



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

"ESTUDIO DE SUELO PARA CULTIVO DE NARANJA EN LA REPÚBLICA MEXICANA"

TRABAJO MONOGRÁFICO DE ACTUALIZACIÓN

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE QUÍMICO PRESENTA ERWIN SÁNCHEZ ORTÍZ



EXAMENES CON ORIGEN MEXICANO



EXAMENES PROFESIONALES FACULTAD DE QUÍMICA



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Jurado asignado:

Presidente **ELVIA PILAR MARTÍNEZ IZAGUIRRE**
Vocal **ADRIAN JAVIER MANRIQUEZ GONZALEZ**
Secretario **MARIA DEL RAYO SALINAS VAZQUEZ**
1er. Suplente **EDUARDO MARAMBIO DENNETT**
2do. Suplente **MARIO ALBERTO MALDONADO TAPIA**

Sitio donde se desarrolló el tema Facultad de Química, Edif. "A", Laboratorio 4D
UNAM

Biblioteca de la Facultad de Química, UNAM

Biblioteca del Instituto de Geografía, UNAM

Biblioteca Central, de la Universidad
Autónoma Chapingo

Biblioteca Central, UNAM

Bibliotecas de SAGARPA e INEGI

Asesor



Q. Elvia Pilar Martínez Izaguirre

Sustentante:



Erwin Sánchez Ortiz

Dedico especialmente este gran trabajo a mis padres: por darme una buena educación, fuerza y vitalidad para terminar y lograr los retos impuestos en la vida.

A mí: por no derrotarme a medio camino. "Más Vale Tarde que Nunca"

A mis hermanas Vanesaa y Morelia: por apoyarme en todo momento y en cualquier situación.

A mi abuela: por estar siempre a mi lado y reír conmigo.

A mis tíos Carlos, Rogelio, Pilar; Adriana, Mauricio y Rodolfo: por ser como mis hermanos mayores, siempre con buenos consejos.

A mis amigos de la preparatoria Itziar, Eduardo y Susana: por compartir muy buenos momentos y una etapa tan especial de mi vida

A Itziar, Miren y familia: de quien recibí amistad, apoyo moral y fuerza para salir adelante en momentos difíciles.

A la familia Zavala Zendejas por apoyarme en buenos y difíciles momentos en la etapa universitaria.

A todos los grandes amigos de la Universidad David, Sylvia, Fabian y familia, Mayra y familia, Gustavo y familia, Abraham y familia, Margarita, Oli, Francia, Checo, Armando Retama, Ivon, Gerardo Simon, Andrea, Biro, por formar parte de la mejor etapa de mi vida "La Universidad"

A Angelina por ser una excelente persona.

A la Maestra Elvia por escucharme y ayudarme a realizar este trabajo.

"A TODOS USTEDES MUCHAS GRACIAS"

AGRADECIMIENTOS

A todos los profesores que ayudaron en mi desempeño académico.

Al H. Jurado por el tiempo otorgado a la revisión de este trabajo.

A la FACULTAD DE QUÍMICA.

A la UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO por darme la oportunidad de superarme.

En forma especial agradezco a la Q. Elvia Pilar Martínez Izaguirre por la dirección de este trabajo.

INDICE

Página

I. INTRODUCCIÓN	1
II. GENERALIDADES	2
2.1. El Suelo	2
2.2. Formación y Clasificación del Suelo	2
2.3. Factores Físicos del Suelo	4
2.3.1. Textura	4
2.3.2. Estructura	7
2.3.3. Consistencia	7
2.3.4. Densidad	8
2.3.5. Porosidad	8
2.3.6. Aereación	8
2.3.7. Color	9
2.3.8. Temperatura y Humedad	10
2.4. Factores Químicos del Suelo	12
2.4.1. Materia Orgánica	12
2.4.2. Cationes Intercambiables	14
2.4.3. Capacidad de Intercambio Catiónico Total	15
2.4.4. Nitrógeno	16
2.4.5. Fósforo	16
2.5. Factores Fisicoquímicos del Suelo	18
2.5.1. Reacción del Suelo	18
2.5.1.1. Corrección de pH en suelos ácidos y básicos	20
2.6. Nutrientes	23
2.6.1. Funciones de los Nutrientes	24
2.6.2. Fuentes Externas de Nutrientes para las plantas	26
2.7. La Naranja	27
2.7.1. Naranja Dulce	27
2.7.2. Importancia Económica y Distribución Geográfica	27
2.7.3. Principales Variedades de Naranja	33
2.7.4. Suelos para el Cultivo de la Naranja	35
2.7.5. Requerimientos Climáticos y Edafológicos	38
2.7.6. Propagación	38
2.7.7. Semillero	39

2.7.8. Vivero	40
2.7.9. Preparación de la Parcela	40
2.7.10. Época y Método de Siembra	43
2.7.11. Trabajo del Suelo	44
2.7.12. Práctica del Abonado Verde	44
2.7.13. Nutrición del Árbol de Naranja	45
2.7.14. Fertilización	47
2.7.15. Riego	49
2.7.16. Poda	51
2.7.17. Manejo de Maleza, Control de Plagas y Enfermedades	52
2.7.18. Cosecha	54
III. MÉTODOS ANALÍTICOS	56
3.1. Análisis de Suelos	56
3.1.1. Métodos de Muestreo	56
3.1.2. Toma de Muestras	58
3.1.3. Preparación de Muestras	59
3.1.4. Análisis Mecánico	60
3.1.5. Color en Seco y en Húmedo	63
3.1.6. pH del Suelo	64
3.1.7. Resistencia del Suelo	66
3.1.8. Densidad Aparente	68
3.1.9. Materia Orgánica	69
3.1.10. Capacidad de Intercambio Catiónico Total	72
3.1.11. Cationes Intercambiables	75
3.1.12. Determinación de Nitrógeno como Nitratos	83
3.1.13. Determinación del contenido en Fósforo	86
3.1.14. Determinación de Sales Solubles	92
3.1.15. Determinación de Cationes y Aniones Solubles en el Extracto de Saturación	96
3.1.16. Sodio, potasio, calcio y magnesio	96
3.1.17. Determinación de Carbonatos y Bicarbonatos	96
3.1.18. Determinación de Cloruros	98
3.1.19. Determinación de Sulfatos	100
IV. CONCLUSIONES	102
V. RECOMENDACIONES	103
VI. REFERENCIAS	105

INDICE DE TABLAS

TABLA No.	Página
1. Clasificación de Suelos de acuerdo a su Textura	6
2. Contenido de Materia Orgánica en el Suelo	13
3. Fósforo Asimilable	17
4. Corrección de Suelos Ácidos	21
5. Corrección de Suelos Alcalinos	22
6. Área Mundial Cosechada de Naranja (miles de hectáreas)	29
7. Producción Mundial de Naranja (miles de toneladas)	30
8. Superficie, Producción y Rendimientos de Naranja en las Entidades Federativas de México	31
9. Tolerancia a Condiciones Adversas del Suelo y Características del Fruto adquiridas de la combinación de algunos Portainjertos con Naranja	39
10. Distancias de Plantación para Naranja según el tipo de suelo	42
11. Guía de Análisis Foliar para diagnosticar el Estado Nutricional de árboles adultos de Naranja "Valencia"	47
12. Fertilización del Suelo en la Región Naranjera de Veracruz	48
13. Concentración de N, P y K en algunos Fertilizantes Comerciales	48
14. Valores para Determinar el Volumen de Agua y el Momento oportuno para regar de acuerdo a las lecturas del Tensiómetro	50
15. Herbicidas para controlar la Maleza en Naranja	53
16. Sugerencias para el Control Químico de las Plagas en la Región Golfo Centro	53

17. Efecto de Fechas de Cosecha en la Producción y Calidad Interna de la Fruta de Naranja	55
18. Corrección de Temperatura con respecto al Densímetro	62
19. Conductividad Eléctrica de la Disolución Estándar de Cloruro de Potasio (KCl) 0.01M a la Temperatura (T)	94
20. Factores de corrección a la Temperatura (T)	95
21. Clasificación de Suelos en función de su Conductividad Eléctrica	95
22. Cantidades de Abono de Fondo recomendadas para la Implantación e Iniciación del Huerto de Naranja	104
23. Estado óptimo Nutricional de árboles adultos de Naranja	104

INDICE DE FIGURAS

FIGURA	Página
1. Triángulo de Textura	5
2. Sistema de Munsell	10
3. Disociación de H ⁺ e intercambio de cationes	15
4. Clasificación del Suelo según el valor de pH	19
5. Zonas Productoras de Naranja en México	32
6. Forma y Tamaño del búlbo húmedo, según la textura del Suelo	50
7. Comparación de Métodos de Muestreo en la Parcela	57
8. Toma de Muestra de Suelo con Barrena	58
9. Toma de Muestra de Suelo con Sonda	58
10. Toma de Muestra de Suelo con Pala o Azadón	59

I. INTRODUCCIÓN

En esta tesis, se tiene como objetivo establecer un panorama general del cultivo de la Naranja así como la importancia que tiene el suelo y los métodos de análisis para su estudio en la República Mexicana. Con el propósito de dar probables soluciones a los problemas generados en el desarrollo agroindustrial.

La Naranja en México es actualmente la fruta más importante, tanto por la superficie dedicada a su cultivo como por el monto producido y su consumo interno (32).

A pesar de que en promedio el clima de México es excelente para la producción de Naranja, suelen darse factores climatológicos adversos como las heladas en Tamaulipas, por lo que es necesario emplear nuevas estrategias y tecnología de operación específicas para evitar pérdida de frutales y hacer más eficiente y redituable la producción.

A partir del análisis y propiedades de los suelos de las diferentes entidades naranjeras en México, se darán recomendaciones para optimizar condiciones del suelo que pudieran limitar el desarrollo del frutal, así como también se tratará de proporcionar al citricultor y a todas las personas interesadas en el tema una guía de información actualizada para la mejor explotación de Naranja en el país y en consecuencia la mejora del cultivo y la producción del mismo.

II. GENERALIDADES

2.1. EL SUELO

El nombre suelo se derivó de la palabra latina *solum*, la cual significa piso o superficie de la Tierra (47). A través de este significado, se le puede dar una definición más precisa: "El suelo es la capa superficial de la corteza terrestre que constituye el medio físico y químico donde se desarrollan tanto plantas como animales" (97). O bien, "La mezcla de material mineral, material orgánico agua y aire" (33).

2.2. FORMACIÓN Y CLASIFICACIÓN DEL SUELO

La formación del suelo se inicia cuando las rocas, en contacto con la atmósfera se fragmentan en partículas pequeñas debido a la acción de agentes como lluvia, viento, ríos y cambios de temperatura dando como resultado horizontes (97, 27, 68).

El suelo está constituido por suelo superficial y subsuelo. Este se ha clasificado en seis grupos de horizontes, designados por los símbolos O, A, E, B, C y R.

El suelo superficial u horizonte superior comprende las letras O, A y E que se refieren a la capa arable, la cual está compuesta de materia orgánica en proceso de desintegración (humus), raíces de los vegetales y substancias minerales; en conjunto forma una capa porosa que permite que el agua y el aire penetren a ella. Debajo se encuentra el subsuelo u horizonte del subsuelo, constituido por las letras B y C, los cuales conjuntan partículas minerales más gruesas, pocas raíces y menos cantidad de agua. El horizonte inferior representado por la letra R esta integrado por la roca madre constituida por elementos químicos combinados en forma de cristales o agregados naturales, llamados minerales.

Es de suma importancia señalar que cada suelo en particular puede contener algunos de los horizontes mencionados, pero no forzosamente todos. Ningún horizonte es universal, pero todo suelo contiene al menos uno (68).

Los suelos son clasificados de acuerdo a su origen y composición.

Origen:

- Autóctonos. Los que se encuentran sobre la capa geológica y se originan a expensas de ella, al actuar sobre la roca madre, diversos factores de erosión, físicos y biológicos que la desmoronan.

- Alóctonos. Cuando los elementos originados, al desmoronarse la roca madre, son arrastrados por factores extraños, como el agua, viento o el hombre a otros sitios más o menos distantes donde se depositan.

