países y regiones tropicales y subtropicales del mundo como: Africa del Sur, Australia, Islas Canarias, Israel, Nueva Zelanda, Marruecos así como América Latina dentro la cual se incluyen México, Guatemala, además el Caribe, las Antillas y algunas regiones de Estados Unidos como Florida y California. Son estos países y regiones los que más han estudiado las especies, cultivo, plagas, enfermedades, y demás problemas del aguacate.

Los aguacates cultivados en México corresponden a los grupos ecológicos: Mexicano, Guatemalteco y Antillano así como algunos híbridos

Las variedades que se conocen en la actualidad son las siguientes:

Duke	proviene de la raza mexicana
Topa-topa	proviene de la raza mexicana
Zutano	proviene de la raza mexicana
Nabal	proviene de la raza guatemalteca
Anaheim	proviene de la raza guatemalteca
Oroteva	proviene de la raza guatemalteca
Paguan	proviene de la raza antillana

Mac Arthur proviene de la raza antillana

Trapp proviene de la raza antillana

Mencionaré algunos híbridos

Fuerte proviene de la raza guatemalteca y mexicana

Hass proviene de la raza guatemalteca y mexicana

Rincón proviene de la raza guatemalteca y mexicana

Bacón proviene de la raza guatemalteca y mexicana

Choquette proviene de la raza guatemalteca y mexicana

Estos son los que más se conocen aunque hay muchas variedades y —
otros híbridos.

En la actualidad se registran altas utilidades durante el proceso
de comercialización ya que la demanda se incrementa debido a las ofer-
tas en el mercado.

Además un gran porcentaje de las nuevas plantaciones se encuen-
tran en etapa de crecimiento, que puede provocar el desplome de los —
precios en perjuicio del pequeño fruticultor que será el más afectado.

A. — CONDICIONES QUE REQUIERE EL AGUACATE PARA SU CULTIVO.

Región en que se cultiva; Clima; Riego; Altura; Suelos; Tiempo en que —
se debe sembrar; Injertos; Textura; Permeabilidad; Materia Orgánica; —
Aire; Agua; Temperatura; pH; Capacidad de Intercambio Cationico Total;
Conductividad Eléctrica; Nitrógeno; Fósforo asimilable y Azufre.

REGION. — nuestras mejores posibilidades de producción se encuentran en
regiones de mediana y considerable altitud sobre el nivel del mar.

Es decir entre los 800 y 2,000 metros siempre y cuando cubran los
siguientes requisitos: Ausencia de heladas, suelos de buena textura,
preferiblemente profundos, con un poco de declive y con drenaje ofi-
ciente.

CLIMA. — templado sin grandes variaciones entre temperatura del día y de
la noche, lo anterior influye en el resecamiento del suelo y en el cre-
cimiento y madurez de la planta.

RIEGO. — disponibilidad del agua para riego ya sea por gravedad, asper-

sión o goteo; riegos frecuentes o con periodos de lluvias establecidas y bien definidas. El riego se hace en poca cantidad para no erosionar el suelo.

ALTURA.— debe ser entre 1,500 y 2,000 metros sobre el nivel del mar a veces puede ser de 800 metros.

SUELOS.— son suelos de mediana textura con tendencia a suelto mullido profundo, bien drenado sin posibilidades de estancamiento de agua.

Por lo tanto se evitarán los terrenos con fuerte porcentaje de arcilla, donde el agua se retiene por mucho tiempo.

Por lo que concierne a la naturaleza química el aguacatero parece tener poca exigencia de N, P, y K, ya que es una planta eminentemente calcícola requiere que sea abastecido de cal en cantidad suficiente para asegurar un pH de 7 a 7.5; en estas condiciones se adaptará muy bien el cultivo.

SIEMBRA.— se debe de hacer a finales de verano o a principios de otoño dependiendo del clima; se hará en almácigos o viveros para que se pueda trasplantar y si la siembra se hace desde un principio en el lugar permanente, o sea en el suelo directamente, se hará un hoyo de 60 a 80 cm o menos en tierra limosa, húmifera para que penetre el agua.

La siembra deberá ser protegida de las fuertes insolaciones. Los trasplantes se harán en primavera cuando hayan desaparecido los riesgos de heladas imprevistas.

En caso de que el suelo tenga pendiente, se recomienda hacer cepas de 80 cm³. Se recomienda que para suelos planos la profundidad sea mayor de 80 cm.

INJERTOS.— Esta operación que constituye uno de los medios de propagación asexual, puede ser efectuada en el vivero o aún en el lugar definitivo, cuando el tallo de la plantita haya alcanzado cuando menos el diámetro de un centímetro.

Considerando la delicadeza y la suavidad de los tejidos del material vegetal que se maneja, el injerto se deberá llevar a cabo en tiempo nublado, que no resulte ni demasiado caliente y seco ni demasiado húmedo, en el momento en que se registren buenas condiciones de coinci-

dencia en las fases de reanudación vegetativa estacional y se constata una idéntica actividad de transferencia de la savia entre los tejidos del patrón o portainjerto y de la planta a surtir las yemas y las púas de madera o injerto, de manera que se dé la conexión vascular sobre la cual se base la operación.

La forma más difundida de injertar el aguacatero es la de utilizar pedazos de madera con una yema y que se conocen con el nombre de injerto de escudete o injerto de plancha. Todavía en regiones de condiciones particulares de vegetación se practican otros sistemas utilizando trozos de madera que se conocen como injertos de púa.

De cualquier modo que se proceda, las yemas y las púas deberán proceder de ramas tiernas de árboles seleccionados, de buen vigor, exentos de enfermedades y de buena producción cualitativa y cuantitativa. El material vegetal debe prepararse en la cantidad que se piensa poder utilizar en el curso de las operaciones diarias, evitando guardarlo en condiciones de vegetación artificial, las cuales siempre afectan la actividad vegetativa de las ramas que deberán surtir las yemas y las púas. -- modificando el equilibrio de actividad de transferencia entre éstas y -- los patrones.

Los tipos de injertos que suelen emplearse en la propagación del aguacate pueden ser:

Injerto de escudete

Injerto a la inglesa

Injerto de púa lateral

Injerto de púa de corona y otros.

El injerto es el único medio de obtener las variedades de aguacate que deseamos cultivar, corrigiéndose con ellos ciertos inconvenientes -- que presentan las plantas sin injertar, tales como: Irregularidad de -- las cosechas, tardanza en la producción.

TEXTURA.-- es la proporción en que se hallan las partículas minerales -- del suelo, clasificadas por tamaño arena, limo y arcilla.

PERMEABILIDAD.-- es la velocidad de circulación del agua a través del -- suelo o lo que es igual por la cantidad de agua que puede absorber en --

un tiempo determinado. El espacio poroso es importante ya que por medio de ellos se provee de agua y oxígeno para el crecimiento de la planta. Estos espacios porosos tiene un gran porcentaje de poros grandes los cuales son eficientes en el movimiento del agua y el aire, el porcentaje de poros pequeños es menor pero ayudan a la retención de agua y evitan grandes percolaciones y lixivitaciones de los nutrientes. La permeabilidad — constituye el drenaje del suelo por el cual se elimina el exceso de agua y pueden ser ocupados los poros por el aire.

MATERIA ORGANICA,— la fracción más fina de la materia orgánica del suelo recibe el nombre de HUMUS y es materia orgánica transformada procede de los residuos de plantas y animales más o menos descompuestos por los microorganismos que se nutren de dichos residuos.

AIRE.— es una mezcla de gases el cual se mueve dentro de los poros del — suelo no ocupados por el agua o cuando los poros se han vaciado de agua a veces se evaporan por el calor excesivo y cuando son ocupados por el aire.

AGUA.— es el líquido más importante en el mundo, juega un papel importante y fundamental en todas las formas de vida. Es un disolvente universal en el suelo.

TEMPERATURA.— factor que tiene influencia sobre la solubilidad de los elementos nutricionales contenidos en el suelo, y germinación de las semillas y tiene influencia en la actividad microbiana.

El pH.— el pH de los suelos es de gran importancia para la agricultura esta propiedad afecta la solubilidad de muchos de los nutrientes esenciales para la planta y también de sustancias que se son tóxicas. Afecta también las propiedades de intercambio de cationes y aniones del suelo.

CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO TOTAL.— es una propiedad de los coloides del suelo (fracción arcillosa y a la materia orgánica) que tienen la capacidad de retener e intercambiar cationes. Los cationes más comunes — encontrados son: Ca, Mg, Na y K.

La materia orgánica cuando es abundante en los suelos contribuye un aumento en la capacidad de intercambio catiónico total.

El punto importante que debe ser comprendido es que los elementos —

y compuestos que están en estado iónico son retenidos por los coloides del suelo y representan las reservas de nutrimentos puesto que tienen la propiedad de ser intercambiables y aprovechables por las plantas y los organismos del suelo.

Capacidad de Intercambio alta significa que el suelo está bien dotado de la clase adecuada de cationes que pueden adsorber e intercambiar los iones requeridos en forma de elementos nutricionales; todo ello a causa de que los cationes adsorbidos están menos expuestos a perderse por lavado. Ya que al estar ligados a los coloides son poco solubles con el agua del suelo.

CONDUCTIVIDAD ELECTRICA.— Es una forma de medir que cantidad de sales solubles se encuentran en el suelo o sea las más fáciles de absorción a la planta. Si la conductividad eléctrica es menor de 2 milimhos/cm corresponden a suelos no salinos; en estos valores donde prosperan todo tipo de cultivo ya que no hay problemas de sales. y presentan buen desarrollo del aguacatero.

Pero si la conductividad eléctrica es mayor de 2 mmhos/cm, es donde hay problemas de sales solubles en el suelo en cultivos muy sensibles y eso perjudica al aguacatero. Por lo que se determinarán los cationes y aniones que se encuentran aislados de los coloides o sea sueltos. Los cationes y aniones que se determinarán son: Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , Na^+ , CO_3^- , HCO_3^- , SO_4^{--} y Cl^- .

NITROGENO.— es el elemento que limita frecuentemente el desarrollo de los cultivos agrícolas. El nitrógeno se encuentra en los primeros 60 cm. del perfil del suelo; como gas en la atm. del suelo y disuelto en agua, adsorbido en las superficies sólidas.

Los suelos debido con buen drenaje y porosidad tienden a perder rápidamente los compuestos nitrogenados que son asimilados por las plantas como NO_3^- y NH_4^+ por medio de la lixiviación.

Las exigencias de N no son muchas para el aguacatero ya que lo toma durante toda la vida del árbol.

FOSFORO ASIMILABLES— este elemento varía de acuerdo a la profundidad y al variar el pH. El fósforo se encuentra en forma orgánica e inor--

gánica.

El aguacatero no es exigente con este elemento macronutriente ya que es adsorbido durante todo el año.

AZUFRE.- este elemento se encuentra en su mayor parte en forma de anión como SO_4^{2-} ; El azufre es un elemento asimilable a cualquier pH que tenga el suelo; por lo que no hay problema en el aguacatero ya que su aprovechamiento no es temporal sino permanente.

Solo hice mención de los macronutrientes en el aguacatero porque son los que más utiliza para su producción, de los cuales son: N, P, S Ca, Mg y K. De los que solo necesita en mayor cantidad al Ca, Mg, K.

De los micronutrientes solo tenemos al Fe, Cu, Mn y Zn. solo en pequeñas cantidades. Siendo el Zn que mayor frecuencia presenta deficiencia.

B.- PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS DEL SUELO.

El estudio de los suelos debe empezar por el conocimiento de su origen y relaciones con las rocas, de las que se derivan. Es conveniente considerar el desarrollo del suelo a partir de la roca como si tuviera lugar en dos etapas denominadas: erosión de la roca y desarrollo del perfil del suelo.

El resultado del proceso de erosión de la roca, es el origen del suelo.

La sucesión de capas u horizontes desde la superficie hasta los materiales brutos, se denominan perfil del suelo.

El origen de los suelos se debe a los cambios que ha sufrido la roca madre como son:

La Erosión Mecánica.- Es la división de rocas que causan los agentes atmosféricos como son agua, aire, temperatura y vientos.

La Erosión Química.- se diferencia de la mecánica, en que se descomponen los minerales de la roca primitiva y se forman nuevas sustancias.

Erosión Biológica.- Las raíces de árboles y plantas ayudan mucho al ataque de las rocas, el agua, y además los múltiples organismos vivos tales como bacterias, hongos, algas, protozoos, insectos y animalillos pequeños que afectan directa o indirectamente a la estructura del suelo y al crecimiento de las plantas.

Consideramos como suelo, la parte superficial de la corteza terrestre en la cual se desarrollan las raíces de las plantas, sirve de sostén a los árboles, y al mismo tiempo les proporciona el agua, el aire y los elementos nutritivos que necesitan. Las características principales del suelo que influyen directamente sobre el cultivo y que se debe tener en cuenta son: aireación, humedad, temperatura, estructura, profundidad y fertilidad; todas ellas dependen esencialmente de las características físicas, químicas y biológicas de los suelos.

Componentes Principales de la mayoría de los suelos son 4:

1.- El Mineral o partículas de roca.

Partículas Minerales, de composición y tamaños muy variados, constituyen la mayor parte del suelo (45 - 50 % en volumen) y son modificados por la acción de factores atmosféricos como es el agua, viento, temperatura etc., que con el paso del tiempo han formado el suelo.

2.- Materia Orgánica no viviente.

Que constituye la matriz sólida y la disolución del suelo, La materia orgánica formada por los residuos vegetales y animales más o menos decompuestos por los microorganismos; generalmente es una parte pequeña del suelo (0,5 - 5 %).

Se suele admitir que entre un tercio y un medio de la materia orgánica del suelo procede de la ayuda de los microorganismos. Este hecho ha sido establecido considerando la proporción de nitrógeno y de carbono existente en aquella M.O.

En las capas superficiales el contenido de carbono es más o menos el 52 % y en las capas profundas es entre el 40 y 45 %.

El contenido medio de nitrógeno de la materia orgánica del suelo es de 5 % aproximadamente. Este dato indica que la proporción de N en la materia orgánica transformada en HUMUS, es mayor que en la materia vegetal original. Lo cual es explicable si se tiene en cuenta que los microorganismos metabolizan el carbono, convirtiéndolo en CO_2 , que escapa del suelo dando como resultado el enriquecimiento en N. Por tanto la relación C/N es una medida del grado de humificación de la materia orgánica incorporada al suelo.

3.- Aire

Ocupa el espacio poroso dentro de esa matriz sólida. Aire de composición parecida al de la atmósfera aunque con mucho mayor contenido de anhídrido carbónico y menos oxígeno.

La aireación del suelo se aumenta mucho por la adición de los aglomerantes y, con ello, los gases atmosféricos llegan más fácilmente a las raíces. Por otra parte, ésta mayor aireación hace disminuir ataques por hongos y otras enfermedades de las raíces.

