

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

26
2004

FACULTAD DE QUÍMICA



EXAMENES PROFESIONALES
FAC. DE QUÍMICA

Estudio de Suelos para Cultivo de Chiles
en la República Mexicana

Trabajo Monográfico

Que para obtener el Título de Químico

Presenta

SERGIO SANCHEZ MARTINEZ

México D. F.

1985



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 está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

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

I N D I C E

| | |
|---|----|
| INTRODUCCION | 1 |
| GENERALIDADES DE SUELOS | 4 |
| - Definición | 5 |
| - Formación | 5 |
| - Composición | 6 |
| PROPIEDADES FISICAS | 12 |
| - Textura | 12 |
| - Estructura | 15 |
| - Densidad o Peso Específico | 16 |
| - Tenacidad | 16 |
| - Permeabilidad | 17 |
| - Capilaridad | 17 |
| - Absorción de Agua | 17 |
| - Absorción de Gases | 17 |
| - Poder Retentivo de Calor | 17 |
| PROPIEDADES COLOIDALES | 19 |
| - Origen de la Carga de las Partículas Coloidales | 19 |
| - Capa Difusa de Cargas | 21 |
| - Solvatación | 22 |
| - Floculación de Arcillas | 23 |
| - Desfloculación de Arcillas | 24 |
| PROPIEDADES QUIMICAS | 25 |
| - Intercambio de Cationes | 25 |

| | | |
|---|--|----|
| - | pH | 27 |
| | ASPECTOS IMPORTANTES DEL SUELO | 34 |
| - | Perfil y Horizonte | 34 |
| - | Color | 35 |
| - | Influencia del Clima | 38 |
| - | Conservación | 40 |
| | TIPOS DE SUELOS EN MEXICO Y SU DISTRIBUCION GEOGRAFICA | 43 |
| - | Clasificación Natural FAO/UNESCO | 43 |
| | EL SUELO COMO MEDIO ALIMENTICIO DE PLANTAS | 52 |
| - | Elementos Esenciales Mayores o Macronutrientes | 52 |
| - | Elementos Esenciales Menores o Micronutrientes | 53 |
| - | Elementos Utiles pero no Esenciales | 53 |
| - | Elementos Perjudiciales | 53 |
| - | Características de los Elementos Nutricionales de las | |
| - | Plantas | 54 |
| - | Funciones de los Elementos en la Nutrición de las Plantas . | 54 |
| | GENERALIDADES DE CHILE | 61 |
| - | Taxonomía | 62 |
| - | Historia del Género Capsicum | 62 |
| - | Diferentes Especies y Variedades | 64 |
| | COMPOSICION QUIMICA | 67 |
| - | Capsaicina | 67 |
| - | Capsantina | 68 |
| - | Tocoferoles | 69 |

| | |
|---|-----|
| COMPOSICION BROMATOLOGICA | 71 |
| EL CULTIVO DEL CHILE EN MEXICO | 73 |
| - Chile Jalapeño | 78 |
| - Chile Ancho | 84 |
| - Chile Pasilla | 88 |
| - Chile Serrano | 89 |
| PLANIFICACION DEL CULTIVO | 93 |
| - Epoca de Cultivo | 93 |
| - Selección de la Semilla | 94 |
| - Almacigos | 95 |
| - Siembra | 95 |
| - Clima | 95 |
| - Suelo | 97 |
| - Labores de Preparación de Suelo para Trasplantes | 100 |
| - Trasplantes y Cultivo | 101 |
| - Fertilización | 102 |
| - Cosecha | 105 |
| - Control de Plagas y Enfermedades | 105 |
| - Rotación de Cultivos | 107 |
| DETERMINACION ANALITICA DE SUELOS | 109 |
| - Toma de Muestras | 111 |
| - Preparación de Muestras para Efectuar el Análisis | 113 |
| - Color | 114 |
| - Porcentaje de Humedad | 115 |
| - pH | 117 |
| - Conductividad Eléctrica | 118 |

| | | |
|---|--|-----|
| - | Textura | 120 |
| - | Materia Orgánica | 126 |
| - | Nitrógeno | 129 |
| - | Fósforo | 135 |
| - | Capacidad de Intercambio Catiónico Total | 139 |
| - | Calcio y Magnesio | 141 |
| - | Sodio y Potasio | 144 |
| | CONCLUSIONES | 148 |
| | BIBLIOGRAFIA | 154 |

INTRODUCCION

El objetivo del presente trabajo monográfico es el de establecer la importancia que representa al dar a conocer los diferentes métodos analíticos para el estudio de suelos en el cultivo de chile en México, a fin de dar soluciones al problema agrícola que existe actualmente en nuestro país.

El cultivo de la planta de chile es de gran importancia a nivel nacional, ya que su fruto es uno de los productos hortícolas de mayor consumo en México, y éste, junto con el maíz y el frijol, han formado parte esencial de la dieta de los mexicanos desde hace muchos siglos.

Es por esta razón que el chile ha sido producto de una gran industrialización masiva, ya que se consume en formas muy diversas: como fruto verde, seco, en polvo, en conserva, como condimento, en forma de salsa, etc. y ha constituido un gran producto de comercialización para empresas nacionales y extranjeras.

En el desarrollo del trabajo se pretende determinar los requerimientos específicos, en cuanto a suelos se refiere, para el cultivo de la planta del chile a través de análisis químicos y físicos, tomando como base los elementos nutritivos, condiciones climatológicas, épocas de cultivo, determinación cualitativa y cuantitativa, tecnología, etc., así como localizar áreas idóneas en la República Mexicana que ofrezcan el mayor potencial para producir esta clase de productos o que sean susceptibles de mejorarse y analizar los mercados potenciales del producto tanto interno como externo en sus diferentes presentaciones.

Mediante estudios como éste se desea contribuir a sistematizar el tratado de suelos a través de métodos analíticos específicos para la especialización de un sólo cultivo, ya que actualmente las investigaciones acerca de las propiedades y características del suelo para el cultivo del Chile son escasas.

Asimismo, se pretende llegar a los técnicos especializados, básicamente al profesionalista dedicado al análisis de suelos, a fin de propiciar un cambio tecnológico y apoyar el proceso de organización campesina y marcar lineamientos para lograr una mejor producción agrícola de este tipo de cultivos ya que esto constituye un eslabón importante en la cadena productiva que requiere el país para atenuar los problemas de producción y para generar, paralelamente, nuevas fuentes de empleo y de ingreso en el medio rural.

DEFINICION

El suelo es la capa superior de la corteza terrestre, producida por disgregación de rocas y por descomposición de restos orgánicos, que es apropiada física y químicamente para ser lugar de existencia de vegetales y plantas y que se encuentra en estado de transformación continua por diversas influencias climatológicas y biológicas.

FORMACION DE SUELOS

Los suelos se originan por disgregación química, física y biológica de minerales y rocas, cuando éstos se alteran por agentes atmosféricos produciéndose procesos complejos.

DISGREGACION QUIMICA

Es la más importante para la formación del suelo debido a la fuerte acción hidrolítica del agua sobre los minerales, especialmente en los silicatos. Debido a que los silicatos son sales de base fuerte con ácido débil, se facilita en gran medida la hidrólisis. Generalmente los productos resultantes de la hidrólisis permanecen en muchas ocasiones en solución coloidal y debido que poseen cargas eléctricas opuestas tienden a precipitarse. Por este motivo el agua es el agente químico más eficaz en la disgregación de las rocas.

DISGREGACION FISICA

Es producida por el agua, el viento y los cambios bruscos de temperatura. Cuando hay una variación notoria en la temperatura se forman en la roca tensiones que la aflojan y la agrietan debilitándola y sumándose la acción erosiva del agua y el viento terminan por desmoronarla.

DISGREGACION BIOLOGICA

Las plantas superiores al segregar CO_2 y extraer bases junto con la materia orgánica, forman los ácidos del humus y otros ácidos que son agentes de disgregación para la formación del suelo. También participan en este proceso las bacterias nitrificantes, las cuales tienen la capacidad de convertir el amoníaco en ácido nítrico, ácido que por su elevada concentración de iones hidrógeno tiene gran poder disolvente en los minerales.

COMPOSICION DEL SUELO

El suelo está constituido por rocas y minerales desintegrados y descompuestos, mezclados con materia orgánica, aire y agua.

Minerales: Son sólidos homogéneos, formados inorgánicamente de definida composición química y disposición atómica ordenada. Los que mayor predominan para la constitución del suelo son los silicatos, debido a que se encuentran en mayor proporción en la corteza terrestre (ver tabla No. 1) y estos minerales rara vez se presentan solos, sino que están formando unión con las rocas.

Tabla Núm. 1

COMPOSICION MINERALOGICA DE LA CORTEZA TERRESTRE

| | |
|---------------------------|-----|
| Cuarzo | 12% |
| Feldespatos | 59% |
| Hornblenda y augita | 17% |
| Mica | 4% |
| Todos los demás minerales | 8% |

Rocas: Son la combinación de dos o más minerales y se clasifican de acuerdo a su modo de formación y origen. Los tres tipos principales de roca son la ígnea, la sedimentaria y la metamórfica.

Las rocas ígneas son aquellas que se forman por solidificación de material fundido ya sea en la superficie de la tierra o debajo de ésta.

Las rocas sedimentarias son las que son transportadas por el agua, el viento o el hielo. Esto es, que al erosionar el agua materiales constituidos por partículas de diversos tamaños, transportará las partículas más pequeñas a mayor distancia que aquellas otras más grandes, y por lo tanto las irá depositando en diferentes lugares. Posteriormente, las partículas grandes pueden cementarse entre sí y formar la arenisca. En cambio, las partículas más pequeñas se adherirán entre sí siempre y cuando haya suficiente presión sobre ellas para ser enterradas bajo otros sedimentos. La roca sedimentaria resultante se conoce por pizarra, y su dureza varía según la presión y cementación a que haya estado sometida.

Las rocas metamórficas son aquellas que cambian temperatura internas y presión pero no llegan a ser refundidas.

Materia Orgánica en Suelos: La materia orgánica del suelo está constituida por residuos de plantas y animales, células microbianas vivas y muertas en diferentes estados de descomposición. Dicha materia no presente una composición química uniforme ya que constantemente sufre cambios, además la materia orgánica es la que mayor influencia ejerce en las propiedades físicas y químicas del suelo.

Debido a lo anterior, la materia orgánica en el suelo es de suma importancia, ya que en ella reside toda la acción microbiana, la cual deriva

hacia el índice de fertilidad del suelo, el cual está en función de la cantidad presente de materia orgánica. Esto es debido a que la materia orgánica posee diversos elementos nutrientes que son parte de ella, tales como el nitrógeno, fósforo, potasio, boro y algunos elementos más que son de gran importancia para la nutrición vegetal.

La materia orgánica del suelo muestra diversos estados de descomposición en donde generalmente se distinguen dos grupos que son:

- a) Tejido orgánico original y productos de descomposición parcial.
- b) Un complejo protéico más lignificado, llamado humus.

Con base en lo anterior, se tiene que la materia orgánica juega un papel muy importante en la conservación de la fertilidad de los suelos, pudiendo considerarse que promueve entre otras las siguientes características:

- 1.- Mejora la estructura y las condiciones de labranza en general.
- 2.- Proporciona alimento para los microorganismos del suelo.
- 3.- Conserva los nutrientes en forma aprovechable de tal manera que las plantas puedan utilizarlos posteriormente.
- 4.- Sirve de almacén de nitrógeno, fósforo, potasio y demás nutrientes esenciales para la vida vegetal.
- 5.- Actúa como cubierta protectora y aumenta la absorción del agua, reduciendo las pérdidas por humedad y baja la temperatura en el suelo.

Humus: Se le designa a la fracción más activa de la materia orgánica del suelo, debido a que el humus es un producto orgánico proveniente de la transformación y descomposición de la misma materia orgánica. Este es un producto de compleja composición química, ya que se encuentra altamente

polimerizado y en forma coloidal, propiedad por la cual tiene gran capacidad para el intercambio de cationes en el suelo.

El humus una vez que se ha incorporado al suelo, se descompone por acción microbiana lentamente, proceso que se designa como "mineralización", el cual consiste en que el humus al mineralizarse pone en libertad poco a poco los elementos nutritivos esenciales para el desarrollo de las plantas, además de actuar como retenedor de iones, de agua y también de gases, razón por la cual el humus suele citarse como elemento vital para el suelo vegetal.

El humus posee una apariencia de masa heterogénea de color oscuro.

Aire en Suelos: La composición de aire en los suelos difiere solo en una poca proporción con respecto a la mezcla de gases que se encuentra a nivel atmosférico. Esto es, que hay mayor proporción de bióxido de carbono y ácido carbónico en la mezcla de gases presentes en el suelo debido a que el suelo fértil posee cantidades considerables de sustancias húmicas de fácil descomposición en las cuales los microorganismos segregan una mayor concentración de bióxido de carbono. A este proceso se le conoce por respiración del suelo. La importancia de esta propiedad estriba en ser el medio más eficaz del que se vale el suelo para hacer llegar hasta las raíces de las plantas las sustancias gaseosas. Estas sustancias actúan de modo muy directo hacia un mejor desarrollo de la planta o vegetal, debido a una mayor absorción de sustancias nútricas gaseosas.

La circulación del aire en el suelo es también un factor esencial e indispensable en la fertilidad y se encuentra relacionado totalmente con las propiedades físicas más importantes del suelo que son: el espacio poroso, la textura y la estructura del suelo.

Agua en Suelos: La importancia del agua en suelos es considerable ya que ésta representa un factor importante en la génesis del suelo, a la vez de ser agente de hidrólisis y un medio eficaz de dispersión. Es en este sentido que el agua en primer término condiciona los fenómenos de descomposición y migración de compuestos químicos.

El agua representa uno de los constituyentes más variables del suelo, ya que en diferentes tipos de suelos poseen distintas capacidades de retención de agua.

Además, determinado suelo puede contener muy diversas cantidades de agua según la ocasión. Si hay demasiada agua en un suelo y no se drena con facilidad, las raíces de las plantas pueden morir debido a que al llenarse de agua el volumen de poros el aire es expulsado del suelo. En caso contrario, o sea cuando hay muy poca agua en el suelo, el crecimiento de las plantas se retarda hasta cesar, culminando finalmente con el marchitamiento de las mismas.

El movimiento del agua en el suelo es de suma importancia ya que de ella depende la mejor distribución de agua para las raíces de vegetales y plantas. El movimiento se debe a la influencia de la gravedad, la acción capilar y los cambios de temperatura.

La influencia de la gravedad solo es efectiva cuando existe una gran cantidad de agua contenida en el suelo.

En el caso del movimiento capilar, se presenta como respuesta a un gradiente de tensión. Esta tensión es producto de la atracción que experimentan las moléculas del agua hacia la superficie de las partículas del suelo (adhesión) y hacia sí mismas (cohesión).

El agua puede moverse en el suelo también en forma de vapor, como respuesta a un gradiente de temperatura, y sucede cuando el suelo presenta corredores continuos llenos de aire, el agua se evapora en la región más caliente, pasa a través de los poros y se condensa en la región más fría.

A este proceso se le conoce como transporte de vapor, el cual es un medio lento de movimiento de agua, pero ocurre en suelos demasiado secos en los que no tienen lugar movimientos capilares. Este movimiento también es posible ya que el agua posee una gran capacidad calorífica en comparación de los demás componentes del suelo, ya que el contenido de agua ejerce gran influencia en sus condiciones térmicas.

De la misma manera que la circulación de aire en los suelos, la proporción de agua es parámetro para medir el índice de fertilidad y depende igualmente del espacio poroso, la textura y la estructura del suelo.

PROPIEDADES FISICAS DEL SUELO

Las propiedades agrícolas de los suelos se deben en gran parte a sus características físicas, las cuales están íntimamente relacionadas con su composición mineralógica. Estas propiedades influyen de manera decisiva en el desarrollo de las plantas en donde resaltan las siguientes, que son las más importantes:

- a) Textura
- b) Estructura
- c) Densidad o Peso Específico
- d) Tenacidad
- e) Permeabilidad
- f) Capilaridad
- g) Absorción de gases
- h) Absorción de agua
- i) Poder retentivo de calor

TEXTURA.- Esta se refiere a la cantidad de partículas de diferentes tamaños que se encuentran en el suelo. El tamaño relativo de partículas en el suelo se expresa mediante el término textura. La textura gobierna muchas reacciones físicas y químicas, debido a que determina el tamaño de la superficie sobre la cual ocurren las reacciones.

En los suelos existen partículas de diferente tamaño, cualquiera que sea su composición. Las partículas cuyo tamaño sobrepasa los 2 mm reciben el nombre de grava y éstas no son consideradas para el análisis de suelos.

Las otras partículas se dividen en tres clases:

- i. Las partículas cuyo diámetro medio está comprendido entre 2 mm y 0.02mm a las cuales se les conoce como ARENA.
- ii. A las partículas comprendidas entre 0.02 mm y 0.002 mm se les conoce como LIMO.
- iii. A las partículas cuyo diámetro es igual o inferior a 0.002 mm se les llama ARCILLA.

Tabla Núm. 2

CLASIFICACION DE TEXTURA DE LOS SUELOS POR EL TAMAÑO DE LAS PARTICULAS

| <u>Fracciones</u> | <u>Diámetros límites (mm)</u> |
|-------------------|--------------------------------|
| GRAVA | Mayor a 2 |
| ARENA | De 2 a 0.02 |
| LIMO | De 0.02 a 0.002 |
| ARCILLA | Menor o igual a 0.002 |

El tamaño de las partículas es un parámetro definido necesariamente según el criterio arbitrario, por esto, junto a los resultados de las determinaciones debe indicarse el método en el cual se basaron.

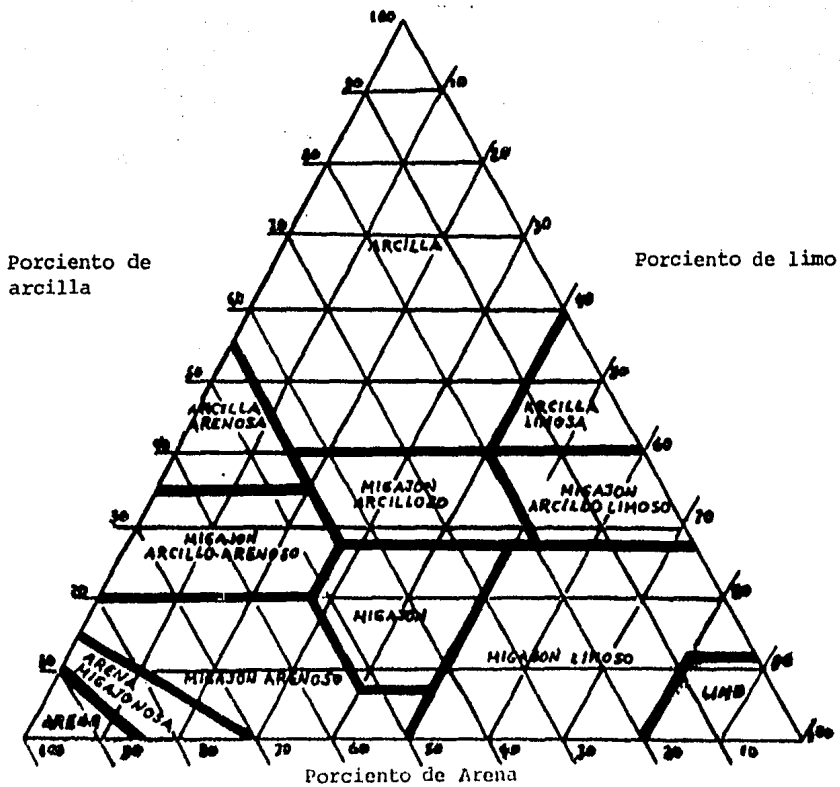
Según las fracciones que predominan en el suelo, se dice que es arenoso, arcilloso o limoso, y así se designa su textura. Debido a que en los suelos pueden darse todas las combinaciones posibles, respecto a las proporciones de estas tres fracciones, éstas pueden tener otros muchos tipos de textura como por ejemplo: areno-limosa, areno-arcillosa, limo-arenosa, limo-arcillosa, arcillo-limosa, arcillo-arenosa, etc. Cuando presentan

una proporción equilibrada de las tres fracciones (arena, limo y arcilla) reciben el nombre de suelos francos, margosos o margas.

Para normalizar estas denominaciones, es necesario algún convenio. Generalmente se utiliza el propuesto por la "International Society of Soil Science" denominado TRIANGULO DE TEXTURAS.

Figura Núm. 1

TRIANGULO DE TEXTURAS DEL SUELO



La colocación del triángulo representa en su base la arena, el lado izquierdo la arcilla y el lado derecho el limo. Cada punto de este triángulo corresponde a una determinada textura, la cual viene caracterizada por cierto porcentaje de arena, limo y arcilla.

Para encontrar el porcentaje de cada componente, correspondiente a un punto determinado del triángulo, debe trazarse, desde ese punto, una paralela al lado anterior del que representa al componente buscado, considerando que se gira en el sentido de las manecillas del reloj alrededor del triángulo. Esta paralela cortará el eje del componente, cuyo porcentaje buscado será encontrado.

La determinación de la cantidad de las diferentes partículas en el suelo y la proporción en que se encuentran se denomina ANALISIS MECANICO.

Estructura.- En la fertilidad del suelo es de suma importancia la llamada estructura , la cual se designa de acuerdo a la forma en que están dispuestas las partículas y como se encuentran aglomeradas entre sí; ya que en condiciones normales los suelos no están dispersos.

Es importante analizar la distribución de partículas y agregados, el tamaño y distribución de espacios existentes entre los agregados y el interior de éstos llamado espacio poroso del suelo, los cuales están contenidos por aire (gases) y agua y se mueven a través de los espacios porosos, tal que la provisión de agua y oxígeno para las raíces de las plantas está relacionado con la cantidad y el tamaño de los poros del mismo.

Un grado notable de heterogeneidad es muy conveniente en el suelo productivo, es decir, en él deben existir espacios bastante grandes para que el aire y agua circulen rápidamente, y sin embargo son también necesarios

microespacios en número suficiente para que puedan retener el agua en contra de la acción del desague.

Los agregados del suelo presentan, de acuerdo a su composición, las siguientes formas:

1. Tubulares
2. Prismáticos
3. Bloques
4. Granulares

Estos términos son de gran utilidad en la descripción de los suelos. Sin embargo, sería de mayor relevancia un análisis de agregados del porcentaje de los distintos tamaños.

La estructura del suelo también contribuye de manera muy importante en las reacciones que se presentan en él, y se considera, junto con la textura, las propiedades físicas más importantes.

Densidad o Peso Específico.- El peso específico de un suelo, como de cualquier otro cuerpo, resulta de la comparación en volúmenes con el del agua. En virtud de esta propiedad, la densidad del suelo puede dar a conocer hasta cierto punto, su naturaleza y composición.