Composición:

- Calizos. Los que contienen carbonato de calcio asociado al de magnesio.
- Salinos. Los que contienen sales de sodio en forma de cloruros y carbonatos.
- Silíceos o arcillosos. Los que contienen sílice asociado con aluminio.
- Humíferos. Los que poseen materia orgánica en proceso de desintegración (33).

2.3 FACTORES FÍSICOS DEL SUELO

Se deben considerar de suma importancia los factores físicos del suelo, ya que son indispensables para el mayor y mejor aprovechamiento del mismo, los de mayor importancia son los siguientes:

- Textura
- Estructura
- Consistencia
- Densidad
- Porosidad
- Aereación
- Color
- Temperatura y humedad

2.3.1 Textura

El tamaño relativo de las partículas del suelo, se expresa mediante el término *textura*, el cual se refiere al grado de finura (47). Más específicamente, la *textura* es la proporción relativa de grupos o partículas menores a 2 mm. Si las partículas mayores a 2 mm están presentes en cantidades significativas al nombre de la *textura* se le adiciona un adjetivo apropiado como *gravoso* o *pedregoso*.

Así, las clases texturales se suelen clasificar en gruesa (arena), mediana (limo) y fina (arcilla). Definiéndose de una manera gráfica en un diagrama triangular que representa los valores de arena, limo y arcilla. Figura 1 (14, 27, 68, 87).

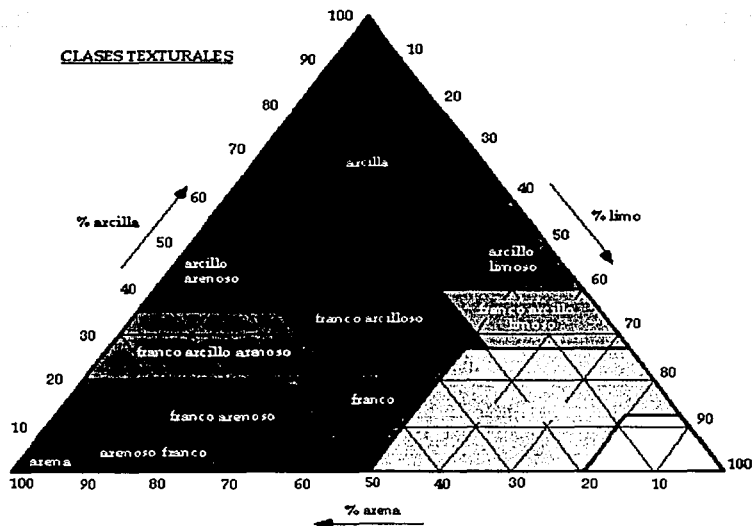


Figura 1. Triángulo de Textura (87).

La suma de los porcentajes de arena , limo y arcilla en cualquier punto del triángulo es 100.

Los mejores suelos para cultivo son los francos y franco-limosos, ya que poseen una buena penetración y retienen el agua y los nutrientes, así como su fertilidad natural va de media a alta. Los suelos arenosos son inertes desde el punto de vista químico, carecen de propiedades coloidales y de reservas de nutrientes; en cuanto a las propiedades físicas presentan mala estructuración, no retienen agua y facilitan el movimiento del aire, debido a su alta porosidad. Los suelos franco-arcillosos y arcillosos, son muy activos desde el punto de vista químico, adsorben iones y moléculas, floculan (la fracción arcilla permanece inmóvil) y dispersan (migran), muy ricos en nutrientes, retienen demasiada agua, tal que la planta no cuenta con ésta y otros nutrientes esenciales para un buen desarrollo. Los suelos limosos tienen nula estructuración, sin propiedades coloidales, son impermeables y con mala aireación (33, 53, 87).

De acuerdo a la Figura 1 la composición de grupos de partículas de diferentes tamaños se identifican las siguientes clases:

Clase	Arcilla (%)	Arena (%)	Limo (%)
Arcilloso	60	20	20
Franco-arcilloso	40	30	30
Franco	20	40	40
Franco-arenoso	15	65	20
Arenoso	5	90	5
Franco-limoso	15	20	65
Limoso	10	5	85

Tabla No. 1. Clasificación de suelos de acuerdo a su textura (33).

El método por el cual se determina el contenido porcentual de los tres diferentes componentes del suelo en una muestra, es conocido con el nombre de análisis mecánico o granulométrico. Este se basa, en la preparación de la muestra por métodos físicos (trituración suave, agitación lenta, agitación rápida, ultrasonidos, lavado y cocción) y técnicas químicas (oxidación de la materia orgánica con agua oxigenada, ataque ácido de los carbonatos y compuestos de Fe con HCl, dispersión de las arcillas con hexametáfosfato sódico o amónico).

El fraccionamiento de las partículas de suelo por medio del tamizado y el análisis del tamaño de partícula llevado a cabo por sedimentación: métodos del densímetro de Bouyoucos y de la pipeta de Robinson (7, 87).

Es de suma importancia señalar, que en la actualidad existen varios métodos para determinar la sedimentación y procesos de fraccionamiento, sin embargo, en esta tesis sólo se hará referencia al método de sedimentación de Bouyoucos por ser el más frecuentemente utilizado en el laboratorio.

Por medio del tamizado, se separan partículas con diámetros mayores a 2 mm, aunque también es posible separar la arena que comprende de 0.5 a 2 mm, esto para facilitar la posterior separación del limo y arcilla por sedimentación.

La sedimentación, se basa en la directa proporcionalidad del tamaño de las partículas de suelo en suspensión y en la velocidad de asentamiento de las mismas, esto es, a mayor tamaño de partículas en suspensión, mayor velocidad de asentamiento. Por ello, la arena se asienta más rápido que el limo y el limo más rápido que la arcilla (27, 68).

La cuantificación de la sedimentación se realiza a partir de la Ley de Stokes, cuya ecuación es

$$V = e/t = (2/9) [(d - d_0)g r^2]/\gamma$$

donde:

"V" es la velocidad de caída de la partícula a través de un medio [m/s].

"e" espacio que recorre una partícula en un determinado tiempo [m].

"t" tiempo de caída [s].

"g" aceleración debida a la gravedad [m/s^2].

"d y d_0 " densidad de la partícula y del líquido respectivamente [Kg/m^3].

" γ " viscosidad [poises] = [Kg/ms].

"2/9" Constante.

"r" radio de la partícula [m]. (36)

El método de Bouyoucos consiste en determinar la cantidad de partículas en suspensión midiendo la densidad de la misma con un densímetro a una profundidad conocida en función del tiempo (13).

El método de la pipeta o de Robinson consiste en tomar con una pipeta un volumen conocido de la suspensión ya sedimentada a una determinada profundidad, después es evaporada el agua y por diferencia de peso se determina la cantidad de material de suelo.

En ambos métodos, se recomienda trabajar en condiciones de temperatura constante debido a que si ésta varía se desencadenan corrientes que impiden un asentamiento uniforme y causan errores de precisión y viscosidad (44).

2.3.2 Estructura

El suelo esta formado por tres distintas partículas principalmente, dos de ellas, arena y limo, se mantienen unidas por la presencia de arcilla, materia orgánica y huecos. Estas partículas están aglomeradas en unidades estables denominados agregados.

La organización de estos agregados se conoce como estructura del suelo. Un suelo con buena estructura no sólo soporta mejor los elementos alteradores tales como la precipitación erosiva, sino que también permite una mejor producción en los cultivos (33, 87).

2.3.3 Consistencia

La consistencia es la resistencia a la deformación o ruptura del suelo. Esta depende de las propiedades cohesivas y adhesivas del suelo. Según su contenido de agua, se expresa en términos de dureza, firmeza, plasticidad o pegajosidad, las cuales son determinadas cualitativamente bajo tres condiciones: mojado, húmedo y seco.

2.3.4 Densidad

El suelo como cuerpo poroso tiene dos densidades: La densidad real (densidad media de sus partículas sólidas) y la densidad aparente (teniendo en cuenta el volumen de poros) (87).

La densidad real se define como la masa por unidad de volumen de las partículas del suelo (sólidos del suelo) expresada frecuentemente como $[g/cm^3]$ (47).

La densidad aparente refleja el contenido total de porosidad en un suelo y es importante para el manejo del mismo (refleja la compactación y la facilidad de circulación de agua y aire), también es un dato necesario para transformar muchos de los resultados obtenidos en el laboratorio expresados en % en peso a valores de % en volumen en el campo (87).

La densidad aparente de los suelos superficiales de textura fina comúnmente se encuentra entre los límites 1.0 y 1.3 g/cm^3 y los suelos superficiales de textura gruesa estarán entre los límites de 1.3 y 1.8 g/cm^3 (47).

2.3.5 Porosidad

El tamaño macroscópico de los agregados permite la existencia de espacios, llamados poros; el porcentaje total de estos es nombrado espacio poroso o porosidad, la cual facilita el movimiento de aire y agua a través del suelo, dando lugar a que exista una buena aereación, un buen drenaje y, por tanto, vitalidad para la actividad biológica (33, 47, 87).

El porcentaje del espacio poroso en un suelo puede ser calculado a partir de la densidad aparente y la densidad real, si ambas están expresadas en las mismas unidades. La siguiente fórmula dará el porcentaje del suelo constituido por partículas sólidas:

$$\frac{\text{Densidad aparente}}{\text{Densidad real}} \times 100 = \% \text{ de sólidos}$$

El porciento de sólidos tomado del volumen total de suelo (100 %), dará la porosidad:

$$100 \% - \% \text{ de sólidos} = \text{porosidad} \quad (47)$$

2.3.6 Aereación

Se ha determinado que la aereación del suelo o la difusión de gas depende de poros de mayores dimensiones y de su adecuada interconexión. Las vías de

conexión de estos poros deben tener al menos 0.01 mm de separación en sus puntos más estrechos para lograr una buena aereación y drenado.

El principal factor por el cual es afectada la aereación, es el agua, al aumentar en el suelo, disminuye la disponibilidad de oxígeno afectando la respiración de las raíces, así como la absorción de nutrientes. Es por ello que comúnmente la planta muere.

Este problema se ve frecuentemente en los suelos arcillosos, ya que estos al contener mayor cantidad de agua que llena los microporos característicos, disminuye la aereación y se hace discontinua la difusión de gas (75).

2.3.7 Color

El color del suelo, es resultado de la cantidad de materia orgánica, de algunos iones específicos presentes y de la luz reflejada por éste, no siempre es un indicador de fertilidad, pero sí del drenaje.

Se mide por comparación a unos colores estándar contenidos en las tablas Munsell. Las cuales fueron calculadas a partir de tres variables: matiz, valor e intensidad.

El matiz se refiere a la longitud de onda dominante o al color de la luz reflejada por un objeto. Esta se define en 5 colores cardinales y sus mezclas: azul, azul-verde, verde, verde-amarillo, amarillo, amarillo-rojo, rojo, rojo-púrpura, púrpura y púrpura-azul. Esta se describe por un número seguido de letras (referente al color o a la mezcla).

El valor, algunas veces llamado brillantez, se refiere a la cantidad total de luz, o a la claridad u oscuridad del color. La cantidad de blanco empleada puede considerarse como medida del valor del color en cuestión. La escala va de 0 a 10, donde 0 es negro puro y 10 es blanco puro.

La intensidad es la pureza relativa de la longitud de onda de la luz dominante.

La anotación de colores de Munsell es una designación sistemática con letras y números de cada una de las tres variables del color. Las tres variables están dadas siempre en el orden matiz, valor e intensidad. Por ejemplo 10YR 6/4, 10YR es el matiz rojo amarillento, 6 es el valor y 4 es la intensidad

En la Figura 2, se muestra un esquema del sistema Munsell donde se muestra el sector graduado de matiz, valor e intensidad de los colores del suelo (27, 47, 68).

Cada muestra de suelo que se analiza se compara con muestras normalizadas de franjas de colores ordenadas en el libro de notaciones de Munsell. En este libro cada página corresponde a un matiz, donde el valor aumenta de abajo hacia arriba y la intensidad aumenta de izquierda a derecha.