Esto explica la tendencia que tienen los suelos de alta proporción de poros finos, a ser aireados pobremente. En tales suelos, el

agua tiende a dominar sobre el contenido de aire, y la composición del suelo resulta inadecuada para el buen desarrollo de los vegetales.

La naturaleza dinámica del suelo se deduce de lo anterior. La tendencia a variar de contenido y composición del aire, por rápidos cambios, ha marcado efectos no solo en el desarrollo de plantas útiles si no incluso en los organismos microscópicos, plantas y animales, que lo ocupan.

4.- Agua.

Entre ésta y el aire ocupan, aproximadamente, la mitad del volumen del suelo. Cuando no existe exceso de agua ésta ocupa los poros o espacios más pequeños entre las partículas del suelo.

Para tener una idea general de la significación del agua en el suelo es necesario sentar dos conceptos importantes que son:

- (1) El agua, es retenida dentro de los poros, con grados variables de intensidad según la cantidad de agua presente, y
- (2) Junto con sus sales disueltas, el agua del suelo forma la llamada SOLUCION DEL SUELO, tan importante como medio para abastecer de principios nutricionales a las plantas que en el se desarrollan.

PERFIL DEL SUELO.

En un suelo puede distinguirse varias capas sucesivas, una debajo de otra que van desde la superficie hasta la roca madre o material original del suelo. Estas capas, que presentan características físicas diferentes, se llaman horizontes. El conjunto de horizontes o capas diferentes que pueden distinguirse en el suelo, es lo que se llama perfil del suelo.

Cada suelo tiene su propio perfil, y éste puede ser muy variado. Sin embargo en la mayoría de los suelos ya desarrollados, pueden distinguirse tres capas u horizontes principales, que se designan como horizontes A, B, C.

El horizonte A, es la parte superficial del suelo y la más abundante en raíces, microorganismos y otros seres vivos. Es por lo tanto la más rica en materia orgánica y también la más expuesta a ser lavada por el agua.

El horizonte B, conocido como subsuelo, se halla debajo del A, es un horizonte intermedio entre el A y C, tiene las características de la roca madre o material, más o menos alteradas siendo generalmente pobre en materia orgánica.

El horizonte C, es la roca madre o material original más o menos alterado.

Los materiales más fácilmente, descompuestos se van lixiviando, quedando como componentes del suelo superior, los minerales más resistentes y la materia orgánica. Cuánto más viejo es un suelo, esto es, cuanto más ha sufrido la acción de los agentes externos, mas proporción queda de materiales resistentes. Los materiales que han sufrido una acción muy intensa de los agentes externos son pobres en sustancias nutritivas.

La meteorización del suelo superior, es una fuente importante de minerales nutritivos para el crecimiento de la planta. En los materiales ya muy alterados solo existen los minerales más resistentes, y aunque puede dar lugar a más elementos nutritivos su descomposición es demasiado lenta para constituir una buena fuente de nutrición. El suelo más fértil es aquel que aún es joven, ha sufrido poca alteración y su meteorización es lo suficientemente rápida para proporcionar cada año las cantidades de elementos nutritivos necesarios a las plantas.

A medida que avanza el proceso de meteorización del suelo superior se va reduciendo el tamaño de las partículas. Una parte de la arena se reduce a limo, y una parte del limo puede reducirse a arcilla. Parte de esta arcilla puede descomponerse hasta el grado que sus constituyentes sean lixiviados a través de la capa superior. Este último cambio es extremadamente drástico; sin embargo en la mayoría de los casos, la arcilla constituye el residuo de las meteorizaciones ocurridas en rocas y minerales.

ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DEL SUELO.

El suelo está formado por partículas de tamaño y formas muy diferentes. Estas partículas son minerales y orgánicas, aunque como ya dijimos, la mayor parte de ellas son minerales. Algunas partículas se ha-

van completamente separadas, mientras, que otras se hallan asociadas o unidas entre sí formando lo que se llama agregados (granulos, concreciones, etc). En la mayoría de los suelos existen ambos tipos de partículas, en mayor o menor proporción. Las partículas minerales del suelo — pueden considerarse dentro de dos grupos:

- a) Fragmentos de minerales sin alterar: arenas y limos.
- b) Partículas muy finas, procedentes de minerales transformados o alterados que constituyen la fracción fina y coloidal del suelo, cuyo principal componente es la arcilla.

Una vez destruidos los agregados y separados totalmente las partículas del suelo, estas se clasifican según su tamaño como se expresa a continuación:

CLASIFICACION INTERNACIONAL DE LAS PARTICULAS DEL SUELO.

Clases de partículas	Tamaño en mm ϕ	Características
Materiales gruesos...	Más de 2 mm	grava y piedras
Arena gruesa.....	0,2 - 2 mm	ambos tipos de arena son fácilmente apreciables.
Arena fina.....	0,02 - 0,2 mm	Partículas finas
Limos.....	0,002 - 0,02 mm	Partículas muy finas
Arcillas.....	Menos de 0,002 mm	Partículas muy difíciles de apreciar, aún con el microscopio.

Considerando solamente la tierra fina, es decir la que pasa por un tamiz de dos milímetros (sin elementos gruesos), quedan los grupos principales de arena, limo y arcilla ya mencionados. Los primeros arena y limo son una especie de soporte inerte de escasa actividad química, que pueden considerarse como reserva mineral.

En cambio la fracción más fina, en la que predominan las arcillas tienen características y propiedades específicas.

- a) Presenta mayor superficie activa por unidad de volumen.
- b) Dejan entre sí más espacios porosos o poros que permiten almacenar

y retener mayor cantidad de agua.

c) Tienen propiedades coloidales de gran importancia para las propiedades químicas del suelo.

TEXTURA.

La textura del suelo viene determinada por la proporción en que se hallan las partículas minerales del suelo, clasificadas por tamaño. Es decir, por las proporciones de arena, limo y arcilla, cuyas distintas combinaciones forman los diferentes tipos de textura. Como es lógico, si en el suelo existe mayor proporción de elementos gruesos, como la arena, tendremos un suelo de textura gruesa si predominan los elementos finos, como la arcilla hablaremos de textura fina. Cuando existe un equilibrio entre los 3 tipos de partículas, tenemos los suelos de textura media o equilibrada que se conocen como francos, margosos o margas.

Los suelos de textura fina arcillosos, franco-arcillosos, arcillo-limosos, etc. Tienen las siguientes características:

- Gran poder de absorción de elementos nutritivos.
- Gran capacidad de retención de agua.
- Dificiles de trabajar (suelos pesados).
- Poco permeables al aire y al agua sino tienen buena estructura.

Los suelos de textura gruesa arenosos y franco-arenosos, son suelos ligeros que poseen las siguientes características:

- Excelente permeabilidad para el aire y el agua.
- Son fáciles de trabajar.
- poca capacidad para retener el agua.
- Los elementos nutritivos son lavados más fácilmente; y
- la materia orgánica es destruida más rápidamente.

Los suelos de textura media francos o limo-arcillo-arenosos, gozan de características intermedias, por lo que, en general, reúnen las ventajas de ambos.

Merecen mención especial los suelos limosos, cuya estructura es poco ventajosa, ya que carecen de materiales finos de propiedades co-

loidales. Además las partículas de limo son lo suficientemente finas como para que se apelmacen, haciendo difícil la aireación y circulación del agua.

También, debe considerarse en la textura la materia orgánica y la caliza, siempre que se apelmacen valores importantes.

Los suelos margosos (mezcla de arena, limo y arcilla) por lo tanto tienen propiedades intermedias entre las de arcilla y arena. Tales que se consideran altamente favorables para el crecimiento de la planta por que encierran más agua y cationes disponibles que la arena y porque están mejor aireados y son más fáciles de trabajar que la arcilla.

COLOR DEL SUELO.

El color del suelo es una característica importante. No solo sirve para reconocer los distintos tipos de terrenos, sino que, indica, asimismo, ciertas propiedades físicas y químicas.

El color del suelo es debido a dos factores esenciales. El contenido en humus y la naturaleza química de los compuestos de hierro presentes. El humus tiene un color marrón-oscuro, casi negro, y se presenta en forma de partículas finamente divididas, recubriendo la superficie de las partículas del suelo. Un contenido elevado en humus puede enmascarar el color de la materia mineral hasta tal grado que aparezca casi negra, a pesar de la presencia de compuestos de hierro. Sin embargo es un caso extremo, ya que generalmente actúan simultáneamente el humus y los compuestos minerales. Un examen con lupa con luz intensa, evidencia las partículas de humus negro sobre unas masas rojas, amarillas o grises. En cambio a primera vista el color de la muestra parece que es uniforme.

El hierro es un material importante para el color porque aparece como una mancha en la superficie de las partículas minerales. El contenido en los suelos es de 5 % o incluso superior. El hierro, en parte, se presenta como constituyente de minerales que no han sufrido proceso de meteorización.

El dióxido de Silicio, en forma de cuarzo o como sílice coloidal, es casi incoloro, pero da a los suelos un tono gris claro, en apariencia casi blanco.

La superposición del humus con los colores minerales da distintas tonalidades de rojos, amarillos y grises que son los tonos normales. Se presentan no obstante suelos verde-castaño, amarillo-verdoso, azulados y púrpuras, pero son excepciones manteniéndose los colores normales entre pardo-oscuro a negro, gris, rojo a amarillo, y toda su gama de intermedios.

PROFUNDIDAD DEL SUELO.

Por otra parte, es evidente que cuando más profundo sea el suelo mejores serán las condiciones en que se desarrollan las raíces, lo que redundará en beneficio general del cultivo.

La noción de profundidad del suelo tiene, para los árboles frutales, un carácter bastante distinto del que se considera para el cultivo de plantas anuales.

Un suelo profundo es un suelo homogéneo, en lo referente a sus propiedades físicas y químicas, no se puede tomar solo en consideración el espesor de la capa arable.

Esta profundidad puede estar limitada por la presencia de una capa desfavorable; capa de agua cercana, capa impermeable, capa caliza, etc.

TEMPERATURA.

La temperatura del suelo está determinada, de una parte, por las posibilidades de calentamiento bajo la acción del sol y, por otra parte por las posibilidades de enfriamiento por irradiación.

La temperatura del suelo ejerce una serie de acciones sobre la vegetación. En efecto, este factor tiene una influencia considerable sobre la solubilidad de los elementos nutritivos contenidos en el suelo. La nitrificación del nitrógeno orgánico se realiza por bacterias cuya actividad está en función de la temperatura del suelo, al menos hasta un óptimo que se sitúa alrededor de los 25°C.

COMPONENTES MINERALES DEL SUELO.

Los minerales más abundantes en la corteza terrestre son los silicatos, óxidos minerales, de Al, Fe, Ca, Mg, K, Na y Si.

El suelo representa una mezcla de varios minerales cuyos tamaños

varían desde las rocas hasta la arcilla. Lógicamente los elementos citados constituirán una alta proporción del suelo. Aproximadamente el 90 % de su materia mineral comprende Si, Al, Fe y O. El Ca, Mg, K y Na totalizan un 5 % más y los demás elementos concentrados en la materia mineral no llegan al 5 % del total.

SALINIDAD.

Los cloruros particularmente los de sodio y magnesio, causan daños que se manifiestan en quemadura en las puntas y bordes de las hojas. Por tanto, antes de plantar, es recomendable percatarse de la ausencia de sales, tanto en el suelo como en el agua de riego. Contenidos de 0.2 a 0.4 gramos por litro de cloruro sódico en el agua de riego causan daños considerables en los árboles.

Se ha encontrado que en las regiones áridas y semiáridas, es donde se encuentra salinidad; en lugares donde casi no llueve o donde no hay percolación de sales, la mayor parte del agua se pierde por evaporación quedando en el suelo las sales. También se debe por las Cuenecas Cerradas, - que es la acumulación de sales acarreadas por laderas vecinas y el agua se pierde por evaporación ya que casi no llueve. Además se debe por el mal manejo del agua los que riegan mucho llegan hasta el nivel freático elevado trayendo a la superficie las sales. A los suelos de origen marino o cercanos al mar, - las infiltraciones de agua salada llega a invadir por capilaridad la zona de las raíces.

SUELOS SALINOS Y ALCALINOS.

Si las condiciones de drenaje son deficientes y la velocidad de evaporación superficial es elevada el suelo tiende a acumular sales solubles en su superficie. Estas condiciones se presentan en los valles de los ríos de las zonas áridas y semiáridas, en las zonas de antiguos lechos, a lo largo de la costa, en donde la evaporación es intensa y las lluvias escasas. La acumulación de sales puede dar lugar a la formación de un suelo muy alcalino, o a la cantidad de sales neutras suficientes para impedir el desarrollo de las plantas que presentan un in-

terés económico.

El suelo salino que se ha formado en unas condiciones que suponen un exceso de sales, se clasifica como salino o alcalino.

El suelo salino contiene un elevado contenido de sales neutras y un pH superior a 7.3 pero inferior a 8.5 Este suelo se conoce generalmente como suelo blanco alcalino, debido a su tendencia a formar costras blancas en la superficie del suelo seco. Están en el grupo Solonchak, palabra rusa que significa sal.

El exceso de sales (generalmente más del 0.2 %) de este suelo salino acostumbra a ser una mezcla de cloruros, sulfatos, carbonatos y bicarbonatos de sodio, calcio, magnesio y potasio. La cantidad de sodio generalmente es menor del 15 % del total de bases intercambiables del suelo superior. El cuidado necesario para este suelo consiste en la eliminación de sales, es decir un sistema de drenaje o una lixiviación de las sales.

El suelo alcalino contiene el suficiente exceso de sales de sodio particularmente carbonato y bicarbonato que sitúan el pH por encima de 8.5 : Por otra parte, el tanto por ciento de las bases intercambiables en un suelo alcalino, excede del 15 % en sodio. Este tipo de suelo se conoce, asimismo, con el nombre de NEGRO ALCALINO, debido a la tendencia de la materia orgánica a disolverse y a dispersarse en el suelo, comunicándole un color oscuro.

El suelo alcalino pertenece al amplio grupo solonetz, palabra rusa derivada de SAL. Este suelo presenta diversos problemas. Su estructura es deficiente y su drenaje es escaso, aunque puede mejorarse con un tratamiento adecuado. La presencia de una cantidad de sodio excesiva provoca la dispersión o desflocculación, y el suelo tiende a comportarse como una masa impermeable. Existe asimismo el problema de la reducida solubilidad de Fe, Cu, y Zn por efecto del pH excesivamente elevado. El exceso de sales puede incluso llegar a inhibir el desarrollo de las plantas que presentan un interés económico.

SUELOS RIGOS EN CAL. Los suelos con un contenido elevado en Ca, se encuentran en las zonas húmedas donde el material primario y la capa freática cercana a la superficie producen una acumulación de este elemento. Cuando la evaporación es excesiva el 70% es 10 % sup. a lo necesario.

III.- METODOS DE ANALISIS

La Metodología del laboratorio de Análisis de suelos está dividida en 3 partes:

Análisis Físicos, Análisis Químicos y Análisis Fisicoquímicos.