Tenacidad.- Esta propiedad se funda en la mayor o menor adherencia molecular que une a los diferentes elementos componentes del suelo. Es importante hacer resaltar que la tenacidad está en razón directa de la cantidad de arcilla que contiene.

Permeabilidad.- Consiste en la facilidad con que los suelos dejan pasar el agua a través de sus espacios porosos. De esta propiedad se ha podido generalizar que la arena es la más permeable, mientras que la arcilla es la más impermeable.

Capilaridad.- La importancia que presenta esta propiedad en los cultivos, es la de contribuir y distribuir los líquidos con uniformidad en la masa de los suelos, haciendo por otra parte que vuelvan hacia la superficie las materias solubles y fijas que el agua arrastra por la infiltración.

Absorción de Agua.- La absorción y facultad retentiva del agua en los suelos consiste en el grado de afinidad que tiene el agua por el suelo en cuyo concepto se distingue de la permeabilidad en que una deja pasar líquido, mientras que la otra contribuye a que se conserve entre las moléculas del suelo.

Esta propiedad es de importancia para las plantas, pues sin ella el agua no podría penetrar en el suelo o en el caso contrario, pasaría como a través de un filtro sin servir al objeto a que está destinada.

Absorción de Gases.- Es la que se refiere principalmente al oxígeno, la importancia de ésta estriba en ser el medio más eficaz para hacer llegar hasta las raíces de las plantas las sustancias gaseosas nutritivas que como el oxígeno, el nitrógeno, etc., participan de un modo muy directo a una mejor existencia y desarrollo de las plantas.

Poder Retentivo de Calor.- La facultad que poseen los suelos de absorber y retener el calor, es una de las más importantes debido a la influencia que ejerce en la germinación y en el desarrollo de las plantas.

La temperatura del suelo es muy variable, según las horas del día, la naturaleza del terreno, su exposición, la acción de vientos, etc.

Esta propiedad está en función de la densidad, de la composición química y del grado de humedad.

PROPIEDADES COLOIDALES DEL SUELO

Los constituyentes coloidales del suelo están divididos en dos grupos:

- a) Coloides Inorgánicos.- Todos los minerales del tipo de la arcilla y los óxidos metálicos coloidales.
- b) Coloides de la Materia Orgánica.- Humus.

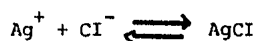
Los coloides inorgánicos están constituidos, principalmente por las arcillas. Las partículas de arcilla del suelo pueden estar en estado coloidal cuando la dispersión se estabiliza por cargas eléctricas.

ORIGEN DE LA CARGA DE LAS PARTICULAS COLOIDALES.

Las partículas coloidales pueden adquirir sus cargas por adsorción o por disociación:

- i. Por Adsorción.- Como ejemplo de la estabilidad de coloides debido a la adsorción se puede citar el caso del cloruro de plata. Esto es que tanto la plata como el cloruro tienen unión iónica y estado de oxidación 1, además pueden formar enlaces de coordinación.

Cuando los cristales de cloruro de plata se forman por precipitación aparece en el seno de la disolución un coloide estabilizado por las cargas adquiridas por la adsorción:



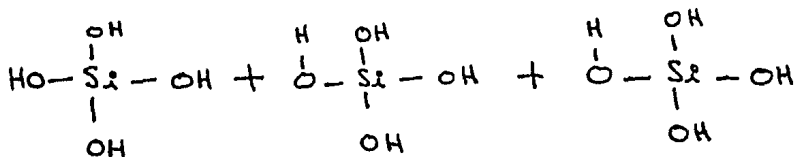
La adsorción de cargas se debe a que los iones de la superficie del cristal no tienen cubiertos todos sus enlaces de coordinación, estando libres las posiciones exteriores y tienden a atraer iones de la

disolución, adquiriendo así una carga eléctrica, ya que el cristal en principio es neutro.

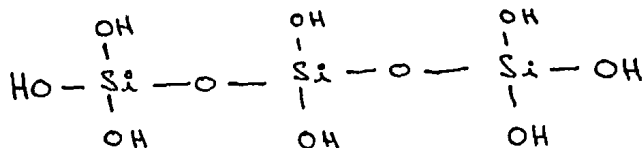
La carga adquirida depende de los iones que haya en exceso en la disolución. De igual forma que en este ejemplo las partículas de la arcilla pueden cargarse por adsorción de iones existentes en el medio líquido que las rodea.

- ii. Por Ionización.- Hay partículas que pueden ionizarse, si presentan un tamaño adecuado (menos de una micra), éstas forman suspensiones coloidales estabilizadas por la carga adquirida por ionización. En este caso, el anión es una partícula poco móvil; el catión es pequeño muy móvil y está atraído por la partícula. De la misma forma, las partículas de arcilla pueden adquirir su carga por ionización, ya que ésta también contiene grupos ionizables.

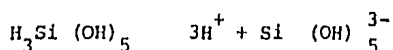
La forma de ionización de las partículas de arcilla puede comprenderse mejor si se considera, como ejemplo el ácido ortosilícico:



por deshidratación, forma una cadena como ésta:



o en forma condensada:



La función que tienen dichas cargas en el coloide es de impedir la aglomeración de partículas y estabilizar la dispersión coloidal.

CAPA DIFUSA DE CARGAS

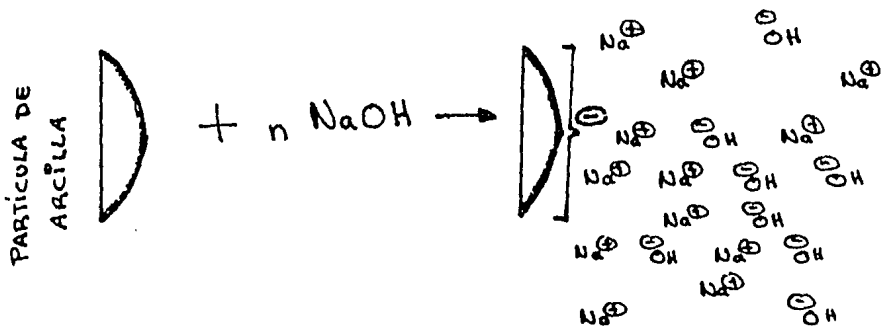
En la inmediata vecindad de la superficie de las partículas coloidales se acumulan los iones de carga contraria, con ello se forma un gradiente de concentración de los mismos y como consecuencia, también un gradiente de potencial. De esta forma se origina una zona de cargas que se llama capa difusa. Esta capa es doble debido a que existe una carga negativa y otra positiva y es difusa, porque la capa más extensa va difundiéndose a medida que aumenta la distancia a la partícula.

La doble capa difusa estabiliza a los coloides, ya que impide que las partículas coloidales se aproximen entre sí y precipiten.

Cuando se hace desaparecer la doble capa, el coloide automáticamente coagula o flocula.

Además, la capa difusa es una barrera de potencial que dificulta el tránsito de los iones a través de ella. Las sustancias que facilitan la formación de la capa difusa dificultan el paso de iones, como el H^+ , a través de la misma.

También por disociación de iones, en la superficie de las partículas se predice la doble capa como se ve a continuación:



Debido a que la doble capa difusa existe en un estado dinámico, ésta puede comprimirse y expanderse.

SOLVATACION

Los iones como las partículas coloidales pueden atraer a las moléculas del medio dispersante, si este medio es un medio polar, a este fenómeno se le conoce con el nombre de solvatación.

Las moléculas del medio, atraídas, quedan envolviendo a los iones o a las partículas cargadas que las retienen. Esto impide que otras partículas o iones se aproximen, protegiendo así el coloide, que queda por ello, estabilizado.

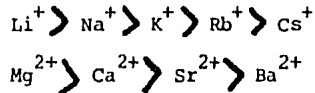
El efecto de la solvatación, en la arcilla, se aprecia experimentalmente al mojarla, ya que el proceso es exotérmico y al hidratarse, hay desprendimiento de calor (calor de solvatación).

La desolvatación en una arcilla puede lograrse mediante: sales disueltas en el medio, disolventes polares que fijen agua teniendo el caso de alcoholes de bajo peso molecular.

Existe una serie liófila de los iones, que indica su orden de capacidad de solvatación. Los iones se solvatan tanto más fuertemente

cuanto más carga poseen y más pequeños son. La solvatación es, por tanto, proporcional a la concentración de la carga.

La serie liófilas de los cationes alcalinos y alcalinoterreos que son los que más participan en el intercambio de cationes en el suelo, son:



Esto es también el orden decreciente de su capacidad para flocular coloides negativos por desolvatación competitiva.

FLOCULACION DE ARCILLAS

Todo lo que contribuye a la estabilidad del estado coloidal, empeora la calidad agrícola del suelo, y lo más conveniente agrícolamente hablando es flocular la arcilla.

La floculación o coagulación de un sol (solución coloidal), sucede cuando las partículas dispersas se unen unas con otras. Por ello, es necesario que disminuye el valor de la carga o el grado de solvatación de las partículas.

Una arcilla sódica en agua constituye una dispersión coloidal estable. Este coloide necesita mucho tiempo para sedimentarse y cuando lo hace forma un gel untoso, pegajoso, compacto y moldeable. Si este gel se deseca, origina una lámina fina que se contrae, se cuarteja y fácilmente se deshace en polvo fino.

Los suelos formados por arcillas sódicas son de baja calidad agrícola y su arcilla debe ser floculada para mejorar sus condiciones agrícolas.

La floculación de la arcilla puede conseguirse de las siguientes maneras:

- a) Por adición de electrólitos
- b) Por variación en el pH
- c) Por adición de otros coloides
- d) Por desolvatantes

Estos agentes producen la sedimentación rápida de la arcilla.

Tras estos tratamientos, el sedimento que se obtiene no es compacto ni moldeable. Se redispersa fácilmente, pero no en forma coloidal, sino en partículas gruesas que sedimentan de nuevo rápidamente: al desecarse la arcilla se contrae menos, y ésta se deshace en grumos sueltos.

DESFLOCULACION DE ARCILLAS

La desfloculación o redisolución de los coloides se consigue mediante la variación del pH o por el lavado de arcillas.

Variación del pH.- Un coloide arcilloso floculado puede desflocularse cuando se eleva el pH, por formación de los iones que, como se ha visto, dan lugar a coloides estables.

Lavado de Arcillas.- El lavado elimina los iones que, por comprimir la capa difusa y desolvatar a las partículas coloidales son causa de la floculación.

PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO

Las propiedades químicas que se presentan en el suelo son complejas, en parte porque comprenden a microorganismos vivos y en parte por la capacidad que posee el suelo en acumular iones.

Entre las propiedades más importantes destacan las siguientes:

- i. Intercambio de cationes
- ii. pH

- i. Intercambio de cationes.

Generalmente el intercambio de cationes domina los aspectos inorgánicos de la química del suelo, debido a que dicho intercambio se halla asociado con los coloides del suelo.

El complejo coloidal del suelo está íntimamente relacionado con el grado de fertilidad del mismo. Los coloides del suelo son principalmente los provenientes de la arcilla y del humus de la materia orgánica.

Los iones intercambiables al ser adsorbidos por las partículas del coloide que contienen una carga negativa neta, causa que los iones cargados positivamente como el Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , Na^+ , H^+ , etc. sean atraídos hacia la superficie de las partículas y por lo tanto el intercambio dependa de la carga negativa total neta de las partículas del suelo.

Si en la superficie adsorbente de las raíces de las plantas está traslapada o entrelazada con la doble capa difusa de los coloides

del suelo, ocurrirá la reacción de intercambio de cationes.

La absorción de cationes depende tanto de la actividad de iones H^+ como de la concentración de sales totales en el medio y de la actividad de iones presentes en la superficie de las raíces de las plantas.

Los cationes en la solución del suelo reemplazan a cationes adsorbidos mediante el proceso de intercambio de cationes y suelen encontrarse en equilibrio entre los cationes solubles e intercambiables. Este proceso es rápido y reversible y es de suma importancia, ya que los cationes intercambiables son fuente importante de nutrientes para las plantas. Esto sucede debido a que estos nutrientes esenciales de las plantas forman parte de componentes insolubles orgánicos e inorgánicos cuyos cationes pueden por tanto, ser retenidos por el mecanismo de intercambio, sin llegar a ser eliminados del suelo por el efecto de lavado.

La capacidad de intercambio de cationes es la relación de miliequivalentes de cationes adsorbidos/ 100 g de suelo. Esta relación indica que los suelos difieren en la cantidad de cationes adsorbidos que ellos contienen por unidad de peso.

Resulta factible estimar la capacidad de intercambio de cationes, siempre y cuando se conozca la cantidad de materia orgánica y el contenido de arcilla que tiene el suelo. Así pues, se tiene que entre más alto sea el contenido de arcilla y de humus en el suelo, mayor será la capacidad de intercambio de cationes y por lo tanto más fértil será.

Las características de un suelo cambian según la proporción de iones intercambiables que tenga presente.

Con base en esto se llega a concluir lo siguiente:

1. A mayor concentración de cationes Ca^{++} , Mg^{++} y K^+ que se retenga en el suelo, proporcionará una mejor nutrición vegetal a las plantas.
2. A mayor concentración de iones H^+ intercambiables que retenga el suelo, más ácida será la solución generando así los denominados suelos ácidos.
3. Los suelos que poseen alta concentración de Ca^{++} intercambiable soluble y cal libre con alta saturación de bases, generan los denominados suelos calcáreos.
4. Los suelos que poseen una alta concentración de Na^+ intercambiable genera los suelos denominados alcalinos.
5. Los suelos que poseen una gran capacidad de intercambio de cationes son los que están constituidos por arcillas de superficie específica grande, ya que usualmente este tipo posee una mayor carga eléctrica y por lo tanto una mayor capacidad de intercambio de cationes.

ii. pH

Quizá la propiedad química más importante de un suelo como medio destinado al cultivo de las plantas es el valor de su pH.

El pH de una solución se define como el logaritmo negativo de la actividad de iones hidrógeno en la solución:

$$\text{pH} = \log \quad 1/ a_{\text{H}^+}$$

$$\text{siendo } a = \gamma [\text{H}^+]$$

donde: γ es el coeficiente de actividad.

$[\text{H}^+]$ es la concentración de iones hidrógeno en la solución.

esta expresión de actividad reafirma el concepto actual de pH.

Pero el pH de un suelo disperso en agua suele no ser un concepto tan simple como dicha expresión, ya que éste depende no solo de la concentración de iones H_3O^+ presentes, sino del coeficiente de actividad. De igual manera el pH de un suelo está influenciado por dos factores más que son:

1. Algunas sustancias en el suelo capaces de cambiar su estado de oxidación, provocando elevación o disminución del pH.
2. Influencia por la concentración de anhídrido carbónico en el aire del suelo, ya que a mayor concentración del mismo en el suelo, menor será el valor de pH.

El efecto del pH sobre el desarrollo de plantas y de microorganismos debe expresarse no sólo en función de que para cada sistema enzimático existe un pH óptimo y por lo tanto existe un rango determinado en el que se va a efectuar el desarrollo máximo tanto de plantas como de microorganismos, sino que también debe tomarse en cuenta el efecto que el pH tiene sobre la disponibilidad de los elementos nutricionales, ya que el fósforo soluble y asimilable se encuentra en pH cuyos valores oscilan entre 6.5 y 7.5.

Por consiguiente, la interpretación correcta del pH medido en los suelos a veces se juzga en forma muy empírica, particularmente si los métodos potenciométricos usuales para medir el pH solo son válidos si el potencial de contacto del líquido y el de electrodo de referencia tenga un valor de cero y la suspensión de suelo-agua está en relación de 1:2.

A pesar de estas dificultades, el pH de un suelo es la característica más comunmente medida, ya que es el parámetro indicado para conocer el índice de acidez o alcalinidad en un suelo.

Los valores de pH que generalmente se presentan en un suelo fluctúan entre 3.0 a 9.5 unidades de pH. Los valores menores a $\text{pH}=7$ corresponden a suelos en zonas húmedas en donde se producen pérdidas de iones básicos por procesos de lixiviación y que son sustituidos por iones hidrógeno, generando suelos de carácter ácido.

En cambio, en zonas áridas en donde no ocurren procesos de lixiviación, se producen acumulación de bases, dando lugar a reacciones de carácter alcalino y cuyos valores de pH son mayores de 7.0 unidades.

Suelos Acidos.- La acidez en un suelo está influenciada por varios factores: Por el humus, por arcillas que contengan altas concentraciones de Al y Si, por algunos óxidos de Fe y Al y por la influencia en la concentración de anhídrido carbónico.

Los suelos ácidos comunmente oscilan en valores de pH de 4.0 a 6.5 unidades, y éstos normalmente no poseen un pH inferior a 4.0 unidades

a menos que contengan ácidos libres en la solución del suelo.

Existe de esta manera una clasificación de suelos ácidos en base a los valores de pH que presente, y son:

- a) Suelos de acidez ligera: Los que presentan valores de pH que oscilan entre 7.0 a 6.0 unidades y lo presentan los suelos minerales en regiones muy húmedas.
- b) Suelos de acidez moderada: Los que presentan valores de pH que oscilan entre 6.0 a 5.0 unidades y lo presentan suelos minerales con aceptable humedad.
- c) Suelos de acidez fuerte: Los que presentan valores de pH que oscilan entre 5.0 a 4.0 unidades y los presentan suelos que contienen cantidades apreciables de iones H^+ intercambiables.
- d) Suelos de acidez muy fuerte: Los que presentan valores de pH inferiores a 4.0 unidades y lo presentan suelos que contienen ácidos libres en la solución del suelo.

Suelos Neutros.- Generalmente se les denomina a los suelos que presentan valores de pH que oscilen entre 6.5 a 7.5 unidades y lo presentan los suelos de acidez ligera y los suelos de alcalinidad ligera.

Suelos Alcalinos.- La alcalinidad de un suelo la hacen depender de su concentración predominante de iones OH^- y $CO_3^{=}$ y Ca^{++} y Na^+ intercambiables en la solución del suelo, aumentando de esta manera el valor de su pH y generando suelos alcalinos.

Los valores de pH que más comúnmente se presentan en este tipo de suelos están entre 7.5 a 9.0 unidades. De manera similar que en los suelos ácidos, los suelos alcalinos presentan una clasificación en función de valores de pH y son:

- a) Suelos de alcalinidad ligera: los que presentan valores de pH que oscilan entre 7.0 a 8.0 unidades y lo presentan los suelos minerales en regiones poco áridas.
- b) Suelos de alcalinidad moderada: Los que presentan valores de pH que oscilan entre 8.0 a 9.0 unidades y lo presentan los suelos minerales en regiones con notorio grado de aridez.
- c) Suelos de alcalinidad fuerte: Los que presentan valores de pH que oscilan entre 9.0 a 10.0 unidades.
- d) Suelos de alcalinidad muy fuerte: Los que presentan valores de pH mayores de 10.0 unidades.

La acidez o alcalinidad en los suelos tienen influencia directa en la disponibilidad de los diferentes elementos nutricionales de las plantas, además indica la clase de cultivo propicio que pueda desarrollarse mejor en ese medio, asimismo, proporciona los criterios adecuados para un mejor tratamiento de conservación del suelo por medio de fertilizantes.

Generalmente los suelos que se encuentran en la gama de pH de 5.5 a 7.5 unidades, tienen mayor probabilidad de no ofrecer problemas de nutrición, que los que tengan valores mayores o menores.

Métodos Empleados para la Corrección de Acidez de los Suelos

Principalmente los métodos que se utilizan para el aumento de pH de los suelos son de índole químico, y consiste en neutralizar las condiciones ácidas del suelo, producidas principalmente por la elevada concentración de iones H_3O^+ , mediante la adición de compuestos químicos que provengan como ejemplo de una fuerte caliza y que neutralicen en exceso de iones H_3O^+ , en donde la cantidad de materia caliza para neutralizar las condiciones ácidas del suelo dependerá del valor de pH que posea. Esta cantidad de materia caliza se aplica siempre en proporción adecuada para corregir una hectárea de suelo con características ácidas.

Los materiales calizos más empleados para este fin son los siguientes:

- a) La dolomita ($CaCO_3 \cdot MgCO_3$)
- b) La piedra caliza ($CaCO_3$)
- c) Cal hidratada ($Ca(OH)_2$)
- d) Cal quemada (CaO)

Métodos Empleados para la Corrección de Alcalinidad en Suelos

Se puede disminuir el valor de pH de los suelos que contengan valores de 8.5 o más, mediante la aplicación directa en forma proporcional de compuestos químicos con el fin de proporcionar condiciones ácidas al suelo y regular la concentración de iones

básicos intercambiables en donde los más utilizados son los que contienen moléculas de azufre en su composición, que son:

- a) El azufre (S)
- b) Acido sulfúrico (H_2SO_4)
- c) Sulfato ferroso ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$)
- d) Polisulfuro de amonio (NH_4)₂ SX
- e) Minerales de origen ácido

Otro de los métodos que comúnmente se emplean para la mejoría de los suelos alcalinos es la de lavar el suelo, mediante medios eficaces de riego.

ASPECTOS IMPORTANTES DEL SUELO

Dentro del estudio analítico del suelo, existen los siguientes aspectos importantes:

- a) Perfil y horizonte del suelo.
- b) Color del suelo.
- c) Influencia del clima sobre los suelos.
- d) Conservación del suelo.

a) PERFIL Y HORIZONTES DEL SUELO

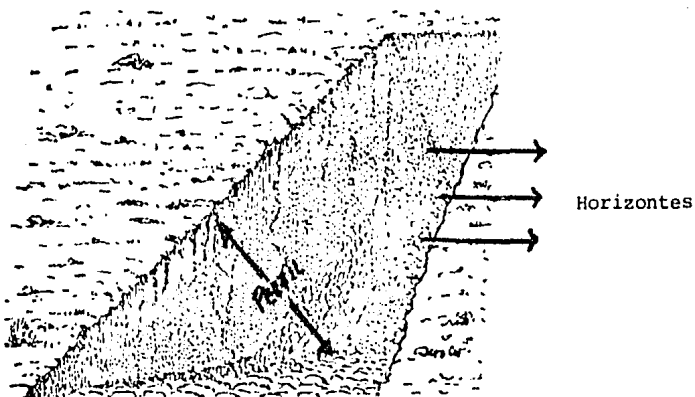
El perfil del suelo es una sección vertical a través de todas las capas que lo componen. Las diversas capas que constituyen el suelo se llaman horizontes.

La clase y secuencia de horizontes del suelo determinan la serie a la cual pertenece. La descripción oficial de las series de suelos están dadas por las siguientes características:

1. Localidad, estación, vegetación dominante.
2. Número de horizontes.
3. Color de cada horizonte.
4. Estructura de cada horizonte (arenoso, granuloso, arcilloso, compacto, quebradizo, etc.)
5. Espesor de cada horizonte.
6. Humedad.

Esta descripción señala qué horizonte debe tener para pertenecer a una serie particular y fija basada en las determinadas características importantes en los perfiles del suelo.