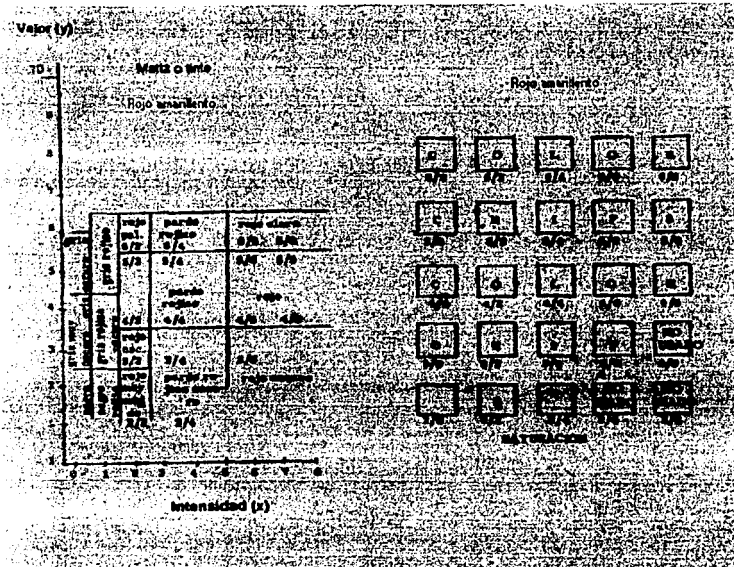


Figura 2. Sistema de Munsell

2.3.8 Temperatura y Humedad

El suelo recibe las radiaciones procedentes del Sol y se calienta. Su temperatura, depende de como lleguen las radiaciones a la superficie y de como el suelo las asimile (humedad, color, calor específico, conductividad, etc.).

Las partículas minerales requieren de una cantidad pequeña de calor para aumentar su temperatura. La cantidad de calor requerida para aumentar la temperatura de 1 g de partículas de suelo es de 1°C, esto es apenas una quinta parte de la cantidad necesaria para calentar un gramo de agua. Es decir, el calor específico de las partículas de un suelo seco es 0.2 cal/°C, y por este hecho queda claro, que el contenido de humedad es un factor importante en la determinación de la temperatura del suelo. Un suelo con un contenido de humedad alto, se calentará lentamente en la primavera y se enfriará lentamente en el otoño. Por lo tanto, el drenaje ejerce una gran influencia sobre la temperatura del suelo.

Mediante el uso de cubiertas de residuos vegetales y de varias formas de sombreado, el suelo puede ser protegido de los rayos solares y la evaporación de la humedad puede ser reducida, modificando así, los cambios de temperatura del suelo. Los suelos con un alto contenido orgánico absorben más calor debido a su color oscuro; por lo mismo tienden a ser más calientes. Sin embargo, este efecto es contrarrestado hasta cierto punto, por el incremento en la retención de agua.

2.4. FACTORES QUÍMICOS DEL SUELO

Los factores químicos son considerados como aquellas variables que influyen en los procesos químicos del suelo, cambiando de acuerdo con la localidad, la vegetación, los sedimentos que contiene y el clima entre otros factores.

Los factores químicos que se reportan con fines de fertilidad son:

- Materia orgánica.
- Cationes intercambiables.
- Capacidad de Intercambio Catiónico Total (CICT).
- Nitrógeno.
- Fósforo.

2.4.1. Materia Orgánica

La materia orgánica del suelo está constituida por organismos vivos y en gran parte por restos de plantas, animales y microorganismos en distintas etapas de su descomposición (97). Es la principal fuente de azufre y fósforo, y prácticamente la única fuente de nitrógeno natural del suelo.

Existen tres tipos genéricos de materia orgánica presentes en el suelo: los organismos vivos, la materia orgánica muerta activa (sin descomposición o levemente descompuesta, lábil) y los materiales descompuestos (humificados) relativamente estables.

La materia orgánica viva del suelo se compone de un variado grupo de organismos, en los cuales se incluyen: virus, bacterias, hongos y protozoos, artrópodos de tamaño pequeño y mediano, lombrices, etc.

La fracción activa del material muerto se compone de residuos frescos, así como también de residuos levemente descompuestos. Los residuos frescos (raíces) son la parte más activa de la materia orgánica, con cerca de un 60 a 80% de descomposición durante el primer año.

La fracción de la materia orgánica del suelo descompuesta completamente y relativamente estable, por lo general reciben el nombre de humus. El humus del suelo se descompone de manera bastante lenta, con una descomposición de alrededor del 2 al 5% anual.

La materia orgánica contribuye de manera importante a los factores físicos, químicos y biológicos del suelo:

- Físicos. Confiere al suelo un determinado color oscuro. Por otra parte, las sustancias húmicas tienen un poder aglomerante, las cuales se unen a la fracción mineral y dan buenos flóculos en el suelo originando una estructura grumosa estable, de elevada porosidad y una mayor permeabilidad.

Tiene una gran capacidad de retención de agua, facilitando el asentamiento de la vegetación y dificultando la acción de los agentes erosivos.

Protege a los suelos de la contaminación, adsorbe plaguicidas y evita que estos percolen hacia los acuíferos.

- Químicos. La materia orgánica fija iones de la disolución del suelo y evita por tanto que se produzcan pérdidas de nutrientes. Produce compuestos orgánicos que tienden a acidificar el suelo. Influye en el estado de dispersión/floculación. Es un agente de alteración por su carácter ácido y descompone los minerales.
- Biológicos. Aporte de nutrientes a los microorganismos y fuente de energía. En su ausencia, no sería posible la gran cantidad de reacciones bioquímicas y por lo tanto la vida (85).

En la siguiente Tabla se muestra la clasificación del suelo en base a su materia orgánica contenida.

Niveles de Materia Orgánica (%)	Interpretación
Menos de 1.0	Muy pobre
1.0 a 2.0	Pobre
2.0 a 3.0	Medio
3.0 a 5.0	Rico
Más de 5.0	Muy rico

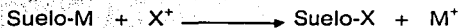
Tabla No. 2. Contenido de materia orgánica en el suelo (18)

Al método que se hará referencia para determinar el porcentaje de materia orgánica en esta tesis es el de Walkley-Black, debido a que presenta ventajas prácticas que en el Capítulo III se mencionarán.

2.4.2 Cationes Intercambiables

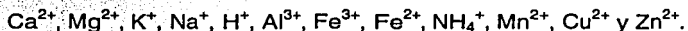
Esta es una de las reacciones químicas más comunes e importantes en todo el dominio de la agricultura.

La adsorción de un catión por un núcleo coloidal y la liberación subsecuente de uno o más iones retenidos por el núcleo es denominada intercambio de cationes (47).



La eficiencia con la cual los iones se reemplazarán unos a otros está determinada por: la concentración relativa o número de iones, el número de cargas sobre los iones y la velocidad del movimiento o actividad de los diferentes iones.

Los cationes que frecuentemente ocupan las posiciones de intercambio en los suelos son:



En los suelos ácidos predominan H^+ y Al^{3+} , en los suelos alcalinos predominan las bases fundamentalmente como el Na^+ y en los suelos neutros el Ca^{2+} (48).

El proceso de intercambio catiónico, también se da en condiciones naturales, y en procesos de salinidad y sodicidad.

2.4.3 Capacidad de Intercambio Catiónico Total

La capacidad de intercambio catiónico total (CICT), es el parámetro que nos indica la fertilidad del suelo y además expresa el número de sitios de adsorción de cationes por unidad de peso del mismo, estos sitios pueden ser coloides orgánicos y minerales.

También es definida como la suma total de cationes intercambiables adsorbidos, expresados en *miliequivalentes por 100g de suelo seco*.

El valor de la CICT está en función de la textura del suelo, mientras más fina sea la textura, mayor será el valor de la CICT.

En el suelo los principales intercambiadores son las arcillas y la materia orgánica (los dos materiales presentan propiedades coloidales).

Los suelos presentan distintos valores de CICT en función del pH. A pH ácidos los H^+ están fuertemente retenidos en las superficies de las partículas, pero a pH básicos primero los H^+ de los grupos carboxilo y después los H^+ de los grupos hidroxilo se disocian y pueden ser intercambiados por cationes. Como se muestra en la siguiente figura..

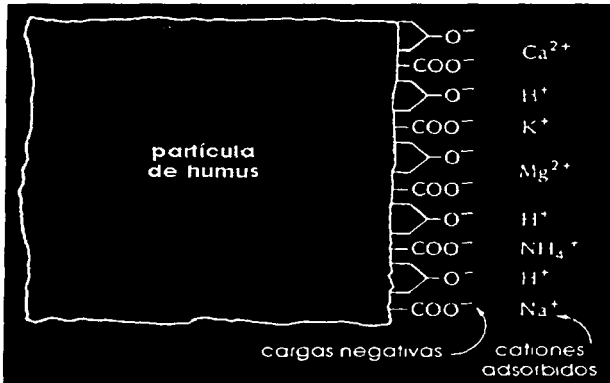


Figura 3. Disociación de H^+ e intercambio de cationes.

El método más utilizado para determinar la CICT es:

- Lixiviación con acetato de amonio

Una cantidad conocida de suelo seco se satura con acetato de amonio concentrado, llevándose a cabo el intercambio de los cationes adsorbidos por el ión amonio en la superficie coloidal a pH de 7.

Posteriormente, el exceso de NH_4^+ es lavado con etanol y para desplazarlo del suelo se le agrega alguna disolución salina.

La concentración de iones amonio removida se valora con ácido y el valor de CICT se determina a partir de la cantidad de NH_4^+ en meq/100 g de suelo seco.

2.4.4 Nitrógeno

El nitrógeno que se encuentra en el aire, es fijado o absorbido por los suelos en forma de nitratos y se origina de diferentes formas: durante las tormentas, las descargas eléctricas generan compuestos nitrogenados, los que al ser arrastrados por el agua de las lluvias forman nitratos. Existen bacterias capaces de fijar el nitrógeno de la atmósfera en el suelo, algunas de ellas viven libremente y otras asociadas a las raíces de las plantas. El nitrógeno del suelo es captado por las plantas verdes para formar materia orgánica. Las hojas de las plantas, los desechos de los animales y los cadáveres de todos los seres vivos son atacados por determinadas bacterias y hongos unicelulares, las que, por medio de enzimas o fermentos, realizan un proceso llamado nitrificación. Al final de este proceso se forman nitratos que vuelven a ser absorbidos por el suelo e inician el ciclo de nuevo (33).

Ya que las plantas obtienen en su mayoría el nitrógeno en forma de nitratos, en el Capítulo III de esta tesis se explicará con detalle la determinación de nitrógeno como nitratos.

2.4.5 Fósforo

El fósforo a menudo aparece como un nutriente limitante en los suelos agrícolas, cualquiera sea su forma de manejo. No es posible capturarlo biológicamente desde el aire, como ocurre con el nitrógeno.

Las plantas absorben fósforo en estado soluble, pero cuando se introduce fósforo al suelo, más del 90% de él pasa rápidamente a formas no asimilables. Así, gran parte de los fertilizantes fosfatados que se aplican no son utilizados por las plantas, sino que se almacenan en el suelo.

El fósforo del suelo se presenta casi exclusivamente como orto-fosfatos de calcio y aluminio derivados del ácido fosfórico, H_3PO_4 . Los compuestos formados pueden encontrarse en forma de sales en disolución, sales cristalinas o sales absorbidas. En este último caso, el fosfato es directamente absorbido por los coloides del suelo o puede formar enlaces de gran estabilidad con los hidróxidos de hierro, aluminio y manganeso que forman parte de los mismos coloides. Estos últimos constituyen el "fósforo fijado".

Las principales formas de fosfatos orgánicos son el fosfato de inositol y los ácidos nucleicos. Tanto el inositol como los ácidos nucleicos parecen tener origen principalmente microbiano. El nivel de fósforo orgánico en los suelos puede variar entre un 3 y un 85% del fósforo total (48). Sin embargo, el contenido total de fósforo no nos indica la cantidad asimilable por las plantas, pero si nos orienta a saber las posibles reservas de éste en el suelo.