Dentro de los análisis físico se consideran las determinaciones:

- 1.- De color en seco y en húmedo.
- 2.- De textura.

Dentro de los análisis fisicoquímicos se consideran las determinaciones:

- 1.- Determinaciones de pH.
- 2.- Resistencia en pasta.
- 3.- Densidad aparente.

Dentro los análisis químicos son:

- 1.- La capacidad de intercambio catiónico total C.I.C.T.
- 2.- Cationes Intercambiables (Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ y K^+).
- 3.- Cuantificación en % de materia orgánica.
- 4.- Cuantificación en fósforo.
- 5.- Conductividad Eléctrica.
- 6.- Cuantificación en Sales Solubles (Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+ , SO_4^{--} , CO_3^{--} , HCO_3^- , y Cl^-)
- 7.- Análisis especiales : Determinación de Fe^{+++} y Al^{+++}
- 8.- Determinación de yeso
- 9.- Determinación de Carbonato de Calcio

TOMA DE MUESTRAS.

La toma de una muestra de suelo es una tarea muy importante de la que depende el valor de los análisis y debe de ser representativa de la zona problema. Por ello debe efectuarse de acuerdo con un método normalizado, teniendo en cuenta las características del terreno.

En todos los casos debe realizarse una inspección previa del campo a muestrear, para dibujar, después, un diagrama en el que se señalen las distintas parcelas, cultivos, textura y color del suelo, des-

rollo relativo de los cultivos, tratamientos, fertilizantes, zonas de condiciones anormales (p.ej. terrenos situados en inmediaciones de edificios, caminos o carreteras, zonas marginales, etc;) y otras características que pueden diferenciar unos suelos de otros.

Sobre ese diagrama, se traza un plan del número de muestras a tomar, forma de tomarlas y orden de muestreo, teniendo en cuenta que debe recogerse una muestra distinta por cada porción de terreno con características peculiares y que debe tomarse una muestra, como mínimo por cada 2 Ha.

A continuación se enumeran las bolsas de tela, papel o plástico en las que debe guardarse las muestras, y entonces se inicia su toma.

Las muestras de suelo se toman, generalmente, a profundidad de 0 - 20 cm por uno de los procedimientos siguientes:

a) Utilizando una barrena de 30 a 35 cm de longitud, cuya parte roscada debe tener, como mínimo unos 3 cm de diámetro.

La muestra, se toma introduciendo la barrena en el suelo hasta unos 20 cm de profundidad, tirando de ella hacia arriba y pasando el suelo adherido a una bolsa.

b) Empleando una sonda consistente en un tubo cilíndrico, cuya parte inferior es media cava de 20 cm de longitud, terminada en punta afilada que, después de introducirse en el suelo, por rotación sobre su eje permite extraer una porción de aquel, desde la superficie hasta 20 cm de profundidad. Una vez fuera con un vistazo de diámetro un poco inferior, al de la parte interior de la sonda, se puede arrastrar toda la muestra a una bolsa.

c) Por medio de una pala o azadón, se cava un hoyo, en forma de V, de unos 20 cm de profundidad, se corta una rebanada de uno de los lados y la parte central de la rebanada se pasa a la bolsa, despreciando los bordes.

Cualquiera que sea el medio utilizado se repite la misma operación unas veinte veces, poniendo todas las muestras así tomadas en un saco de tela o bolsa de papel fuerte, hasta completar aproximadamente 2 kg. de tierra. Estas tomas de muestras se efectuarán recorriendo la parcela en zigzag.

SECADO AL AIRE

Antes de proceder a los análisis, la muestra de suelo debe ser secada al aire a temperatura ambiente durante un mínimo de 24 horas, ya que en el campo los suelos poseen grados muy diferentes de humedad. Los resultados analíticos se refieren al peso de muestra secada al aire.

TAMIZADO

Agronómicamente sólo tienen verdadero interés las partículas que tienen un tamaño inferior a 2 mm de diámetro, en cuya superficie se verifica, casi la totalidad de las reacciones del suelo.

Por ello las muestras se pasan, antes de analizarlas, a través de un tamiz que tiene orificios circulares de 2 mm de diámetro.

Para tamizar el suelo, se toma la muestra secada al aire, se separan las piedras, se rompen los agregados con un rodillo, y se pasa la muestra a través del tamiz.

ANÁLISIS MECÁNICO DE SUELOS

Como ya se indicó anteriormente el análisis mecánico de suelos tiene como primer objeto la determinación de la textura de los mismos es decir la distribución por tamaños de las partículas aisladas que los forman. Los métodos más utilizados internacionalmente son el de la "pipeta de Robinson" y el del "densímetro" ambos basados en la diferente velocidad de sedimentación que presentan las distintas fracciones: arcilla, limo y arena. Una vez conocidos los distintos porcentajes en que entra a formar parte cada fracción, en un determinado suelo, podemos recurrir, para su clasificación, al diagrama de suelos.

MÉTODO DEL DENSÍMETRO

A. FUNDAMENTO:

Como ya se indicó antes la densidad de una suspensión depende de la cantidad de materia suspendida por lo que, siguiendo la evolución de dicha densidad con el tiempo de sedimentación, puede determinarse la distribución de tamaños de partículas.

Experimentalmente se determina que, cuando se utiliza un densímetro del Bouyoucos, la concentración de sólidos totales de la suspensión en (g/l), indicada por la escala del densímetro a los 40 seg; después de la agitación, corresponde a partículas de diámetro menor o igual 20 micras (menor o igual 0.02 mm) (arcilla y limo) y la indicada a las 2 horas corresponde a partículas de diámetro menor o igual 2 micras (arcilla).

Por tanto, la lectura realizada a las 2 horas nos indica directamente la concentración de arcilla en la suspensión, y restando esta cantidad de la correspondiente de arena se calcula por diferencia entre el peso total del suelo y el peso del conjunto de arcilla y limo.

B. MATERIAL:

un densímetro Bouyoucos
un agitador con soporte
un vaso metálico
tres probetas de 1000 ml;
un cronómetro
dos termómetros
una pipeta de 10 ml.

C. REACTIVOS:

Solución dispersante de hexametafosfato sódico. Se disuelven 37 g de metafosfato sódico y 7.94 g de carbonato sódico en 300 ml de agua - destilada y se diluye hasta un litro con agua. (El metafosfato sódico puede prepararse calentando fosfato monosódico a 650°C).

D. PROCEDIMIENTO:

1o. Se pesan 50 g de suelo, desecado al aire y tamizado a través de una malla de 2 mm.

2o. Se coloca el suelo en la copa, de la batidora y se añaden 10 ml de la solución dispersante y agua destilada hasta que la superficie del líquido quede a unos 6 cm sobre el fondo de la copa.

3o. Se dispersa mediante la batidora durante 5 minutos.

4o. Se vierte el contenido en una probeta de 1 litro, arrastrando con el frasco lavador todas las partículas. Se completa con agua desti-

lada hasta un litro.

5o. Se agita la probeta, tapada, durante un minuto a fin de homogeneizar el contenido.

6o. Se deja la probeta sobre la mesa al mismo tiempo que se dispara el cronómetro.

Se introduce el densímetro cuidadosamente en la dispersión, y a los 40 segundos del cese de la agitación se anota:

a) Medida del densímetro (c)

b) temperatura en grados centígrados.... (t)

c) Hora en que cesó de agitar.

7o. Se saca el densímetro de la suspensión y se deja sedimentar ésta.

8o. Al cabo de 120 minutos del momento del cese de la agitación se vuelve a introducir el densímetro y se anota:

a) Medida del densímetro (c')

b) temperatura en grados centígrados ... (t')

E. CALCULOS:

Una vez conocidos los valores c y c' se sustituyen en las siguientes fórmulas:

$$X = \frac{c + (t - 20) 0.36}{50} \cdot 100 = \text{porcentaje de limo + arcilla}$$

$$y = \frac{c' + (t' - 20) 0.36}{50} \cdot 100 = \text{porcentaje de arcilla}$$

X - y = porcentaje de limo

100 - X = porcentaje de arena

0.36 = factor de corrección por grado de diferencia de temperatura es de 20°C.

Una vez conociendo los % de arena, limo y arcilla se consulta en el triángulo para determinar la textura del suelo.

Hay otros métodos para determinar textura de suelos como son: el Método de la "pipeta de Robinson"

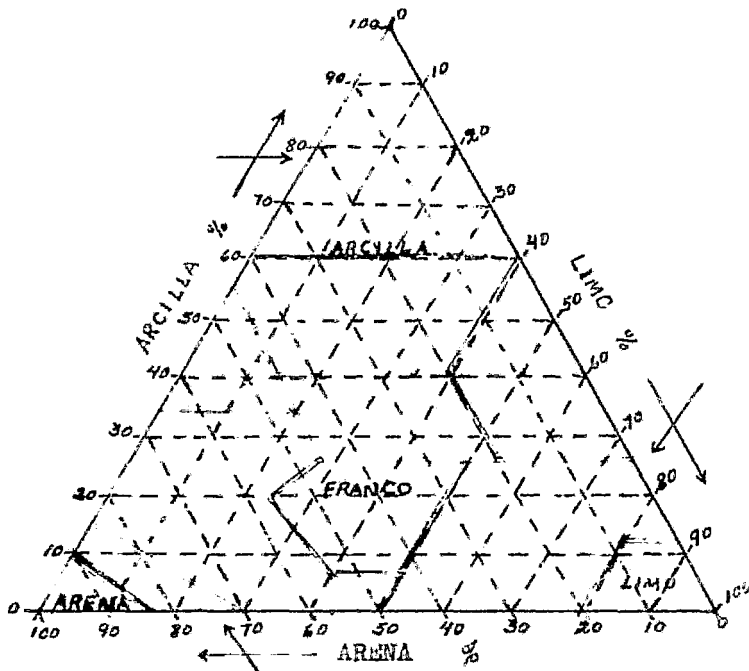
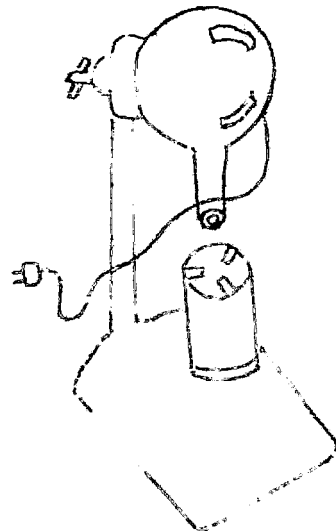


Diagrama triangular para determinación de la textura

APARATOS QUE SE UTILIZAN



densímetro Bouyoucos



agitador para la dispersión de suelos.

COLOR DEL SUELO

COLOR EN SECO Y EN HUMEDO.

COLOR EN SECO Y EN HUMEDO; SE EFECTUA SU DETERMINACION CON LAS TABLAS DE COLORES DE MUNSELL, INDICANDO EL COLOR NUMERICAMENTE.

El color de los horizontes del suelo puede ser uniforme o estar moteado manchado, veteado o matizado. El moteado generalmente se debe al mal drenaje; las manchas a las acumulaciones de cal, materia orgánica y al estado de oxidación de hierro; el veteado a infiltraciones de los coloides orgánicos y óxidos de hierro procedentes de las capas superiores; el matizado también a infiltraciones, pero frecuentemente ocurre cuando el material madre está completamente intemperizado.

El color puede ser heredado de la roca madre de donde procede el suelo o es el resultado de cambios importantes en el perfil. Tiene relaciones importantes con el clima y contenido de MO. En una provincia climática los suelos derivados de diferente material madre pueden tener las mismas características de color e inversamente, los suelos originados por un material madre idéntico pueden diferir grandemente cuando son desarrollados en climas distintos.

Los colores del suelo se miden más convenientemente por comparación con la Carta de Colores de Suelos de Munsell. Esta carta consiste de 175 diferentes papeles coloreados, sistemáticamente arreglados de acuerdo con las anotaciones de Munsell.

El arreglo es por matiz o tinte, brillo o pureza e intensidad o saturación, las tres variables simples que en combinación dan todos los colores.

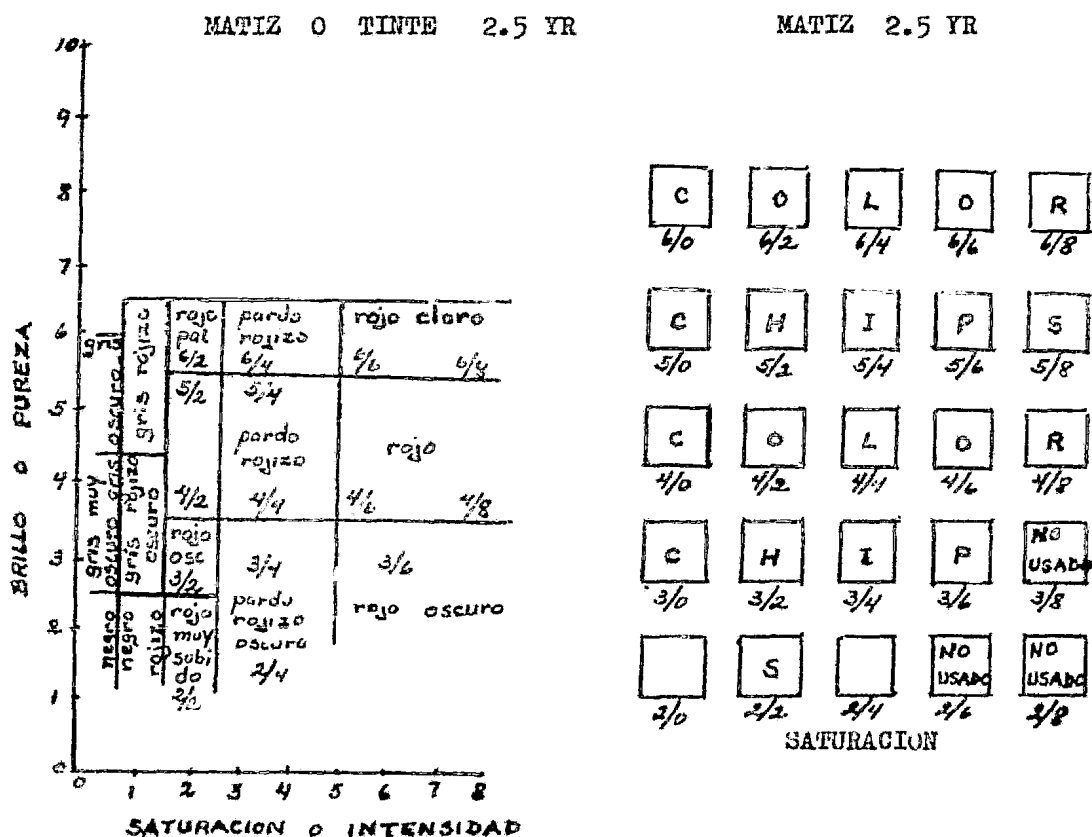
Así pues, la anotación de Munsell consta de anotaciones separadas por matiz, brillo y saturación, que se combinan en ese orden para formar la designación del color. El símbolo del matiz puede ser R= rojo, YR = amarillo-rojizo o anaranjado, Y = amarillo, etc., precedido por números de 0 a 10. Entre cada dos literales (i.e. YR) 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 5; el punto 0 coincide con el punto 10 del matiz inmediato más rojo. Así YR está a la mitad del matiz

amarillo-rojizo, el que varía de 0 YR a 10 YR.