Representación Esquemática del Perfil y Horizontes del Suelo



b) COLOR DEL SUELO

Esta característica está dada por dos factores esenciales que son: contenido de humus y naturaleza de minerales.

Los colores que usualmente se distinguen en un suelo son:

1. Oscuro negro, gris o café.- Los cuales están dados por la presencia de sustancias húmicas.
2. Amarillos castaños o rojos. Estos tonos se deben a la presencia de óxidos e hidróxidos de fierro con sustancias húmicas y otros coloides minerales.

3. Blancos o grises claros. Los que indican la existencia de ácido silícico, caolinita, hidróxido de aluminio, calcita o yeso en el suelo.

La combinación de estos tres grupos de colores del suelo, da como resultado una gran diversidad de colores muy amplia, y su determinación se efectúa mediante las Tablas de Colores de Suelos de Munsell. Estas tablas consisten en 175 diferentes papeles coloreados, los cuales están sistemáticamente arreglados, y describen el color del suelo en términos de: tinte, valor e intensidad.

El tinte se refiere al espectro dominante del color (rojo, amarillo, verde, etc.), ya que los suelos varían en tinte desde rojo, los cuales se les denota en las tablas por la letra R, pasan por el rojo-amarillo=YR hasta amarillo=Y, con algunas manchas de amarillo-verde=GY y aún verde como G. Estos tintes son subdivididos en las tablas por medio de prefijos numerales de 0 a 10 unidades.

El valor se designa por medio de números que van desde el 0 que corresponde para el color negro absoluto, hasta el 10 que corresponde al color blanco absoluto. Cuantitativamente este valor es igual a la raíz cuadrada del porcentaje de luz reflejada.

La intensidad indica la cantidad de pigmentos que deben mezclarse con el propio valor gris, para predecir el color que se requiera. Los colores gris puro poseen un valor de intensidad igual a 0, ya que éstos son los patrones de referencia. El incremento de la brillantez se indica por la intensidad, y ésta aumenta en intervalos iguales hasta un máximo de 20 unidades. Los colores que se obtienen al analizar un suelo nunca llegan a este máximo.

Los valores que generalmente presentan los suelos en intensidad oscilan entre 8 a 10 unidades.

Según la interpretación en tablas de un suelo que tenga 7.5 y de tinte 6 unidades de valor y 2 unidades de intensidad, será representado como: 7.5 y 6/2, el cual corresponderá a un color rojo grisáceo.

c) INFLUENCIA DEL CLIMA SOBRE LOS SUELOS

El clima influye considerablemente en la presencia de los suelos, ya que está constituido por dos factores principales que son la lluvia y los cambios de temperatura, los cuales contribuyen de manera decisiva para su formación debido a la gran influencia hidrolítica y mecánica que producen en el material de origen del suelo.

En función del clima y con la vegetación natural existente, los suelos del mundo son clasificados en grandes grupos llamados zonales.

Los suelos zonales se encuentran agrupados en dos divisiones, de acuerdo a su precipitación anual: suelos de regiones húmedas y suelos de regiones secas.

Suelos zonales de regiones húmedas.

TUNDRA

(climas fríos o gélidos)

tundra

suelos turbosos

podsoles (suelos grises forestales)

PODSOLICOS

(climas templados)

suelos cafés forestales

suelos de pradera

lateritas.

LATERITICOS

(climas tropicales o semitropicales)

suelos rojos lateríticos

suelos amarillos lateríticos.

Suelos zonales de regiones secas

Suelos negros (Chernozems)

Suelos castaños (Chestnut)

Suelos Semidesérticos café grisáceos (Sierozem)

Desérticos (Desert)

Cada uno de los grandes grupos zonales presentan características distintas, por lo que a elementos nutricionales para las plantas se refiere.

Los suelos podsólicos se caracterizan por ser ricos en materia orgánica. Debido a esto poseen un alto contenido de nitrógeno, pero ya que poseen un pH ácido, origina que aumente la actividad del fierro, aluminio y manganeso, los cuales al combinarse con el fósforo originan formas insolubles y no aprovechadas por las plantas. De igual manera, los suelos podsólicos a semejanza de todos los suelos de regiones húmedas, sufren pérdidas de elementos nutritivos por procesos de lixiviación.

Las leteritas se caracterizan por su bajo contenido de materia orgánica y además tienen una capacidad total de intercambio de iones sumamente baja, de ahí su pobreza de elementos nutritivos para las plantas como nitrógeno, potasio, calcio y magnesio.

Tanto los suelos podsódicos como los laterísticos tienen predominantemente vegetación forestal.

Los suelos zonales de regiones secas poseen un contenido de materia orgánica variable, por consiguiente alteran su contenido de nitrógeno.

Debido a la poca precipitación, generalmente estos suelos poseen cantidades apreciables de calcio, potasio, magnesio y sodio. Así, estos

suelos varían de casi neutros a alcalinos. Esto influye de una manera decisiva sobre el fósforo que se encuentra en el suelo, pues si el pH de éste llega de 7.5 a 8.0 y hay abundancia de calcio, se formarían complejos, los cuales son insolubles, y por lo tanto no aprovechable en las plantas.

Los suelos de este grupo se encuentran cubiertos en la mayoría por vegetación sub-arbórea y pastos.

Generalmente, los suelos mexicanos están agrupados en esta clasificación, en donde presentan poca cantidad de nitrógeno y fósforo y son abundantes en potasio y calcio y presentan predominantemente una reacción alcalina.

d) CONSERVACION DEL SUELO

El suelo es uno de los recursos naturales de mayor importancia que existe, ya que proporciona el medio donde se realiza la agricultura, a través de la cual se obtienen la mayor cantidad de alimentos que consume la población a nivel mundial. Igualmente, el suelo aporta un sinnúmero de materias primas que se utilizan para otros fines.

La conservación tiene como objetivo mantener en condiciones óptimas las diversas características del suelo, y mediante métodos específicos incrementar la productividad agrícola, sin que éste sufra daños o pérdidas considerables.

Las principales pérdidas del cuerpo físico del suelo son causadas por la erosión del agua, el viento y el continuo cultivo de plantas de un mismo suelo, sin que a éste se le proporcionen de nuevo sus elementos por medio de fertilizantes.

Los suelos de cultivo pierden considerables cantidades de nitrógeno, fósforo, azufre, potasio y otros elementos nutritivos que requieren las plantas. La razón de aplicar a los suelos diversos elementos nutritivos mediante fertilizantes, es la de reponer los que ya han sido agotados y aprovechados por cultivos anteriores y aportar cantidades necesarias extras para suplir y corregir deficiencias de elementos en el estado original del suelo.

Fertilizantes:

Los fertilizantes son materiales que contienen en forma aprovechable uno o varios elementos nutritivos que requieren las plantas, además de servir como suplemento alimenticio.

Tipos de Fertilizantes:

Se conocen diversos tipos de fertilizantes a nivel comercial, los cuales, en función de su composición química, aportan los elementos que el suelo necesita de acuerdo a las características que originalmente presenta.

Los fertilizantes más comúnmente utilizados son:

- Estiercol
- Sulfato de Amonio
- Amoniaco
- Líquidos Amoniacales
- Nitrato de sodio o potasio
- Materias nitrogenadas sintéticas como cianamida, urea y urea-formaldehído.
- Superfosfato de calcio.

Indices de Aplicación de Fertilizantes

La proporción y aplicación de fertilizantes en un suelo depende de factores como:

- a) Fertilidad natural que posea el suelo en su estado original.
- b) Tipo de plantas que se quiera cultivar
- c) Clima

Métodos de Aplicación de Fertilizantes

Existen tres métodos principales para la aplicación de fertilizantes en suelos de cultivo:

- i. Esparcirlos directamente sobre la superficie del suelo.
- ii. Enterrarlos en líneas de poca profundidad.
- iii. Aplicarlos en el agua de riego.

TIPOS DE SUELOS EN MEXICO Y SU DISTRIBUCION GEOGRAFICA

La República Mexicana, por su situación geográfica, su forma, clima orografía y estructura geológica, presenta una gran diversidad de suelos, sujetos a modalidades ocasionadas por la interacción de los diversos factores de su propio medio ambiente.

Las cartas edafológicas elaboradas por la Dirección General de Geografía del Territorio Nacional (DGGTN) son la representación de la distribución geográfica de los suelos del país, ordenadas de acuerdo con el Sistema de Clasificación de Suelos FAO/UNESCO (1970), modificado por la misma DGGTN.

La FAO es la Organización Mundial para la Alimentación y la Agricultura. Es un organismo dependiente de la Organización de las Naciones Unidas, y como parte de sus funciones se encuentran el estudio y elaboración de mapas sobre los recursos mundiales.

Este sistema de clasificación está muy generalizado entre los especialistas de suelos en México.

Los principales tipos de suelos existentes en México se describen de la siguiente manera: (ver mapa).

DESCRIPCION DE LAS PRINCIPALES CARACTERISTICAS DE LAS UNIDADES DE SUELOS DE LA CLASIFICACION NATURAL FAO/UNESCO.

ACRISOL (Literalmente suelo ácido)

Son suelos que se encuentran en zonas tropicales o templadas muy

lluviosas. En condiciones naturales tienen vegetación de selva o bosque. Se caracterizan por tener acumulación de arcilla en el subsuelo; por sus colores rojos, amarillos, o amarillos claros con manchas rojas; y por ser generalmente ácidos o muy ácidos.

ANDOSOL (Literalmente tierra negra)

Son suelos que se encuentran en aquellas áreas donde ha habido actividad volcánica reciente, puesto que se originan a partir de cenizas volcánicas.

ARENOSOL (Literalmente suelo arenoso)

Son suelos que se encuentran en zonas tropicales o templadas y ocasionalmente en zonas áridas. Se caracterizan por ser de textura arenosa.

CAMBISOL (Literalmente suelo que cambia)

Estos suelos por ser jóvenes y poco desarrollados, se presentan en cualquier clima, menos en las zonas áridas. Se caracterizan por presentar en el subsuelo una capa que parece más suelo que roca, ya que en ella se forman terrones; además pueden contener acumulación de algunos materiales como arcilla, carbonato de calcio, fierro, manganeso, etc., pero sin que esta acumulación sea muy abundante.

CASTAÑOZEM (Literalmente tierra castaña)

Estos suelos se encuentran en zonas semiáridas o de transición hacia climas más lluviosos. Se caracterizan por presentar una capa superior de color pardo o rojizo oscuros, rica en materia orgánica y nutrientes.

FEOZEM (Literalmente tierra parda)

Son suelos que se encuentran en varias condiciones climáticas, desde zonas semiáridas, hasta templadas o tropicales muy lluviosas, así como en diversos tipos de terrenos, desde planos hasta montañosos. Pueden presentar casi cualquier tipo de vegetación en condiciones naturales.

Su característica principal es una capa superficial oscura, suave, rica en materia orgánica y nutrientes.

Los Feozems son suelos abundantes en nuestro país, y los usos que se les dan son variados, en función del clima, el relieve y algunas de sus características.

FERRALSOL (Literalmente suelo de hierro y aluminio)

Son suelos que se presentan típicamente en zonas tropicales muy cálidas y lluviosas. Su vegetación natural es de selva baja o sabana.

Se caracterizan por tener, debajo de un horizonte superficial no muy grueso, una capa extremadamente ácida y pobre en nutrientes, de color rojo, amarillo o pardo rosado.

FLUVISOL (Literalmente suelo de río)

Se caracterizan por estar formados siempre por materiales acarreados por agua. Están constituidos por materiales disgregados que no presentan estructura en terrones, es decir, son suelos muy poco desarrollados.

Pueden ser someros o profundos, arenosos o arcillosos, fértiles o infértiles, en función del tipo de materiales que los formen.

GLEYSOL

Son suelos que se encuentran en casi todos los climas, en zonas donde se acumula y estanca el agua. Se caracterizan por presentar en la parte en donde se saturan con agua, colores grises, azulosos o verdosos, que muchas veces al secarse y exponerse al aire se manchan de rojo. Son muy susceptibles a la erosión.

HISTOSOL (Literalmente suelo de tejidos)

Son suelos que se encuentran en México en zonas de climas húmedos, ya sea templados o cálidos. Están restringidos a las áreas en donde se acumulan el agua y los desechos de muchas plantas que quedan en la superficie sin descomponerse durante mucho tiempo. Se encuentran en zonas pantanosas o en los lechos de antiguos lagos.

Se caracterizan por tener altas cantidades de materia orgánica en forma de hojarasca, fibras, madera o humus.

LITOSOL (Literalmente suelo de piedra)

Son suelos que se encuentran en todos los climas y con muy diversos tipos de vegetación. Se caracterizan por tener una profundidad menor de 10 cm. hasta la roca.

Tienen características muy variables en función del material que los forma. Pueden ser fértiles o infértiles, arenosos o arcillosos.

LUVISOL (Literalmente suelo lavado)

Son suelos que se encuentran en zonas templadas o tropicales lluviosas,

aunque en ocasiones se pueden encontrar en climas algo más secos. Se caracterizan por tener un enriquecimiento de arcilla en el subsuelo.

NITOSOL (Literalmente suelo brillante)

Son suelos que se localizan en ciertas zonas muy lluviosas, tanto cálidas como templadas.

Se caracterizan por poseer un subsuelo muy profundo, enriquecido con arcilla. Normalmente tienen una capa superficial delgada y luego, en el subsuelo, se extienden desde su límite inferior hasta más de metro y medio de profundidad. Sus colores son rojizos casi siempre.

Estos suelos presentan una fertilidad que puede ser desde moderada hasta baja, y de aquí que sus rendimientos agrícolas sean variables.

PLANOSOL (Literalmente suelo plano)

Estos suelos generalmente se presentan en climas semiáridos en nuestro país. Se caracterizan por presentar debajo de la capa más superficial, una capa más o menos delgada de un material claro que es siempre menos arcilloso que las capas que lo cubren y los subyacen. Esta capa es infértil y ácida, y a veces impide el paso de las raíces. Debajo de la capa mencionada se presenta un subsuelo muy arcilloso e impermeable.

PODZOL (Literalmente ceniza debajo)

Son suelos de climas húmedos templados o semifríos. Se caracterizan por tener un subsuelo enriquecido con humus y sustancias abundantes en hierro, que les dan colores negros y rojizos. Son generalmente arenosos y ácidos.

PODZOLUVISOL

Son suelos de climas húmedos, templados o semifríos. Se caracterizan por tener un subsuelo enriquecido con arcilla, de color gris o amarillento y que presenta grandes manchas rojas.

RANKER (Literalmente de la pendiente fuerte)

Son suelos de climas templados húmedos o semifríos húmedos. Se caracterizan por tener una capa superficial oscura y rica en humus, pero ácida e infértil.

REGOSOL (Denominación que denota la capa de material suelto que cubre a la roca)

Son suelos que se pueden encontrar en muy distintos climas y con diversos tipos de vegetación.

Se caracterizan por no presentar capas distintas. En general son claros y se parecen bastante a la roca que los subyace, cuando no son profundos.

RENDZINA (Suelos poco profundos y pegajosos que se presentan sobre rocas calizas)

Estos suelos se presentan en climas cálidos o templados con lluvias moderadas o abundantes.

Se caracterizan por poseer una capa superficial abundante en humus y muy fértil, que descansa sobre roca caliza o algún material rico en cal. No son muy profundos. Son generalmente arcillosos.

SOLONCHAK (Literalmente suelos salinos)

Son suelos que se presentan en diversos climas, en zonas en donde se acumula el salitre, tales como lagunas costeras y lechos de lagos, o en las partes más bajas de los valles y llanos de las zonas secas del país.

se caracterizan por presentar un alto contenido de sales en alguna parte del suelo o en todo él.

SOLONETZ (Suelos arcillosos ricos en sodio)

Estos suelos se localizan en varios climas, en zonas donde se acumulan las sales y, en particular, el álcali de sodio.

Se caracterizan por tener un subsuelo arcilloso que presenta terrones duros en forma de columnas. Este subsuelo y a veces otras partes del suelo, presentan un contenido alto de álcali.

VERTISOL (Literalmente, suelo que se revuelve, que se voltea)

Son suelos que se presentan en climas templados y cálidos, en zonas en las que hay una marcada estación seca y otra lluviosa.

Se caracterizan por las grietas anchas y profundas que aparecen en ellos en la época de sequía. Son suelos muy arcillosos, frecuentemente negros o grises en las zonas del centro y oriente de México; y café-rojizos en el norte.

Son pegajosos cuando están húmedos y muy duros cuando están secos.

A veces son salinos.

XEROSOL (Literalmente suelo seco)

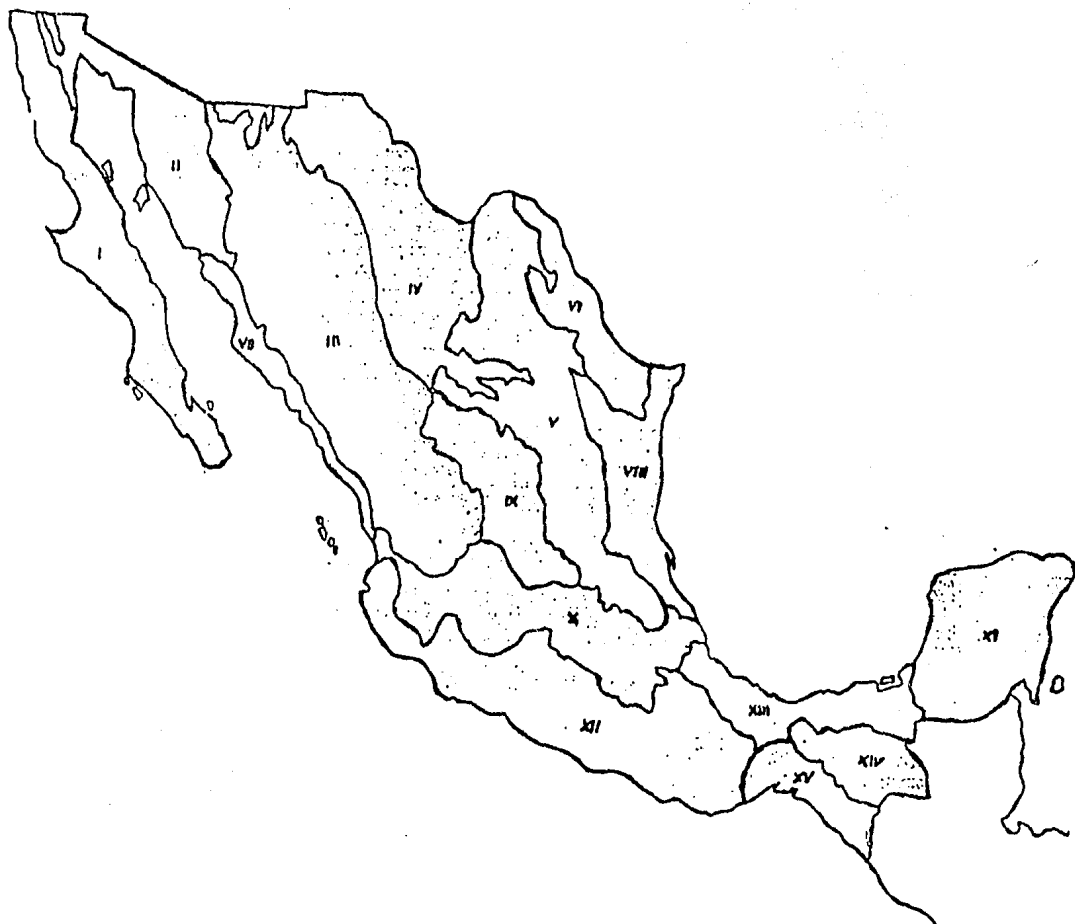
Estos suelos se localizan en las zonas áridas y semiáridas del centro y norte de México. Su vegetación natural es de matorrales y pastizales.

se caracterizan por tener una capa superficial de color claro y muy pobre en humus. Debajo de ella puede haber un subsuelo rico en arcillas, o bien muy semejante a la capa superficial. Muchas veces presentan a cierta profundidad manchas, polvo o aglomeraciones de cal, y cristales de yeso de mayor o menor dureza.

YERMOSOL (Literalmente suelo desolado)

Son suelos que se presentan en las zonas áridas del norte del país. Se caracterizan por tener una capa superficial clara y un subsuelo rico en arcilla o similar a esta capa. Presentan también, en ocasiones, acumulación de cal o yeso en el subsuelo.

TIPOS DE SUELOS MAS REPRESENTATIVOS EN LA REPUBLICA MEXICANA



| | | | | | | | |
|-----|----------|------|----------|-----|----------|------|----------|
| I | regosol | V | litosol | IX | xerosol | XIII | gleysol |
| II | yermosol | VI | xerosol | X | andosol | XIV | acrisol |
| III | feozem | VII | vertisol | XI | rendzina | XV | cambisol |
| IV | xerosol | VIII | vertisol | XII | regosol | | |

FUENTE: SPP. Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadística. Geografía e Informática. Dirección General de Geografía del Territorio Nacional. Carta Edafológica escala 1:1 000 000. Atlas Nacional del Medio Físico. México 1981.

EL SUELO COMO MEDIO ALIMENTICIO DE PLANTAS

Todo organismo vivo requiere de alimento para su crecimiento y desarrollo. El suelo proporciona a las plantas los nutrientes en forma de compuestos químicos, los cuales usualmente son referidos como elementos esenciales.

Los elementos para la vida, desarrollo y reproducción de las plantas se clasifican, teniendo en cuenta la mayor o menor cantidad que éstas consumen, en:

- i. Elementos esenciales mayores o macronutrientes.
 - ii. Elementos esenciales menores o micronutrientes.
 - iii. Elementos útiles pero no esenciales.
 - iv. Elementos perjudiciales.
- i. ELEMENTOS ESENCIALES MAYORES O MACRONUTRIENTES.

Son los elementos que las plantas consumen en mayor cantidad, los cuales se obtienen por: el aire atmosférico, el agua, el suelo y fertilizantes.

MACRONUTRIENTES

- a) Carbono, hidrógeno y oxígeno.- Obtenidos directamente del aire atmosférico por fotosíntesis y por el agua del suelo.
- b) Nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre.- Obtenidos directamente del suelo o por la adición de fertilizantes.

ii. ELEMENTOS ESENCIALES MENORES O MICRONUTRIENTES.

Son elementos que las plantas utilizan en pequeñas cantidades, pero sin embargo, son de suma importancia para su mejor desarrollo. Los micronutrientes son aportados a las plantas por el suelo y por la adición de fertilizantes.

| | | |
|------------------|---|---------------------------------------|
| MICRONUTRIENTES: | } | Fierro, manganeso, boro, cobre, zinc, |
| | | molibdeno, cloro. |

iii. ELEMENTOS UTILES NO ESENCIALES.

Son los elementos que pueden contribuir a incrementar la capacidad para el mejor desarrollo de la planta, pero la planta puede sustituir la ausencia de estos elementos.