Para determinar la fracción asimilable, que es la fracción de interés agronómico, se proponen diversos métodos de extracción (35), seguidos de una cuantificación en disolución.

El método de extracción depende de las características del suelo, por lo que normalmente para suelos alcalinos y neutros se utiliza el método de Olsen y para suelos ácidos el método recomendable es el de Bray-Kurtz.

Para obtener la mejor cuantificación en disolución se utiliza la espectrofotometría.

En la siguiente Tabla se muestran los límites de las cantidades de fósforo asimilable a partir de los diferentes métodos ya mencionados.

Categoría	Bray - Kurtz (ppm)	Olsen (bicarbonato de sodio) (ppm)
Muy bajo	0 - 11	0 - 3
Bajo	12 - 25	4 - 7
Medio	26 - 42	8 - 13
Alto	43 - 59	14 - 22
Muy alto	+ 60	+ 23

Tabla No. 3. Fósforo Asimilable (84).

2.5. FACTORES FÍSICOQUÍMICOS DEL SUELO

2.5.1. Reacción del suelo

La reacción del suelo es un parámetro controlado por propiedades electroquímicas. Se puede definir como el grado de acidez o basicidad del suelo. Los suelos pueden ser ácidos (húmedos o tropicales), neutros o alcalinos (áridos); dependiendo de la concentración de H^+ y OH^- que contengan en disolución. La acidez o alcalinidad en el suelo, indica la clase de plantas que pueden desarrollarse mejor en ese ecosistema y ayuda a determinar que tipo de tratamiento se debe dar a cierto suelo para la buena producción del mismo. De ello se hablará más adelante.

En los suelos ácidos la $[H^+] > [OH^-]$, y en los alcalinos $[OH^-] > [H^+]$ El grado de acidez o alcalinidad se expresa en términos de pH, en la escala de 0 a 14.

Los suelos con pH de 7, son los que cuentan con factores físicos en equilibrio, estos son los más usados para la agricultura. Los que tienen valores de pH menores de 7 son ácidos y aquellos que tengan valores mayores a 7 son alcalinos. A pH muy ácido hay una alteración de minerales, los compuestos azufrados al oxidarse producen ácido sulfúrico y la estructura se vuelve inestable. A pH alcalino, la arcilla se dispersa, se destruye la estructura y existen malas condiciones desde el punto de vista físico.

El valor de pH de los suelos se encuentra normalmente entre 4.0 y 8.0. La mayoría de los cultivos prosperan mejor en los suelos con pH entre 6.0 y 7.0 (29).

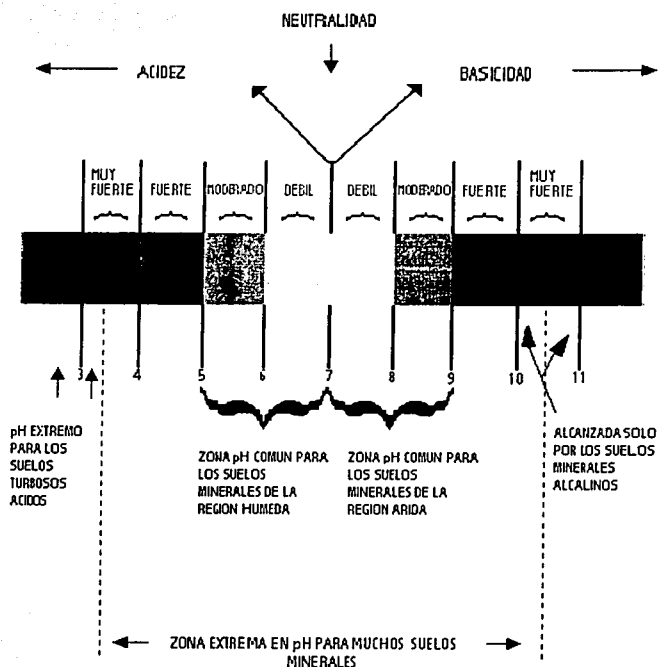


Figura 4. Clasificación del suelo según el valor de pH

2.5.1.1. Corrección de pH en suelos ácidos y básicos

El tipo de tratamiento que debe darse al suelo es dependiendo de que tan ácido o básico esté el mismo:

Ácidos

Para corregir el pH del suelo ácido, se debe evaluar la cantidad de corrector: cal agrícola (carbonato de calcio, CaCO_3) y cal dolomita (mezcla de carbonato de calcio y carbonato de magnesio $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) que es necesario agregarle para aumentar su pH y llevarlo a valores que sean compatibles con las necesidades de los cultivos que se desarrollan en él. El uso de cal dolomita se sugiere principalmente cuando se presenta también deficiencia de magnesio.

También es de suma importancia saber la calidad del material de encalado. Antes de que el citricultor compre material donador de cal, debe comprobar el valor de neutralización y tamaño de las partículas del mismo.

El valor de neutralización de la cal se expresa como un equivalente del contenido de carbonato de calcio puro (100 por ciento). En el caso de la cal agrícola el valor varía entre 85 y 100 %, y la cal dolomita entre 95 y 108 % (61).

El método más eficiente y económico es la aplicación del material al voleo (expansión del material de aplicación). La distribución puede ser manual o mecánica por medio de una espolvoreadora.

El material de encalado deberá aplicarse cuando el suelo tenga buenas condiciones de humedad (junio - enero), preferentemente durante la época de lluvias, para facilitar la incorporación del material al subsuelo. Esta labor debe efectuarse cuando menos 25-30 días antes de fertilizar, para incorporar el fertilizante una vez neutralizada la acidez del suelo (ver Tabla No. 4.).

La frecuencia de aplicación de la cal debe ser cada tres años; sin embargo, se recomienda muestrear el suelo anualmente para medir el pH y el contenido de calcio, magnesio, potasio y aluminio intercambiables con lo cual se calcula el porcentaje de saturación del aluminio. La Naranja tolera hasta un 40 % de saturación de aluminio en el suelo y la concentración de dicho elemento es dependiente del pH; por ello se sugiere no aplicar cal cuando el pH de un suelo a llegado a 5.5 y la saturación del aluminio es menor de 40 %.

Tipos de suelo	Caliza fina (1) necesaria en ton/ha para pasar	
	de pH 4.5 a 5.5	de 5.5 a 6.5
Arenosos y arenosos francos	0.7	0.9
Franco – arenosos	1.1	1.6
Franco	1.8	2.3
Franco-limosos	2.7	3.2
Franco-arcillosos	3.4	4.5
Orgánicos	7.4	8.5

(1)Expresado en carbonato cálcico finamente pulverizado. Cuando haya que elevar el pH en más de una unidad, es aconsejable hacer las aplicaciones en dos o tres años sucesivos (67).

**Tabla No. 4. Corrección de suelos ácidos.
Necesidades medias de caliza para elevar el pH de los suelos ácidos**

Básicos

De las fuentes utilizadas como mejoradores de suelos alcalinos, el yeso agrícola (sulfato de calcio) y azufre agrícola, son los materiales más utilizados, debido al costo relativamente bajo de los mismos, en comparación con otras fuentes (28).

El azufre agrícola se requiere en menores cantidades, debido a que contiene el porcentaje más alto de ingrediente activo (30-100 %). En cambio, el yeso agrícola contiene 12 % de azufre y es requerido en mayor cantidad para neutralizar la alcalinidad del suelo (15).

Estos productos difieren en su velocidad de reacción: el yeso agrícola reacciona rápidamente (30 a 40 días) cuando existen buenas condiciones de humedad y las temperaturas son altas mientras que el azufre agrícola requiere de tres a cuatro meses para actuar como mejorador de suelo (28).

Se sugiere aplicar el azufre al voleo, ya sea manual o mecánicamente. La época de lluvias de junio-diciembre es el mejor período para su incorporación, debido a que requiere humedad para solubilizarse y oxidarse, y a su vez poder neutralizar la alcalinidad del suelo. La frecuencia de aplicación de las fuentes de azufre, dependerá de los análisis del suelo, los cuales deberán efectuarse cada año, con el objeto de medir principalmente el grado de alcalinidad (ver Tabla No. 5).

pH	En toda la superficie		Localizado en bandas o surcos	
	Arenosos	Arcillosos	Arenosos	Arcillosos
7.5	450 - 650	900 - 1100	225 - 280	340 - 350
8.0	1100 - 1700	1700 - 2200	340 - 550	650 - 900
8.5	1700 - 2200	2200 o más	650 - 900	900 o más
9.0	2200 - 3400	-----	900 o más	-----

**Tabla No. 5. Corrección de suelos alcalinos.
Aplicaciones medias de azufre en kilogramos por hectárea para bajar el pH
entre 6.5 y 7, según tipo de suelo y aplicación.**

2.6. NUTRIENTES

Como los seres vivos, las plantas requieren nutrientes para su crecimiento y desarrollo. Este alimento está compuesto de varios elementos químicos, para las plantas se tienen contemplados como esenciales 17.

Las fuentes de estos elementos están clasificadas de la siguiente forma:

Fuente	
Del aire y del agua	{ 1. Carbono 2. Hidrógeno 3. Oxígeno
Del suelo y los fertilizantes	{ 4. Nitrógeno 5. Fósforo 6. Potasio 7. Calcio 8. Magnesio 9. Azufre
Macronutrientes	{ 10. Hierro 11. Manganeso 12. Boro 13. Molibdeno 14. Cobre 15. Zinc 16. Cloro 17. Cobalto
Micronutrientes	

Nutrientes mayores

Nutrientes menores

- **Nutrientes.** El carbono y la humedad (oxígeno e hidrógeno) constituyen la mayor parte del peso de las plantas. La mayoría de las plantas obtienen su carbono y oxígeno directamente del aire por fotosíntesis. El hidrógeno es derivado directa o indirectamente del agua del suelo.
- **Macronutrientes.** Estos seis elementos son obtenidos del suelo por las plantas en cantidades considerables, los tres primeros suelen ser deficientes en muchos suelos, de aquí que se les designe como nutrientes mayores en las plantas. Los otros tres siguientes: calcio, magnesio y azufre, son a veces llamados nutrimentos secundarios por encontrarse en menor cantidad que los mayores en las plantas.
- **Micronutrientes.** Se llaman así, debido a que estos son utilizados en muy pequeñas cantidades por las plantas, sin embargo, son tan esenciales en el desarrollo de los mismos como los macronutrientes.

- Elementos no esenciales pero útiles en animales y plantas. Estos elementos son: sodio, yodo, estroncio y flúor. Se presentan como compuestos solubles, que incrementan el desarrollo de los cultivos y su rendimiento.

2.6.1. Funciones de los nutrientes.

Carbono (C). El carbono existe en cantidades suficientes en las plantas, debido a que éstas son capaces de asimilar el anhídrido carbónico de la atmósfera, liberándose oxígeno que se reintegra al aire.

Hidrógeno (H). De igual forma que el carbono, el hidrógeno es necesario en el proceso de la fotosíntesis para producir carbohidratos, especialmente azúcares y almidones. Es obtenido directamente del agua.

Oxígeno (O₂). Casi todo el oxígeno que utilizan las plantas penetra a ellos a través de las raíces, proviene del agua y en pequeñas cantidades del aire.

Macronutrientes:

Nitrógeno (N₂). Es un constituyente esencial de todos los seres vivos. Forma parte de las proteínas y de la clorofila, la cual imparte un color verde oscuro a las plantas. Promueve el desarrollo de hojas y tallos. Aumenta el contenido de proteínas en los cultivos alimenticios.

Fósforo (P). Estimula la pronta formación de las raíces y su crecimiento. Les da un comienzo rápido y vigoroso a las plántulas. Acelera la maduración. Estimula la floración y ayuda en la formación de semillas.

Potasio (K). Imparte a las plantas gran vigor y resistencia a las enfermedades. Ayuda a la producción de proteínas. Regula las condiciones del agua dentro de la célula y las pérdidas de agua por transpiración. Actúa como acelerador de la acción de las enzimas.

Calcio (Ca). Activa la temprana formación y el crecimiento de las raíces. Constituye una base para la neutralización de ácidos orgánicos. Afecta la absorción de otros nutrientes de las plantas, especialmente el nitrógeno. Estimula la producción de semillas y granos.