La anotación del brillo consiste de números del 0 para el negro absoluto, al 10 para el blanco absoluto. Así un color con valor de 5/ está visualmente a la mitad entre el blanco y el negro absolutos. Un valor de 6/ es ligeramente menos obscuro o 60 % de la gama del negro al blanco y a la mitad entre los valores 5/ y 7/.

La anotación de la saturación incluye números que comienzan en cero para las tonalidades grises y aumentan en intervalos iguales hasta un máximo alrededor de 20, al cual nunca se llega en el caso de los suelos. Para colores acromáticos absolutos (grises, blancos y negros puros) que tienen cero de saturación y matiz, la letra N (neutral) sirve para designar el matiz.

Según este procedimiento, la anotación para el color de matiz 5 YR pureza de 5 y saturación de 6 sería: 5 YR 5/6, que corresponde al rojo amarillento.



ANALISIS FISICOQUIMICOS

DETERMINACION DEL pH DEL SUELO

Conceptos generales

Puede realizarse potenciométricamente o colorimétricamente. La lectura del pH mediante el potenciómetro supera en exactitud a los métodos colorimétricos, los cuales ofrecen la ventaja de no requerir un aparato especial.

La medida del pH de una tierra, exige su humedecimiento previo, pero el pH del suelo varía con la dilución y, para evitar este inconveniente y fijar unas condiciones determinadas, se han aceptado como recomendables el punto de saturación con agua o la relación, suelo/agua = 1.25 según otro método se utiliza una disolución salina en vez de agua y se realiza la determinación en cloruro potásico 1 N.

Así pues, la lectura del pH se realiza normalmente sobre la muestra tamizada (por tamiz de 2 mm), en el punto de saturación, con agua o con KCl 1 N; determinándose, en ocasiones, estos dos valores, para tener una idea más completa.

MEDIDA POTENCIOMETRICA DEL pH

A. FUNDAMENTO:

Dispersión del suelo en agua o solución salina acuosa y medida del pH con un potenciómetro.

B. MATERIAL:

un medidor de pH, con electrodo de vidrio y calomel
cuatro vasos de 100 ml
una varilla de vidrio

C. REACTIVOS:

agua destilada
cloruro potásico
solución tampón de pH 7
solución KCl 1 N.

D. PROCEDIMIENTO:

a) Ajuste del potenciómetro medidor de pH:

1o. Se conecta el potenciómetro medidor de pH a la fuente de alimentación de corriente eléctrica que corresponda, según sus características.

2o. Se ajusta electricamente el aparato siguiendo las instrucciones de su fabricante.

3o. Se conecta al medidor de pH un electrodo de vidrio y un electrodo de calomel (en algunos pH-metros los dos electrodos se encuentran situados en un único tubo y se conectan simultáneamente).

4o. Se limpian los electrodos con agua destilada y se seca cuidadosamente con papel filtro fino.

5o. En un vaso de 50 ml se vierte 20 ml de solución tampón de pH 7 y se introducen los electrodos en el líquido.

6o. Se ajusta el aparato, siguiendo las instrucciones del fabricante, en forma que la aguja medidora de pH marque 7, cuando se este midiendo el pH de la solución tampón (de $pH=7$).

7o. Se pasa la conexión del aparato a la posición de "reposo" se sacan los electrodos de la solución tampón, se lavan con agua destilada y se secan cuidadosamente con un papel de filtro fino.

b) Determinación del pH de un suelo con la relación suelo/agua=1/2.5

1o. Se pesan 20 g de suelo, se pasan a un vaso de 100 ml y se añaden 50 ml de agua.

2o. Se agita durante 10 min con una varilla de vidrio de unos 10 cm de longitud.

3o. Cuidadosamente se introducen en la suspensión el electrodo de vidrio y el de calomel.

4o. Se conecta el potenciómetro medidor de pH de forma que en la escala aparezca el valor correspondiente al pH de la solución en que se encuentran sumergidos los electrodos.

5o. Se anota el pH indicado por el aparato y se pasa éste a su po-

sición de "reposo" eléctrico.

60. Se extraen los electrodos de la suspensión, se lavan con agua destilada y se secan con un papel filtro fino.

Para la determinación del pH de un suelo con la relación suelo/KCl 1 N = 1/2.5 se procede de la misma forma que el método anterior.

RESISTENCIA EN PASTA

La conductividad eléctrica ($Re = \frac{1}{C_e}$) se usa comunmente para indicar la concentración total de componentes ionizados en las soluciones

Está intimamente relacionada con la suma de cationes (o aniones) que se determinan químicamente y en general tiene correlación estrecha con los sólidos totales disueltos.

Es una determinación rápida y relativamente precisa que ni altera ni consume la muestra.

EQUIPO

Puente de Wheaststone corriente alterna apropiada para medición de conductividad. Este puede ser un puente para corriente alterna de 1000 ciclos con audifonos, uno para corriente alterna de 60 ciclos con galvanómetro ó uno de los puentes que utilizan un cátodo que sirve como indicador de cero.

Copa del departamento de suelos con electrodos.

Termómetro.

PROCEDIMIENTO:

Se llena la copa con la pasta preparada saturando con agua destilada a la muestra del suelo y agitando con una espátula. Se dan golpecitos para eliminar las burbujas de aire y nivelar el ras de la copa con una espátula, eliminando el exceso de pasta. En seguida se mide la resistencia a 60°F. Luego se convierte la resistencia a un porcentaje aproximado de sales. Debido a que el porcentaje de saturación varía según la textura.

Cuando se encuentra una conductividad específica menor de 2 milímetros se procede a hacer el extracto de saturación y la determinación de sales correspondientes.

DENSIDAD APARENTE.

Es la masa (pesc) por unidad del suelo seco. El volumen considerado incluye las partículas sólidas del suelo y el espacio poroso. Se mide en g/ml.

Los suelos arenosos son relativamente bajo en espacio poroso total y proporcionalmente tienen densidades aparentes altas.

Los suelos superficiales de migajón arenoso y arena varían en su densidad aparente de 1.2 a 1.8 g/ml.

La densidad aparente en los suelos de textura fina (migajones limosos y arcillosos y arcillas) normalmente varían de 1.0 a 1.6 g/ml.

Las densidades aparentes aumentan con la profundidad, en el perfil del suelo. Esto se debe a más bajos niveles de M.O, menor agregación y más compactación. Subsuelos densos pueden tener densidades aparentes de 2.0 g/ml ó mayores.

La compactación fuerza al material sólido dentro de los poros del suelo. Esto reduce el espacio poroso total y aumenta la densidad aparente. Las labores de cultivo usualmente aumentan el espacio poroso y disminuyen la densidad aparente.

La mayoría de los suelos son más pesados que el agua. La densidad aparente es numéricamente igual al número de veces, que el suelo es más pesado que un volumen correspondiente de agua.

La capa arable del suelo a la profundidad de 20 cm pesa 2,5 millones de Kg/Ha, cuando la densidad aparente es de 1.25 g/ml y ésta cifra con frecuencia se usa en estudios de fertilidad del suelo.

MATERIAL:

probetas de 10 ml

espátula

balanza analítica

embudo para polvos

PROCEDIMIENTO:

Se pesan 10 g de suelo en la balanza analítica, se vacía en la probeta con el embudo para polvos y se toma el volumen que ocupa.

$$d = \frac{m}{v}$$

ANÁLISIS QUÍMICOS

CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO TOTAL C.I.C.T.

DETERMINACION DE LA CAPACIDAD DE CAMBIO CATIONICO DE LOS SUELOS.

Conceptos generales.

Se llama capacidad de cambio catiónico de un suelo, a la cantidad de cationes que pueden situarse en sus posiciones de intercambio expresada en meq/100 g de suelo. Es ésta una característica del suelo, que depende de su composición química, fundamentalmente de las arcillas y de la materia orgánica. Su interés reside en que es el factor que determina la posibilidad de retener un depósito de cationes nutritivos, susceptibles de ser cedidos a la solución salina del suelo a medida que son sustraídos de esta por la planta.

Existen numerosos métodos analíticos para la determinación de la capacidad de cambio catiónico de los suelos; casi todos se basan en un desplazamiento de los cationes de cambio con una solución acuosa de una sal tal; como acetato amónico, acetato sódico o cloruro bórico posterior extracción y valoración del catión intercambiado.

Cuando se determina la capacidad de cambio catiónico de suelos ácidos, la extracción suele realizarse con una solución de cloruro bórico y trietanolamina también a pH = 8.1 que permite valorar simultáneamente, la acidez de cambio.

Generalmente se recomienda que no se emplee la solución de acetato amónico para la extracción de los suelos calizos, debido a que ésta solución, disuelve el CaCO_3 y MgCO_3 en cantidades importantes y la gran proporción de calcio que pasa a la solución impide la saturación con NH_4 de una porción apreciable de posiciones de intercambio por ello, se puede obtener valores altos, para el contenido en Ca y Mg intercambiables y valores anormalmente bajos para la capacidad de cambio catiónico.

La utilidad de las sales de bario se debe a que los gránulos de calcita y dolomita se recubren con BaCO_3 , evitándose una excesiva solubilización de las tierras.

CATIONES INTERCAMBIABLES

Los suelos poseen una capacidad de intercambio iónico que depende de su composición, fundamentalmente de las arcillas y de la materia orgánica. En las arcillas, la capacidad de intercambio de cationes reside en los grupos silicato y aluminato ionizables. La materia orgánica, posee una gran capacidad de intercambio de cationes, por los grupos carboxílicos y demás grupos de carácter negativo. Los grupos positivos actúan como puntos de intercambio de aniones, pero son mucho menos abundantes.

Al aplicar a los suelos las leyes de intercambio iónico se pueden explicar y deducir los fenómenos que en él tienen lugar. Al considerar los iones bivalentes Be, Mg, Ca, Sr y Ba, se deduce que el Ba., será fijado en mayor proporción por los coloides del suelo, pudiendo desplazar a otros iones. El Sr. se fija también preferentemente y debe recordarse que este elemento posee isótopos radiactivos que pueden ser peligrosos para la salud, y que existen en el depósito de polvo, de las lluvias radioactivas procedentes de explosiones nucleares experimentales. La capacidad de fijación de los iones por el suelo disminuye en el orden: Ba > Sr > NH₄ > Ca > Mg > K > Na > H.

Una gran capacidad de intercambio iónico en los suelos, es una característica importante, ya se supone la posibilidad de retener un depósito de iones nutritivos, de modo que pueden ser cedidos, a la solución salina del suelo, a medida que son consumidos, de ésta, por las plantas.

Una parte de las posiciones de cambio del suelo están ocupadas por cationes metálicos; la proporción de la capacidad de cambio catiónico - que ello representa recibe el nombre "porcentaje de saturación por bases". El resto de la capacidad de intercambio está saturada por H⁺ en la solución del suelo.

Existe una relación directa, entre el porcentaje de saturación por bases y el pH del suelo; De un modo muy aproximado, puede decirse que - cuando dicho porcentaje es inferior al 50 el suelo es ácido.

En los suelos, la cantidad existente de un catión fijado en forma intercambiable varía continuamente y, si se modifican las concentraciones de sales, se sustituyen unos por otros. Cuando se acidifica un

un suelo, se introduce H^+ en sustitución de otros cationes.

METODO DE SATURACION CON ACETATO AMONICO.

Entre los métodos existentes para la determinación de la capacidad de cambio de los suelos, el más simple es la saturación con acetato amónico.

E. MATERIAL:

un kitasato de 1000 ml.

un embudo Buckner.

tres matraces Erlenmeyer uno de 100, de 250 y 500 ml.

una bureta de 50 ml

un tamiz de 2 mm de abertura de malla.

un matraz aforado de 250 ml.

dos vasos de 100 ml.

probetas, pipetas y gotero.

G. REACTIVOS:

acetato amónico.

alcohol.

$Mg(OH)_2$ ó $Ca(OH)_2$

HCl ó H_2SO_4 .

D. PREPARACION DE REACTIVOS:

ácido acético glacial.

amoníaco concentrado.

a) Acetato amónico 1 N, a $pH = 7$

10. En una probeta de 200 ml, se miden 115 ml de ácido acético glacial, se vierten en una probeta de 1 litro que contenga 500 cc de agua destilada y se llevan a 1 litro con más agua destilada.

20. En otra probeta de 200 ml, se toman 150 ml de NH_3 conc. se vierte en una probeta de 1 litro que contenga 500 ml de agua destilada y se llevan a 1 litro con más agua destilada.

30. Se pone la solución diluida de ácido acético antes obtenida en un vaso de 2.5 litros de vidrio calentable y se añade lentamente la solución diluida de NH_3 obtenida en el párrafo anterior.

4o. Una vez se haya enfriado, hasta 20 - 25°C (medidos con termómetro), la solución de acetato amónico obtenida en el párrafo 3o. Se ajusta a pH 7, añadiendo ácido acético glacial o amoniaco conc. según sea necesario, utilizando un medidor de pH.

D. PROCEDIMIENTO:

Se toman 100 g de suelo y se le agrega 1 volumen de una solución que contenga un catión fácil de cuantificar analíticamente y con un anión que forme un ácido débil lo usual es acetato de amonio de pH 7. El suelo se pone en un embudo Buckner y en el filtrado se recogerá todos aquellos cationes desplazados del suelo, que ahora son reemplazados por el ión NH_4^+ agregado. Cuando la sustitución haya sido total tendremos todas las cargas negativas del suelo satisfechas con iones NH_4^+ . El filtrado se guarda para posterior análisis de los cationes inicialmente presentes en el suelo.

El suelo se lava después con alcohol o acetona para eliminar todo el NH_4^+ que permanezca en solución en el suelo, dejando únicamente el NH_4^+ adsorbido. En seguida se pasa otra solución conteniendo un catión diferente como $\text{Mg}(\text{OH})_2$ o $\text{Ca}(\text{OH})_2$ el cual reemplaza completamente al NH_4^+ pasando este al filtrado. Posteriormente se cuantifica la cantidad de NH_4^+ presente en el filtrado que expresada en meq. será la (C.I.C.T.).