El suelo es la fuente de obtención de estos elementos para las plantas.

| | | |
|---|---|---------------------------------------|
| ELEMENTOS UTILES PARA LAS PLANTAS PERO NO ESENCIALES | } | Sodio, estroncio, fluor níquel, iodo. |
| | | |

iv. ELEMENTOS PERJUDICIALES

Son los elementos que ninguna acción benéfica aportan a las plantas, sino que por el contrario, la concentración elevada de estos elementos producen envenenamiento.

Las plantas adquieren estos elementos de los suelos con considerable concentración de los mismos.

| | | |
|---|---|----------------------------|
| ELEMENTOS PERJUDICIALES PARA LAS PLANTAS | } | Arsénico, aluminio, otros. |
|---|---|----------------------------|

CARACTERISTICAS DE LOS ELEMENTOS NUTRICIONALES EN LAS PLANTAS.

Los elementos esenciales deben poseer ciertas características y propiedades para que las plantas los puedan consumir en forma favorable:

- a) Los elementos deben poseer acción específica y directa en el ciclo vital de la planta.
- b) Los elementos deben estar generalmente en forma soluble, ya que es la forma que mejor aprovechan las plantas para su nutrición.
- c) Los elementos deben encontrarse en concentración óptima y poseer una proporción adecuada con los diferentes nutrientes solubles en el suelo.

FUNCIONES DE LOS ELEMENTOS EN LA NUTRICION DE LAS PLANTAS.

CARBONO, HIDROGENO y OXIGENO.- Son el esqueleto de todas las estructuras de índole orgánico, las cuales representan las reacciones de biosíntesis que se presentan en las plantas. Estos tres elementos constituyen el mayor porcentaje en peso de la planta.

NITROGENO.- Es el constituyente principal de las plantas, debido a que forma parte de las proteínas y entra en la estructura de la clorofila y del protoplasma.

Produce y promueve la abundancia de hojas y tallos durante el crecimiento.

En exceso el nitrógeno en las plantas oscurece el color verde de las hojas y aumenta de modo exagerado el desarrollo de las mismas, produciéndose un gran aumento de órganos débiles y por consecuencia calidad pobre del fruto que se obtiene. Por el contrario, las deficiencias de nitrógeno se traducen en caída prematura de las hojas, pérdida de intensidad en el color de las mismas, adquiriendo tintes amarillos y desarrollo raquíptico en el sistema radicular.

FOSFORO.- Entra en la constitución de diversos compuestos orgánicos de las plantas, como el ácido nucléico y los fosfolípidos. Una adecuada cantidad de fósforo en el período inicial de la planta estimula la biosíntesis de estos compuestos con el consiguiente aumento de la división celular y la producción de semillas.

El fósforo en forma de fosfatos actúa también como coenzimas en el proceso metabólico de las plantas.

El desarrollo del sistema radicular, el comienzo vigoroso de la planta, la formación de la semilla y la pronta madurez de las cosechas dependen del fósforo.

Cuando las plantas carecen de fósforo, sus hojas se oscurecen apareciendo coloraciones bronceadas o púrpuras entre las nervaduras.

Igualmente, se retrasa el crecimiento y el desarrollo de sus raíces.

POTASIO.- El potasio no forma parte en la construcción de los componentes celulares de las plantas como: proteínas, clorofila, lípidos, carbohidratos, etc., pero actúa como catalizador enzimático en reacciones de biosíntesis como:

- Transporte de carbohidratos.
- Biosíntesis de azúcares sencillos, almidón y fibras.
- Reducción de nitratos a nitritos.
- Biosíntesis de proteínas.
- División celular.

El potasio confiere también a las plantas fuerza y resistencia en contra de las enfermedades.

Asimismo, actúa como regulador de agua en las plantas, la cual se pierde por procesos de transpiración.

Cuando hay una deficiencia marcada de este elemento, disminuye la asimilación de otros elementos nutrientes, causando aceleración en la respiración de la planta que madura prematuramente, secándose la punta y el borde de las hojas y presentando la superficie de las mismas síntomas de clorosis característica.

CALCIO.- El calcio desempeña gran variedad de funciones en el crecimiento de las plantas:

- Estimula la resistencia a las enfermedades.

- Facilita la neutralización de ácidos orgánicos.
- Funciona como componente del material de la pared celular.
- Reduce el nitrógeno de los nitratos en el interior de la planta.
- Contraresta el desequilibrio en el abastecimiento de otros cationes solubles a la planta.
- Forma parte de las estructuras fibrosas.

MAGNESIO.- Forma parte de la molécula de clorofila.

Actúa como portador de fosfato; por lo tanto está íntimamente relacionado con la formación de fosfolípidos y con la biosíntesis de nucleoproteínas.

En conexión con el fósforo promueven la formación de semillas de alto contenido de aceite.

Interviene en la actividad de varias enzimas catalizadoras en el metabolismo de hidratos de carbono, así como de su transporte en el seno de la planta.

Está concentrado en los tejidos reproductores de las plantas: su relación con la formación de semilla es de suma importancia por su relación en la biosíntesis de fosfolípidos.

La deficiencia de magnesio en las plantas, provoca una disminución de xantofilas y carotenos, además de clorosis en hojas debida a la falta de clorofila.

AZUFRE.- El azufre está contenido en muchas proteínas vegetales, ya que los aminoácidos cistina y metionina contienen un porcentaje elevado de azufre.

Si existe carencia de azufre en las plantas, el desarrollo de la clorofila se retarda.

FIERRO.- En las células de las plantas la mayor parte de fierro se encuentra en forma de porfirinas, formando parte de muchas enzimas de óxido-reducción; en especial está asociado a la citrocromo-oxidasa, el cual actúa como portador de oxígeno a las células de las plantas y regula la respiración de las mismas.

Actúa también como catalizador en la biosíntesis de clorofila (no forma parte de los constituyentes de ésta).

Ayuda a la biosíntesis de proteínas contenidas en cloroplastos.

La ausencia o carencia de fierro origina clorosis en las hojas de las plantas, debido a una deficiente formación de clorofila.

MANGANESO.- El manganeso interviene en los mecanismos metabólicos de asimilación del nitrógeno.

Junto con el fierro, actúa como activador de muchas enzimas, especialmente en aquellas que catalizan reacciones de: óxido-reducción, descarboxilación e hidrólisis.

Cuando las plantas sufren una deficiencia de manganeso, su actividad fotosintética disminuye.

Por otra parte, el exceso de manganeso origina en las plantas un desequilibrio nutritivo, que se manifiesta por la inducción de los síntomas de la deficiencia de fierro.

BORO.- Ejerce acción catalítica para la formación de proteínas a partir de hidratos de carbono.

La relación K^+/Ca^{++} está regulada por el boro.

Está relacionado con la absorción de calcio soluble en las raíces.

La desintegración y la descomposición de los tejidos de plantas que se cosechan por sus raíces son síntomas comunes de carencia de boro.

COBRE.- Participa como catalizador de reacciones enzimáticas de óxido-reducción.

En presencia de fierro actúa como regulador en la respiración de las plantas.

La carencia de cobre da como resultado una disminución en la absorción de nitrógeno soluble en las hojas, y en algunas plantas productoras de semilla oleosa la calidad de la semilla es baja debido a la falta de este elemento.

ZINC.- Es catalizador enzimático en reacciones REDOX del metabolismo en plantas.

Estimula el desarrollo y crecimiento de la planta mediante hormonas llamadas auxinas, hormonas que contienen en su molécula zinc.

La aportación de este elemento mantiene la concentración eficaz de auxinas.

MOLIBDENO.- Estimula a bacterias fijadoras de nitrógeno en las raíces simbióticas y no simbióticas.

Participa en algunas reacciones enzimáticas de metabolismo.

CLORO.- A pesar que el cloro es considerado un elemento esencial en las plantas, sus funciones aún no son definidas.

La única función que se le conoce al cloro en las plantas es la de ser componente en pigmentos del tipo de la antocianinas.

SODIO.- Estimula el crecimiento, especialmente cuando el potasio es insuficiente.

El efecto benéfico del sodio en las plantas disminuye a medida que aumenta la cantidad de potasio.

ESTRONCIO, IODO, FLUOR Y NIQUEL.- No se conocen con precisión las funciones nutrientes de estos elementos. Se cree que en su forma soluble contribuyen a incrementar el mejor desarrollo de plantas e incrementar el rendimiento de cultivos.

GENERALIDADES DE CHILE

TAXONOMIA

| | |
|------------|-----------------|
| División : | Angiospermas |
| Clase: | Dicotiledoneas |
| Subclase: | Metaclamidáceas |
| Orden: | Tubifloras |
| Familia: | Solanáceas |
| Género: | Capsicum |

HISTORIA DEL GENERO CAPSICUM

Las primeras clasificaciones efectuadas de este género fueron publicadas en el año de 1542.

En 1700 el género capsicum fue instituido por Tournefort y confirmado por Linneo en la primera edición de su "especie Plantarum", en donde describe dos especies para el género:

CAPSICUM ANNUM.- Plantas con tallos herbáceos, generalmente anuales, en donde la duración de su ciclo vegetativo se limita a un año y medio con probabilidad de vivir varios años en zonas calientes.

CAPSICUM FRUTENSSENS.- Plantas con tallos frutescentes y generalmente perenes, en donde la duración de su ciclo vegetativo se limita al llegar el invierno cuando se le cultiva en zonas frías.

H.C. Irish en su revisión del género capsicum publicada en el año de 1898, cita que este género es originario de lugares tropicales de América, India y Africa. La planta de Chile se conoció también en Europa como

consecuencia del incremento comercial efectuado inmediatamente al descubrimiento de América. Debido a que la planta tiene una gran variedad de tipos de chile, trajo como consecuencia una confusión en lo referente a la taxonomía de los mismos. Irish ante el testimonio de las observaciones efectuadas por clasificaciones anteriores y las suyas, llegó a las siguientes conclusiones que sirvieron de base para la clasificación de este género:

- 1o. Muchas de las formas actuales proceden de tipos originales que han sido conservadas por sus buenas características.
- 2o. Dentro de los tipos originales muchas formas han aparecido y están apareciendo.
- 3o. Las especies botánicas pueden reducirse a únicamente dos, debido a la fijeza de sus caracteres.
- 4o. Muchas de las modernas variedades cultivadas pueden ser clasificadas dentro de estas dos especies.

En base a estas conclusiones escritas en su revisión del género *Capsicum*, confirmó y ayudo a reconsiderar como únicas especies del género *Capsicum annuum* y *Capsicum frutescens*.

La clasificación sufrió modificación cuando Bailey en 1923 establece que los chiles solo se comportan como perenes en sus habitats originales, reduciendo el género a una sola especie, considerándose solo la de *Capsicum frutescens*. Clasificación que aceptan en 1929 Erwin y Meyer-Fineman en 1937.

Sin embargo, Bakasov (1930), Bravo (1934) y Khan (1938), aceptan y reconsideran la clasificación efectuada por Linneo y revisada por Irish, promoviéndola como la de mayor aceptación.

Smith y Heiser en 1951, introducen dos nuevas especies: *Capsicum pubescens* y *Capsicum pendulum*, afirmando que son dos especies diferentes a las dos anteriores ya conocidas.

La primera cita que se tiene sobre las variedades de chile en México, la da el Dr. Hernández, médico de Felipe II, en su viaje a este país en el año de 1570, donde hace referencia a una clasificación basada en el tamaño, forma y color de los chiles encontrados en esa época.

Generalmente, las diferentes clasificaciones botánicas para definir el número de especies está basada en el tipo de cruzamiento que hay en ellas y las características de los órganos reproductores.

DIFERENTES ESPECIES Y VARIEDADES

Las especies y variedades del chiles son:

- i. *Capsicum annum*
- ii. *Capsicum frutescens.*
- iii. *Capsicum pubescens.*
- iv. *Capsicum pendulum*

- i. CAPSICUM ANNUM

Dentro de este género se encuentran la mayor cantidad de chiles que se conocen y por lo tanto la que más se cultiva. Las características que posee

este género son: Son plantas con una altura de 1-2 metros, las cuales tienen ramas fuertes y gruesas con abundante follaje.

Sus distintas variedades son las siguientes:

| | | |
|----------------|---|-----------------------|
| Capsicum annum | } | Variedad conoide |
| | | Variedad fasciculatum |
| | | Variedad acuminatum |
| | | Variedad longum |
| | | Variedad grossum |
| | | Variedad abbreviatum |
| | | Variedad ceraciforme |

Los chiles que más se cultivan en esta especie son: "ancho", "mulato", "pasilla", "serrano", "jalapeño", "guajillo", "cascabel", "piquín", "ornamental", "chile de agua", "liso", "binaltece", "guajón", "bola", "gordo", "cristalino", "chilaca" y muchos otros de menor importancia.

ii. CAPSICUM FRUTENSCENS

Esta especie presenta plantas perenes que miden de 50 cm a un metro de altura, sus ramas suelen ser numerosas, delgadas y flexibles. Dentro de esta especie resaltan dos variedades que son:

| | | |
|---------------------|---|---------------------|
| Capsicum Frutescens | } | Variedad frutescens |
| | | Variedad baccatum |

De donde resaltan los siguientes chiles: "chile de árbol", "chile tabasco", y "chile de huerta".

iii. CAPSICUM PUBESCENS

Esta especie se caracteriza por plantas pubescentes. Se desarrollan en lugares altos y por lo tanto la temperatura no es mayor de 25°C. La planta crece en forma arbusta y generalmente alcanza alturas superiores a los dos metros. El fruto que dan estas plantas son de forma oblonga y aplanada o a veces de forma globular. Los diversos chiles que se conocen de esta especie son: "chile manzano", "chile canario" y "chile cera".

iv. CAPSICUM PENDULUM

Esta especie puede distinguirse de las demás del género Capsicum por las características de sus flores: su corola es blanca, con marcas de color amarillo. Dentro de esta especie se conocen cuatro tipos de chile que son: "chile blanco", "chile magoñe", "chile pico de paloma" y "chile palillo".

COMPOSICION QUIMICA

Actualmente el estudio del chile en cuanto a su composición química está determinado por tres componentes que son:

- i. Capsaicina
- ii. Capsantina
- iii. Tocoferoles

- i. CAPSAICINA

Es componente de la oleoresina del Capsicum. La capsaicina es considerada como el principio activo o picante del chile.

Desde el siglo pasado diversos investigadores han estudiado este principio activo mediante la extracción y purificación de esta sustancia, llegando a reportar actuales investigadores que la capsaicina es una mezcla de por lo menos cinco vainillilamidas parecidas entre sí, con un punto de fusión de 63-64°C y un punto de ebullición de 210-220°C.

Generalmente, la distribución de la capsaicina en el fruto no es uniforme y parece ser que la mayor cantidad de capsaicina se encuentra en las paredes del fruto y no en las semillas o el pericarpio.

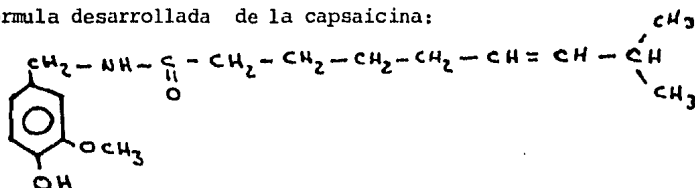
Factores como variedad, localización geográfica, crecimiento, condiciones de procesamiento y madurez en los chiles cultivados influyen de manera decisiva en el contenido de capsaicina que presentan.

La oleoresina del Capsicum es una sustancia de color rojo oscuro o anaranjado, la cual es soluble en éter etílico, éter de petróleo y

disolventes orgánicos. La oleoresina tiene uso en la industria alimenticia ya que es materia de algunos saborizantes de uso común.

Fórmula empírica de la capsaicina: $C_{18}H_{27}O_3N$.

Fórmula desarrollada de la capsaicina:



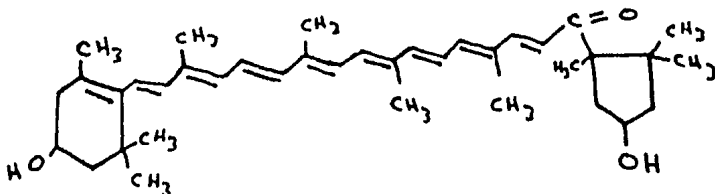
ii. CAPSANTINA

El color que presentan los chiles depende de la presencia de varios pigmentos, dependiendo de su estado de madurez. El color verde característico de los frutos tiernos está dado por el contenido de clorofila que contenga. Generalmente a medida que madura el fruto, el chile cambia de color debido a la presencia de carotenoides y xantofilas.

La capsantina es el pigmento carotenoide de Capsicum ya maduro, el cual al extraerse es un polvo de color rojo oscuro que presenta un punto de fusión de 181-185°C y es soluble en alcohol, éter de petróleo y cloroformo.

Fórmula empírica de la capsantina: $C_{40}H_{58}O_3$

Fórmula desarrollada de la capsantina:



iii. TOCOFEROLES

Son conocidos también por el nombre de vitamina E.

Los aceites vegetales y varios cereales, son buena fuente de esta vitamina. La vitamina E existe en cuatro formas $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ todas ellas pertenecer al grupo de tocoferoles, siendo α la más importante por tener la mayor actividad biológica.

Los tocoferoles poseen dobles enlaces en su estructura química, por lo que funcionan como antioxidantes naturales en el cuerpo, protegiendo a sustancias tales como: ácidos grasos insaturados y ácido ascórbico.

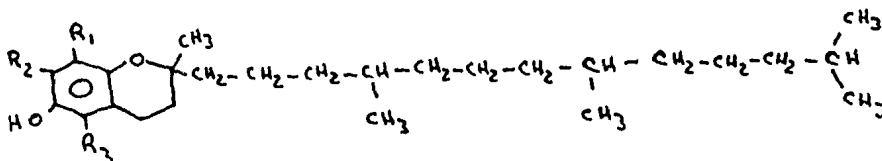
En el organismo existe una relación entre la concentración de ácidos grasos polinsaturados y vitamina E, de modo que a medida que aumenta el consumo de ácido linoléico y de ácido linolénico, se requiere una mayor cantidad de vitamina E para contrarrestar reacciones de oxidación.

La cantidad de los tocoferoles como antioxidantes es mayor en las fracciones que no tienen actividad biológica β, γ, δ .

Fórmula empírica para α, β, γ : $C_{28}H_{48}O_2$

Fórmula empírica para δ : $C_{29}H_{50}O_2$

Fórmula desarrollada:



| | | R_1 | R_2 | R_3 |
|------------|-----------|----------------|----------------|----------------|
| α . | tocoferol | $-\text{CH}_3$ | $-\text{CH}_3$ | $-\text{CH}_3$ |
| β | tocoferol | $-\text{CH}_3$ | $-\text{H}$ | $-\text{CH}_3$ |
| γ | tocoferol | $-\text{CH}_3$ | $-\text{CH}_3$ | $-\text{H}$ |
| δ | tocoferol | $-\text{CH}_3$ | $-\text{H}$ | $-\text{H}$ |

COMPOSICION BROMATOLOGICA

El chile al ser consumido en diversas formas, ya sea como fruto verde o seco proporciona algunas proteínas, vitaminas y carbohidratos, por lo que se le considera como alimento. La proporción de estos nutrientes depende de la clase de chile y la época de cosecha del mismo.

A continuación se representa la composición bromatológica de los chiles destinados para ser estudiados en este trabajo monográfico:

| Contenido por | Humedad | Proteína | Ca | P | Fe | Tiamina | Niacina | Vit. C |
|---------------|---------|----------|------|------|------|---------|---------|--------|
| 100 g | (g) | (g) | (mg) | (mg) | (mg) | (mg) | (mg) | (mg) |

C H I L E

| | | | | | | | | |
|----------|------|-------|-----|-----|------|------|-------|------|
| JALAPEÑO | 96.1 | 1.37 | 16 | 29 | 0.50 | 0.65 | 0.66 | 75.2 |
| ANCHO | 87.6 | 1.75 | 25 | 54 | 0.80 | 0.11 | 1.52 | 57.9 |
| PASILLA | 15.9 | 10.74 | 127 | 320 | 0.80 | 0.55 | 15.20 | 71.1 |
| SERRANO | 86.4 | 2.69 | 25 | 54 | 0.80 | 0.11 | 1.52 | 57.9 |

EL CULTIVO DE CHILE EN MEXICO

El chile es un vegetal que puede ser cultivado en casi todo el país debido a que su planta posee una amplia adaptación a diferentes tipos de climas y suelos.

Dada la gran diversidad de tipos de chiles cultivados y silvestres que hay en México y los diversos usos que se da a los frutos, ya sea como alimento directo o procesados en salsas, polvo o encurtido. La especie de mayor importancia para el cultivo de chile en la República Mexicana es la de *Capsicum annum*, debido a que sus variedades son cultivadas desde el nivel del mar en las costas del Golfo y del Pacífico, hasta los 2500 msnm. en la Meseta Central, cubriendo diferentes características ecológicas. Sin embargo, se pueden diferenciar regiones especializadas en la producción comercial de ciertos tipos de chiles, tales como:

- Región del Golfo.- Se cultivan serranos y jalapeños
- Región del Bajío.- Se cultivan anchos, mulatos y pasillas.
- Región de la Meseta Central.- Se cultivan poblanos y cerricillos.
- Región del Pacífico Norte.- Se cultivan chiles de exportación como: bell, anaheim, caribe y fresno.
- Región del Norte.- Se cultivan anchos y jalapeños.
- Región del Sur.- Se cultivan jalapeños, costeños y habaneros.

Estas regiones se representan en el siguiente cuadro:

Cuadro No. 1

| R e g i ó n | Total (ha) | Area (ha) | Principales tipos de chile |
|-------------------|---------------|--------------|---|
| GOLFO | 12,900 | | Jalapeños, serranos. |
| Veracruz | | 10,400 | |
| Tamaulipas (Sur) | | 2,500 | |
| BAJIO | 12,260 | | Anchos, pasillas y mulatos. |
| Guanajuato | | 6,240 | |
| Aguascalientes | | 3,100 | |
| Jalisco | | 2,920 | |
| MESA CENTRAL | 6,530 | | Poblanos, miahuatecos, serranos y carricillos. |
| Puebla | | 3,330 | |
| Hidalgo | | 3,200 | |
| PACIFICO NORTE | 13,500 | | Bell, anaheim,caribe, serrano, ancho. |
| Sinaloa | | 7,500 | |
| Nayarit | | 3,800 | |
| Sonora y B.C.N. | | 2,200 | |
| NORTE | 29,100 | | Mirasol, ancho, jalapeño. |
| Zacatecas | | 16,600 | |
| Durango | | 3,000 | |
| San Luis Potosí | | 6,500 | |
| Chihuahua | | 3,000 | |
| SUR | 7,200 | | Jalapeño, costeño, habanero. |
| Guerrero | | 2,000 | |
| Yucatán | | 700 | |
| Oaxaca | | 4,500 | |
| T O T A L: | 81,490 | | |

* No se incluyen algunas regiones que producen un área menor de 500 ha., como Morelos, Chiapas, Nuevo León, Coahuila y Michoacán.