Magnesio (Mg). Es un componente esencial de la clorofila. Actúa como portador del fósforo en la planta. Es necesario para la formación de azúcares. Promueve la acción de aceites y grasas. Regula la absorción de otros nutrimentos y además, regula la acidez del suelo.

Azufre (S). Es un ingrediente esencial de la proteína. Ayuda en la formación de la clorofila. Promueve un mayor desarrollo de las raíces. Estimula la formación de las semillas. Además, corrige la alcalinidad de la tierra.

Micronutrientes:

Hierro (Fe). Ayuda en la formación de la clorofila y en los sistemas enzimáticos que originan las reacciones de oxido-reducción en las plantas. Es esencial para la síntesis de proteínas contenidas en los cloroplastos.

Manganeso (Mn). Acelera la germinación y maduración. Ayuda en la formación de la clorofila. Actúa como catalizador en las reacciones de oxido-reducción dentro del tejido de las plantas. Su deficiencia va asociada, a menudo, con la alcalinidad del suelo en tierras excedidas de cal.

Boro (B). Está relacionado con la absorción del calcio por las raíces. Tiende a conservar el calcio soluble. Aumenta o mejora la calidad de la fruta.

Molibdeno (Mo). Actúa en reacciones enzimáticas de oxido-reducción. Es esencial en la fijación del nitrógeno. Elimina las manchas amarillas de los cítricos.

Cobre (Cu). Actúa como portador de electrones en reacciones enzimáticas. Regula la respiración. Ayuda en la utilización de hierro.

Cinc (Zn). Necesario para la producción normal de la clorofila y para el crecimiento. Es esencial en los sistemas enzimáticos que son necesarios para las reacciones metabólicas de las plantas.

Cloro (Cl). Está presente en los suelos en forma de cloruros y también en los fertilizantes. Facilita la absorción de otros elementos, siempre que no se encuentre en cantidades excesivas. Los fertilizantes a base de cloruros afectan favorablemente el metabolismo proteico de las plantas en presencia de nitrógeno nitrato (NO_3) y realizan lo contrario en presencia de nitrógeno amoniacal (NH_4^+).

Cobalto (Co). Es fácilmente absorbido por las plantas. Es esencial para la formación de la vitamina B-1.

2.6.2. Fuentes externas de nutrientes para las plantas

Los nutrimentos de las plantas pueden ser proporcionados al suelo al agregar los siguientes materiales:

- Abonos orgánicos voluminosos y concentrados.
- Fertilizantes comerciales, orgánicos e inorgánicos.
- Cultivos de abonos verdes.
- Mejoradores del suelo.

Las funciones de estos materiales serán explicadas posteriormente con detalle en este mismo capítulo.

2.7. LA NARANJA

El origen del género *Citrus* se sitúa en el sureste de Asia y en el centro de China, Filipinas y el archipiélago Indomalayo hasta Nueva Guinea, pertenece a la gran familia de las Rutáceas, tiene 16 especies y está constituida por dos subgéneros: *Papeda* y *Eucitrus*. Entre las principales especies del género *Citrus* se encuentran: *Citrus sinensis* (Naranja dulce), *Citrus aurantium* (Naranja agria), *Citrus reticulata* (Mandarina), *Citrus aurantifolia* (Limón), etc.

2.7.1. Naranja Dulce

- Familia: Rutáceas.
- Género: *Citrus*.
- Especie: *Citrus sinensis*.
- Origen: China e Indochina.
- Porte: Reducido (6-10 m). Ramas poco vigorosas (casi tocan el suelo), tronco corto.
- Hojas: Limbo grande, alas pequeñas y espinas no muy acusadas.
- Flores: Ligeramente aromáticas, axilares, blancas; solas o agrupadas con o sin hojas. Los brotes con hojas (campaneros) son los que mayor cuajado y mejores frutos dan.
- Fruto: Amarillos cuando están maduros. Hesperidio; consta de: exocarpo (flavado presenta vesículas que contienen aceites esenciales), mesocarpo (albedo, pomposo, de color blanco) y endocarpo (pulpa dulce, presenta tricomas con jugo) (79).

2.7.2. Importancia Económica y Distribución Geográfica

Mundial

La Naranja se cultiva en 60 países de los cinco continentes del mundo (22). Durante 1999, según cifras reportadas por la FAO, se registraron 3,783.0 miles de hectáreas cosechadas de Naranja (ver Tabla No. 6). De ellas el 27.02% estaba localizado en Brasil, el 9.19% en China, el 8.89% en Estados Unidos, el 8.35% en México y el 3.6% en España, países que en su conjunto contaban con el 57% del área cosechada mundial. La producción mundial de Naranja alcanzó las 61,882.1 miles de toneladas en 1999 (ver Tabla No. 7), mostrando una tasa anual de crecimiento del 1.3% entre 1995 y 1999 (19, 25, 32, 62).

Debido a la gran importancia que tiene la variedad *Valencia* en México, éste ocupa el cuarto lugar entre sus productores principales (5.2 %). Nuestro país se encuentra colocado después de Brasil que aporta el 25.4 % de la producción total, los E.U.(15 %), China (10.7 %) y aunque no es el mejor productor en cuanto a cantidad, sí lo es en calidad.

Nacional

La Naranja en México es actualmente la fruta más importante, tanto por la superficie dedicada a su cultivo como por el monto producido y su consumo interno. Hasta el 31 de diciembre del año 2001 había 340,805 hectáreas plantadas con naranja, de las cuales el 95.4 % estaban en producción, aportando alrededor de 3.9 millones de toneladas de fruta (60, 64). El 83.8% de la superficie nacional plantada con este frutal está en seis estados: Veracruz (44.2 %), San Luis Potosí (11.88%), Tamaulipas (9.85 %), Nuevo León (7.35 %), Yucatán (5.51%) y Tabasco con el 5.0 % (ver Tabla No. 8) (60, 61).

El cultivo *Valencia* de maduración tardía, ocupa más del 95 % de la superficie plantada con Naranja en la región Golfo Centro. Es la más adecuada para la obtención de jugos, ya que el concentrado mexicano del jugo de ésta Naranja cuenta con inmejorables color, aroma, sabor y grados Brix, lo cual ha significado que la demanda internacional de nuestro producto sea mayor que la del concentrado brasileño.

Además de la obtención del jugo, que se comercializa fresco, pasteurizado, concentrado líquido o en polvo, pulposo y clarificado, se extraen de la Naranja aceites esenciales que se emplean en la industria de la perfumería, en dulces y alimentos. Así mismo, se producen con ella mermeladas y jaleas y su cáscara deshidratada se emplea como alimento para ganado, en dulces cristalizados, postres, pasteles, confitería y en la obtención de pectinas (42).

Aproximadamente el 98% de la producción nacional de jugo de Naranja se destina a la exportación, y el monto de las divisas obtenidas depende en buena medida de las cotizaciones en el mercado mundial.

El principal comprador del jugo mexicano es E.U. seguido de Japón y la Unión Europea.

En el mercado nacional, el consumo de jugo de Naranja concentrado y congelado es reducido, pues como se sabe, el consumidor mexicano prefiere el jugo fresco en lugar del procesado.

El estado de Veracruz, sigue siendo la principal zona productora de Naranja en el país, con el 48% de la producción nacional.

Países	1995	1996	1997	1998	1999	Part. 1999 (%)	¹ Crec. 99/95 (%)
Brasil	854.9	976.3	975.4	1014.8	1022.2	27.02	3.96
China	296.0	303.6	322.6	337.6	347.6	9.19	4.27
Estados Unidos	312.1	327.1	341.4	335.1	336.5	8.89	1.74
México	273.2	312.6	307.3	305.8	315.9	8.35	2.68
Pakistán	135.5	136.0	137.3	140.0	140.0	3.70	0.94
España	124.6	123.6	135.6	136.0	136.0	3.60	2.72
India	133.0	130.0	130.0	130.0	130.0	3.44	-0.46
Irán	106.7	108.4	110.5	114.4	114.4	3.02	1.94
Italia	108.4	110.4	109.3	111.1	106.3	2.81	*-0.33
Indonesia	99.1	133.1	132.2	95.6	95.6	2.53	*-4.04
Egipto	85.9	84.2	85.7	84.0	87.0	2.30	*0.23
Irac	65.0	65.0	65.0	66.0	66.0	1.74	0.46
Marruecos	52.0	55.6	51.2	51.3	61.9	1.64	*2.68
Argentina	46.8	48.1	48.9	48.3	46.6	1.23	*-0.06
Sudáfrica	35.0	41.3	42.3	43.5	44.0	1.16	5.10
Vietnam	59.5	62.0	60.0	67.5	43.8	1.16	*-5.30
Costa Rica	22.5	23.5	25.0	40.0	40.0	1.06	16.83
Cuba	62.4	47.8	46.6	40.0	40.0	1.06	-10.66
Grecia	39.3	39.1	39.0	38.9	39.0	1.03	-0.20
Turquía	36.9	37.5	37.8	38.0	38.0	1.00	0.72
Ghana	28.0	35.3	34.7	37.9	37.9	1.00	6.77
Argelia	25.4	25.0	25.7	27.1	26.7	0.71	1.82
Australia	27.0	27.4	27.0	26.2	26.6	0.70	*-0.75
Colombia	20.6	21.2	22.5	23.0	24.0	0.63	3.87
Venezuela	38.6	35.6	35.5	30.0	22.6	0.60	-12.44
Otros	378.6	381.2	393.7	403.3	394.5	10.43	-20.52
Total	3,467.0	3,690.9	3,742.2	3,785.4	3,783.0	100.00	2.00

*Series erráticas y sin tendencia. ¹ Crecimiento anual promedio. Estimaciones lineales

Part: Particular. Porcentaje de naranja cosechada por cada país.

Tabla No. 6. Área Mundial Cosechada de Naranja (miles de hectáreas) (19)

Países	1995	1996	1997	1998	1999	Part. 1999 (%)	Crec. 99/95(%)
Brasil	19,613.1	21,864.9	22,960.8	20,731.9	22,772.2	36.80	*2.45
Estados Unidos	10,371.0	10,366.0	11,514.0	12,401.0	8,968.0	14.49	*-1.11
China	2,124.4	2,182.3	2,640.4	2,255.0	2,988.5	4.83	7.15
México	3,571.5	3,984.6	3,943.9	3,331.2	2,903.0	4.69	-5.94
España	2,587.3	2,200.8	2,845.0	2,442.8	2,685.4	4.34	*1.79
India	2,080.0	2,000.0	2,000.0	2,000.0	2,000.0	3.23	-0.78
Italia	1,596.8	1,771.1	1,823.6	1,921.1	1,993.6	3.22	5.25
Irán	1,555.9	1,669.5	1,705.7	1,749.2	1,749.2	2.83	2.81
Egipto	1,555.0	1,613.3	1,522.1	1,441.7	1,525.0	2.46	*-1.51
Pakistán	1,371.6	1,400.0	1,425.9	1,450.0	1,450.0	2.34	1.46
Sudáfrica	747.6	890.3	962.5	992.8	1,026.2	1.66	7.42
Grecia	938.2	971.8	1,010.9	813.6	900.0	1.45	-2.61
Marruecos	702.0	1,032.3	804.0	1,103.8	873.5	1.41	*5.04
Turquía	842.0	890.0	740.0	830.0	830.0	1.34	*-0.99
Argentina	760.1	504.4	918.7	983.8	780.0	1.26	*7.20
Indonesia	1,004.6	730.9	693.2	613.8	613.8	0.99	-11.60
Colombia	395.5	407.0	450.0	470.0	508.9	0.82	6.48
Australia	442.1	522.6	500.0	442.8	470.0	-0.76	*0.43
Vietnam	379.4	380.0	380.0	379.0	405.1	0.65	*1.28
Cuba	275.5	283.2	482.3	400.0	400.0	0.65	10.91
Israel	350.3	343.3	326.8	312.9	385.0	0.62	*0.96
Venezuela	593.5	542.9	513.7	398.5	331.8	0.54	-14.73
Tailandia	325.0	315.0	315.0	320.0	320.0	0.52	*-0.15
Otros	4,565.9	4,671.9	4,971.5	5,356.2	5,003.1	8.08	3.20
Total	58,748.6	61,538.2	65,450.0	63,140.9	61,882.1	100.00	*1.30

*Series erráticas y sin tendencia. ¹ Crecimiento anual promedio. Estimaciones lineales

Tabla No. 7. Producción Mundial de Naranja (miles de toneladas) (19).