En el primer filtrado se cuantifica a continuación las bases originalmente adsorbidas al suelo analizado que son principalmente Ca, Mg Na y K; se expresan también en meq. de bases X 100 g de suelo. La diferencia entre C.I.C.T. y meq de bases en 100 g de suelo corresponde a las cargas negativas satisfechas por bases fijas.

$$\% \text{ de saturación de bases} = \frac{\text{meq. bases} / 100 \text{ g}}{\text{C.I.C.T.}} \times 100$$

Para determinar la C.I.C.T.: Una vez que se alcalinizó con $\text{Mg}(\text{OH})_2$ se calienta recogiendo el NH_3 liberado sobre H_2SO_4 valorado. El exceso de ácido se valora con NaOH . La cantidad de ácido que reaccionó con el NH_3 equivale a los meq. de C.I.C.T.

Otro método puede ser el de Kjeldahl que no voy a mencionar su técnica.

$$\% \text{ de C.I.C.T.} = \frac{\text{meq. NH}_4 \times \text{N} \times \text{V} \times 100}{\text{P}}$$

La diferencia entre la capacidad total de intercambio y la capacidad ocupada por cationes metálicos corresponde a la fracción de la capacidad de cambio que estaba ocupada por H^+ .

En algunos tipos de suelo, la determinación de los distintos valores de intercambio resulta dificultosa en la práctica y sujeta a errores importantes. Para eso, se han propuesto muchos métodos distintos para valorar la capacidad de cambio.

METODO DEL CLORURO BARRICO - TRIETANOLAMINA.

A. FUNDAMENTO:

a) Extracción de los iones del suelo con una solución de cloruro bórico (solución de cambio A), con el fin de reemplazar todos los cationes por bario.

b) Reemplazamiento del Ba^{++} fijado por Mg^{++} mediante una solución de sulfato magnésico (solución de cambio B).

c) Determinación del Mg^{++} invertido en reemplazar al Ba^{++} por valoración del Mg^{++} presente en una parte alícuota del extracto obtenido con la solución del sulfato magnésico y cálculo de la diferencia con el contenido original de dicha solución.

B. MATERIAL:

una bureta de 50 ml.

una centrifuga; tubos para centrifuga.

un potenciómetro para medir pH.

un tamiz de 2 mm de abertura de malla.

un matraz aforado, vaso, probetas, pipetas y gotero.

C. REACTIVOS:

trietanolamina (densidad 1,125 g/ml, 8 N).

cloruro bórico dihidratado.

ácido clorhídrico.

sulfato magnésico.

etilendiaminotetracetato bisódico (E.D.T.A)

cloruro amónico.

negro eriocromo T.

D. PREPARACION DE REACTIVOS.

a) Solución de cambio A.

- 1o. Se disuelven 62 g de $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ en 500 ml de agua destilada.
- 2o. Se añaden 25 ml de trietanolamina ($d = 1.125 \text{ g/ml}$, 8 N).
- 3o. Se añade agua destilada hasta unos 800 ml.
- 4o. Se ajusta el pH a 8.1 por adición de HCl 1 N.
- 5o. Se afora a un litro.

b) Solución de cambio B.

Se disuelven 12.5 g de sulfato de magnesio ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) en agua y se afora a un litro.

c) Solución acomplejante (E D T A 0.05 N)

Se disuelven 9.305 g de E.D.T.A disódico en agua y se afora a un litro con agua destilada.

d) Solución tampón:

Se mezcla una parte de cloruro amónico en solución 1 N con cinco partes de solución de hidróxido amónico 1 N.

e) Indicador negro eriocromo T:

Se disuelven 0,2 g de negro eriocromo T en 100 ml de la solución tampón.

E. PROCEDIMIENTO:

a) Extracción de los iones del suelo con una solución de cloruro bórico.

1o. Se pesan 1 ó 2 g de suelo, tamizado a 2 mm de abertura de malla, y se colocan en un tubo de centrifuga de 50 ml.

2o. Se añade al tubo, que contiene el suelo, 25 ml, exactamente medidos de la solución de cambio A, y se agita con la varilla durante 2'.

3o. Se centrifuga durante 5 min a 3000 rpm.

4o. Se separa el líquido y se guarda el suelo saturado con Ba^{++}

El líquido claro, separado puede servir para valorar la acidez de cambio

b) Valoración del Mg^{++}

1o. Se añaden, al suelo resultante de las separaciones anteriores y en el mismo tubo, 25 ml, exactamente medidos, de la solución de cambio B y se agita durante un minuto.

2o. Se toma 10 ml de la solución de sulfato magnésico, se vierten en otro Erlenmeyer de 250 ml y se diluyen a 100 ml con agua destilada.

3o. A cada Erlenmeyer de 250 ml, se añaden 10 ml de la solución tampón y 6 gotas del indicador negro eriocromo T y se valora el magnesio — hasta aparición de color azul.

F. CALCULOS:

Capacidad de Cambio en meq. por 100 g = C.C.

$$C.C. = \frac{(M - N) 0,05 \times 2.5 \times 100}{p} = \frac{(M - N) 12.5}{p}$$

donde:

M = mililitros de solución acompanyante empleados en valorar 10 ml de solución B (solución de sulfato magnésico).

N = mililitros de solución acompanyante empleados en la valoración de los 10 ml del extracto.

p = peso en gramos de la muestra.

NOTAS:

1) En los suelos con mucha materia orgánica, para evitar la valoración de soluciones turbias, antes de añadir la solución B (solución de sulfato magnésico), se agita la muestra durante un mínimo con 25 - 30 ml de agua oxigenada, se centrifuga y se decanta el líquido prosiguiéndose la determinación añadiendo 25 ml de solución B al suelo retenido en el tubo de centrifuga.

2) Para la determinación de la capacidad de cambio de suelos neutros y alcalinos, se sustituye la solución de cambio A; por una solución de $(CH_3COO)_2Ba \cdot H_2O$ al 10 ‰, ajustada a pH = 7 por adición de ácido acético.

CATIONES INTERCAMBIABLES.

(Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ y K^+)

DETERMINACION DEL CONTENIDO DE CALCIO EN LOS SUELOS.

A. FUNDAMENTO:

Se toma una alícuota del filtrado anterior para determinar cationes del método de saturación con acetato amónico.

a) Precipitación del Ca^{++} en la alícuota del filtrado con oxalato amónico. El filtrado transparente se guarda para análisis del Mg^{++}

b) Valoración del ión oxalato remanente en solución y cálculo de la cantidad de Ca^{++} extraída, a partir de la diferencia entre la cantidad de oxalato encontrada y la original, en la solución extractora.

B. MATERIAL:

un aro con nuez de 6 cm de diámetro.

dos matraces Erlenmeyer de 250 ml.

dos pipetas de 10 ml.

una bureta de 50 ml

un soporte de 75 cm.

dos pinzas de bureta.

dos tubos de ensaye.

C. REACTIVOS:

a) Permanganato de potasio

b) Oxalato amónico. 0.2 N

c) ácido sulfúrico.

d) cloruro cálcico.

19. En un vaso de 100 ml, se pesan 14.2 de oxalato amónico

$\text{C}_2\text{O}_4(\text{NH}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, se pasan a un vaso de 1 litro, se añaden unos 800 ml de agua destilada y se agita con una varilla de vidrio para disolver la sal.

20. Se pasa la solución a 1 matraz aforado de 1 litro, se lava el vaso con 3 porciones de 25 ml de agua destilada, se pasan los lavados al matraz y se diluye hasta el enrase con agua destilada.

D. PROCEDIMIENTO:

1o Se toman 10 ml del extracto de acetato amónico anteriormente filtrado, en un matraz Erlenmeyer de 100 ml y se calienta casi a ebullición, se le añade 10 ml de oxalato amónico para precipitar el Ca^{++} se agita 2 min y se deja reposar 15 min.

2o. Se filtra a través de doble papel filtro en otro Erlenmeyer se lava el matraz en que precipitó el Ca^{++} con 10 a 30 ml de agua caliente y se sigue pasando el filtrado a través de doble filtro al mismo matraz.

3o. Se toman gotas del último filtrado en un tubo de ensaye; si no enturbian una solución con cloruro cálcico indica que el pp. está libre de iones oxalato; lo cual se deduce que todos los iones Mg^{++} ya pasaron a través del doble filtro a la solución filtrada.

4o. Debe comprobarse que la cantidad de oxalato fue suficiente para precipitar todos los iones Ca^{++} . Se toma un tubo de ensaye bien limpio y se vierten en él 5 ml de la solución de oxalato amónico al 1 % y después se añaden 1 ó 2 gotas del líquido filtrado el cual contiene el Mg^{++} extraído.

5o. Si la solución no se enturbia no hay iones Ca^{++} en el filtrado el cual se guarda para posterior determinación del Mg^{++} .

6o. Si se enturbia deben añadirse otros 10 ml de oxalato al líquido filtrado y filtrar de nuevo en la misma forma antes mencionada.

7o. Al precipitado se le añaden 10 ml de H_2SO_4 (1:10) y se calienta justo hasta ebullición agitando con una varilla de vidrio.

8o. Se valora la solución en caliente con KMnO_4 hasta color rosa persistente. Se habrán gastado n ml de KMnO_4 0.1 N:

9o. Se valoran de igual forma en caliente, 10 ml de la solución original de oxalato amónico, tras la adición de 10 ml de H_2SO_4 (1:10) Se habrán gastado N ml de KMnO_4 0.1 N:

E. CALCULOS:

Teniendo en cuenta que el meq del CaCO_3 es 0.050 y que de los 100 ml de extracto se toman 10 ml para la valoración, la expresión $(N - n)$ por 5 nos da directamente el tanto por mil de carbonato cálcico del suelo.

tanto por mil de $\text{CaCO}_3 = (N - n) 5$

El resultado se expresa siempre en tanto por mil

NOTA: Este método no es adecuado para suelos muy rico en materia orgánica, debido a que ésta pasa, en parte, a la solución de oxalato amónico y consume KMnO_4 en la valoración.

F. EVALUACION DEL CONTENIDO EN CALCIO DE LOS SUELOS:

Generalmente se considera que, para el buen desarrollo de los cultivos, especialmente de los frutales, el contenido en calcio del suelo debe ser del 10 al 160 por mil.

DETERMINACION DEL MAGNESIO ASIMILABLE EN SUELOS:

A. FUNDAMENTO:

Del filtrado transparente sin iones Ca^{++} se determina el contenido de Mg^{++} se procede a la valoración con E D T A, utilizando negro de eriocromo T como indicador.

El Mg^{++} forma con el negro de eriocromo T un complejo de color rojizo que es menos estable que el complejo formado por el Mg^{++} y el E D T A por ello, la solución que contiene Mg^{++} y negro de eriocromo T mantiene un tono rojizo, cuando se le añade E D T A justamente hasta que todo el Mg^{++} ha reaccionado con el E D T A, en cuyo momento todo el negro de eriocromo T queda libre, apareciendo entonces el color azul claro de este indicador (propio de disolución alcalina).

B. MATERIAL:

un matraz Erlenmeyer de 250 ml.

una bureta de 50 ml, dos pinzas de bureta.

tres matraces aforados de 1 litro.

un soporte de 75 cm, un aro de 3 cm con nuez.

una probeta de 100 ml.

C. REACTIVOS:

cianuro potásico

solución de E D T A.

indicador negro de eriocromo T.

solución tampón de pH = 10

D. PREPARACION DE REACTIVOS:

a) Solución de E D T A.

1o. Se desecan unos 5 g de sal disódica del E D T A en estufa a 60°C y se enfrían en desecador.

2o. Se pesan 3.721 g de la sal desecada, se disuelven en agua destilada y se diluyen en un matraz aforado de 1 litro.

b) Solución de cianuro potásico: se disuelven 1 g de KCN en un litro de agua destilada.

c) Solución tampón: Se disuelven 67.5 g de cloruro amónico en 200 ml de agua destilada, se añaden 570 ml de NH₃ conc. y 60 ml de HCl conc. se diluye a 1 litro con agua destilada y se ajusta a pH = 10, utilizando un medidor de pH.

d) Solución indicadora de negro de eriocromo T: Se pesan 0.2 g del indicador y 2 g de clorhidrato de hidroxilamina y se disuelven en 50 ml de alcohol metílico.

E. PROCEDIMIENTO:

Una vez comprobada que la solución filtrada no contiene iones Ca⁺⁺ y que es transparente, se procede a la valoración del Mg⁺⁺ con E D T A.

1o. Se añaden 2 ml de la solución de KCN, 5 gotas del indicador negro eriocromo T, y 2 ml de solución tampón, al matraz Erlenmeyer de la solución filtrada transparente que contiene el extracto libre de Ca⁺⁺

2o. Se agita 2 min. y se valora con la solución E D T A 0.02 N, - utilizando una microbureta.

3o. Se realiza un blanco, valorando 50 ml de agua destilada en la misma forma indicada antes en d-1 y d-2.

F. CALCULOS:

$$\text{Contenido en Mg}^{++} \text{ del suelo} = \frac{(V_a - V_b) \times N \times \text{eq. Mg}}{P \times \frac{10}{100}} \times 100$$

$$\text{mg Mg/100 suelo} = \frac{(V_a - V_b) \times 240}{P} \text{ , mg Mg/100 g de suelo.}$$

El contenido en magnesio de los suelos se expresa también en Kg/Ha. Se considera una profundidad de suelo de 20 cm y una densidad media de 1.5. El peso de suelo correspondiente a 1 Ha. representa 3000 000 Kg; por tanto:

$$\text{Kg/Ha de Mg} = \frac{(V_a - V_b) N \times \text{meq. Mg} \times 3 \times 10^9}{p \frac{10}{100}} = \frac{(V_a - V_b) 7.2 \times 10^6}{p}$$

siendo:

V_a = volumen de EDTA gastado en la valoración de la muestra

V_b = volumen de EDTA gastado en la valoración del blanco.

N = Normalidad de EDTA = 0.02

3×10^9 = gramos de suelo en 1 Ha.

p = peso de muestra.

$10/100$ = factor de dilución (de los 100 ml de extracto se toman 10 ml para la valoración).

G. EVALUACION DEL CONTENIDO EN MAGNESIO ASIMILABLE DE LOS SUELOS:

La influencia del contenido en Mg^{++} de los suelos sobre los cultivos está relacionada con el contenido en Ca^{++} del suelo; de forma que, si el contenido en Ca^{++} es bajo pueden considerarse como normales los contenidos comprendidos entre 240 y 300 Kg/Ha de Mg^{++} ; si el contenido en Ca^{++} es alto, el contenido en Mg^{++} debe ser de unos 150 Kg/Ha, aprox.

DETERMINACION DEL CONTENIDO EN POTASIO Y SODIO DE LOS SUELOS POR FOTOMETRIA DE LLAMA.

A. FUNDAMENTO:

El potasio y el sodio, en pequeñas cantidades, son difíciles de determinar por métodos analíticos. Sin embargo, la fotometría de llama permite medir con exactitud contenidos inferiores a una parte por millón (1 ppm) de potasio o de sodio, en suelos.

La determinación del potasio y sodio asimilables en un suelo mediante esta técnica supone dos procesos:

a) Extracción de estos elementos con una solución de acetato amó-

nico 1 N, a pH = 7, y

b) Determinación del contenido de potasio y sodio en el extracto mediante la fotometría de llama.