Fuente: Secretaría de Programación y Presupuesto (1981 Vol. 5, No. 10) con adaptaciones hechas por el Programa de Chile INIA-SARH.

El área sembrada con los chiles de mayor uso en el país fluctúa de 70,000 a 80,000 hectáreas; esta área da una producción estimada de más de 500,000 toneladas de frutos frescos y 30,000 toneladas de frutos secos, donde el 80% del área total cultivada es explotada bajo riego y el 20% restante es de temporal y humedad residual.

CUADRO No. 2

| Tipo de Chile | Area Sembrada (ha) | Rendimiento promedio (ton/ha) | Volumen de Prod. (ton) |
|---|--------------------|-------------------------------|-----------------------------------|
| Jalapeño | 15,500 | 7.60v | 114,000 |
| Serrano | 15,130 | 11.12v | 168,246 |
| Bell, fresno, caribe, anaheim (exportación) | 8,700 | 16.00v | 139,200 |
| Habanero | 500 | 3.00v | 1,500 |
| Ancho | 16,400 | 10.00v 1.30s | 164,000 21,320 |
| Mirasol | 14,000 | 1.40s | 19,600 |
| Mulato | 4,480 | 1.30s | 5,824 |
| Pasilla | 3,080 | 1.10s | 3,388 |
| Costeño | 2,000 | 1.00s | 2,000 |
| Cora y de árbol | 700 | 1.50s | 1,050 |
| Otros* | 1,000 | Variable | No estimado |
| TOTAL: | 81,490 | | 586,946v 31,862s |

v-Rendimiento verde

s-Rendimiento seco

* Piquín, perón, serranito, pico de paloma, bolita, chile de agua, carricillo, etc.

Fuente: Secretaría de Programación y Presupuesto (1981 Vol. 5 No. 10) y adaptaciones hechas por el Programa de Chile INIA-SARH.

Es importante mencionar que, tanto la superficie sembrada como la producción se han elevado constantemente a través de los años (ver cuadro No. 3).

En el primer cuarto del presente siglo, la mayor área sembrada y consecuentemente el mayor volumen de producción era de chile seco con más del 60% del área total. En la actualidad esta proporción se ha invertido y el 60% se dedica a chile verde, donde aproximadamente un 10% de esta área está representada por siembras destinadas a exportación.

Cuadro No. 3

| Año | Chile seco | | | | Chile verde | | | |
|----------|----------------------|---------------------|------------------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|------------------------------|-----------------------|
| | Superf. cosechada ha | Rendim. medio/ha Kg | Consumo Prod. per cápita ton | Consumo per cápita kg | Superf. cosechada ha | Rendim. medio/ha kg | Consumo Prod. per cápita ton | Consumo per cápita kg |
| Promedio | | | | | | | | |
| 1925/29 | 14884 | 477 | 7094 | 0.45 | 9397 | 1924 | 18077 | 0.94 |
| 1930/34 | 12258 | 494 | 6054 | 0.35 | 7156 | 2371 | 16964 | 0.88 |
| 1935/39 | 12311 | 546 | 6721 | 0.35 | 10046 | 1913 | 19211 | 0.92 |
| 1940/44 | 18755 | 715 | 13418 | 0.58 | 14251 | 2187 | 31163 | 1.29 |
| 1945/49 | 18442 | 743 | 13696 | 0.53 | 15816 | 2356 | 37265 | 1.25 |
| 1950/54 | 21355 | 777 | 16599 | 0.56 | 16653 | 2375 | 39543 | 1.14 |
| 1955/59 | 23664 | 717 | 16978 | 0.49 | 27091 | 2542 | 68866 | 1.94 |
| 1960/64 | 23733 | 756 | 17936 | 0.40 | 37292 | 2965 | 110563 | 2.63 |
| 1965/69 | 21904 | 1021 | 22373 | 0.43 | 39180 | 4447 | 174239 | 3.44 |
| 1970/74 | 23246 | 1181 | 27460 | 0.47 | 50934 | 6876 | 350246 | 5.53 |
| 1978 | 35480 | 1093 | 38763 | 0.56 | 53694 | 9241 | 496207 | 7.24 |

Fuente: Dirección General de Economía Agrícola. Econotecnia Agrícola.

Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.

También los últimos cincuenta años el consumo per cápita de chile verde se ha incrementado considerablemente: de 0.94 kg per cápita que se consumía en 1925 a 7.24 kg en 1978, si se considera la producción total, pero como en dicha cantidad están incluidas las exportaciones, el consumo real per cápita de chile verde fue de 5.2 kg en 1978. Representando un incremento del 553% de 1925 a 1978. Sin embargo, como se aprecia en el cuadro anterior, el consumo per cápita de chile seco ha permanecido más o menos constante (0.42 kg a 0.57 kg).

Es de hacer notar que los chiles más importantes, a nivel nacional, son: chile jalapeño, chile ancho, chile pasilla y chile serrano. Los cuales representan aproximadamente el 60% del área total destinada al cultivo del chile del país.

La investigación de este trabajo hara referencia a estas cuatro clases debido a ser los más cultivados en México y por consiguiente los que más consume la población nacional en su alimentación diaria.

A continuación, se describen las principales características de los chiles estudiados:

CHILE JALAPEÑO (Capsicum annum. Variedad no conocida)

Desde comienzos del presente siglo se registra el cultivo de este tipo de chile a nivel comercial, en la cuenca baja del Río Papaloapan, la cual comprende parte de los estados de Veracruz y Oaxaca.

El nombre de jalapeño proviene de la ciudad de Jalapa, Ver., en donde antiguamente se comercializaba el fruto, aún cuando en esa región no se siembra ese tipo de chile.

Zonas Productoras:

En la República Mexicana se siembran alrededor de 15,000 hectáreas, donde las tres zonas productoras más importantes son:

- i. La cuenca baja del Río Papaloapan, la cual comprende parte de los estados de Veracruz (con 6,500 ha) y de Oaxaca (con 2,500 ha), en donde el sistema de producción predominante es de temporal y humedad residual.
- ii. El norte del estado de Veracruz, principalmente en los municipios de Papantla, Espinal y Cazonas, en los cuales se siembra una extensión de 3,000 ha en humedad residual.
- iii. La región de Delicias, Chihuahua, cultivando una extensión de 3,000 ha bajo sistemas de riego, y en consecuencia, en esta región se obtienen los rendimientos unitarios más altos.

Además hay otras regiones en las cuales se cultiva este tipo de chile en pequeña escala con área reducida en los estados de Jalisco, Nayarit, Sonora, Sinaloa y Chiapas, con una superficie total cultivada de unas 1,000 ha

Subtipos:

Por las características del fruto y el hábito del crecimiento de las plantas, se han definido cuatro subtipos del chile jalapeño:

- 1) El típico, también conocido como: rayado, acorchado, gordo, tres lomos, San Andrés, etc., tiene plantas compactas no más altas de 65 cm , las cuales presentan dos hábitos de crecimiento: el de horqueta (tipo arbolito) y el de cuatro ramas (en esta forma de crecimiento, las cuatro ramas son largas y crecen en forma de cruz, las cuales pueden estar en posición vertical u horizontal.)

Las plantas son glabras, sin o con escasa pubescencia en los ápices y producen dos o tres cosechas.

El fruto es cónico, de forma cilíndrica, mide de 4 a 8 cm de largo y 3 a 5 cm de diámetro, con corchosisidad intermedia (de 30 a 60%) en la superficie del fruto y tres a cuatro lóculos con pericarpio grueso (0.4 a 0.6 cm de espesor) el cual da una buena consistencia. Este subtipo es el que tiene mayor aceptación comercial, en especial para la industria enlatadora.

- 2) El subtipo peludo, también conocido como candelaria o cuaresmeño, tiene una planta de porte alto, muy vigorosa y con alturas que varían de 1.00 a 1.50 m. Tiene abundante pubescencia en tallos y hojas. La planta es de crecimiento tardío y de producción escalonada, produciendo seis o más cortes cuando se siembra bajo condiciones de humedad residual; es susceptible a los excesos de humedad. El fruto es de forma alargada y cuerpo angular, de 6 a 9 cm de longitud por 3 a 4 cm de diámetro; tiene tres o cuatro lóculos, con un pericarpio

grueso (0.5 cm de espesor). El fruto generalmente es liso y cuando tiene corchosidades éstas no exceden del 30% de la superficie del mismo. Los frutos de este tipo se destinan, en su mayor parte, al mercado como fruto verde.

- 3) El espinalteco, llamado también pinalteco, es otro subtipo con plantas de porte intermedio de 70 a 80 cm de altura, siendo éstas precoces, con una producción concentrada, dando solamente dos cosechas.

Los frutos son largos, delgados y con ápice puntiagudo; tienen una longitud de 6 a 9 cm. y un diámetro de 2.5 a 3.0 cm. Forman dos o tres lóculos, con un pericarpio delgado, menos de 0.4 cm. Los frutos son lisos o bien presentan poca corchosidad (menos del 15% de la superficie).

- 4) El morita, denominado también bolita, tiene plantas de 70 cm de altura, las cuales crecen en forma de arbolito, con crecimiento en horqueta.

Los frutos son redondos o cónicos de 3 a 4 cm de longitud y 2 a 3 cm de diámetro. Tienen pericarpio grueso y son lisos sin corchosidad en la superficie. Dentro del chile jalapeño, este subtipo es el de menor aceptación comercial.

Áreas de Adaptación:

Los subtipos tradicionales de chile jalapeño tienen áreas de adaptación definidas de las regiones productoras de Veracruz y Oaxaca, en donde

pueden expresar todo su potencial genético de producción. Cuando se siembran en otras regiones, como Jalisco y Chihuahua, los rendimientos disminuyen en un 30%; la calidad y tamaño de los frutos disminuyen también. Es así como el subtipo típico se cultiva principalmente en la cuenca del Río Papaloapan, el subtipo peludo en las planicies y vegas de los ríos del centro y del norte de Veracruz, y el subtipo espinalteco, en laderas de montañas al norte de Veracruz y parte de Oaxaca.

Caracteres de Calidad del Fruto.

El chile jalapeño se consume tanto fresco como industrializado; por tal razón hay aspectos de calidad que son importantes para una buena comercialización:

TAMAÑO

El tamaño ideal es de 6 a 8 cm de longitud, y el diámetro del fruto no debe ser menor que la mitad de su longitud.

PESO

Debe tener un peso unitario mínimo de 10 g con las siguientes correlaciones con la longitud y diámetro del fruto:

| Categoría | Largo (cm) | Diámetro (cm) | Peso (g) |
|-----------------|--------------|---------------|-------------|
| Muy chico | Menos de 3.5 | 2.0 | 7.5 |
| Chico | 3.5 a 4.5 | 2.5 | 10.5 a 14.0 |
| Mediano Chico* | 4.5 a 5.5 | 3.0 | 14.0 a 21.0 |
| Mediano grande* | 5.5 a 6.0 | 3.5 | Más de 25.0 |
| Grande | Mayor de 6.0 | 3.5 | Más de 25.0 |

* Categorías ideales o preferibles; las otras son tolerables para la industria.

FORMA

El fruto ideal es de forma cónica, igual que los frutos del subtipo típico. Luego, le siguen en importancia los largos y gruesos como los del subtipo peludo, después los largos y puntiagudos como los espinaltecos; los menos importantes son redondos y oblongos como los del subtipo morita.

CORCHOSIDADES

Este factor importante para el proceso industrial ya que la corchosisidad evita que la cutícula del fruto se desprenda durante el proceso de encurtido. Se prefieren frutos que tengan de 30 a 60% de corchosisidades, los chiles demasiado corchosos tienen poca aceptación en la industria y el mercado en fresco, sin embargo estos chiles son ideales para la elaboración de chile "chipotle".

PERICARPIO

Es deseable tener frutos con un pericarpio grueso ya que esta estructura le da mayor peso a los mismos, resisten mejor los problemas de transporte, y al proceso de esterilización, lavado al vapor y de aplicación de presión durante el proceso industrial.

PEDUNCULO

Es necesario que el pedúnculo quede adherido al fruto con el fin de evitar los daños de hongos y bacterias en el almacenaje.

COLOR

Se prefieren los frutos de color verde intenso y brillante.

USOS DEL CHILE JALAPEÑO

Se estima que el 60% de la producción se utiliza en la industria de encurtidos, el 20% se consume como fruto verde y el 20% restante se utiliza para la elaboración de chile "chipotle".

CHILE ANCHO (Capsicum annum. Variedad Grossum)

Es muy posible que el cultivo en gran escala de este chile se haya iniciado en las cercanías de la Ciudad de México, quizás en el Valle de Puebla, por lo cual se les conoce como "chile poblano" al consumirse en estado verde.

Zonas productoras:

En México se cultivan anualmente más de 15,000 hectáreas con este tipo de chile bajo condiciones de riego y siguiendo el sistema de trasplante de plántulas producidas en almacigos.

Las zonas productoras están ubicadas principalmente en los valles semiáridos del área central del país correspondiente a los estados de Guanajuato, San Luis Potosí, Durango, Zacatecas y Aguascalientes. En toda esta área, el cultivo se hace bajo riego.

Hay otras zonas de menor importancia en los estados de Sinaloa, Nayarit y Coahuila y en el norte de México.

Descripción del tipo ancho:

Dentro del tipo de chile ancho existe una variabilidad en cuanto a sus características como altura y hábito de crecimiento de la planta, tamaño y color de las hojas y tamaño, forma, número de lóculos y color del fruto. Sin embargo, no se puede caracterizar morfológicamente una población específica de un determinado tipo para cada zona, pero sí es posible identificar varios tipos fenotipos. Es frecuente encontrar, dentro de un cultivar nativo o criollo de determinada región, una amplia gama de variabilidad

en relación con las características mencionadas.

PLANTAS

Generalmente, son plantas sin pubescencia, de aspecto herbáceo, aunque con tallo que puede llegar a tener aspecto semileñoso; crecimiento compacto y altura de las plantas entre 60 y 70 cm. Frecuentemente, el tallo inicia su ramificación a menos de 20 cm del suelo, dividiéndose en dos o tres ramas, las cuales a su vez, se bifurcan cada 8 a 12 cm, en forma sucesiva unas cuatro o cinco veces.

HOJAS

Son de color verde oscuro brillante, de forma ovado-acuminada. En las ramas inferiores las hojas son de mayor tamaño; miden de 7 a 12 cm de longitud por 4 a 9 cm de ancho. La venación es prominente; los peciolo miden de 5 a 8 cm de longitud y son acanalados.

FLORES

La flor tiene cinco pétalos de color blanco sucio; casi siempre hay una flor en cada nudo. El período de floración se inicia aproximadamente a los 50 días y continúa hasta que la planta muere, normalmente, a causa de las heladas en invierno.

FRUTOS

El fruto de este tipo de chile mide de 8 a 15 cm, tiene forma cónica o de cono truncado; cuerpo cilíndrico o aplanado, con hundimiento bien definido en la unión del pedúnculo o base; el ápice es puntiagudo o bien, un poco chato. Tiene de dos a cuatro

lóculos; la superficie es más o menos surcada y una pared gruesa. Antes de madurar, el color es verde oscuro, pero al madurar se torna rojo.

Caracteres de calidad del fruto:

Para la buena comercialización del chile ancho, ya sea en verde o en seco, es necesario considerar varias cualidades que debe tener el fruto.

TAMAÑO

Ya sea en chile verde o seco, se prefieren los frutos de más de 10 cm de longitud y más de 6 cm de diámetro.

FORMA

Los frutos de forma cónica con dos o tres lóculos, son más apreciados. Los tipos de cuerpo relativamente aplanado son más convenientes para la producción de chiles verdes. La base del fruto debe ser hundida, o sea el "cajete" del fruto debe estar bien definido.

COLOR

Los chiles verdes deben tener una coloración intensa y brillante, mientras que los chiles secos deben ser rojos-oscuros.

TEXTURA

Los frutos verdes deben ser completamente lisos, mientras que los chiles secos deben tener aspecto rugoso.

PERICARPIO

Se prefieren frutos con pericarpio grueso pues esta característica les da mayor peso, tanto en verde como ya seco. Posiblemente esta característica o factor esté relacionado con otras cualidades como

el sabor y el aroma.

PEDUNCULO

Para la comercialización, es casi imprescindible que el pedúnculo quede adherido a la base del fruto, excepto cuando éste se vende seco para su industrialización.

Usos del Chile Ancho:

Aproximadamente el 50% de la producción nacional se comercializa como fruto verde. Del porcentaje que se deshidrata, un 15% se destina a la industria para la elaboración de chile en polvo y a la extracción de colorantes, los cuales, a su vez, se utilizan en la elaboración de alimentos para la industria avícola y de otros productos de consumo humano que requieren el uso de colorantes naturales. El porcentaje restante lo utiliza la gente a nivel doméstico, como condimento cotidiano en la preparación de salsas y platillos regionales.

CHILE PASILLA (Capsicum annum. Variedad longum)

Zonas productoras:

En la República Mexicana se siembran alrededor de 3,000 ha de chile pasilla, que dan un volumen de producción aproximado de 3400 ton. de chile seco. Los principales estados productores son Aguascalientes, Jalisco, Guanajuato, Zacatecas y en menor escala Nayarit. En todos estos estados el cultivo se efectúa bajo sistema de riego.

Descripción:

PLANTA

Tiene hábito de crecimiento erecto, de entrenudos largos y alturas que varían de 50 a 80 cm, las primeras ramificaciones se inician arriba de los 10 cm de la base del tallo, factor importante para que los frutos no estén en contacto con el suelo. Por lo general son plantas glabras, sin pubescencia en tallos ni hojas.

FRUTO

Son largos de cuerpo cilíndrico y ondulado; el tamaño varía de 15 a 30 cm de longitud y de 2 a 4 cm de diámetro. Tienen de 2 a 3 lóculos, su color es verde oscuro cuando está tierno, cambia a café oscuro al madurar y a café achocolatado cuando están secos.

Usos del Chile Pasilla:

Aproximadamente el 85% de la producción es comercializada como fruto deshidratado y el 15% es utilizado para la elaboración de condimentos.

CHILE SERRANO (Capsicum annum variedad fasciculatum)

Se presume que el chile serrano es originario de las serranías del norte de Puebla e Hidalgo, en donde se sembró originalmente. En la actualidad se siembra en la región del declive del Golfo un chile que tiene las mismas características del serrano, pero de tamaño no mayor de tres centímetros, denominado "serranito", el cual posiblemente es el ancestro cultivado del tipo comercial que hoy se conoce.

Debido al amplio rango de adaptación que tiene al constante incremento en la demanda del producto, su cultivo se desplazó a otras regiones en donde encontró condiciones favorables para su desarrollo, como son las costas del Golfo de México (Veracruz y Tamaulipas) y del Pacífico (Nayarit y Sinaloa). Sin embargo, es común encontrarlo en todas las regiones chileras del país; en climas tropicales al igual que en zonas templadas y semiáridas, en latitudes que varían desde el nivel del mar hasta los 2,000 msnm. en la Meseta Central.

Zonas Productoras:

El área sembrada de chile serrano, a nivel nacional, fluctúa alrededor de las 15,000 ha , dando un volumen de producción que oscila entre 16,000 a 18,000 ton., las cuales se distribuyen en las zonas productoras de los siguientes estados: San Luis Potosí 3,000 ha , Veracruz 2,700 ha , Nayarit 2,500 ha , Hidalgo 2,500 ha , Tamaulipas 2,500 ha . Regiones que contribuyen con más del 80% de la producción total. Además se cultivan en menor escala en otras regiones como: Puebla 830 ha , Nuevo León y Coahuila 500 ha , Jalisco 300 ha , Sinaloa 200 ha , Sonora 200 ha y otras.

Descripción

PLANTAS

Este tipo de chile tiene mucha variabilidad en cuanto a morfología de la planta; es así como se observan hábitos de crecimiento compacto, postrado y erecto, con todas sus variantes, dado principalmente por el número y posición de las ramas primarias en el tallo principal. La altura varía de 0.40 a 1.50 m . Las hojas y el tallo presentan diferentes grados de pubescencia, lo cual da diversas tonalidades de color verde a la planta, aunque se pueden encontrar también materiales glabros.

También existe variación en las raíces en cuanto a forma y tamaño, desde la raíz típica o pivotante, con diferentes grados de ramificación y profundidad, hasta las raíces fibrosas.

Generalmente su ciclo vegetativo varía de 140 a 240 días y pueden realizarse hasta diez cosechas que son económicamente redituables.

FRUTOS

Los frutos son rectos, alargados o ligeramente encorvados y algunos de forma cónica. Tienen de 2 a 10 cm de longitud, con cuerpo cilíndrico y epidermis lisa; presentan de 2 a 3 lóculos. Son muy picantes, de color verde que varía desde el claro al muy oscuro cuando inmaduro, cambiando luego al rojo al madurar, aunque hay genotipos que maduran en café, anaranjado o amarillo.

Subtipos y Categorías:

La variación morfológica de la planta no está relacionada con el tipo de fruto que produce, como sucede en otros tipos de chile. En forma general los frutos se han clasificado por su forma y tamaño en tres categorías o subtipos:

Balín.- Son frutos de 2 a 4 cm de longitud, de forma cónica o alargada muy firmes y de poca aceptación en el mercado en forma verde. Hasta hace poco tiempo, este subtipo de chile era el que se encontraba con mayor frecuencia en el mercado y definía al tipo serrano; inclusive en la actualidad, tiene aceptación en Veracruz para consumo fresco. Sin embargo, la industria enlatadora tiene preferencia por este subtipo.

Típico.- Los frutos son alargados de 4 a 8 cm de largo, rectos, lisos, de ápice aguada o redondeada. Actualmente es el subtipo de mayor aceptación en el mercado nacional para consumo fresco.

Largo.- Frutos con longitud de 8 cm, son puntiagudos y encorvados. Este subtipo tiene poca aceptación en el mercado fresco e industrial.

Caracteres de Calidad del Fruto:

La apariencia del fruto es determinante para la buena comercialización. El fruto debe reunir ciertas características.

APARIENCIA

Se prefieren frutos de 6 a 8 cm de largo, rectos y de epidermis lisa, de color verde normal a verde oscuro brillante. El pedúnculo debe permanecer adherido al fruto para evitar una rápida deshidratación y los problemas de enfermedades en el almacenaje.

FIRMEZA

Es un caracter importante ya que le confiere al fruto un mayor peso unitario, resistencia al transporte y mayor tiempo de exposición en el mercado, sin que demerite su calidad. Este carácter está dado por un buen llenado por la placenta y semillas de las cavidades internas y por el grosor del pericarpio, el cual no debe ser menor de 1.8 mm.

Usos:

Más del 90% de la producción nacional se utiliza en fruto verde; de ahí que este tipo es conocido también con el nombre de "chile verde". El resto de la producción se utiliza en encurtidos por la industria enlatadora.