ESTADO	SUPERFICIE (HA)		PRODUCCIÓN (TON)		RENDIMIENTO (TON/HA)	
	Sembrada	Cosechada	Estimada	Obtenida	Estimado	Obtenido
AGUASCALIENTES	6	6	45	45	7.500	7.500
BAJA CALIFORNIA	570	368	7,185	7,185	12.605	19.524
BAJA CALIFORNIA SUR	2,016	1,947	19,729	19,729	9.786	10.133
CAMPECHE	5,281	4,819	64,507	64,507	12.215	13.386
CHIAPAS	2,472	2,412	21,597	21,597	8.737	8.954
COLIMA	384	375	6,094	6,094	15.870	16.251
DURANGO	145	144	522	522	3.600	3.625
GUERRERO	361	355	3,000	3,000	8.310	8.451
HIDALGO	7,712	7,712	89,237	89,237	11.571	11.571
JALISCO	361	350	5,305	5,305	14.902	15.157
MEXICO EDO.	46	46	330	330	7.174	7.174
MICHOACAN	550	278	2,877	2,877	5.231	10.349
MORELOS	15	15	196	196	13.067	13.067
NAYARIT	186	177	1,165	1,165	6.263	6.582
NUEVO LEÓN	25,068	24,656	343,202	343,202	13.691	13.920
OAXACA	4,171	4,141	47,113	47,113	11.295	11.377
PUEBLA	16,739	16,739	200,235	200,235	11.962	11.962
QUERETARO	148	148	1,186	1,186	8.014	8.014
QUINTANA ROO	3,889	2,705	19,954	19,954	5.131	7.377
SAN LUIS POTOSI	40,477	37,201	296,068	296,068	7.314	7.959
SINALOA	1,149	770	8700	8700	7.572	11.299
SONORA	8,835	8,500	164,779	164,779	18.657	19.386
TABASCO	17,039	17,032	166,013	166,013	9.743	9.747
TAMAULIPAS	33,565	32,705	379,739	379,739	11.611	11.611
VERACRUZ	150,796	142,968	1,862,503	1,862,503	12.351	13.027
YUCATÁN	18,798	18,223	174,556	174,556	9.579	9.579
ZACATECAS	26	24	124	124	4.769	5.167
Total	340,805	324,816	3,885,961	3,885,961	11.451	11.964

Tabla No. 8. Superficie, Producción y Rendimientos de Naranja en las Entidades Federativas de México, 2001 (64).



Figura 5. Zonas Productoras de Naranja en México

2.7.3. Principales Variedades de Naranja

Descripción de algunas variedades de naranja de interés:

Naranjas de maduración temprana

Son cultivos cuya fruta se comienza a cosechar antes de diciembre con algunas excepciones.

- *Marrs*. Período de cosecha de principios de agosto a noviembre. Árbol pequeño, moderadamente vigoroso, muy productivo y de maduración precoz. El tamaño del fruto es de mediano a grande y su forma es redonda o ligeramente achatada; su cáscara es lisa, delgada, color naranja claro y se pela con facilidad, tiene pocas o ninguna semilla (61). Debido a que su acidez es baja, alcanza el índice de madurez mínimo exigido precozmente y, aunque su sabor al principio es insípido, mejora considerablemente si se le deja hasta el final de su temporada (62). Si no se cosecha en su tiempo, pierde ligeramente su calidad (34).
- *Hamlin*. Período de cosecha de septiembre a principios de noviembre. El árbol es moderadamente vigoroso, de mediano a grande. El fruto es redondo de tamaño mediano a pequeño (34), de cáscara lisa, delgada y de color naranja pálido, con pocas o ninguna semilla. Se considera de calidad satisfactoria, pero debido a que el tamaño del fruto es pequeño, con relación a los demás cultivos tempranos, se dificulta su comercialización en fresco (62).
- *Parson Brown*. Período de cosecha de septiembre a finales de noviembre. El árbol es vigoroso, grande y muy productivo. El fruto es grande, redondo, con moderada cantidad de semillas, la cáscara es lisa, delgada y con buen color, tiene alto contenido de jugo de tonalidad pálida (62); es de sabor dulce.
- *Manila*. Período de cosecha de septiembre a enero. El árbol es vigoroso (8m) y altamente productivos (80 ton/ha), de forma apinada, follaje verde oscuro. El fruto es redondo achatado por los polos, lo que le da una apariencia oblonga, la cáscara es delgada, lisa y de color amarillo oro cuando madura; el número promedio de semillas por fruto es de 10; la calidad de su jugo es excelente para procesamiento (41).
- *Jaffa*. Período de cosecha de octubre a diciembre. Árbol moderadamente vigoroso, con hojas grandes y anchas. El fruto es ovalado y achatado en la zona del pedúnculo, de tamaño mediano a grande. Es una de las naranjas más fáciles de pelar, con moderado número de semillas, tiene un sabor amargo (en la membrana que recubre los gajos) (62); su

contenido de jugo y de sólidos solubles por tonelada de fruta es bueno, por lo que es excelente para procesamiento.

- *Pineapple*. Período de cosecha de octubre a diciembre. Árbol moderadamente vigoroso, de mediano a grande y muy productivo. El fruto es redondo, de tamaño medio, cáscara muy delgada, bastante lisa y de buen color; está propenso a desprenderse del árbol antes de la época de recolección; presenta la desventaja de poseer muchas semillas (de 13 a 32 por fruto), lo cual dificulta su comercialización como fruta fresca (62) pero es excelente para procesamiento (34).
- *Imperial*. Período de cosecha de octubre a enero, árbol vigoroso, de tamaño medio a grande, copa más redonda que alargada y follaje verde intenso. Los frutos son redondos en su mayoría (dos terceras partes), aunque también hay achatados los cuales abundan aparentemente en la parte inferior del árbol, tiene muchas semillas por fruto
- *Navel*. Son cultivos originados por mutaciones espontáneas de la Naranja "Washington Navel" y se caracterizan por tener un pequeño fruto rudimentario incluido en el extremo estilar del fruto principal. Las Navel son frutas de mesa, inadecuadas para la industria juguera por su bajo contenido de jugo. Son de maduración precoz, de frutos grandes y sin semillas, fáciles de pelar, cáscara de color naranja intenso (62). La Newhall madura un poco antes que la Navelina y ésta a su vez antes que la Navelate, pero generalmente se comercializan las tres conjuntamente como si fueran de un sólo cultivo; a pesar de que la Newhall es la de mayor tamaño y la Navelate la más pequeña de las tres. Los árboles son altos y muy vigorosos y las ramas tienden a crecer erectas, con excepción de la Navelina que es de menor altura y con mayor crecimiento hacia los lados. Las ramas de Navelate producen espinas.
- *Salustiana*. Período de cosecha de mediados de octubre a mediados de enero. Árboles vigorosos, de tamaño medio a grande, con tendencia a la verticalidad, muy productivos y precoces (22); su producción tiende a ser ligeramente alternante. El fruto es redondo, achatado, de tamaño medio a grande, prácticamente sin semillas y con un elevado contenido de jugo de buena calidad (22, 24).

Naranjas de maduración tardía

Cultivos cuya recolección se hace entre enero y junio con algunas excepciones.

- **Valencia.** Período de cosecha de enero a marzo. El árbol es vigoroso y productivo, con buen intervalo de adaptación y con tendencia a la alternancia; se recolecta apartir de enero y si hay humedad en el suelo, sus frutos pueden permanecer por varios meses en el árbol sin perder su calidad comercial. El fruto es oblongo, de tamaño mediano a grande, practicamente sin semillas, con elevado contenido de jugo, el cual es ligeramente ácido y con cualidades excelentes para procesarse (24, 74). Su vida en almacen es de 15 días. Está especialmente indicada en zonas donde los riesgos de heladas tardías no son muy elevados (96).
- **Valencia Frost.** Período de cosecha de agosto a junio. Árboles vigorosos, se le considera clón nuclear de la Valencia. La única diferencia con ésta ultima, es que sus frutos maduran más tardiamente y logran sostenerse por más tiempo en el árbol (74).

2.7.4. Suelos para el Cultivo de la Naranja

Los aspectos agrófísicos más importantes del suelo son:

- La profundidad efectiva y homogeneidad del suelo.
- Su textura, permeabilidad y porosidad.
- Su capacidad de retención de agua.

La profundidad efectiva se entiende como la mayor profundidad a que penetran las raíces de los árboles, sin que encuentren obstáculos físicos que impidan su normal crecimiento y desarrollo. Estos obstáculos pueden ser la presencia de rocas o materiales poco meteorizados, que por su dureza impiden físicamente la penetración de la raíz, capas de suelo compactas y una capa de agua o nivel freático a escasa profundidad. Se recomienda que la profundidad de los suelos dedicados al cultivo de la Naranja no sea inferior a 1 m, aunque es conveniente que sea de 1.5 m. Sin embargo, en suelos arenosos y fácilmente penetrables por las raíces, éstas pueden desarrollar hasta más de 2 m de profundidad.

Se puede decir que los árboles de Naranja necesitan suelos permeables, bien aireados, en los que tanto el agua de lluvia como la de riego se infiltra convenientemente en profundidad.

Los suelos poco permeables, tales como los suelos arcillosos o limosos, son poco favorables para la producción de frutos.

Los suelos ligeros, de buena permeabilidad, donde la presencia de elementos filtrantes (arena gruesa, arena media) asegura una buena circulación del agua y del aire, son aptos para la producción de frutos precoces y de mejor calidad. El análisis granulométrico, nos da información acerca de cada uno de los elementos constituyentes del suelo.

Los elementos finos (arcillas y limos) y las arenas están en proporción 50/50.

La textura ideal de los suelos para el cultivo de la Naranja, está comprendida entre liviana y media. Los suelos pesados con lenta infiltración no deben dedicarse a este cultivo ya que generalmente están asociados con pudriciones de las raíces causadas por los hongos *Phytophthora parasitica*, *Citrothpora* y *Diplodia*, y el crecimiento es muy lento.

La permeabilidad y la aireación del suelo están, por tanto, condicionadas por su porosidad.

La permeabilidad del suelo al agua, se mide por la velocidad de su infiltración. Se puede considerar satisfactoria para un buen suelo una velocidad de infiltración de 8 a 10 mm/hr.

La capacidad de retención de agua por el suelo puede definirse como la propiedad que presenta un suelo por retener en reserva las aguas de lluvia y las aguas aportadas por el riego. Esta retención de agua está, por tanto, directamente relacionada con la textura y la estructura.

Los elementos esenciales del análisis químico en el suelo son:

- El contenido en materia orgánica.
- El contenido en caliza activa y pH.
- El contenido en P_2O_5 y K_2O asimilables.
- El contenido en sales (cloruros).

El papel que juega la materia orgánica es particularmente importante porque interviene a la vez sobre las propiedades físicas del suelo (calidad estructural del suelo) y sobre sus propiedades químicas: formación del complejo arcillo-húmico. Su descomposición enriquece al suelo en humus que, a su vez, evoluciona formando nitrógeno nítrico (fenómeno conocido con el nombre de nitrificación). Con el fin de mantener en el suelo una reserva adecuada o suficiente de humus, se recomienda, el aporte de materia orgánica, como

abonado de fondo, antes de la creación del huerto y las aportaciones regulares durante su cultivo.

La presencia de materia orgánica mantiene una buena estabilidad de la estructura.

Sus principales características son:

- Suelos bien drenados, que eliminan fácilmente los excesos de agua de los periodos lluviosos.
- Los riesgos de lixiviación son limitados.
- Tienen buena retención de agua y de elementos fertilizantes que aseguran la correcta nutrición de los árboles.
- Es favorable para el cultivo de variedades precoces, confiriendo a los frutos un buen calibre, una corteza fina, poco gruesa y con pulpa jugosa y dulce.