B. MATERIAL:

10 cubetas de vidrio para el fotómetro o espectrofotómetro de llama.
un fotómetro o espectrofotómetro de llama.

dos matraces aforados de 200 ml y 2 de 1 litro.

un matraz Erlenmeyer de 100 ml.

ocho matraces aforados de 100 ml.

cinco pipetas de 1, 2, 5, 10 y 20 ml.

tres probetas de 100 ml.

C. REACTIVOS:

acetato amónico 1 N a pH = 7

cloruro sódico

cloruro potásico.

D. PREPARACION DE LOS REACTIVOS:

a) El acetato amónico 1 N a pH = 7 ya se mencionó en la extracción de iones (C.I.C.T).

b) Solución patrón de potasio.

1o. Se pesan exactamente 1.910 g de KCl, calidad reactivo para análisis, en 1 vaso de 100 ml, se disuelven en 50 cc de agua destilada, se pasa la solución a 1 matraz aforado de 1 litro y se diluye a este volumen con agua destilada. Esta solución contiene 1 g de K por litro (1 000 ppm de K)

2o. Se toman, con las correspondientes pipetas 1, 2, 5 y 10 ml de la solución de KCl, se pone cada una de estas cantidades en 1 matraz aforado de 100 ml y se diluye, a este volumen, con acetato amónico 1 N a pH = 7. Estas soluciones contienen 10, 20, 50 y 100 ppm de potasio.

3o. Se toman, con las correspondientes pipetas 1, 2 y 5 ml de la solución que contiene 100 ppm de K, se pone cada uno de estos volúmenes en 1 matraz aforado de 100 ml y se diluye hasta el enrase con acetato amónico 1 N, a pH = 7. Estos volúmenes, contienen respectivamente 1, 2, y 5 ppm de potasio.

c) Solución patrón de sodio.

1o. Se pesan exactamente 2.545 g de NaCl, de calidad reactivo para análisis, en un vaso de 100 ml, se disuelven con 50 ml de agua destilada, se pasan a un aforado de 1 litro y se diluyen al volumen con agua destilada. Esta solución contiene 1 g de sodio por litro (1 000 ppm de Na).

2o. Se toman, con las correspondientes pipetas 1, 2, 5 y 10 ml de la solución de NaCl antes obtenida, se ponen cada una de estas cantidades en un matraz aforado de 100 ml y se diluyen a este volumen con acetato amónico 1 N, a pH = 7. Estas soluciones contendrán 10, 20, 50 y 100 ppm de sodio.

3o. Se toman, con las correspondientes pipetas 1, 2, y 5 ml de la solución que contiene 100 ppm de Na, se pone cada uno de estos volúmenes en un matraz aforado de 100 ml y se lleva a este volumen con acetato amónico 1 N, a pH = 7. Esta solución contendrá 1, 2 y 5 ppm de Na.

2. PROCEDIMIENTO:

a) Se toma una alícuota de 10 ml del extracto o filtrado anterior y se compara con las soluciones patrón de distintas partes por millón de sodio y de potasio.

b) Trazado de la curva patrón de potasio.

1o. Se toman 8 cubetas del fotómetro de llama y se adhiere una etiqueta a cada una, grabando en cada etiqueta los siguientes números y letras: 1, 2, 5, 10, 20, 50, 100 A.

2o. Se llena la cubeta A con agua destilada y las otras con soluciones que contengan respectivamente 1, 2, 5, 10, 20, 50, y 100 ppm de potasio en acetato amónico 1 N a pH = 7.

3o. Se pone en marcha el fotómetro, o espectrofotómetro de llama siguiendo minuciosamente las instrucciones del aparato y acoplado al fotómetro el filtro correspondiente al λ , que debe tener una transmisión máxima a 768 m μ , o ajustando el monocromador del espectrofotómetro para realizar lecturas a 768 m μ ó nm.

4o. Se introduce el capilar del fotómetro de llama en la cubeta que contiene agua destilada.

5o. Se saca el capilar del fotómetro de llama del agua destilada y se introduce en la solución que contiene 100 ppm de potasio.

6o. Se ajusta el aparato para que la lectura de la escala corresponda a 90.

7o. Se saca el capilar de la solución de 100 ppm y se introduce en la de agua destilada.

8o. Se anota la lectura de la escala correspondiente al agua destilada.

9o. Se vuelve a pasar, por el aparato, la solución de 100 ppm de potasio y se observa si vuelve a marcar 90. En caso contrario se vuelve a ajustar.

10o. Se pasa agua destilada y se observa si el aparato señala la misma lectura que al pasar agua destilada anteriormente.

11o. Se pasan las soluciones de 1, 2, 5, 10, 20, 50, y 100 ppm de potasio, en este orden, y se anotan los valores correspondientes de la escala.

12o. Se representa, sobre papel milimétrico la relación entre el contenido en K de la solución problema y la lectura de los valores de la escala

c) Trazado de la curva patrón de sodio:

Se sigue el mismo proceso que en el caso del K con las soluciones que contienen 0, 1, 5 y 10 ppm de Na, ajustando el fotómetro o espectrofotómetro de llama a 90 con la solución que contiene 10 ppm de sodio, y acoplado el filtro correspondiente al sodio que debe tener una transmisión máxima a 589 nm, o ajustando el monocromador para realizar medidas a 589 nm.

F. EVALUACION DE LOS RESULTADOS:

Generalmente se considera que son normales los contenidos comprendidos entre 750 y 900 Kg/Ha de K_2O asimilable.

A los suelos que contienen menos de 750 Kg/Ha de K_2O se los suele considerar "pobres" de este elemento y los contenidos superiores a 900 Kg/Ha de K_2O asimilable, son altos.

Normalmente se suelen considerar aceptables, para muchos cultivos los contenidos en sodio asimilable comprendidos entre 3 y 150 Kg/Ha. siendo necesaria la adición de yeso al suelo cuando el % de sodio intercambiable pasa del 10 %, o cuando la relación de absorción de Na. excede de 6.

DETERMINACION DEL CONTENIDO EN MATERIA ORGANICA DE LOS SUELOS.

(Método de Walkley y Black 1934 y Walkley 1947)

A. FUNDAMENTO:

a) Oxidación de la materia orgánica del suelo con dicromato potásico, en medio ácido.

b) Valoración del exceso de dicromato con sulfato ferroso amónico.

B. MATERIAL:

una estufa regulada a 105°C.

dos pesafiltros.

un agitador magnético.

un desecador.

bureta, probeta y pipetas.

C. REACTIVOS:

dicromato potásico.

difenilamina.

ácido sulfúrico concentrado.

sulfato ferroso amónico.

ácido fosfórico del 85 %.

D. PREPARACION:

a) Solución de dicromato potásico 1 N:

1o. Se pesan 60 g de dicromato potásico, se secan durante algo más de 2 horas en una estufa de 105°C y se enfrían en desecador.

2o. Se pesan 49.035 g del producto seco, se disuelven en agua destilada y se diluyen a un litro.

b) Solución de difenilamina:

1o. En un vaso de 250 ml, de vidrio calentable se vierten 20 ml de agua destilada.

2o. - Se añaden lentamente, 100 ml de H_2SO_4 conc. al vaso que contiene los 20 ml de agua destilada, se deja enfriar hasta temp. ambiente

3o. En un vaso de 250 ml se pesan 0.5 g de difenilamina, se añaden

a este vaso la solución de ácido sulfúrico antes obtenida y se agita con una varilla de vidrio hasta que se haya disuelto completamente la difenilamina.

c) Solución de sulfato amónico (sal de Mohr) 0.5 N:

Se pesan 196.1 g de $(\text{SO}_4)_2\text{Fe}(\text{NH}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, se disuelven en 800 ml de agua destilada, con 20 ml de H_2SO_4 conc. y se diluye a un litro.

E. PROCEDIMIENTO:

1o. Se toman dos matraces Erlenmeyer de 500 ml y se enumeran. El 1 servirá para valorar el sulfato ferroso amónico, y el 2 para realizar la determinación.

2o. Se pesa 1 g de suelo, de contenido normal en materia orgánica (2 g en el caso de suelos muy pobres en materia orgánica, a 0.5 g en el caso de suelos muy ricos).

3o. Se transfiere el suelo pesado al matraz Erlenmeyer de 500 ml.

4o. Se vierten 10 ml de la solución de dicromato potásico 1 N, en los dos matraces Erlenmeyer. Se agitan y se añaden 20 ml de H_2SO_4 conc.

5o. Inmediatamente se pone en marcha el cronómetro, se agita suavemente unos 30 segundos y se dejan reposar 30 min.

6o. Una vez que han reposado 30' se les añaden unos 200 ml de agua destilada y 10 ml de H_3PO_4 al 85 % y se enfría con un chorro de agua.

7o. Se añaden 1 ml de la solución de difenilamina a cada uno de los matraces y se valoran, cuidadosamente, con sulfato ferroso amónico 0.5 N hasta que el color vire a verde manzana, agitando durante la valoración.

F. CALCULOS:

a) Cálculo del factor de la solución de sulfato ferroso amónico. Primeramente debe calcularse el factor de la solución de sulfato ferroso amónico, ya que su concentración en Fe^{+++} disminuye con el tiempo por tratarse de un ión que se oxida fácilmente por acción del aire.

Este factor se deduce del volumen consumido para reducir el dicromato del matraz 1. ($\text{Fe} = 20/V_2$)

$$\% \text{ de Carbono fácilmente oxidable} = (V_p - (\text{Vs. No. Fe})) \frac{0.003 \times 100}{p}$$

donde:

V_D = volumen de dicromato 1 N empleado ($V_D = 10$ ml) ($F = 1$);

V_s = volumen de sulfato ferroso amónico empleado en la valoración del dicromato potásico que no ha reaccionado con el suelo;

N_s = normalidad de la solución de sulfato ferroso ($N = 0.5$ N);

F_s = factor de la solución de sulfato ferroso amónico calculado anteriormente.

p = peso de la muestra de suelo utilizado.

0,003 = es el peso miliequivalente de Carbono.

Por tanto:

$$\% \text{ de Carbono fácilmente oxidable} = (10 - 0.5 F_s V_s) \frac{0.3}{p}$$

b) Cálculo del contenido en materia orgánica fácilmente oxidable y total.

Este cálculo, que es aproximado y empírico se basa en el supuesto de que la materia orgánica del suelo tiene el 35 % de Carbono y que todo el dicromato es consumido por éste.

Por otra parte, se supone que por término medio, la materia orgánica valorada por el método, o fácilmente oxidable, es el 77 % de la M.O. total.

$$\% \text{ de materia orgánica fácilmente oxidable} = (10 - 0.5 F_s V_s) \frac{0.3}{p} \cdot 1.72$$

$$\% \text{ de la M.O. total} = (\% \text{ M.O. fácilmente oxidable}) \frac{1}{0.77}$$

Los suelos adecuados para el cultivo son los que tienen un 2 ó 3 % de materia orgánica total y "pobres en materia orgánica" los que tienen menos del 2 %.

FOSFORO ASIMILABLE.

Determinación del contenido de fósforo asimilable de los suelos, - por extracción con solución diluida de ácido acético y ácido sulfúrico y colorimetría con ácido sulfomolibdico.

(Método de Burriel y Hernando)

A. FUNDAMENTO:

Se extrae el fósforo asimilable del suelo, con una solución diluida que contiene ácido acético y ácido sulfúrico, a la que se le añade - carbonato cálcico y carbonato magnésico y se determina el fósforo, en - el extracto, por colorimetría con ácido sulfomolibdico.

B. MATERIAL:

un soporte, un aro con nuez.
un espectrofotómetro.
un frasco de boca ancha con tapón esmerilado.
un embudo de 8 cm de diámetro.
vasos de precipitados de 500 y 600 ml.
tres pipetas graduadas de 1, 2 y 20 ml.
un baño de agua.
un matraz Erlenmeyer de 500 ml.

C. PRODUCTOS:

sulfito sódico.
ácido sulfúrico.
ácido molibdico.
carbonato cálcico.
carbonato magnésico.
molibdeno metal.
ácido acético.

D. REACTIVOS:

a) Solución extractora:

1o. Se pesan 1 g de carbonato cálcico y 0,50 g de carbonato magnésico, y se pasan a un vaso de 500 ml.

2o. Se añaden al vaso unos 400 ml de agua destilada, 1 ml de ácido

sulfúrico y 24.5 ml de ácido acético del 98 %.

3o. Se pasa la solución a un recipiente de 10 litros y se diluye hasta dicho volumen con agua destilada.

Una vez agitada, la solución debe tener el pH = 3.2 a 3.3

b) Preparación del reactivo "azul de molibdeno"

1o. Se colocan 235 ml de ácido sulfúrico concentrado en un vaso de precipitados de 600 ml. Se tapa con un vidrio de reloj y se calienta en una vitrina con buen tiro.

2o. Cuando comienza el desprendimiento de humos blancos se añaden con mucho cuidado, 14 g de ácido molibdico y se sigue calentando durante diez a quince minutos.

3o. Se deja enfriar y se vierte lentamente, con agitación, en otro vaso de 600 ml que contenga 235 ml de agua destilada.

4o. Todavía caliente, se añaden 0,7 g de molibdeno metálico, bien pulverizado, se calienta y se hierve durante 5 minutos.

5o. Una vez frío, se filtra a través de lana de vidrio sobre un matraz de 500 ml. Se tapa y se agita bien. Para que el reactivo este en condiciones adecuadas para el análisis, debe gastarse 1,25 ml del mismo para reducir 1 ml de $KMnO_4$ 0.1 N y ha de tener una acidez tal que se empleen de 0,13 a 0,16 ml de reactivo para neutralizar 1 ml de Na_2CO_3 al 20 %, con fenoftaleína como indicador.

c) Solución patrón de fósforo.

Se disuelven 0,2195 g de KH_2PO_4 en unos 500 ml de agua, se añaden 25 ml de H_2SO_4 7 N y se afiora a 1 litro. La solución resultante contiene 50 ppm de fósforo.

E. PROCEDIMIENTO:

a) Extracción del fósforo asimilable:

1o. Se pesa 1 g de suelo y se coloca en 1 frasco de boca ancha de 250 ml.

2o. Se añaden 100 ml de solución extractora y se agita durante 5'

3o. Se filtra a través de papel filtro, se toman, con 1 pipeta, de 20 ml del líquido filtrado y se colocan en un matraz aforado de 50 ml.

b) Determinación del fósforo presente en el extracto.

1o. Se toman 5 matraces aforados de 50 ml y se añaden a cada l de ellos 0, 0.5, 1, 2 y 3 ml, respectivamente, de la solución patrón de P (de este modo, se tienen 5 soluciones que contienen 0, 25, 50, 100 y - 150 μ g de fósforo en 50 ml de solución).

2o. Se añade agua destilada hasta un volumen de 20 ml aprox. en cada l de los matraces aforados de 50 ml que contienen las soluciones patrones.