PLANIFICACION DEL CULTIVO

Para obtener un buen rendimiento del cultivo de la planta de chile, es necesario que se tomen en cuenta los aspectos más importantes que son:

- | | |
|---------------------------|--|
| - Época de cultivo | - Labores de preparación de suelo para el trasplante |
| - Selección de la semilla | - Trasplante y cultivos |
| - Almacigos | - Fertilización |
| - Siembra | - Cosecha |
| - Clima | - Control de plagas y enfermedades |
| - Suelo | - Rotación de cultivos |

Como no es posible contar usualmente con las condiciones óptimas en todos los aspectos para el cultivo, se deben tomar las medidas necesarias para mejorarlas por medio de una planificación, haciendo referencia hacia estos aspectos importantes.

EPOCA DE CULTIVO

Son dos fechas de siembra generalmente las que se destinan para el cultivo de la planta, debido a las características climatológicas que presenta cada región:

- 1) La primera época de cultivo se realiza en los meses de marzo-mayo dependiendo este amplio margen, de la fecha en que se presenten las últimas heladas. Las cosechas cuando se destinan a la venta de fruto verde se realizan desde el mes de agosto hasta finales de septiembre; en cambio si el fruto es comercializado como seco, la cosecha se realiza de agosto hasta finales del mes de octubre.

Las regiones que efectúan el cultivo en estas fechas, son aquellas que tienen clima semi-seco, templado o seco-templado, y que se encuentran influenciadas por las masas de aire frío procedentes del norte, ya que invaden normalmente a nuestro país desde los meses de octubre a abril. Estas ondas frías, hacen descender la temperatura notablemente, causando efectos mortales a la planta, razón por la cual el cultivo de chile se hace en los meses que no se presentan estas ondas polares.

- 2) La segunda época de cultivo queda comprendida entre los meses de agosto a mayo. La cosecha de estos cultivos se destina principalmente a la venta de fruto verde, la cual se efectúa a partir del mes de noviembre hasta el mes de diciembre.

Las regiones que cultivan chile en estas fechas son las que tienen un clima cálido-semiseco o cálido-seco con temperaturas mínimas en invierno.

Existen estados de la República Mexicana en donde el cultivo de la planta de chile puede realizarse en cualquier época del año y los cuales se distinguen por poseer clima cálido-húmedo que son: Veracruz, Tabasco, Guerrero, Oaxaca y Chiapas.

SELECCION DE LA SEMILLA

La selección de la semilla de chile se hace eligiendo en el chilar un número suficiente de plantas que se distingan por ser muy vigorosas y que no hayan sido atacadas por alguna enfermedad o plaga y que posean la mayor parte de sus frutos bien desarrollados.

Si se trata de cultivar chile por primera vez, se elegirá semilla de la mejor calidad mediante algún cultivador especializado o alguna casa especialista.

ALMACIGOS

Los almacigos son el lugar favorable para sembrar la semilla de chile, para posteriormente generada la planta, éstos la protejan contra bajas temperaturas y contra lluvias.

En la actualidad es posible encontrar una gama amplia de almacigos que van desde lo más rústico hasta lo más sofisticado.

SIEMBRA

Lo tradicional de la siembra de chile en almacigos es que ha sido siempre al voleo, en donde el agricultor aplica generalmente cantidades excesivas de semilla sin ninguna distribución uniforme en el suelo. Lo anterior se refleja en una producción de planta débil y desuniforme. Sin embargo, existe la tendencia hacia la siembra en surquitos, en donde se tiene la ventaja de controlar mejor la humedad, densidad y fertilización, o bien sembrar al voleo con menos semillas, de tal suerte que las plántulas no queden amontonadas.

CLIMA

Para una buena producción de chile cultivado, la temperatura debe oscilar entre 20-30 °C, dependiendo del estado de desarrollo que posea la planta:

PERIODO DE GERMINACION.- Temperatura mínima 10°C, temperatura óptima 20-25°C, temperatura máxima 40°C.

PERIODO DE CRECIMIENTO VEGETATIVO.- Temperatura mínima 15°C, temperatura óptima 20-30°C, temperatura máxima 40°C.

PERIODO DE FLORACION.- Temperatura mínima 15-20°C, temperatura óptima 20-30°C, temperatura máxima 40°C.

La condición de humedad de suelo, para el desarrollo del chile, es el estado de capacidad de campo. La cantidad de agua durante el período de crecimiento de la planta debe ser 550 mm, la mínima agua requerida es de 300 mm., y la máxima agua tolerada por las raíces de la planta es de 1,000 mm. Las variedades de chile precoces necesitan menos agua que las tardías.

Las regiones que cumplen con estas características en nuestro país son las que se encuentran en la altiplanicie, sin embargo en regiones de la vertiente del Golfo y del Pacífico son muy parecidas las condiciones óptimas de cultivo. Debido a esta característica estas regiones también son ampliamente cultivadas.

Con respecto a la altitud, el chile se cultiva desde el nivel del mar hasta alturas de 2,500 m.s.n.m.

La mayoría de las regiones productoras de chile se localizan en la parte central del territorio nacional entre los 17° y los 26° de L.N.

Las combinaciones térmico-pluviométricas que la planta mejor acepta son: húmedo-cálido, semiseco-cálido, semiseco-templado, seco-cálido y seco-templado.

S U E L O

La planta de chile es cultivada a través del territorio nacional en suelos de origen y composición muy variada, pero no obstante los suelos más propicios para cultivarlo con los que presentan las siguientes características:

ESPESOR

Este debe ser el adecuado con el fin de proporcionar un amplio medio de desarrollo a las raíces de las plantas.

DRENAJE

Debe eliminar fácilmente a través de su espesor los excesos de agua, debido a que en el cultivo la regulación de agua disponible en el suelo es vital.

TOPOGRAFIA

Esta característica determina necesariamente la clase de suelo que deberá utilizarse principalmente por lo que respecta a su drenaje superficial, éste, junto con un buen drenaje interior que ayude a eliminar los excesos de agua, será lo más deseable para este cultivo.

La pendiente que presente el terreno puede variar según el espesor, su drenaje y frecuencias de lluvias en la región. Así pues, en lugares donde las lluvias son intensas, la inclinación del terreno que se destine para el cultivo debe ser mayor, igualmente su espesor y naturalmente se buscará un suelo con un buen drenaje interior. En climas de tipo seco o semi-seco, la pendiente del terreno que se elija puede ser mínima.

MICRORELIEVE

Un suelo libre de bordos o depresiones y con pendiente uniforme que facilite los riegos deberá ser el preferido.

TEXTURA

La planta de chile se adapta a una gran variedad de tipos de suelos, pero no en todos suele alcanzar con facilidad el límite más ventajoso de su productividad, por esto debe de proporcionarse a la planta la textura de suelo más adecuada, reduciendo de esta forma el número de esfuerzos que tenga que desarrollar a fin de favorecer mejor su crecimiento. Los suelos de textura media de constitución arcillo-arenosa son los más idóneos para este cultivo.

MATERIA ORGANICA

La influencia de la materia orgánica sobre la planta es muy notable, en suelo previsto de ésta, el rendimiento se eleva de manera notable con respecto a suelos con textura antes señalada y cantidad de materia orgánica suficiente (3-5%), a fin de que ésta modifique las principales propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

SALES SOLUBLES

La planta de chiles es muy sensible a pequeñas concentraciones de sales solubles como: carbonato de sodio, el sulfato de sodio y el sulfato de magnesio. Esta sensibilidad es notoria cuando las plantas son pequeñas, debido a esto el suelo deberá no tener gran acumulación de estas sales.

pH

La reacción del suelo preferido por esta planta varía de 6.0 a 8.0 unidades de pH, es decir que el mejor desarrollo de la planta ocurre en una reacción neutra, o si no en solo una reacción ligeramente ácida o alcalina. Ya que en estos límites de pH, la mayoría de los elementos esenciales para las plantas presentan su mayor disponibilidad. Generalmente los suelos mexicanos no siempre encuentran estos valores de pH óptimos para el cultivo de esta planta, por lo que se requiere de tratamientos correctores químicos de estos suelos para llegar al pH deseado.

Se concluye de acuerdo a estas características que el suelo propicio que se destine al cultivo de la planta de chile, debe tener las siguientes propiedades:

- Textura arcillo-arenosa
- Profundo
- Materia orgánica del 3-5%
- Buen drenaje interior y superficial
- pH 6.0 a 8.0 unidades.

LABORES DE PREPARACION DEL SUELO PARA EL TRASPLANTE

La preparación del suelo donde se ha de trasplantar la planta de chile de las almacigas al terreno seleccionado, tiene como fin asegurar las mejores condiciones de crecimiento y desarrollo de la planta, mediante labores de barbecho, cruzado, rastreado y nivelado de terreno.

BARBECHEO:

Se efectúa a una profundidad de 30-40 cm. con la finalidad de remover y airear el suelo y que las raíces tengan espacio suficiente para su desarrollo.

CRUZADO:

Se efectúa dos semanas después del barbecho profundo, y consiste en efectuar mediante el cruzado un segundo barbecho con la finalidad de incorporar materia orgánica proveniente de los restos de cultivo anterior.

RASTREADO:

Se efectúa una semana después del cruzado y consiste en deshacer los pedazos de suelo grandes que quedan entre el barbecho y la cruz.

NIVELADO:

Es la labor más difícil de efectuar en el terreno y tiene como fin nivelar el terreno de manera que no forme acumulaciones de agua.

TRASPLANTE Y CULTIVOS

Antes de efectuarse el trasplante se procede a dar un abundante riego a las almacigas y al suelo preparado para el cultivo. De este modo el suelo se "suaviza" y permite que las plantas sean arrancadas sin que sufran daño.

La planta que va a trasplantarse se deposita en los camellones del surco del suelo preparado con una separación entre planta y planta de 60 a 80 cm., lo que permite una densidad de siembra ideal.

Una vez realizado el trasplante se riegan las plantas con frecuencia hasta que se inicie la etapa de floración.

FERTILIZACION

La planta de chile necesita una buena cantidad de nitrógeno para alcanzar su máximo crecimiento, desarrollo y rendimiento. El período de demanda máxima de este elemento nútrico se presenta desde 10 días antes de la floración, hasta 25 días después de esta. El suministro de este elemento puede hacerse en dos partes, una parte antes del trasplante y la otra durante el período de floración.

La deficiencia de fósforo se muestra desde la germinación hasta el máximo desarrollo de la planta. Por lo tanto, el fósforo se aplica antes del trasplante favoreciendo de este modo el crecimiento vigoroso de la planta.

El potasio es requerido en una cantidad relativamente alta, sobre todo tres semanas antes de la floración y de preferencia se aplica antes del trasplante. Debido a que la mayoría de los suelos mexicanos poseen deficiencias de elementos mayores como el nitrógeno y fósforo, la fertilización de los suelos destinados al cultivo de chile comprenderá la adición de estos elementos.

La fertilización se hace siempre bajo una base técnica, con el propósito de obtener el mejor resultado y para esto no descuidando la atención de factores principales que contribuyen al máximo desarrollo y crecimiento de plantas como son: selección de la semilla, riegos continuos, preparación del terreno y labores de beneficio.

El fertilizante que se use para este tipo de suelos estará en función de las siguientes características: textura, fertilidad natural,

clima predominante y cantidad de elementos esenciales que contenga.

Tipos de fertilizantes empleados:

Estiercol.- Teniendo en cuenta que la composición de éste varía notablemente de acuerdo con el régimen alimenticio, sólo mediante el análisis de éste informará el valor como fertilizante.

La elección del estiércol debe ser acorde en aquellos suelos pobres en materia orgánica, en los suelos sueltos o arenosos y en los arcillosos pues en todos los casos además de actuar como corrector de condiciones químicas, mejora también las propiedades físicas y biológicas.

La cantidad adecuada para abonar una hectárea de terreno con estiércol fluctúa entre las 5 a 10 toneladas.

Esta cantidad varía de esta forma debido al estado de descomposición que presente el estiércol.

Sulfato de Amonio.- Deben usarse como correctores del estiércol, o con otros fertilizantes inorgánicos para formar uno completo. El tratamiento de estos fertilizantes se hace a razón de 120 Kg/ha.

Fertilizantes Mixtos.- Son usados para corregir deficiencias de elementos no presentes en el suelo y proveen de elementos existentes sirviendo el suelo como almacén.

Suele utilizarse para los requerimientos de los suelos y las plantas de Chile en proporción de 1:1 de sulfato de amonio con superfosfato de calcio con la relación de

200 kg. de cada compuesto por cada hectárea cultivada.

Formas de Aplicación:

Las formas de aplicación dependen de la clase de fertilizante que se va a utilizar.

El estiércol debe incorporarse al terreno preparado lo antes posible. Los fertilizantes inorgánicos pueden suministrarse en una o varias aplicaciones al voleo ya sea con maquinaria o manualmente.

Antes del trasplante, se recomienda que el fertilizante sea enterrado al fondo del surco y una vez trasplantada aplicar una parte proporcional de fertilizante en el agua de riego.

Síntomas de Deficiencias de Elementos:

Las deficiencias de elementos esenciales en la planta de chile se pueden reconocer, principalmente en las hojas, por los siguientes síntomas:

Hoja sana: Es de color verde intenso y brillantes.

Hoja de color verde amarillento: Se debe a la deficiencia de nitrógeno, donde la amarillez comienza en la punta y corre a través de la hoja.

Hojas con marcas de coloración roja, morada o púrpura: Se presentan especialmente en hojas jóvenes y son el resultado de una marcada deficiencia de fósforo.

Hojas de color amarillo: Se deben a la deficiencia de potasio. Las hojas se secan de las puntas hacia su base y de los bordes hacia el centro.

C O S E C H A

La recolección de frutos en las hojas de la planta de chile se efectúa manualmente. La fecha de la cosecha dependerá de la comercialización que se destine para el fruto ya sea en su forma verde o en su forma seca.

CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES

La planta de chile está expuesta a diversas plagas y enfermedades donde las más comunes son:

Roedores:

Dentro de éstos se consideran ratas, ratones y tuzas. Atacan a las plantas tiernas de chile. El control de esta plaga debe hacerse destruyendo sus nidos y usando cebos envenenados.

Pulgones:

Existen varias especies que comen las hojas y el tallo. Los pulgonos deforman a la planta. Son transmisores de enfermedades virosas.

Un daño indirecto provocado por éstos consiste en la secreción de una mielecilla que favorece cierto tipo de hongos, los cuales obstruyen la transpiración y el proceso de fotosíntesis de la planta. Para controlarlos es necesario aspersar la planta con insecticidas.

Barrenillo o Picudo del Chile:

Es la plaga principal y que mayor frecuencia se presenta en la planta de chile. El barrenillo es un pequeño insecto de color gris amarillento. Las hembras depositan sus huevecillos en las flores, en donde al nacer los gusanitos, se introducen en el botón que formará el fruto y cuando éste termine su crecimiento taladra el fruto para salir. El control de esta plaga es aspersar insecticida sobre la planta antes de la floración.

Enfermedades:

El cultivo del chile en México hasta hace algunos años era afectado principalmente por hongos; sin embargo, últimamente se ha venido observando la aparición de enfermedades causadas por virus, las cuales debido a la gravedad del daño que están causando y a su rápida diseminación hacia la mayor parte de las áreas chileras del país, se les considera junto con el hongo, que causa la "marchitez del chile", como los problemas más importantes de este cultivo.

Los virus que se han identificado en la planta de chiles son:

Virus jaspeado del tabaco (VJT). Virus mosaico del pepino (VMP).

Virus mosaico del tabaco (WMT). Virus de Y de la papa (VYP).

Virus del enanismo arbustivo del tomate (VEAT). Virus moteado del chile (VMCH) y el Virus cascabeleo del tabaco (VCT). Dentro de este grupo de virus se consideran al VJT y VMP como los que más atacan a la planta de chile.

De igual manera, el cultivo de chile en México es afectado por el hongo *Phytophthora capsici*. Este comúnmente le causa daño a la planta sin importar la edad de la misma, pues aunque normalmente se encuentra en el suelo desde donde infecta la raíz o la base del tallo, puede ser acarreado por vientos húmedos en época de lluvias e infectar las partes aéreas como hojas, ramas y fruto.

ROTACION DE CULTIVOS

Los sistemas de cultivo más comunes son: el monocultivo, la rotación de cultivos y los cultivos intercalados.

El monocultivo es la repetición de la misma siembra, en el mismo suelo, durante varios años. La continua explotación del suelo con un mismo cultivo, provoca una disminución del rendimiento de productos obtenidos.

Para evitar el agotamiento de elementos esenciales del suelo, se emplea un sistema de rotación de cultivos el cual mejora las condiciones químicas, físicas y biológicas del suelo y evita las enfermedades del cultivo anterior. Este sistema se planifica de acuerdo con el calendario agrícola de la región correspondiente que incluye los cultivos de importancia.

La rotación de cultivos para el Chile está en función del clima que predomina en la región, de acuerdo a esto, se proponen los siguientes cultivos:

Clima Templado

| | |
|-------------------|-----------------------|
| Primer año | chile |
| Segundo año | haba, garbanzo o soya |
| Tercer año | cebada, avena o trigo |
| Cuarto año | chícharo |
| Quinto año | chile |

Clima Cálido

| | |
|-----------------------|--------------------|
| Primer año | chile |
| Segundo año | chícharo o frijol |
| Tercer año | jamaica o ajonjolí |
| Cuarto año | soya |
| Quinto año | chile |

Clima Frío

| | |
|-----------------------|-----------------|
| Primer año | chile |
| Segundo año | haba o chícharo |
| Tercer año | cebada o avena |
| Cuarto año | trigo |
| Quinto año | chile |

Quando se desea cultivar año tras año la planta de chile, es aconsejable controlar enfermedades y plagas del cultivo anterior y proporcionar al suelo los nutrientes que las plantas más consumen.

Los análisis de suelos que se proponen en este trabajo de investigación, incluyen únicamente las propiedades físicas y los elementos nutrientes de mayor importancia para el desarrollo y crecimiento de las plantas:

- Toma de Muestras
- Preparación de muestras para efectuar el análisis
- Color
- Porcentaje de humedad
- pH
- Conductividad eléctrica
- Textura
- Materia Orgánica
- Nitrógeno
- Fósforo
- Capacidad de Intercambio Catiónico Total
- Calcio y Magnesio
- Sodio y Potasio

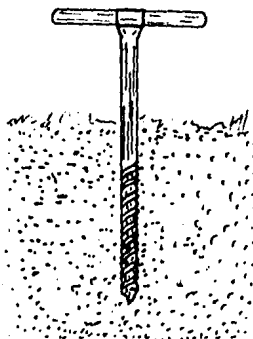
TOMA DE MUESTRAS

La toma de muestras de suelos es de suma importancia ya que de ésta depende el valor de los análisis y debe representar el terreno que se va a analizar. Esta toma debe hacerse de acuerdo a un método normalizado, teniendo en cuenta las características que presente el suelo a estudiar.

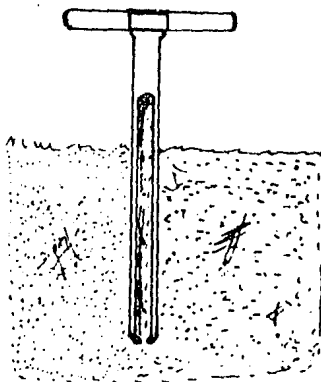
En todos los casos antes de la toma de muestra debe realizarse una inspección previa del suelo que se va a analizar, y se dibuja un diagrama en donde se señalan las siguientes características: tipo de parcelas, cultivos que se efectúan en ella, textura, color del suelo, desarrollo relativo de cultivos, etc. Sobre el diagrama se traza un plan para: número de muestras a tomar, forma de tomar las muestras y orden de muestreo.

Las muestras para el análisis del suelo se toman generalmente a una profundidad de 0 a 20 cm , por medio de los siguientes procedimientos:

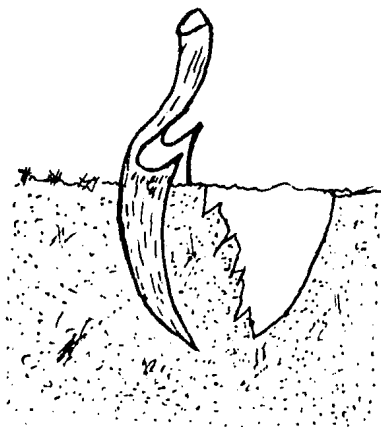
- i) Se toma una barrena de 30-35 cm de longitud y 5 cm de diámetro, se introduce en el suelo hasta unos 20 cm de profundidad, se tira de ella hacia arriba y se toma la muestra del suelo que quede adherido a la barrena.



- ii) Se emplea una sonda, consistente en un tubo cilíndrico, cuya parte inferior es media caña 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 del mismo desde la superficie hasta 20 cm de profundidad.



- iii) Por medio de pala o azadón, se cava un hoyo en forma de V de unos 20 cm de profundidad, se corta una porción de cada lado, incluyendo la parte central, despreciando los bordes, reuniéndose de este modo la muestra.



PREPARACION DE MUESTRAS PARA EFECTUAR EL ANALISIS DEL SUELO

Secado al aire.- Antes de proceder a los análisis, las muestras se deben secar a temperatura ambiente durante un mínimo de 24 horas, con el propósito de unificar el grado de humedad de las mismas.

Tamizado.- Para el análisis de suelos solo poseen interés, por las propiedades que confieren a las plantas, las partículas que tengan un tamaño menor de 2 mm de diámetro medio, ya que en esta superficie ocurren casi la totalidad de las reacciones del suelo.

Por este motivo, las muestras tomadas antes de ser analizadas se pasan a través de un tamiz o malla que contenga orificios circulares de 2 mm de diámetro.

Para efectuar esta operación, se toma la muestra previamente secada al aire, se separan las piedras y se pasa la muestra a través de un tamiz.

Después de efectuar estas operaciones a las distintas clases de muestras, se procede a analizarlas.

C O L O R

La determinación de color del suelo se efectúa mediante la comparación analítica proporcionada por las Tablas de Munsell, en su estado seco y húmedo, indicándose el color numéricamente en base a sus tres atributos: tinte, valor e intensidad.

Material:

- Tablas de Color de Munsell
- Placa de porcelana con excavaciones.

Procedimiento:

Colocar sobre las excavaciones de la placa de porcelana dos porciones de la muestra de suelo, humedecer una de ellas, teniendo cuidado de no agregar agua en exceso para evitar brillantez. Se determina el color en el suelo seco y húmedo por comparación con las tablas, indicando tinte, valor e intensidad.

PORCENTAJE DE HUMEDAD

Es importante determinar la cantidad de agua que posee un suelo, ya que ésta se considera como elemento esencial en la formación de los suelos y contribuye de manera decisiva en los fenómenos de descomposición y migración de compuestos químicos a las plantas.

En general, los procedimientos analíticos se efectúan con muestras previamente secadas al aire, pero esta desecación es incompleta, ya que el suelo retiene cierta cantidad de humedad, variando según el tipo de suelo en que fue tomada la muestra.

Por lo tanto, los resultados analíticos deben corresponder siempre a muestras secadas al aire.