En el caso de suelos ricos en caliza con pH básico moderado es conveniente utilizar abonos acidificantes. En el caso de suelos con pH ácido moderado se recomienda la utilización de enmiendas calizas y de abonos que puedan contribuir a que estos tengan un pH ácido débil o básico débil.

El pH más conveniente en los suelos para cultivo de Naranja está entre 5.5 y 7.

La riqueza de un suelo en P_2O_5 y K_2O asimilables, nos informa acerca de la potencialidad de la nutrición de los árboles en estos elementos. Si los contenidos se juzgan insuficientes, convendrá, antes de la plantación, prever la realización de un abonado de fondo para aportar un número elevado de unidades fertilizantes en P_2O_5 y/o K_2O . Con el aporte de estos dos compuestos se regulará y asegurará una nutrición correcta de los árboles.

El riesgo de toxicidad que pudieran provocar los cloruros (cloruro de sodio y cloruro de magnesio), en condiciones de salinidad (decoloración característica del follaje), está en función de la calidad de las aguas de riego y de la permeabilidad del suelo. Puede ser recomendable provocar el lavado en profundidad de las sales mediante un intenso riego por gravedad. Así mismo, con el fin de prevenir la afloración de sales, que muchas veces contienen las capas freáticas, se pueden crear drenajes y lixiviaderos (43).

2.7.5. Requerimientos Climáticos y Edafológicos

En el cultivo de Naranja, la temperatura es el factor climático limitante que afecta el período comprendido entre la floración y la cosecha, la calidad del fruto y la adaptación de cada una de las variedades (93). El proceso de maduración de la fruta como es la producción de azúcares, disminución de acidez y el desarrollo del color, alcanzan su mayor eficiencia cuando las variaciones de temperatura diurna y nocturna son amplias. La mayor producción y mejor calidad de fruta se obtiene en zonas donde las temperaturas promedio, oscilan entre 18°C para la temperatura mínima y 28°C para la temperatura máxima, con pequeñas variaciones para cada especie y variedad.

La humedad relativa influye sobre la calidad de la fruta. La Naranja en regiones donde la humedad relativa es alta tiende a tener cáscara delgada y suave, mayor cantidad de jugo y de mejor calidad. La baja humedad favorece una mejor coloración de la fruta. El intervalo adecuado de humedad relativa puede considerarse entre 60 y 70 % (94).

En términos generales, se estima que la cantidad de agua necesaria para un huerto de Naranja oscila entre 9,000 y 12,000 m³, por hectárea por año, lo que equivale a una precipitación anual de 900 a 1,200 mm, sin embargo, las precipitaciones mayores, no son problemáticas siempre y cuando exista un buen drenaje del suelo. Precipitación más baja, o una estación seca definida pequeña o prolongada afectan este cultivo, por lo que el riego es fundamental como complemento de las necesidades hídricas del cultivo.

Fuertes vientos provocan, deshidratación, rotura de ramas, caída de flores, hojas y frutos, lo cual hace necesario seleccionar bien el terreno de siembra, localizándolo en áreas con protección natural o el establecimiento de barreras rompievientos desde la siembra del cultivo.

Las altitudes aptas para el cultivo de Naranja oscilan entre los 400 y 1300 metros sobre el nivel del mar. En este amplio intervalo hay que seleccionar la variedad más adecuada para cada zona (93).

2.7.6. Propagación.

Para fines comerciales los cultivos de Naranja se reproducen por medio de injerto. Los injertos más usados para reproducir son el de yema en T o el de enchape lateral con púa. El injerto se realiza a un arbolito del patrón cuyo diámetro de tallo es de 1 o 2 cm, en la parte alta, pero madura.

Se recomienda, elegir la variedad y el patrón (portainjerto) que mejor se adapten al tipo de suelo y a las condiciones climáticas de la zona; además que posean resistencia y tolerancia a enfermedades fungosas, virales o nemátodos (ver Tabla No. 9.).

El diámetro apropiado del tallo, para hacer el injerto debe ser de 1 a 2 cm; a una altura no menor a los 25 cm ni mayor a los 40 cm, lo cual se obtiene entre los 8 y 12 meses de edad. Cuando el brote del injerto tiene alrededor de 50 cm de altura y una edad menor a 18 meses, puede ser trasplantado al campo definitivo.

Portainjertos	Factores del suelo ^a					Fruto		
	Suelo Calcareo	Drenaje pobre	Arena	Limo	Arcilla	Sequía	Calidad	Tamaño
Naranja agrio	2	2	4	3	3	2	B	M
Citrango Carrizo	4	4	3	3	3	3,4	B	M
Citrango Troyer	4	4	3	3	3	3,4	B	M
Mandarina Cleopatra	3	4	3	2	3	3,4	B	M,P
Naranja Taitollado	5	2	4	3	2	4	B	M,P
Swingle 4475	4	3	3	3	4	2	B	M
Limón Rugoso	1	4	1	2	4	2,3	R	G
Limón Volkameriana	2	2,4	2	3	2	3	R	G

1 Muy satisfactorio

2 Satisfactorio

3 Aceptable

z Dos números o letras juntos indican reportes contradictorios

4 Insatisfactorio

5 Muy insatisfactorio

B Baja

R Regular

G Grande

M Medio

P Pequeño

Tabla No. 9. Tolerancia a condiciones adversas del suelo y características del fruto adquiridas de la combinación de algunos portainjertos con naranja (26, 65).

2.7.7. Semillero

Cuando los semilleros son grandes, deben establecerse en lugares aislados y a una distancia considerable de los huertos de Naranja o árboles viejos del mismo fruto, con el propósito de reducir el peligro de infestación con diferentes tipos de enfermedades.

El semillero debe colocarse en un lugar fresco, con buen suelo, buen drenaje para reducir el problema de enfermedades. Es conveniente usar tierra nueva, es decir, no hacer semilleros en el mismo lugar, y adicionarles una pequeña cantidad de fertilizante orgánico rico en nitrógeno, varias semanas antes de la siembra de la semilla. Las semillas se pueden sembrar en líneas a una distancia aproximada de 5 cm y luego se cubren con una capa de 2 a 3 cm de tierra.

El tiempo requerido para la germinación depende de la temperatura del suelo, la humedad y la clase de semilla. Cuando estas condiciones son apropiadas la germinación puede iniciarse a las tres semanas después de la siembra o durante 10 días más después de estas tres semanas. La siembra debe hacerse en una fecha en que no haya excesiva humedad y en que el trasplante coincida con el inicio de las lluvias.

El trasplante de las plántulas, puede hacerse entre las 8 y las 12 semanas después de la siembra dependiendo del desarrollo de las plantas. Sólo se trasplantan aquellas que tienen buen desarrollo y se eliminan las débiles.

2.7.8. Vivero

Las plantitas del patrón o semillero se trasplantan a bolsas de plástico negro de aproximadamente 40 cm de altura y 12 cm de diámetro, con un fuelle de 8 cm, con tres líneas de perforaciones a los lados y una perforación en el fondo (método de "trinchera"), las cuales se llenan con una mezcla de suelo, con algún abonado orgánico que mejore la textura y estructura del mismo. Se recomienda agregarle un fertilizante con alto contenido de fósforo.

Para reducir los problemas de malezas, plagas y enfermedades es conveniente, desinfectar la mezcla del suelo con un producto fumigante, antes de realizar el trasplante. El riego al momento del trasplante es sumamente importante aún cuando el suelo esté ligeramente húmedo.

Durante el período, en que los árbolitos se encuentren en el vivero se deben efectuar deshierbas manuales, el combate de plagas y enfermedades, la aplicación de fertilizantes, así como eliminar cualquier brote lateral. Esto, para favorecer el engrosamiento del tallo y evitar daños y deformaciones al podar el brote ya maduro.

2.7.9. Preparación de la Parcela

Las principales etapas de la preparación de la parcela son:

- desfonde o subsolado del terreno,
- abonado de fondo y su enterramiento,
- nivelación y refinado de la superficie del suelo,
- trazado y marcado de la plantación,
- instalación de rompevientos

El desfonde o subsolado del terreno, trata de técnicas que permiten remover la tierra en profundidad, con el fin de facilitar la instalación del sistema radicular de los árboles.

La labor de desfonde, se ejecuta con un arado vertedera que remueve el suelo y el subsuelo hasta una profundidad de 60 - 70 cm.

El subsolado se efectúa con la ayuda de un subsolador, aparato provisto de uno a tres dientes que provocan fisuras en el suelo hasta una profundidad de 1 m. Este aparato no remueve la tierra, deja en el mismo lugar las diferentes capas que componen el suelo y el subsuelo. Las fisuras provocadas por los dientes del subsolador en las zonas compactas o en las costras profundas del subsuelo, mejoran la permeabilidad y la aireación de las capas profundas y facilitan la instalación del sistema radicular de los plantones. Es recomendable realizar el subsolado sobre la totalidad de la superficie de la parcela. Estas operaciones de trabajo del suelo en profundidad deben ser ejecutadas al menos seis meses antes de la fecha prevista de plantación.

El abonado de fondo y su enterramiento, estan en función del análisis fisicoquímico del suelo, en base a esto se decidirá su naturaleza y los principales elementos a localizar en profundidad.

El abonado orgánico de fondo, aportado en forma de estiércol de granja o por enterramiento de un forraje (abono verde), debe ser del orden de 20 a 30 toneladas por hectárea. Se deben utilizar estiércoles bien descompuestos, que son preferibles a los estiércoles pajosos que podrían dificultar el desarrollo de las raíces de los plantones.

El abonado mineral de fondo es, un abonado de corrección, sirviendo para corregir las deficiencias del suelo en P_2O_5 y K_2O .

El abonado (orgánico o mineral) puede ser enterrado, después de esparcido en la superficie, por una labor de 40 a 50 cm de profundidad.

La nivelación del suelo, es indispensable para asegurar un buen reparto del agua de riego. Esta operación consiste en desmontar los pequeños cerros y rellenar las depresiones.

El refinamiento de la superficie del suelo es realizado, en parte, de forma natural por las lluvias invernales y con el pase cruzado de herramientas con discos, o por una fresadora. Así el suelo, bien nivelado y convenientemente bien refinado en superficie, está preparado para el marcado de la plantación.

El marcado consiste, en materializar con la ayuda de marcadores, el futuro emplazamiento de los árboles, respetando las distancias de plantación previamente establecidas.

Las distancias de plantación dependen del tamaño que alcancen los árboles en su etapa adulta y ello a su vez depende de la especie, clima y suelo donde se desarrollen.

En la siguiente Tabla se sugieren algunas distancias de plantación para la Naranja en combinación con patrones de porte medio, como lo es la Naranja Agria ("cucho").

Tipo de suelo	Distancia entre árboles (m)		Número de árboles por hectárea		
	Marco real y Tresbolillo	Rectángulo	Marco real	Tresbolillo	Rectángulo
Ladera	6 x 6	6 x 4	278	319	416
Plano pesado	7 x 7	7 x 4	204	235	357
		8 x 4	---	---	313
Plano ligero	8 x 8	8 x 5	156	180	250

Tabla No. 10. Distancias de plantación para Naranja según el tipo de suelo (61).

El trazado de las líneas de plantación se realizará en el sentido de la mayor longitud de la parcela, con el fin de facilitar los trabajos mecanizados del cultivo.

Al final de las líneas de árboles, no debe olvidarse el dejar un espacio suficientemente grande, de 6 a 7 m, para permitir el acceso a las calles de las herramientas de trabajo.

Es indispensable proteger la plantación contra los efectos de los vientos dominantes. La característica esencial de un buen rompevientos es su permeabilidad al aire, no debe ser compacto, ni hermético a la circulación del aire para no favorecer el estancamiento del aire frío en invierno y del aire caliente en verano. Se admite que el efecto favorable de un rompevientos llegue hasta una distancia igual a 15 o 20 veces su altura. Así, un rompevientos de 10 m de altura protegerá una distancia próxima de 150 a 200 m.