3o. Se sitúa el matraz de 50 ml, que contiene el extracto de suelo junto con los matraces que contienen las soluciones patrones.

4o. Se añade, a cada matraz aforado de 50 ml, unos granitos de Na_2SO_4 y 1,5 ml de H_2SO_4 al 20 %.

5o. Se introducen los matraces en un baño de agua a 95°C durante \pm 10min., de forma que están casi totalmente sumergidos.

6o. Se retiran los matraces del baño, se añade a cada l de ellos - 0,4 ml del reactivo "azul de molibdeno" y se lavan con agua destilada - para que no quede retenido en el cuello de los matraces.

7o. Se introducen nuevamente los matraces, en el baño, durante 10'

8o. Se retiran del baño, se tapan y se dejan enfriar.

9o. Una vez fríos se agitan, se diluyen hasta el ensaye con agua destilada, se tapan, se agitan por volteo y se mide la absorbancia para $\lambda = 660 \text{ m}\mu$

10o. Se dibuja una curva patrón representando la absorbancia óptima a $660 \text{ m}\mu$ en función del contenido en fósforo de las soluciones patrones, en $\mu\text{g}/50 \text{ ml}$.

11o. Se determina el contenido en fósforo del extracto de suelo - con ayuda de la curva patrón y teniendo en cuenta que en el matraz aforado de 50 ml se pusieron 20 ml del extracto.

Al considerar el contenido en P_2O_5 asimilable, los suelos se clasifican, generalmente, en la siguiente forma:

De 0 a 10 mg de P_2O_5 asimilable por 100 g de suelo: Suelos pobres en P.
De 10 a 30 mg de P_2O_5 asimilable por 100 g de suelo: Suelos con contenidos normales de P.

Mayores de 30 mg de P_2O_5 asimilable: Suelos ricos en P.

CONDUCTIVIDAD ELECTRICA

La medida de la conductividad eléctrica, de los extractos obtenidos de los suelo, permite establecer una estimación aproximadamente cuantitativa de la cantidad de sales que contienen.

Los extractos de suelo, particularmente los obtenidos aplicando una elevada relación entre la cantidad de agua y la de suelo tratado constituyen una medida menos exacta, ya que el tratamiento puede extraer más sales de las que realmente se encuentran presentes en estado de libertad, cuando el suelo contiene la humedad propia del campo.

Además las especies iónicas extraídas pueden ser diferentes de las que se encuentran presentes en las disoluciones de suelo.

La relación suelo/agua tiene influencia sobre la cantidad y composición de las sales extraídas, es necesario especificar la relación suelo/agua empleada, al expresar los resultados de los análisis. La extracción del suelo, con el contenido natural de humedad es la que da la medida más exacta de la cantidad de sales solubles en el suelo.

DETERMINACION DE LA SALINIDAD POR MEDIDA DE LA CONDUCTIVIDAD ELECTRICA DE UN EXTRACTO DE SUELO.

A. FUNDAMENTO:

Se extrae el extracto de el suelo con agua destilada y se determina la conductividad eléctrica, del extracto utilizando una celda y un puente de medida de conductividades electricas.

B. MATERIAL:

- dos vasos de 250 ml.
- un embudo Büchner de 5 cm de diámetro.
- un matraz Kitasato de 250 ml.
- una celda conductimétrica.
- un puente de medida de conductividades.
- un termómetro.
- panel de filtro.

C. REACTIVOS:

cloruro potásico.

D. PROCEDIMIENTO:

1o. Se pesan 100 g de suelo en un vaso de 250 ml.

2o. Se añade agua hasta el punto de saturación, se deja reposar 15 min. y se añade agua hasta saturar nuevamente, en la forma indicada en la determinación del pH.

3o. Se filtra sobre un embudo Büchner.

4o. Se coloca el filtrado en la celda conductimétrica y se mide la conductividad, con el puente salino.

5o. Se mide la temperatura a la que se realiza la conductividad para efectuar la corrección necesaria.

Corrección de temperatura:

$$C_{25^{\circ}\text{C}} = C_t (1 - 0.02 (25 - t))$$

Cálculos:

Lectura X K(celda) = Resistividad (en ohm)

$$\text{Conductividad (en ohm)} = \frac{1}{\text{Resistividad (en ohm)}}$$

NOTAS:

1.- La constante K de la celda se determina por medida de la conductividad eléctrica de una solución de KCl 0.1 N, cuya conductividad específica es de 0.01288 miliohmios/cm a 25°C.

$$K = \frac{L}{C}$$

donde:

L es la conductividad específica de la solución de KCl 0.1 N (L = 0.01288 mohm/cm).

C es la conductividad medida de ésta solución.

2.- La conductividad eléctrica de estas soluciones suele expresarse en miliohmios (mohm X 10³).

3.- Experimentalmente se ha comprobado que multiplicando por 640 e. número de mohm se obtiene un valor que representa con bastante aproximación las partes por millón de sales en el extracto de saturación.

NIVELES CARACTERISTICOS DE LA SALINIDAD DE LOS SUELOS.

Salinidad del suelo,
en ppm (mg de sales/Kg
de suelo)

(Determinada por dese-
cación del extracto
de suelo, obtenidos
por saturación con a-
gua destilada).

Conductividad, a 25°C
del extracto de suelo
obtenido por satura-
ción con agua desti-
lada (milionmios)

Niveles extremos
encontrados con
alguna frecuencia
en los suelos.

De 100 a 3000

De 0.1 a 20

Nivel aceptable
para la mayoría
de los cultivos

De 100 a 1000

De 0.1 a 1

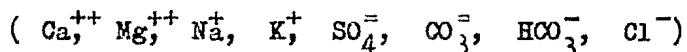
Nivel peligroso
para la mayoría
de los cultivos

>1500

>4

SALES SOLUBLES.

DETERMINACION DE CATIONES Y ANIONES SOLUBLES.



En el extracto de saturación con agua destilada para determinar Conductividad Eléctrica. El filtrado se guarda para posterior análisis de cationes y aniones solubles en el suelo. Si la Conductividad Eléctrica es mayor de 2 mmhos/cm, se hacen estas determinaciones. Lo cual nos indica que hay problemas de sales solubles en el suelo.

La determinación de cationes solubles se hacen las separaciones de cada catión con los mismos reactivos de cationes intercambiables.

Las técnicas ya se hizo mención anteriormente en cationes intercambiables; por lo que solo me resta mencionar las técnicas de los aniones solubles en el suelo.

DETERMINACION DE SULFATOS.

A. FUNDAMENTO:

La fuente de sales solubles consiste principalmente de varias porciones de cationes solubles y de este anión $SO_4^=$.

La solución que se desea valorar y contiene iones sulfato el volumen no debe exceder de 10 ml.

B. MATERIAL:

- bureta de 25 ml, soporte y pinzas de bureta.
- un gotero.
- un matraz de 10 ml y de 100 ml.
- un vaso de precipitados de 100 ml.

C. REACTIVOS:

- ácido clorhídrico.
- alcohol
- cloruro de amonio.
- cloruro de bario 0.2 N
- sulfato de potasio 0.2 N
- indicador (rodizonato de sodio)

D. PROCEDIMIENTO:

Se ponen en el matraz Erlenmeyer 10 ml del extracto, se acidula ligeramente con HCl, se agregan 5 ml de alcohol y 1 g de NH_4Cl , 10 gotas del indicador y un volumen conocido y en exceso de solución de BaCl_2 -- 0.2 N (cerrando el matraz con el tapón, se agita la mezcla con fuerza) así habrá precipitado todo el sulfato al estado de BaSO_4 , quedando un exceso de BaCl_2 el cual se titula con solución de K_2SO_4 . Durante la titulación la solución debe agitarse fuertemente hasta decoloración de la solución.

E. CALCULOS

Del volumen de solución 0.2 N de BaCl_2 se sustrae el volumen de solución 0.2 N de K_2SO_4 ; la resta corresponde a los mililitros equivalentes al ión $\text{SO}_4^{=}$ contenido en la solución analizada.

$$\% \text{SO}_4^{=} = \frac{(V_a - V_b) N \times \text{meq. SO}_4 \times 100}{P \frac{10}{100}}$$

$$1 \text{ ml de solución } 1 \text{ N de } \text{BaCl}_2 = 0.048 \text{ g } \text{SO}_4^{=}$$

NOTA:

La adición de 5 ml de alcohol favorece la percepción del final de la reacción.

En este método como en todos los métodos volumétricos por precipitación cerca del final de la reacción debe agitarse el líquido con fuerza, a fin de que el pp. no englobe cantidades apreciables de alguna de las sustancias reaccionantes.

DETERMINACION DE CLORUROS

A. FUNDAMENTO:

La fuente de sales solubles consiste no solo en cationes y sulfato también el ión Cl^- se encuentra en varias porciones formando sales solubles en el suelo.

B. MATERIAL:

un matraz Erlenmeyer de 100 ml.
una pipeta de 10 ml
una bureta de 25 ml, un soporte y pinzas de bureta.
un matraz volumétrico
un gotero.

C. REACTIVOS:

Cromato de potasio al 5 %.
Nitrato de plata 0.05 N

D. PROCEDIMIENTO:

Se toma una alícuota de 10 ml, de la solución extraída del suelo se diluye al doble en un matraz Erlenmeyer y se adiciona 5 a 10 gotas de la solución de K_2CrO_4 , hasta que la solución tenga un ligero tinte amarillo. De una bureta se deja escurrir la solución de $AgNO_3$ agitando continuamente la solución del cloruro, y procurando que ya cerca del final de la reacción, el cual se pueda apreciar por la duración más prolongada de la coloración, la solución de $AgNO_3$ se pone gota a gota, con lentitud, hasta que la coloración rojiza sea permanente. La titulación se repite 1 a 2 veces con la solución del matraz volumétrico.

E. CALCULOS:

El cálculo se hace teniendo en cuenta que:

$$1 \text{ ml de solución 1 N de } AgNO_3 = 0.03546 \text{ g Cl}$$

NOTAS: Si la valoración debe hacerse en una solución que contenga cloruros, basta con medir un volumen de ella con pipeta, volumen que será -- tanto mayor cuanto más diluida sea la solución, y titular como quedó -- descrito.

DETERMINACION DE CARBONATOS Y BICARBONATOS:

A. FUNDAMENTO:

La fuente de sales solubles son carbonatos y bicarbonatos que se encuentran en el suelo en menor proporción que los sulfatos y cloruros.

a) El fundamento de éste método está en la titulación de la mitad

del carbonato presente, con HCl valorado, usando fenoftalefina como indicador. Continuando la titulación, ahora con anaranjado de metilo como indicador, se valora el bicarbonato que existía inicialmente, más el bicarbonato de la reacción anterior y que corresponde a la mitad del carbonato de la mezcla. Esta valoración solo dará resultados aceptables — cuando se proceda como se dijo; al tratarse de la titulación de hidróxidos y carbonatos, según Warder, es decir, enfriando con hielo la solución, diluyéndola y evitando que se pierda gas carbónico, para lo — cual se deberá titular lentamente, procurando que el pico de la bureta quede adentro del líquido. El método por regla general, da resultados — altos para el carbonato y bajo para el bicarbonato.

B. MATERIAL:

un matraz Erlenmeyer de 100 ml
una bureta de 25 ml, un soporte y pinzas de bureta.
una pipeta de 10 ml.
dos goteros.

C. REACTIVOS:

HCl 0.05 N
fenoftalefina
anaranjado de metilo.

D. PROCEDIMIENTO:

Se toman 10 ml del filtrado, se añaden 2 ó 3 gotas del indicador — fenoftalefina; si hay presencia de $\text{CO}_3^{=}$ normal la coloración es rosa al — valorar con HCl 0.05 N añadiendo 1 ó 2 gotas hasta que desaparezca el — color. Si no hubiere color rosa se le anade 0.02 ml anaranjado de metilo y se continúa la valoración hasta observar el primer cambio, en el — color.

E. CALCULOS:

$2 V_1 \times \text{normalidad} \times \text{meq. del } \text{CO}_3^{=}$ = cantidad de carbonato
 $(V_2 - V_1) \times \text{normalidad} \times \text{meq. del } \text{HCO}_3^{-}$ = cantidad de bicarbonato

V_1 = vol del ácido empleado en la primera titulación corresponde a la mitad del carbonato.

V_2 = Vol del ácido de la segunda titulación más la mitad del carbonato

ANALISIS ESPECIALES

EXTRACCION DE FIERRO Y ALUMINIO POR EL METODO PYROFOSFATO DITIONITO.

REACTIVOS:

Pyrofosfato de sodio.- Disolver 89,2 g. de $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ en 800 a 900 ml de agua. Ajustar a 8.0 el pH de la solución y aforar a un litro.

$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ - Ditionito de sodio

Digestión ácida: 10 partes de ácido nítrico conc., 4 partes de ácido sulfúrico y 4 partes de ácido perclórico.

PROCEDIMIENTO:

Mezclar 30 ml. de pyrofosfato y 2 g de ditionito de sodio en un matraz, añadir esta solución a 4 g de suelo en un tubo centrifuga (la mezcla de $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ pH = 8 y $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ debe dar una solución con pH cercano al 7.3). Continuar la extracción durante 30 min. calentando a 50°C agitando la suspensión en el tubo c/5 min. Centrifugar la suspensión - por 10 a 15' a 2000 r.p.m. Diluir el extracto a 100 ml. (Solución A).

Inmediatamente transferir 5 ml de la solución A a un matraz añadir de 1 a 2 ml. de la digestión ácida y calentar en una parrilla (--- (plancha) hasta casi a sequedad para destruir la materia orgánica e hidrizar el pyrofosfato a ortofosfato, dejar enfriar, disolver las sales en ácido clorhídrico y diluir a 100 ml. (solución B).

Determinar Fe y Al en esta solución B.

Fierro Colorimétrico.

Reactivos:

HCl 6 N

KSCN 20 %

H_2O_2 30 %

Procedimiento:

Colocar una alícuota de 1 a 5 ml. en un matraz de 50 ml. añadir agua hasta unos 45 ml. una gota de H_2O_2 , 5 ml de HCl, 5 ml de KSCN, aforar con agua destilada y leer en 470 en el colorímetro.

hacer una serie tipo, de 1, 2, 3, 4, 5, 6 ppm de Fe según la intensidad del problema.

$$\text{Fe} = \frac{\text{mg/l Fe curva}}{\text{g. muestra}} \times \frac{\text{ml. Extracto}}{\text{ml. alícuota}} \times 0.005$$

$$\% \text{Fe}_2\text{O}_3 = \% \text{Fe} \times 1.43$$

ALUMINIO

Reactivos:

Acido Tioglicólico.- 1 ml del ácido en 100 ml de agua.

Aluminón.- Disolver por separado 0.75 g de aluminón, 15 g de goma acacia y 200 g de acetato de amonio en cristales.