Material y Equipo:

Estufa a 105°C

Balanza Analítica

Pesafiltros

Desecador

Pinzas

Procedimiento:

Pesar de 0.4 a 1.0 g de la muestra y colocarla dentro de un pesafiltros.

Colocarla dentro de una estufa a 105-110°C hasta alcanzar un peso constante (el tiempo requerido fluctúa de 2 a 5 horas).

Cálculos:

El porcentaje de humedad se efectúa por medio de las siguientes relaciones:

$$A-C = Ww$$

$$A-B = Wo$$

$$Ww - Wo = Ow$$

$$Ow \times 100 / Ww = Pw$$

donde:

A = Peso del pesafiltros + suelo húmedo.

B = Peso del pesafiltros + suelo seco (peso constante)

C = Peso del pesafiltros vacío (peso constante)

Ww = Peso de suelo húmedo

Wo = Peso de suelo seco

Ow = Contenido de humedad

Pw = Porcentaje de humedad

p H

La determinación del pH de los suelos se hace con mayor precisión por métodos potenciométricos, utilizando como electrodo de referencia el electrodo de calomel y como electrodo de medida el electrodo de vidrio.

Material y Equipo:

Potenciómetro
Balanza
Electrodos de vidrio y calomel
Vasos de precipitados de 300 ml
Agitadores de vidrio

Reactivos:

Solución reguladora pH = 7.0
Agua destilada

Procedimiento:

Pesar 20 g de suelo y agregar 40 ml de agua destilada, agitar la suspensión por espacio de una hora.

El potenciómetro deberá ser previamente calibrado con la solución reguladora pH = 7.0 antes de tomar la lectura de pH de las muestras.

El valor de pH se determina en el momento que el electrodo de vidrio se sumerja en la suspensión recién agitada y la aguja indicadora de pH permanezca constante en el potenciómetro.

CONDUCTIVIDAD ELECTRICA

La determinación de la conductividad eléctrica de las disoluciones obtenidas a partir de los extractos de suelo, permiten establecer una estimación cuantitativa de la cantidad de sales que contienen.

El análisis que se efectúa para esta determinación es utilizando métodos conductimétricos.

Material y Equipo:

Célula conductimétrica

Puente de medida de conductividad

Termómetro

Matraz kitasato

Embudo büchner

Vasos de precipitados de 250 ml

Papel filtro

Procedimiento:

Pesar 10 g de suelo en un vaso de precipitados de 250 ml , añadir agua destilada hasta el punto de saturación. Se deja reposar 1 hora. Se añade agua hasta saturar nuevamente. Esta suspensión se filtra sobre un embudo de buchner y el filtrado se coloca en la célula conductimétrica y se mide la conductividad, con el puente de medida.

El contenido de conductividad se realiza a través de los siguientes cálculos:

Cálculos:

La cte. k de la célula se determina por medio de la conductividad eléctrica de una solución de KCl 0.1 N, cuya conductividad específica es de 0.01288 miliohmios por centímetro, a $25^{\circ}C$:

$k=1/c$ donde:

l es la conductividad eléctrica de la solución KCl

C es la conductividad medida de la solución de KCl

Teniendo en cuenta estas variables, se tiene que:

- Resistividad (ohms) = lectura medida $\times k$ de la célula conductimétrica.
- Conductividad (mohms) = $1/\text{resistividad (ohms)}$

TEXTURA

La textura del suelo se refiere a la cantidad de partículas de diferente tamaño que se encuentran en él. La determinación de la cantidad de las diferentes partículas presentes en el suelo se denomina Análisis Mecánico o Análisis del tamaño de las Partículas. Esta determinación se logra separando las partículas del suelo eliminando las sustancias que las unen, como la materia orgánica. Para completar la separación se hace una suspensión del suelo en el agua y se determina la proporción de partículas de cierto tamaño por su velocidad de caída aplicando la Ley de Stokes, cuya fórmula es la siguiente:

$$v = \frac{e}{t} = \frac{2}{9} g r^2 \frac{G_1 - G_2}{N}$$

Donde:

v = velocidad de caída de una partícula a través de un medio, que por lo general es agua y se expresa en cm/seg

e = espacio que recorre una partícula en un tiempo t, y está expresado en cm

t = tiempo, y se encuentra expresado en segundos

g = aceleración debida a la gravedad, expresada en cm/seg²

r = radio de la partícula expresada en cm

G₁ = peso específico real del suelo expresado en g/cm³

G_2 = peso específico del líquido en donde se suspende el suelo, expresado también en g/cm^3 .

N = velocidad del líquido expresado en Poises.

El método sugerido para esta determinación, es el del hidrómetro de Bouyocos.

Material y Equipo:

Hidrómetro de Bouyocos con escala de 0 a 60

Termómetro

Cronómetro

Probeta de 1000 ml

Agitador para la dispersión del suelo.

Reactivos:

- Peróxido de hidrógeno al 6%.
- Oxalato de sodio saturado
(30 g de oxalato de sodio en un litro de agua destilada).
- Metasilicato de sodio saturado
(50 g de metasilicato de sodio en un litro de agua destilada y ajustar la solución a una lectura de 36 con el hidrómetro).
- Alcohol amílico.

Procedimiento:

Pesar 60 g de suelo, si es de textura fina o 120 si es un suelo de textura gruesa, en un vaso de precipitados de 500 ml , añadir 40 ml de peróxido de hidrógeno y poner a evaporar hasta sequedad. Añadir otros 40 ml de peróxido de hidrógeno y observar

la reacción. Evaporar nuevamente a sequedad. Repetir el tratamiento hasta que no exista efervescencia al añadir el peróxido de hidrógeno. Por lo general son suficientes dos evaporaciones para la destrucción de toda materia orgánica que contenga la muestra de suelo.

Después de la eliminación de la materia orgánica, pesar 50 g de suelo de textura fina o 100 g de textura gruesa en un vaso de precipitados de 250 ml . Se agrega agua hasta cubrir únicamente la superficie del suelo y se añaden 5 ml de la solución de oxalato de sodio y 5 ml de la solución de metasilicato de sodio. Se deja reposar la suspensión durante 30 min. Triplicar las cantidades de solución dispersante en caso de suelos con alto contenido de sales.

Transferir el contenido del vaso a la copa de agitación eléctrica y dispersar la solución 15 min., en caso de que el suelo contenga un alto contenido de arcilla, prolongar el tiempo de dispersión hasta 30 min.

Vaciar el contenido de la copa de agitación a una probeta de 1000 ml lavando con el frasco lavador las partículas adheridas a la copa con agua destilada. Agregar agua destilada hasta completar un volumen de 1000 ml con el hidrómetro colocando dentro de la suspensión. Sacar el hidrómetro, se tapa la probeta con la palma de la mano y se agita volteándola hacia abajo varias veces con el fin de suspender el suelo, una vez realizada esta operación se coloca la probeta recién agitada en la mesa, se pone a andar el cronómetro y se toma la primera lectura en el hidrómetro a los 40 segundos y la segunda lectura a las dos horas.

Para efectuar la lectura, colocar el hidrómetro dentro de la probeta 20 segundos antes del momento de la determinación, cuidando de alterar lo menos posible la suspensión. Después de leer la lectura del hidrómetro se determina la temperatura de la suspensión.

NOTA: Si al hacer la lectura se acumula espuma alrededor del hidrómetro debido a una deficiente eliminación de materia orgánica, se le agrega a la suspensión alcohol amílico que actúa como antiespumante.

Cálculos:

Corregir las lecturas del hidrómetro sumando 0.36 unidades por cada grado centígrado arriba de 19.5 o restando la misma cantidad por cada grado abajo de la temperatura referida.

- La lectura del hidrómetro a los 40 segundos multiplicada por 2 representa al porcentaje de arcilla + limo y restando de 100 se obtiene el porcentaje de arena.
- La lectura del hidrómetro a las dos horas multiplicada por 2 equivale al porcentaje de arcilla.
- El porcentaje de limo se obtiene de la diferencia.:
 - % Arena = $100 - (\text{lectura del hidrómetro a los 40 segundos} \times 2)$
 - % Arcilla = $\text{lectura del hidrómetro corregida a las dos horas} \times 2$.
 - % Limo = $100 - (\% \text{ arena} + \% \text{ arcilla})$

- Cuando se utilizan 100 gramos de suelo para la determinación no debe multiplicarse por 2, ya que el hidrómetro está calibrado en por ciento, considerando 100 gramos de suelo.

- Con los porcentajes obtenidos de arena, arcilla y limo se determina la textura del suelo utilizando el Triángulo de Texturas de Suelos.

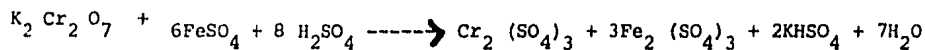
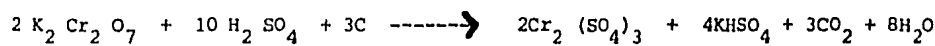
TABLA DE CORRECCION DE TEMPERATURA

| <u>Temperatura</u> | <u>Factor de Corrección</u> |
|--------------------|-----------------------------|
| °C | |
| ... | ... |
| ... | ... |
| 15.0 | - 1.62 |
| 15.5 | - 1.44 |
| 16.0 | - 1.26 |
| 16.5 | - 1.08 |
| 17.0 | - 0.90 |
| 17.5 | - 0.72 |
| 18.0 | - 0.54 |
| 18.5 | - 0.36 |
| 19.0 | - 0.18 |
| 19.5 | 0.00 |
| 20.0 | + 0.18 |
| 20.5 | + 0.36 |
| 21.0 | + 0.54 |
| 21.5 | + 0.72 |
| 22.0 | + 0.90 |
| 22.5 | + 1.08 |
| 23.0 | + 1.26 |
| 23.5 | + 1.44 |
| 24.0 | + 1.62 |
| ... | ... |
| ... | ... |

MATERIA ORGANICA

La materia orgánica de los suelos es fundamental para los aspectos químicos y físicos y está estrechamente relacionada con la fertilidad.

El método de análisis propuesto para esta determinación es el de Wakley y Black, modificado, el cual se basa en una oxidación de la materia orgánica del suelo con dicromato de potasio y posterior valoración del exceso de dicromato añadido con una sal ferrosa. Con las siguientes reacciones químicas se representa el método:

Material y Equipo:

Estufa

Pesafiltros

Matraces de Erlenmeyer

Bureta de 25 o 50 ml

Pipeta volumétrica de 10 ml

Agitador magnético

Desecador

Reactivos:

- Dicromato de potasio 1N

(Pesar 40.031 g de dicromato de potasio, previamente secado a la estufa y secado en el desecador y se aforan con agua destilada a un litro)

- Sulfato ferroso 0.5N

(Disolver 139.01 g de $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ en 800 ml de agua destilada que contenga 20 ml de H_2SO_4 concentrado y se afora a un litro con agua destilada. Este reactivo se estandariza cuando se vaya a utilizar, con 5 ml de K_2CrO_7 1N + 7.5 ml de H_2SO_4 concentrado + 2.5 ml de H_3PO_4 (95%) + 100 ml de H_2O + gotas de indicador de difenilamina. Esta solución se titula con la solución de sulfato ferroso hasta el vire de violeta a verde).

- Acido sulfúrico concentrado.

- Acido fosfórico al 95%.

- Difenilamina

(Disolver 0.5 g de difenilamina en 20 ml de agua y 100 ml de ácido sulfúrico, agitando con una varilla de vidrio la solución hasta que se disuelva en su totalidad la difenilamina).

Procedimiento:

Pesar 1.0 g de suelo previamente secado a la estufa a 105°C y transferirlo a un matraz de Erlenmeyer de 500 ml, se agregan 10 ml de la solución de dicromato de potasio mediante la pipeta volumétrica, se agita perfectamente la mezcla mediante el agitador magnético y se le añaden 20 ml de ácido sulfúrico concentrado. Se agita la mezcla por espacio de un minuto.

La solución se deja reposar a temperatura ambiente de 20 a 30 minutos con el propósito de que se efectúe una reacción completa.

Se diluye el contenido del matraz con 200 ml de agua destilada, produciéndose un aclaramiento en la suspensión, ayudando de esta manera a la observación del punto final de la titulación.

Se agregan 10 ml de H_3PO_4 al 95% y se enfría el matraz al chorro del agua, después de esta operación se añaden unas gotas del indicador difenilamina y se titula cuidadosamente con la solución de sulfato ferroso 0.5N hasta que el color de la solución vire a verde tenue, agitando durante la titulación con agitador magnético.

Cálculos:

$$\% \text{ Materia orgánica} = \frac{(\text{ml de } FeSO_4 \cdot 7H_2O) \times 0.003 \times 1.33 \times 1.72 \times 100}{\text{peso de la muestra de suelo utilizado.}}$$

donde:

ml de $FeSO_4 \cdot 7H_2O$.- son los mililitros utilizados de esta solución para llegar al punto de equivalencia de la titulación.

0.003 .- es el peso miliequivalente de carbono.

1.33 .- es el factor de corrección a 100% de efectividad del método, suponiendo que el método solo es efectivo en un 75%.

1.72 .- es el cálculo de materia orgánica fácilmente oxidable y total.

Este cálculo es aproximado y empírico y se basa en el supuesto de que la materia orgánica del suelo contiene 58% de carbono por cada 100 g de materia orgánica.

DETERMINACION DE NITROGENO

El nitrógeno presente en los suelos se encuentra en mayor proporción en la materia orgánica, sin embargo existen cantidades importantes de nitrógeno en forma inorgánica de compuestos amoniacales, de nitratos y en ocasiones de nitritos. Formas que contribuyen a aumentar la fertilidad del suelo.

Los métodos que se proponen para la determinación del nitrógeno en forma de nitrato y de amoníaco, son preferentemente los espectrofotométricos

CONTENIDO DE NITROGENO EN FORMA DE NITRATOS:

Material y Equipo:

Espectrofotómetro
Balanza analítica
Tubos de ensayo
Agitador de vidrio
Matraz aforado
Matraz Erlenmeyer
Pipetas volumétricas
Bomba de vacío
Papel filtro
Matraz y embudo büchner
Matraz kitasato

Reactivos:

- Solución de extracción de iones
(Disolver 100 g de acetato de sodio en 400 ml de agua

destilada, agregar 30 ml de ácido acético glacial y aforar a 1000 ml con agua destilada)

- Solución estandar de nitratos.

(Disolver 0.0361 g de nitrato de potasio en 500 ml de solución extractiva. Esta solución corresponde a 10 ppm de nitratos).

- Solución de Brucina.

(Se hace al 4% en cloroformo)

- Acido sulfúrico concentrado.

- Carbón activado.

Procedimiento:

Pesar 10 g de suelo previamente secado al aire y tamizado en un matraz de Erlenmeyer. Añadir 50 ml de la solución extractiva y una pequeña cantidad de carbón activado. Agitar la solución durante 30 min. Filtrar a través de embudo Büchner y aforar la solución con agua destilada a 100 ml .

Colocar 2 ml de esta solución en un tubo de ensayo, agregar unas gotas de brucina y 4 ml de ácido sulfúrico concentrado, dejándolo resbalar por las paredes del tubo sumergido en hielo, agitando con cuidado. Se pesa esta solución a la celda de lectura del espectrofotómetro y se toma la lectura a una longitud de onda de 530 nm utilizando como testigo la solución extractiva con carbón activado.

De la solución estandar de nitratos preparada, usar 0.8 y 0.4 ml y se tratan de la misma manera del procedimiento anterior, correspondiendo estas soluciones a un valor empírico para las mismas de 56 y 28 Kg/ha .

Cálculos:

56/ lectura de 0.8 ml de estandar. Factor₁

28/ lectura de 0.4 ml de estandar. Factor₂

Kg/ha de No_3^- = Factor₂ x lectura del problema.

CONTENIDO DE NITROGENO EN FORMA DE AMONIO:

Material y Equipo:

Balanza analítica

Espectrofotómetro

Agitador magnético

Bomba de vacío

Matraz kitazato y embudo büchner

Matraces de Erlenmeyer

Papel filtro

Matraz aforado de 50 ml y 100 ml

Pipetas de 5 y 10 ml

Reactivos:

- Solución de Nessler:

(Disolver 45.5 g de ioduro de Mercurio II y 35 g de ioduro de potasio en un mínimo de agua destilada. Se agregan 112 g de hidróxido de potasio y se lleva esta mezcla hasta un volumen de 800 ml . Se mezcla bien la solución, utilizando el agitador magnético. Se deja enfriar y se afora a 1000 ml con agua destilada, dejando esta solución en reposo durante 4 o 5 días)

- Tartrato de sodio al 10%.

(Disolver 10 g de tartrato de sodio en la mínima cantidad de agua y aforar a 100 ml con agua destilada).

- Cloruro de sodio al 10% a pH de 2.5.

(Pesar 10 g de cloruro de sodio en la mínima cantidad de agua utilizando un potenciómetro para llegar al pH deseado y aforar a 100 ml).

- Solución estandar de cloruro de amonio.

(Pesar 1.337 g de cloruro de amonio y disolver en la mínima cantidad con agua destilada y aforar a 1000 ml . Para preparar un patrón diluido de cloruro de amonio, se toman 20 ml de la solución anterior y se aforan a 500 ml)

Procedimiento:

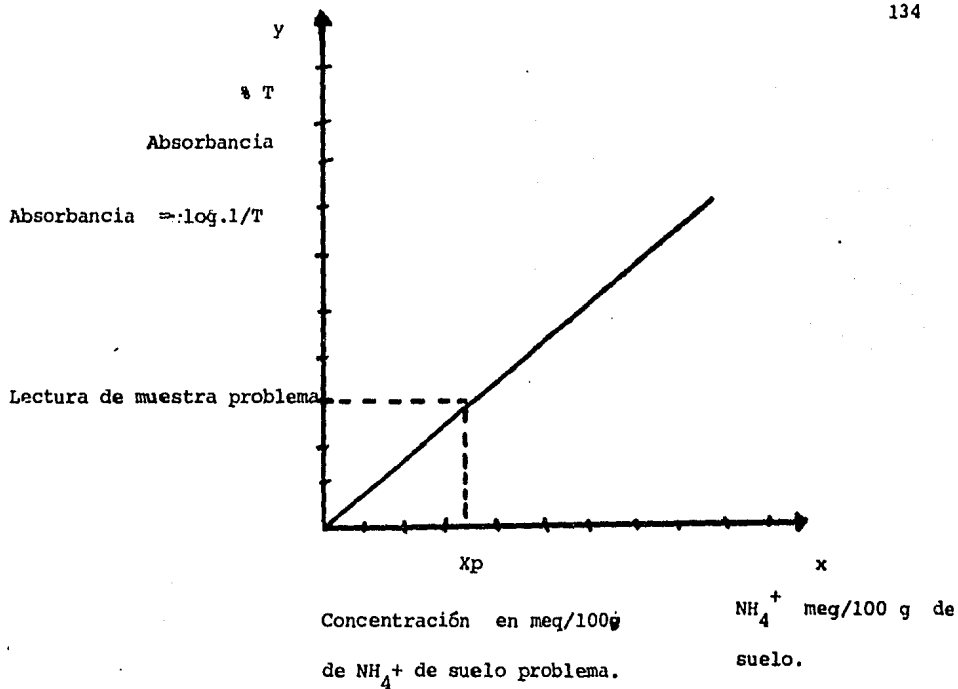
Extracción del ión amonio del suelo.- Pesar en un matraz de Erlenmeyer 10 g de suelo, añadir 20 ml de la solución de NaCl. Agitar durante 30 minutos mediante agitador magnético. Se filtra la solución en embudo büchner lavando el precipitado con 25 ml de solución de NaCl y agua destilada.

Determinación del ión amonio.- Al filtrado antes obtenido se afora a 100 ml con agua destilada. Tomar una alícuota de 5 ml y pasarla a un matraz, agregar 2 ml de la solución de tartrato de sodio. 80 ml de agua destilada y 5 ml del reactivo de Nessler. Mezclar la solución rápidamente y aforar a 100 ml con agua destilada. Esperar 25 minutos y tomar la lectura de la muestra en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 475 nm.

Curva Estándar.- Tomar alicuotas entre 3 y 30 ml de la solución patrón diluida, las cuales se introducen a una serie de matraces aforados de 100 ml y se desarrolla el color con el mismo procedimiento anterior.

Cálculos:

- Hacer una gráfica en papel milimétrico poniendo en el eje de las ordenadas el % de transmisión o absorción.
- Representar en el eje de las abscisas en la gráfica, las concentraciones de ión amonio conocidas mediante la preparación de la curva estándar, poniéndolas en forma creciente.
- Una vez construída la gráfica, el valor de absorbancia o % de transmitancia de la solución problema se interpola hacia el eje de las abscisas de la gráfica conociéndose de esta manera la concentración de ión amonio en la muestra de suelo analizado.
- La gráfica construída por las concentraciones conocidas de ión amonio, deberá ser una recta, ya que estas soluciones coloridas siguen la Ley de Lambert y Beer.



$$NH_4^+ \text{ (meq/100 g de suelo)} = \frac{D \times X_p \times 100}{M}$$

donde:

D = Dilución con la que se hizo la determinación.

X_p = Concentración de NH_4^+ en meq/100 g de suelo problema.

M = Peso de muestra de suelo utilizado

DETERMINACION DE FOSFORO

El fósforo del suelo se encuentra en forma de compuestos orgánicos e inorgánicos y para que éste sea utilizado por las plantas, se debe transformar a formas solubles y asimilables, a través de procesos de mineralización y solubilización, en donde intervienen microorganismos que poseen la capacidad de transformar compuestos fosfatados insolubles hacia la forma asimilable, que son conocidos como fosfobacterias.

Los cultivos intensos y repetidos agotan el fósforo asimilable, además el fósforo que existe en el suelo aportado por abonos forma en su mayor parte compuestos insolubles de difícil asimilación, Por ello, la determinación de fósforo asimilable es de suma importancia.

Para la determinación de este elemento se utilizan métodos espectrofotométricos.

DETERMINACION ESPECTROFOTOMETRICA DE FOSFORO (METODO DE BRAY)

Material y Equipo:

Espectrofotómetro
Balanza
Embudo
Papel filtro
Matraz aforado
Matraz de Erlenmeyer
Tubos de ensayo

Reactivos:

- Solución base de fluoruro de amonio : IN
(Disolver 37.0 g de NH_4F en la mínima cantidad de agua y aforar a 1000 ml con agua destilada).
- Solución extractora:
(Diluir en agua 30 ml de solución 1N de NH_4F en 50 ml de HCl 0.5 N y aforar con agua destilada a 1000 ml . Esto da una solución 0.03 N de NH_4F y 0.025N de HCl.)
- Solución de molibdato de amonio:
(Disolver 15 g de molibdato de amonio tetra hidratado en 400 ml de agua destilada. Agregar 350 ml de HCl 10 N lentamente y agitando. Se deja enfriar la mezcla y se afora a 1000 ml con agua destilada).
- Solución de HCl 0.5 N.
(Aforar a 1000 ml, 40.5 ml de HCl concentrado)

- Solución estandar de fósforo:

(Disolver en la solución extractora 0.04389 g de KH_2PO_4 y aforar con agua destilada a 1000 ml . Esta solución contiene 100 ppm de fósforo).

- Acido cloroestanososo:

(Disolver 25 g de cloruro estanososo $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ en 50 ml de HCl concentrado y llevar la mezcla a 500 ml con agua destilada).

Procedimiento:

Se pesa 1 g de suelo y se coloca en un matraz de Erlenmeyer, se añaden 7 ml de solución extractora y se agita durante un minuto. Se filtra la solución sobre un papel Whatman No. 42, recibiendo la solución sobre un tubo de ensayo. Del filtrado obtenido se toma una alícuota de 1 ml , se le agregan 6 ml de agua destilada y 2 ml de solución de molibdato y se agita (en este momento el molibdato reacciona con el fósforo formando el complejo fosfo-molibdato).

Se agrega 1 ml de ácido cloroestanososo (por medio de la adición de este reactivo se forma un complejo de color azul, cuya intensidad es proporcional a la cantidad de fósforo presente). Se agita perfectamente la solución dejando reposarla durante 10 minutos y se lee la lectura en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 660 nm.

La curva estándar se prepara por el mismo procedimiento de la muestra problema, tomando diferentes alícuotas, para dar diferentes concentraciones en ppm de fósforo.

Cálculos:

Calcular el contenido de fósforo en los suelos en el mismo orden como se indicó en la determinación espectrofotométrica de nitrógeno en forma de amonio.

DETERMINACION DE LA CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO TOTALMaterial y Equipo:

- Centrífuga
- Tubos de 25 x 100 mm de base redonda
- Matraces Kjeldhal de 800 ml
- Agitador de vidrio

Reactivos:

- Solución extractora de acetato de amonio 1N pH=7
(Diluir 57 ml de ácido acético glacial en 400 ml de agua destilada y agregar 68 ml de hidróxido de amonio a esta solución, ajustando el pH a 7 con ácido acético glacial o hidróxido de amonio y aforar a 1000 ml con agua destilada).
- Alcohol etílico al 95%
- Indicador mixto
(Disolver 0.1 g de rojo de metilo y 0.5 g de verde-bromocresol en 100 ml de alcohol etílico al 95% y ajustar el pH de la solución a 4.5 con NaOH o HCl).
- HCl 0.1N
(A 8.02 ml de HCl al 36%, agregar agua destilada hasta aforar a un litro. Determinar su normalidad con carbonato de sodio).
- Cloruro de sodio al 10%
(Disolver 100 g de NaCl en 750 ml de agua destilada, ajustar el pH a 2.5 con HCl y aforar a un litro con agua destilada).

- Oxido de magnesio U.S.P.

- Acido bórico al 4%

(Pesar 40 g de ácido bórico y disolver en 500 ml de agua destilada a ebullición, enfriar y aforar con agua destilada a un litro).

Procedimiento:

Se pesan 4 g de suelo de textura mediana o fina o 6 g para suelos de textura gruesa.

Se coloca la muestra en un tubo de ensayo de 25 x 100 mm, se agregan 25 ml de la solución extractora de acetato de amonio 1N, se agita y se deja reposar 30 minutos, se centrifuga a 2000 rpm, hasta que el líquido esté claro, generalmente para este paso se necesitan 5 minutos. Se decanta el líquido, filtrándose para la determinación.

El suelo que queda en el tubo de centrifuga se lava 4 veces con 30 ml de alcohol etílico y luego se transfiere a un matraz Kjeldhal, agregándose 40 ml de solución de cloruro de sodio al 10% pH=2.5; 0.5 g de magnesia calcinada y 150 ml de agua destilada: se destila, recibiendo el destilado en 40 ml de ácido bórico al 4%, usándose indicador mixto para la titulación con HCl 0.1N.

Cálculos:

Se reportan los resultados obtenidos en meq de cationes intercambiables / 100 g de suelo.

DETERMINACION DE CALCIO Y MAGNESIO

La determinación de calcio y magnesio conjuntamente en el análisis de los suelos es posible empleando un método volumétrico basado en la complejometría usando EDTA como titulante.

Material y Equipo:

Balanza

Bureta de 25 o 50 ml

Matraz Erlenmeyer

Matraz aforado

Reactivos:

- Solución extractora de acetato de amonio 1N pH=7
(Diluir 57 ml de ácido acético glacial en 400 ml de agua destilada y agregar 68 ml de hidróxido de amonio a esta solución, ajustando el pH a 7 ml con ácido acético glacial o hidróxido de amonio y aforar a 1000 ml con agua destilada)
- Solución 0.01 M de EDTA
(Pesar 3.722 g de la sal disódica del ácido etilen-diamino-tetracético-dihidratado y aforarla a 1000 ml con agua destilada)
- Solución reguladora pH = 10
(Se disuelven 68 g de cloruro de amonio en 200 ml de agua, se agregan 570 ml de hidróxido de amonio concentrado y se afora la solución a 1000 ml con agua destilada).

- Hidróxido de sodio al 10%
(Disolver 10 g de NaOH libre de carbonatos en la mínima cantidad de agua y aforar a 100 ml con agua destilada).
- Indicador de calceína.
- Indicador de eriocromo negro T.

Procedimiento:

Se pesan 2 g de la muestra de suelo y se coloca en un matraz de Erlenmeyer. Se agregan 25 ml de la solución extractora y se agita durante 30 minutos dejando reposar la mezcla 30 minutos. Se filtra esta solución sobre papel filtro Whatman No. 42 sobre un tubo de ensayo.

De la solución filtrada se toma una alícuota de 10 ml y se afora a 100 ml con agua destilada.

En un matraz de Erlenmeyer se toma una alícuota de 25 ml de la solución anterior y se diluye con agua destilada. Se agregan 10 ml de solución reguladora pH=10 y se agrega una pequeña cantidad de eriocromo negro T como indicador y se titula con EDTA 0.01 M hasta el vire de color rojo vino-azúl, determinándose tanto calcio como magnesio en esta titulación.

En la segunda titulación para la determinación específica del calcio se toma otra alícuota de 25 ml de la solución aforada a 100 ml, se trasvasa a un matraz de Erlenmeyer y se diluye con agua destilada. Se le agregan 10 ml de hidróxido de sodio al 10% a fin de aumentar el pH de 10 a cuando menos 12 unidades y que el magnesio presente en la solución precipite en forma de hidróxido, y éste quede

"enmascarado" para que el calcio sea titulado.

Se utiliza para este fin indicador de calceína y se titula con solución de EDTA 0.01 M hasta el vire de incoloro-rojo, quedando de esta manera determinado únicamente el calcio.

Así pues, la determinación de magnesio presente se efectúa por diferencia.

Cálculos:

$$\text{ppm de Ca}^{++} = (V_2 \times M_{\text{EDTA}}) (\text{mol de CaCO}_3) (\text{aforo}/\text{aliquota}) (1000)$$

$$\text{ppm Mg}^{++} = (V_1 - V_2 \times M_{\text{EDTA}}) (\text{mol de MgCO}_3) (\text{aforo}/\text{aliquota}) (1000)$$

donde: V_1 = volumen utilizado de EDTA para la determinación de la primera titulación de Ca^{++} y Mg^{++}

V_2 = volúmen utilizado de EDTA para la segunda titulación para determinar solo Ca^{++}

$$\text{mol de CaCO}_3 = 100.06 \text{ g/mol}$$

$$\text{mol de MgCO}_3 = 84.29 \text{ g/mol}$$

$$\text{aforo} = 100 \text{ ml}$$

$$\text{aliquota} = 25 \text{ ml.}$$

DETERMINACION DE SODIO Y POTASIO

Generalmente el potasio se encuentra en los suelos formando minerales y solo una pequeña parte se encuentra en forma intercambiable o como sales solubles. Por esta razón estas dos formas son las que se analizan ya que son las que más utilizan las plantas para su nutrición.

Aunque la falta de sodio no se considera un problema para las plantas, en los suelos si puede serlo si se encuentra en exceso, ya que los suelos alcalinos y sódicos poseen características físicas inadecuadas, razón por la cual es importante conocer el contenido de sodio del suelo para realizar en él los tratamientos correctores adecuados.

Los buenos resultados obtenidos al analizar sodio y potasio por Flamometría, han conducido a la adopción de dicho método, como regla general.

Cuando se desea conocer la fracción asimilable de estos elementos, la determinación se realiza en los extractos obtenidos al agitar el suelo con solución extractora de acetato de amonio 1N a pH=7 en la proporción 1/10. En estas condiciones, no hay interferencia en el flamómetro.

Material y Equipo:

Flamómetro

Balanza analítica

Matraz aforado de 1000 ml.

Matraz de Erlenmeyer

Pipetas de 1, 5, 10, 20 ml.

Probetas de 1000 ml.

Vasos de precipitados,

Reactivos:

- Solución extractora de acetato de amonio pH=7.

(Descrita anteriormente: ver determinación de Ca y Mg).

- Solución estándar de potasio.

Pesar 1.910 g de KCl en un vaso de precipitados y se disuelven con 50 ml de agua destilada y se afora a 1000 ml con agua destilada. Esta solución contiene 1 g de potasio por litro=1000 ppm de potasio. Se toman con las pipetas de 1,2, 5 y 10 ml alicuotas de la solución antes obtenida y se aforan con acetato de amonio pH=7 a 100 ml . Estas soluciones contienen 10, 20, 50 y 100 ppm respectivamente de potasio.

Se toman con las pipetas 1, 2 y 5 ml alicuotas de la solución que contiene 100 ppm de potasio y se aforan con acetato de amonio pH=7. Estos volúmenes contienen 1, 2 y 5 ppm de potasio.

- Solución estándar de sodio.

(Pesar 2.545 g de NaCl en un vaso de precipitados y se disuelven en 50 ml de agua destilada y se afora con agua destilada a 1000 ml . Esta solución contiene 1 g de sodio por litro = 1000 ppm de sodio. Se toman con las pipetas de 1, 2, 5 y 10 ml alicuotas de la solución antes obtenida y se aforan con acetato de amonio pH=7 a 100 ml . Estas soluciones contienen 10, 20, 50 y 100 ppm . Se toman con las pipetas de 1, 2 y 5 ml alicuotas de la solución que contiene 10 ppm de sodio y se aforan con acetato de amonio pH = 7. Estos volúmenes contienen 1, 2 y 5 ppm. de sodio).

Procedimiento:

Extracción de los iones.- Se pesan 10 g de suelo en un matraz Erlenmeyer y se añade 100 ml de solución extractora de acetato de amonio 1N pH=7. Se agita la suspensión durante 30 minutos y se deja reposar. Esta solución se filtra en embudo de vidrio y papel filtro Whatman No. 42, y el filtrado se recoge en un tubo de ensayo y se divide en dos.

Determinación de potasio.- Una parte del filtrado anterior se deja reposar 20 minutos y se toma la lectura en el flamómetro a 768 nm , ajustando el aparato a 0 con agua destilada y a 100 con solución de KCl. De la misma manera se toman las lecturas para las muestras preparadas de la solución standar que contienen 1,2,5,10,20,50 y 100 ppm de potasio.

Cálculos:

Representar sobre papel milimétrico la lectura medida en el flamómetro de las soluciones estándares de concentración conocida de potasio en el eje de las ordenadas (% Emisión o Absorción)

Representar en un rango de 0 a 100 ppm de potasio en el eje de las abscisas.

Interpolar la lectura del flamómetro de la muestra de suelo a la concentración de ppm de potasio conocida.

Determinación de Sodio.- A la segunda parte del filtrado se sigue el mismo procedimiento que en el caso del potasio y se ajusta el flamómetro a 0 con agua destilada y a 100 con solución de NaCl y se toman las lecturas de las muestras y de las soluciones standar a 589 nm.

Cálculos:

Representar sobre papel milimétrico, la lectura medida en el flamómetro de las soluciones de concentración conocida de sodio en el eje de las ordenadas (% emisión o absorción).

Representar en un rango de 0 a 100 ppm de sodio en el eje de las abscisas.

Interpolar la lectura del flamómetro de la muestra de suelo a la concentración de ppm de sodio conocidas.

CONCLUSIONES

La investigación realizada a través de este trabajo monográfico sobre el estudio de suelos propicios para el cultivo especializado de las cuatro variedades más importantes de chile en la República Mexicana, confirma que las siembras comerciales del cultivo de chile en nuestro país, se efectúan con diferencias tecnológicas muy contrastadas; desde las altamente sofisticadas, hasta las rudimentarias o tradicionales de algunas regiones, en donde la adopción de nueva tecnología es lenta debido al bajo nivel cultural y a los escasos recursos económicos de los agricultores.

Actualmente la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos a través del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas en sus diferentes programas de extensionismo agrícola, realiza estudios sobre el cultivo de chile, los cuales se canalizan por medio de enseñanzas básicas que permiten capacitar al campesino con la finalidad de encontrar la mejor alternativa para solucionar problemas de tecnificación, en donde se pretende, como objetivos primarios, aumentar la producción y mejorar las condiciones socio-económicas de los agricultores en las áreas de cultivo que resulten más propicias en el territorio nacional. Estos estudios se realizan en las regiones donde existen zonas productoras de chile, solucionando problemas locales de producción y agrícolas como son: prácticas de cultivo, manejo de almacigos, fechas de siembra, sistema y densidad de siembra, diversos sistemas de riego, fertilización, control de plagas y enfermedades.

Asimismo, como consecuencia de la Química y sus diversas áreas afines, se ha difundido en la actualidad el estudio de suelos para fines agrícolas en nuestro país, con el propósito de que los resultados obtenidos de las diferentes determinaciones analíticas efectuadas sean de mayor veracidad y exactitud

y ofrezcan opciones y soluciones al agricultor de acuerdo a las características idóneas que posea el suelo.

De igual manera, la aplicación de la Química en la Agronomía es de gran utilidad sobre todo en los programas de producción, debido a que ésta es indispensable para el diagnóstico del potencial de producción existente en base a las características físicas, químicas y biológicas del suelo donde se efectúe una agricultura intensiva, ya que los análisis de estas características proporcionan los criterios para conocer si el suelo posee la cantidad suficiente de elementos nutricionales que requiere la planta, o por el contrario si posee deficiencias o ausencias de estos elementos, ya que a través de estos parámetros se harán los métodos de fertilización o de corrección de los suelos. De igual manera, por medio de la bioquímica, se busca el mejoramiento genético para la obtención de nuevas variedades que tengan un alto potencial de rendimiento, buena calidad de frutos y un amplio rango de adaptación. Por otra parte, las mejoras en la síntesis de nuevos insecticidas, fungicidas y herbicidas son de igual manera aportaciones de las ciencias químicas. De esta manera, la utilidad de la Química permite aprovechar y mejorar las condiciones en las zonas de cultivo, generando de este modo un aumento en los rendimientos de cultivos, produciéndose de igual manera el incremento de producción.

Así pues, esta investigación concluye con las características más importantes para el cultivo de chile en México:

- El chile es fuente principal de la alimentación del pueblo mexicano.
- Los componentes químicos del chile como son: oleorresina, capsaicina, capsantina y tocoferoles, tienen diversos usos en la industria alimenticia y farmacéutica.

- El chile es considerado como alimento, ya que proporciona algunas proteínas, vitaminas y carbohidratos.
- La especie más cultivada de chile en la República Mexicana es la de *Capsicum annum*, debido a ser la especie con mayor adaptación a los diferentes tipos existentes de suelos y climas.
- El chile jalapeño, ancho, pasilla y serrano son los que mayormente se cultivan, representando el 60% del área total sembrada. Debido a ser éstos los que mayor consumo tienen en nuestro país.
- El área sembrada para los diferentes tipos de chiles cultivados en México sólo es de 70,000 a 80,000 hectáreas por año, debido a que la mayoría de las regiones de nuestro país no poseen sistemas de riego.
- El 80% del área total cultivada se efectúa por medio de condiciones de riego y solo el 20% es de temporal o de humedad residual.
- Son usualmente dos fechas las que se destinan para el cultivo de chile y dependen de las condiciones climatológicas que prevalezcan en cada región.
- La selección de la semilla tendrá el propósito de obtener los mejores frutos de chile.
- Los almacigos serán el lugar inicial de las plantas de chile con la finalidad de protegerlas contra el frío y la lluvia.
- La siembra deberá ser en surcos y no al voleo con el propósito de controlar la humedad, la densidad y la fertilización.

- El clima es un factor esencial en el desarrollo de la planta de chile y debe fluctuar entre 20 a 30°C, dependiendo del grado de desarrollo de la misma.

- Las condiciones adecuadas para los suelos destinados al cultivo de chile específicamente en su especie de *Capsicum annum* y de variedades escogidas para el estudio, se concluye en base a los resultados obtenidos en:
 - . Profundos
 - . Buen drenaje interior y exterior
 - . Color café oscuro a negro.
 - . % de humedad mayor de 2
 - . pH de 6.0 a 8.0 unidades
 - . conductividad eléctrica menor de 2 mohms/cm.
 - . textura arcillo-arenosa
 - . materia orgánica de 3 a 5 %
 - . % nitrógeno valor promedio 2.4 valor crítico 1.0
 - . % fósforo valor promedio 0.20 valor crítico 0.09
 - . ppm calcio valores promedio 1000 valor crítico 0 a 500
a 1200
 - . ppm magnesio valores promedio 50 a 60 valor crítico 0 a 30
 - . ppm de potasio valores promedio 250 a valores críticos 0 a 60
400
 - . ppm de sodio valores promedio 100 a
150

- Mediante la rotación de cultivos se evita el agotamiento de elementos esenciales que proporciona el suelo a las plantas, controla las enfermedades del cultivo anterior y mejora las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo.

- Las labores de preparación del terreno son de suma importancia a fin de asegurar las condiciones de crecimiento y desarrollo de la planta.
- De 60-80 cm de separación entre planta y planta, permitirá una densidad de siembra ideal cuando se haga el trasplante.
- La fertilización se efectuará de acuerdo a las características iniciales de fertilidad natural del suelo y al clima que prevalezca en la región.
- La cosecha se hará dependiendo de la comercialización pactada y al tipo de chile cultivado, ya sea como fruto verde o seco.
- Las plagas y enfermedades se contrarrestarán mediante insecticidas, fungicidas y herbicidas y mediante rotación de cultivos adecuados y mejoramientos genéticos.

BIBLIOGRAFIA

- Seharrer, K.
Química Agrícola
Volúmen I y II
Editorial Unión Tipográfica Hispano Americana
Barcelona (1960).

- Arozamena, I.C.
Enciclopedia Práctica del Agricultor
Volúmen III. El terreno agrícola
Editorial Sintesis
Barcelona (1963).

- Bear, F.E.
Química del Suelo
Ediciones Interciencia
Madrid (1963).

- Sampat, A.G.
Física de Suelos. Principios y Aplicaciones
Editorial Limusa Willey, S.A.
México (1972).

- Donahue, R.L.
Soils an Introduction to Soils and Plant Growth
Segunda Edición
Editorial Prentice-Hall, Inc.
New Jersey (1965).

- Palmer, R.G. y F.R Trolet
Introducción a la Ciencia del Suelo: Manual del Laboratorio
Editor, S.A.
México (1980).

- Primo, Y.E. y D.J.M Carrasco
Química Agrícola
Volúmen I. Suelos y Fertilizantes
Editorial Alhambra, S.A.
Madrid (1973)

- Demelon, A.
Principios de Agronomía
Tomo I
Editorial Omega, S.A.
Barcelona (1965).

- **Baver, L.D.**
Soils Physics
Editorial John Willey and Sons, Inc.
New York (1959)

- **Sir Russell, J.E. y W.E Russell**
Las Condiciones del Suelo y el Crecimiento de las Plantas
Editorial Aguilar
Madrid (1968).

- **Suárez, C.F.**
Conservación de Suelos
Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas
San José (1979).

- **Kirk, R.E. y D.F. Othmer (edit.)**
Encyclopedia of Chemical Technology
Vol. 6
The Interscience Encyclopedia, Inc.
New York (1951)

- Berger, K.C.
Introductory Soils
The Mc Millan Company
New York (1965)

- Brauer, O., Ralph, W. y J.R. Richardson. El Chile, Indicaciones
Generales para su Cultivo. El Campo. 23 [784] 10-16; 20-32 (1957).

- Presente y Pasado del Chile en México
Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos
Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas
México, D.F.
Abril 1984.

- Logros y Aportaciones de la Investigación Agrícola en
Cultivo del Chile en México.
Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos
Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas
México, D. F.
Junio 1983.

- Cortés, P.B. El Cultivo del Chile. Avance Agrícola Ganadero. 1 [7]
7-15 (1970).

- Cortés, P.B. y F.A. Muñoz. Taxonomía y Distribución Geográfica de los Chiles Cultivados en México. Vida Rural en México. 10 [106] 24-32 (1967).

- Nelson, E.K. The Constitution of Capsicum, the Pungent Principle of Capsicum. J. Am. Chem. Soc. 41 1115-1119 (1919).

- Trejo, G.A. y A.C. Wild. A New Method for Determination of Capsaicin in Capsicum fruits. J. Food Sci. 38 342 (1973).

- Díaz del P.A.
Estudio Teórico y Práctico del Cultivo de Chile
Agricultura para México al Alcance de Todos
Colección de Folletos de Divulgación Agrícola
México (1957).

- Farrel, P.T.
Enciclopedia Práctica del Agricultor
Volúmen IV. Labores Agrícolas
Editorial Sintet
Barcelona, (1963).

- Información Agropecuaria y Forestal
Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos
Subsecretaría de Agricultura y Operación
Dirección General de Economía Agrícola
México, (1983).

- Información Sobre Aspectos Geográficos, Sociales y Económicos
Volumen I. Aspectos Geográficos.
Secretaría de Programación y Presupuesto
Coordinación de los Servicios Nacionales de Estadística, Geografía
e Informática.
México (1984).

- Valor Nutritivo de los Alimentos Mexicanos
Tablas de uso Práctico
Instituto Nacional de Nutrición
México (1974).

- Jackson, M.L.
Análisis Químico de Suelos
Ediciones Omega, S.A.
Barcelona (1964).

- Villarreal, D.E. y S. Bello de V.
Electroquímica
Parte 2
Serie ANUIES
Editorial Edicol, S.A.
México (1975).

- Bouyoucos, G.L. Direction for Making Mechanical Analysis of
Soils by the Hydrometer Method. Soil Science. 42 225-230 (1936).

- Forsythe, W.
Física de Suelos. Manual de Laboratorio
Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas
San José (1975).

- Willard, L.
Chemical Equilibria in Soils
Edit. John Willey and Sons, Inc.
New York (1979).

- Voguel, A.
Química Analítica Cuantitativa
Editorial Kapelusz
Buenos Aires (1974).

- Orozco, D.F.
Análisis Químico Cuantitativo
10a. Edición
Editorial Porrúa, S.A.
México, (1978).