A la solución de acetato de amonio añadir 189 ml de HCl concentrado, luego la goma acacia y finalmente el aluminón. Mezclar, filtrar y diluir a 1,500 con agua, para disolver la goma acacia, añadir lentamente agua hirviendo mientras se agita constantemente.

Al Standard.- pesar 0.100 de Aluminio metálico, disolver en HCl aforar a un litro, hacer una serie de tipos de 1, 2, 5, 10 ppm según la concentración del problema.

Procedimiento:

Si las muestras contienen menos de 5 meq. por 100 g. de Aluminio, pipetear una alícuota de 1 ml, en un matraz de 50 ml, si contienen más hacer antes una dilución, agregar 2 ml de ácido tioglicólico, agitar, añadir 10 ml de aluminón. el pH debe ser de 3.7 a 4.0 que se ajusta — con NH_4OAc , y aforar con agua. Colocar los matraces a baño maria durante 4 min.

Enfriar a temperatura del laboratorio y leer a 535 m. .

$$\% \text{Al (meq/100 g)} = \frac{\text{mg. Al curva}}{\text{g. muestra}} \times \frac{\text{ml. Extracto}}{\text{ml. alícuota}} \times \frac{9}{5}$$

DETERMINACION DE YESO

Reactivos:

HCl 0.025 N

BaCl₂ al 10 %

Procedimiento:

Se pesan de 1 a 5 g. de suelo que se colocan en un matraz Erlenmeyer de 125 ml, añadir 50 ml de HCl 0.025 N, agitándose vigorosamente de jar reposar toda la noche, al día siguiente se filtra, guardándose el filtrado para la determinación de sulfato, se vuelve a lavar el suelo con porciones de 25 ml de HCl 0.025 N hasta que no dé reacción de SO₄²⁻ con el BaCl₂.

Los filtrados se colocan en un vaso de precipitados de 500 ml se calienta concentrándose a unos 150 ml. El exceso de ácido se neutraliza con NH₄OH al 10 %.

El filtrado se acidifica con HCl al 10 % se calienta a ebullición precipitándose los sulfatos con la solución caliente de BaCl₂ al 10 % se enfría dejándose en reposo durante 2 horas, se filtra usándose papel filtro de cenizas conocidas. El precipitado se lava con agua caliente acidificada con 2 a 3 gotas de HCl al 10 % hasta que quede libre de Bario (testificar con H₂SO₄).

El precipitado es secado y calcinado en un crisol a una temperatura que no exceda de 600°C, se enfría y se pesa restándole las cenizas de papel filtro.

CALCULOS:

$$\% \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = \frac{\text{Peso BaSO}_4 \times 0.737 \times 100}{\text{Peso de la muestra}}$$

DETERMINACION DE CARBONATOS.

Determinación del contenido de carbonatos en los suelos mediante el calcómetro Bernardi.

A. FUNDAMENTO:

Se ataca el suelo con HCl y se mide el volumen de CO₂ desprendido

mediante una bureta conectada al matraz de reacción.

B. MATERIAL:

un matraz Erlenmeyer de 250 ml.
un calcímetro Bernard con soporte.

C. REACTIVOS:

HCl concentrado

CaCO₃ reactivo

Acido clorhídrico (1 + 1): En un vaso de 200 ml se vierten 100 ml de agua destilada, se añaden 100 ml de HCl conc. y se agita con una varilla de vidrio para conseguir una solución homogénea.

D. PROCEDIMIENTO:

Se transfieren de 0.5 a 5 g de tierra (según su contenido en carbonatos) a un matraz Erlenmeyer de 250 ml; se introduce en el mismo un tubo pequeño que contiene 10 ml de HCl al 50 % teniendo cuidado de que no se vierta el líquido; se tapa el Erlenmeyer, se vierte el ácido sobre la tierra, y se recoge el CO₂ desprendido en un dispositivo medidor de volúmenes (Calcímetro Bernard).

A continuación se repite la misma operación con una cantidad exactamente pesada de carbonato cálcico. De la relación de volúmenes de gases desprendidos, se deduce el % de carbonatos de la tierra analizada.

E. CALCULOS:

$$\frac{Px}{P_2} = \frac{V_1}{V_2}$$

$$Px = \frac{V_1}{V_2} P_2$$

$$\% \text{ de CaCO}_3 = \frac{V_1 P_2}{V_2 P_1} \cdot 100$$

siendo:

Px = peso del carbonato cálcico contenido en la muestra de suelo.

P₂ = peso del carbonato cálcico patrón

V₁ = volumen del anhídrido carbónico desprendido por la muestra de suelo.

V₂ = volumen de anhídrido carbónico desprendido por el carbonato cálcico.

P₁ = peso de muestra analizada.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

El aguacate es un árbol que procede de las regiones cálidas de México y América Central, y, por tanto, es normal que sea sensible al frío. Esta sensibilidad varía según la raza y variedad consideradas e igualmente depende del vigor de los árboles, de su edad y sobre todo de la época en que se presentan los fríos.

Se pueden considerar que las variedades pertenecientes a la raza mexicana resisten mejor el frío que los cítricos.

Las heladas pueden provocar daños muy graves en los árboles (ramas, ramillas, inflorescencias), dependiendo ello del momento en que se presentan las mismas, pues lógicamente son mucho menores si tienen lugar durante el período de reposo del árbol que si éste está en plena actividad vegetativa. Por ello, solo debemos dar cierto valor orientativo.

Durante el período de floración, están por debajo de los 13.3°C cuando las temperaturas nocturnas son inferiores a dicha temperatura, durante la totalidad del citado período, no se producirá fruto alguno y si dichas temperaturas están sobre los 13.3°C , al menos durante el período de floración, se obtendrá suficiente fruta. Cuando alternan días frescos y cálidos pueden formarse frutos largos, estrechos, no polinizados y sin semilla.

Si se presentan inesperadamente días calurosos durante el período de floración, o después que el fruto ha sido polinado el calor puede secar o debilitar los frutos, provocando su caída. Altas temperaturas tardías (40 a 45°C en septiembre), pueden ocasionar desprendimiento de frutos a medio formar. Por consiguiente la temperatura ambiente es causa, frecuentemente, de producciones irregulares y poco satisfactorias, pero no es la única causa.

Por otra parte, los vientos dañan considerablemente al árbol, siendo necesario escoger zonas abrigadas para su cultivo; en su defecto, deben instalarse defensas cortavientos, ya sean naturales o de otro tipo, para protegerlo.

Se concluye que el aguacatero es un árbol que no tolera bajas tem-

peraturas, sino que necesita una óptima de 25 a 26°C, por lo que, con excepción de las variedades mexicanas que pueden resistir, sin daños - apreciables, temperaturas mínimas de 7 a 8°C, generalmente, las de 2 a 6°C pueden comprometer el cultivo, con daños muchas veces irreparables.

A la distinta adaptabilidad del aguacate a la temperatura corresponde una uniforme exigencia práctica de humedad atmosférica en el sentido de que los climas secos o las bajas humedades relativas ambientales perjudican, y muchas veces impiden, la vegetación y la fructificación, las cuales necesitan de un alto índice de humedad relativa del - aire, cuyos valores se deben mantener dentro del 65 al 75 % y que difícilmente pueden ser sustituidos por el riego.

La concomitante participación de estos dos factores climáticos, - temperatura y humedad , según la intensidad y la continuidad con las - que se manifiestan, tiene un papel de importancia fundamental no solo en lo referente a la duración del ciclo de producción y de maduración del fruto, que resulta más corto con temperatura y humedad elevadas - (variedades precoces), sino también en las dimensiones y contenido de aceite de los frutos, que resultan más grandes y más pobres de aceite con altas temperaturas y altas humedades relativas y más pequeños y - más ricos de sustancias, grasas vegetales, con bajas temperaturas y - humedades relativas.

También la frecuencia y la intensidad de los vientos desempeñan - un papel importante en el cultivo del aguacate, cuyas flores resultan diezmadas por los vientos fríos igual que los frutos que resultan dañados y muchas veces desprendidos por los vientos cálidos, especialmente en su estado juvenil. A veces los vientos impetuosos provocan el que - rantamiento de los árboles o ramas dañando al fruto.

TERRENO.

El aguacatero vegeta bien en los suelos de mediana textura, con - tendencia al suelto, mullido y profundo, bien drenado, sin posibilidad de estancamiento de agua, considerando que su aparato radical, siendo - susceptible a la podredumbre de las raíces, provocada por un hongo -

PHITOPHTORA CINNAMOMI, HANDS. Un exceso de agua puede provocar la asfixia de las raices o favorecer el desarrollo del hongo patógeno particularmente el arriba mencionado, el que ocasiona la muerte del árbol.

Por lo tanto se evitarán los terrenos con fuerte porcentaje de arcilla donde el agua se retiene por mucho tiempo; también se descartaran los terrenos con subsuelo impermeable y los que tienen una capa freática a una profundidad inferior a un metro.

Requiere el aguacatero de una textura de media a gruesa y con una permeabilidad donde el nivel freático no sea elevado.

Por ello antes de realizar una plantación, es conveniente asegurarse de que las parcelas posean un drenaje perfecto.

Los suelos más convenientes para el cultivo son los de textura media a ligeramente gruesa y profundos, no es aconsejable plantar en los terrenos con subsuelo rocoso o arcilloso, a menos que se proporcione un drenaje adecuado.

Por otra parte los suelos muy arenosos tampoco son demasiado recomendables ya que los arboles no adquieren un buen desarrollo siendo las producciones poco satisfactorias, a menos que se siga un programa de riego y abonado adecuado.

La altura a la que se recomienda debe ser desde los 800 a 2,000 m sobre el nivel del mar siempre y cuando cubran los siguientes requisitos: Ausencia de heladas, con un poco de declive y con drenaje eficiente.

Por lo que concierne a la naturaleza química, considerando que el aguacatero parece tener poca exigencia en Nitrogeno, Fósforo y Potasio y que es una planta eminentemente calcícola, un suelo de relativa fertilidad, a condición de que se ha abastecido de cal en cantidad suficiente para asegurar un pH de 7 a 7.5 se adaptará muy bien el cultivo.

Por lo que se refiere al pH de los suelos es de vital importancia para la agricultura ya que afecta la solubilidad de muchos de los nutrientes esenciales para la planta. Afecta también las propiedades de Intercambio de Cationes y aniones del suelo, y además a las sustancias que se son tóxicas a la planta como es el aluminio, sodio y otros elementos que escapan a mi memoria.

Por lo que respecta a la Capacidad de Intercambio Cationico.- es una característica de los coloides y tiene una importancia tal desde el punto de vista agrícola que solo se le compara con la fotosíntesis, ya que a ella se debe que los suelos puedan retener los cationes que alimentan a las plantas, impidiendo su pérdida por lixiviación.

Esto quiere decir que en relación al suelo, el aguacatero es poco exigente desde el punto de vista químico, pero mucho en lo físico y estructural.

Además el terreno, en lo que se refiere a su posición, deberá estar bien cubierto y protegido contra la acción de los vientos fuertes, por medio de defensas artificiales, tales como realces de caminos y de ferrocarriles, o naturales como setos vivos y muertos, y árboles rompevientos, porque las plantas deberán estar protegidas, especialmente en su primer período de crecimiento, contra la acción dañina de los vientos.

Una primera labor se recomienda efectuar la plantación en agujero del tamaño de la bolsa del almácigo en donde se encuentra el aguacatero, que es más o menos de 60 a 80 cm, no ponerle tanto abono de animales ni fertilizantes porque acidifican el terreno.

Es indispensable hacer el análisis del pH que es lo más importante ya que de ahí partiremos a otros análisis como la Conductividad eléctrica que debe ser menor de 2 mmhos/cm que es lo que afecta a una planta la solubilidad de las sales, principalmente el sodio soluble que nos da un suelo salino sódico, el cual es perjudicial a la planta y otros elementos tóxicos los cuales son solubles o no de acuerdo al pH presente que se encuentre el terreno.

Además hacer un análisis de C.I.C.T. para saber si tiene los elementos necesarios para su nutrición. También si es posible un análisis de N.T. aunque no lo necesita mucho la planta es absorbido en diferentes formas durante todo el tiempo de vida del árbol. Posteriormente hacer un análisis de N, O, P y por último si es posible y necesario análisis de los elementos menores.

V. BIBLIOGRAFIA

1. Alvarez, de la P. F. J.
El aguacate
3a. Edición
Ministerio de Agricultura
Madrid 1981
2. Buckman, H. O. y Brady, N. C.
Naturaleza y Propiedades de los Suelos
Montaner y Simón, S. A.
Barcelona
3. Carvalho, C. F.
Aguacate Variedades para las zonas altas de México (folleto 4,751)
Departamento de Extensión Agrícola
Chapingo México 1964.
4. Coutenceau, M.
Fruticultura
2a. Edición
Oikos - tau, S. A. ediciones
Barcelona 1971
5. Duchaufour, F.
Manual de Edafología
Editorial Toray - Masson S. A.
Barcelona España 1977
6. Versini, A.
El cultivo del aguacate
Editorial Diana 1975
7. Sir Hall, A. D. y Robinson, G. W.
Estudio Científico del Suelo
M. Aguilar editor Madrid 1948
8. Ibar, L.
Cultivo del aguacate - Chirimoyo - mango - papaya
Editorial Aedos Barcelona
España 1979.

9. Jackson, M. L.
Análisis Químico de Suelos
Ediciones Omega S. A.
Barcelona 1964
10. Kramer, P. J.
Relaciones Hídricas de Suelos y Plantas
Edutex S. A.
México 12 D. F.
11. L. A. R. Editor
Suelos Salinos y Sódicos
Departamento de Agricultura de los EE.UU. de América
12. Millar, G. E. y Turk, L. M.
Edafología (Fundamentos de la Ciencia del Suelo)
3a. Edición
Cia. Editorial Continental S. A. 1975
13. Nuñez, E. R.
Edafología General
Universidad Autónoma de Chapingo
Chapingo México 1964
14. Orozco, D. F.
Análisis Químico Cuantitativo
10a. Edición
Editorial Porrúa S. A.
México 1978
15. Ortega, T. E.
Química de Suelos
Universidad Autónoma de Chapingo
Depto de Suelos Chapingo 1978
16. Ortiz, V. B. y Ortiz, S. A.
Edafología
3a. Edición
Ediciones Patena A. C.
U.A.CH.
Chapingo Méx. 1980

17. Primo, Y. E. y Carrasco, D. J. M.
Química Agrícola
Editorial Alhambra S. A. (1980)
Madrid. Barcelona. Bilbao.
18. Sánchez C. L. de J.
Estudio de los factores Edafológicos que intervienen en la
fertilidad y el Estado nutricional del árbol del aguacate.
Tesis :
México D. F. 1983
19. Tamaro, D.
Tratado de Fruticultura
4a. Edición
Editorial Gustavo Gili, S. A.
Barcelona España 1974
20. Thompson, L. M.
El Suelo y su Fertilidad
3a. Edición
Editorial Reverté S. A.
Barcelona. Bogotá. Buenos Aires. México 1974.