El rompevientos es un material vegetal vivo, por lo tanto, debe ser regularmente regado, particularmente durante su período de crecimiento, si se quiere que sea rápidamente eficaz (43).

En teoría, los rompevientos deben instalarse 2 o 3 años antes de la creación de la plantación, con el fin de que puedan proteger a los plantones desde su inicio.

Las principales especies vegetales utilizadas para la confección de rompevientos son las siguientes:

- Los cipreses son los más utilizados; su rápido crecimiento (alrededor de un metro por año) les permite alcanzar rápidamente de 8 a 10 m de altura. Se recomienda utilizar la asociación de cipréses piramidal con cipréses horizontal.
- Las casuarinas, constituyen igualmente buenos rompevientos, en particular en los suelos pesados y profundos donde su crecimiento puede alcanzar 1 o 2 m por año. Sin embargo, en su contra tienen la gran extensión de su sistema radicular que puede competir por la nutrición con las primeras filas de árboles. Es recomendable, mediante subsolados periódicos, seccionar en el lado de la parcela las raíces de las casuarinas para evitar sus efectos depresivos sobre las primeras filas de cítricos. Las distancias de plantación recomendadas para los rompevientos son del orden de 1.50 a 2 m entre árboles.

2.7.10. Época y Método de siembra

La época de siembra o de colocación de los plantones de Naranja en su sitio, dependerá de las condiciones climáticas locales. El período más favorable se sitúa desde finales de invierno (cuando la temperatura del suelo aumenta) a principios de primavera, antes de los fuertes calores (abril - mayo).

Las dimensiones de los hoyos de plantación varían según las características del suelo (compactos o ligeros) y los trabajos de preparación efectuados en la parcela. En general, los hoyos de plantación tendrán las siguientes dimensiones: 60 a 70 cm de lado por lado y 50 a 60 cm de profundidad.

Cuando el abonado de fondo no se haya esparcido sobre el conjunto de la parcela, puede ser agregado en el hoyo de plantación teniendo cuidado de mezclarlo bien con la tierra procedente de la excavación. El estiércol utilizado en este caso debe estar bien descompuesto, con el fin de no frenar el desarrollo posterior de las raíces.

Se deben plantar árboles injertados de uno a un año y medio que estén libres de plagas y enfermedades, además que tengan una buena unión patrón - injerto, con un tronco único, vertical, que mida como mínimo 50 a 60 cm de altura, con una copa vigorosa formada por 3 a 5 ramas y una correcta formación de la raíz. Se sugiere adquirir las plantas en viveros que certifiquen el patrón, la variedad y la sanidad de los árboles.

Las distancias de siembra dependerán de las diferentes variedades y del patrón. Inmediatamente después de la plantación y tres días después, es recomendable regar cada árbol para eliminar los espacios grandes de aire y mejorar el contacto de la raíz con el suelo. Este riego es de 100 a 150 litros de agua por árbol.

Los plántones no se podarán hasta después de 2 o 3 años de la plantación. Se eliminarán las ramas de crecimiento vertical con el fin de favorecer el desarrollo de ramificaciones laterales, de entre las cuales serán elegidas las futuras ramas principales (43, 61).

2.7.11. Trabajo del Suelo

El trabajo del suelo consiste en eliminar, la vegetación espontánea que se ha desarrollado en la plantación, siempre que esté compuesta esencialmente por plantas anuales.

La eliminación de las malas hierbas mediante el trabajo de superficie se lleva a cabo a través de un instrumento de cultivo llamado grada de disco permitiendo un trabajo poco profundo del suelo (12 a 15 cm). En algunos casos el suelo de la plantación no debe ser trabajado a mayor profundidad, con el fin de reducir al mínimo la destrucción de las raicillas situadas a poca profundidad.

No es recomendable utilizar el arado, por que con esta herramienta de cultivo se corre el riesgo de destruir un número importante de raicillas además de no trabajar nunca el suelo en época de floración de los árboles, ya que la caída de flores y frutos en crecimiento puede ser importante.

En las plantaciones equipadas con sistemas de riego, las malas hierbas situadas sobre la línea de los árboles serán eliminadas manualmente o mediante la aplicación de herbicidas.

El trabajo del suelo permite mezclar la tierra con los abonos orgánicos y los abonos minerales, también mejora la permeabilidad y la aireación del suelo al romper la costra fina de partículas que se forma en la superficie.

2.7.12. Práctica del Abonado Verde.

Esta técnica difiere de la anterior en el hecho de que en lugar de dejar desarrollarse la vegetación espontánea en el período invernal, el agricultor siembra el suelo entre las líneas de árboles con un cultivo temporal de plantas de

crecimiento rápido. Los abonos verdes no enriquecen al suelo en humus, pero sí permiten mantener constante la tasa de materia orgánica inicial, la descomposición de sus hojas y sobre todo de sus raíces después de enterrados, mejora temporalmente la estructura y permeabilidad del suelo.

2.7.13. Nutrición del Árbol de Naranja

La nutrición mineral de los árboles de Naranja, juega un papel importante en su productividad y calidad de los frutos.

Para un buen desarrollo de los naranjos, se necesitan 15 elementos en el suelo: Carbono (C), Hidrógeno (H), Oxígeno (O), Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Azufre (S), Zinc (Zn), Boro (B), Hierro (Fe), Manganeseo (Mn), Cobre (Cu) y Molibdeno (Mo). Los árboles toman los primeros tres elementos del aire y del agua y los 12 restantes del suelo.

Cuando estos elementos llegan a agotarse, es importante reponerlos mediante la fertilización. Existen tres formas para estimar o detectar las deficiencias nutricionales y determinar las fuentes de fertilizantes mediante:

- **Análisis del suelo.** Es una referencia para conocer los elementos minerales existentes en el mismo, muestra el pH, determina la textura y ayuda a definir la fuente de fertilizante más adecuada a utilizarse.
- **Diagnóstico visual.** Observación de los síntomas de deficiencia o carencia de elementos que manifiestan las hojas. Las carencias más comunes en la región de Veracruz, son las de N, P, Mg, Zn, Mn, Fe y Cu y en Tabasco N, P, Mg, Zn y Mn (69).

Nitrógeno. La deficiencia de este elemento se manifiesta por un color amarillento uniforme de las hojas; la producción baja y los frutos tienden a ser pequeños y de cáscara lisa.

Fósforo. Árboles deficientes de este elemento, producen escasa floración y brotes débiles durante la brotación principal, el fruto tiende a deformarse, su cáscara es gruesa, áspera y rugosa, los gajos se separan prematuramente en el centro del fruto.

Magnesio. La falta de magnesio, se manifiesta en las hojas viejas cuando el fruto está madurando, se inicia con pequeñas áreas amarillentas en ambos lados de la nervadura central. Las hojas caen prematuramente y los brotes mueren. El tamaño del fruto se reduce substancialmente.

Cinc. Se manifiesta principalmente en las hojas nuevas de brotes terminales, las cuales son pequeñas, angostas y puntiagudas. Presentan áreas amarillentas en ambos lados de la hoja; los entrenudos son cortos. Los frutos son pequeños de cáscara gruesa (23).

Hierro. La carencia de hierro es más comúnmente observada en invierno que en verano, se caracteriza porque las nervaduras de la hoja permanecen verdes, mientras que el resto de la hoja toma un color marfil. Los frutos tienden a ser más pequeños y de cáscara suave.

Cobre. La deficiencia de cobre se manifiesta mediante el color verde oscuro de las hojas grandes, irregulares en su contorno y con la nervadura central curvada. Los tallitos son suaves, angulares y largos. El fruto muestra grandes manchas compactas de color café rojizo, hay exudación de goma y puede llegar a partirse.

Manganeso. Esta carencia, se observa tanto en hojas jóvenes como maduras y los síntomas son mayores en la zona sombreada del árbol. La deficiencia se manifiesta con bandas verde oscuras a lo largo de las nervaduras y con franjas verde claro entre las bandas. Cuando la deficiencia es aguda, los frutos pueden ser pequeños, de textura suave y de coloración pálida.

Boro. Los principales síntomas que presenta un árbol deficiente en boro son: frutos pequeños, deformes, de consistencia dura, cáscara gruesa, con sacos de goma en el albedo (parte blanca del fruto) y en ocasiones en el centro del fruto; muerte y aborto de brotes terminales jóvenes y brotes múltiples. Las hojas viejas son más gruesas, deformadas, sin brillo, "encorvadas".

- **Análisis Foliar.** Está técnica es probablemente la mejor de las tres indicadas para detectar los excesos y deficiencias nutricionales en el árbol. El resultado de esta técnica señala las cantidades que el árbol tiene de cada uno de los nutrimentos indispensables para su buen desarrollo. Estas cantidades deben compararse con los valores estándar que se presentan en la siguiente Tabla.

Nutrimentos	Unidad	Rangos ²				
		Deficiente	Bajo	Óptimo	Alto	Excesivo
N	%	<2.2	2.2-2.3	2.4-2.6	2.7-2.8	>2.8
P	%	<0.09	0.09-0.11	0.12-0.16	0.17-0.29	>0.30
K	%	<0.40	0.40-0.69	0.70-1.09	1.10-2.00	>2.30 ?
Ca	%	<1.6 ?	1.6-2.9	3.0-5.5	5.6-6.9	>7.0 ?
Mg	%	<0.16	0.16-0.25	0.26-0.6	0.7-1.1	>1.2 ?
S	%	<0.14	0.14-0.19	0.2-0.3	0.4-0.5	>0.6
B	ppm	<21	21-30	31-100	101-260	>260
Fe	ppm	<36	36-59	60-120	130-200 ?	>250 ?
Mn	ppm	<16	16-24	25-200	300-500 ?	>1000 ?
Zn	ppm	<16	16-24	25-100	110-200	>300
Cu	ppm	<3.6	3.6-4.9	5-16	17-22 ?	>22 ?
Mo ³	ppm	<0.05	0.05-0.09	0.10-3.0	4.0-100	>100 ?

² Basados en la concentración de elementos en hojas de cinco a siete meses de edad, tomados en brotes terminales sin fruto.

³ De brotes terminales con fruto

Tabla No. 11. Guía de Análisis Foliar para diagnosticar el estado nutrimental de árboles adultos de Naranja "Valencia" (23, 61).

2.7.14. Fertilización

De los resultados del análisis del suelo y foliar debe planearse la fertilización, ya que las necesidades nutrimentales de cada huerta difieren en función de muchos factores, en particular de sus contenidos en P_2O_5 y K_2O asimilables dependerá el abonado de fondo mineral. Para suelos pobres o muy pobres en uno de los compuestos (o los dos), deberá considerarse el abonado de fondo. Es recomendable agregar el abonado de fondo mineral en profundidad en la línea de plantación, y esto especialmente para el abonado fosfatado. Respecto al K_2O , el reparto puede efectuarse sobre la superficie del terreno antes de la labor de desfonde.

El abonado de fondo orgánico (estiércol, lodos, enterramiento de un abono verde), será siempre beneficioso para el suelo del huerto. Además, todo abono orgánico tiene efectos favorables sobre las propiedades físicas del suelo. En la Tabla No.12. se muestra la fertilización que se aplica al suelo en la región naranjera más productora de México: Veracruz.

Para conocer la cantidad de fertilizante comercial que debe aplicarse, es necesario saber la concentración del elemento puro en cada uno de ellos. En la Tabla No. 13. se presentan las concentraciones de nitrógeno, fósforo y potasio de los fertilizantes más comunes. Para calcular la dosis en gramos por árbol de fertilizante comercial, se deberá usar la siguiente fórmula:

$$\text{Gramos de fertilizante por árbol} = \frac{\text{Gramos de Nitrógeno} \times 100}{\text{Concentración del fertilizante a utilizar}}$$

Edad del árbol en años	Gramos de N, P ₂ O ₅ , K ₂ O por árbol por aplicación			Número de aplicación ^z	Gramos de N, P ₂ O ₅ , K ₂ O aplicados por árbol por año		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	20	-	-	4	80	20	20
2	30	0	0	4	120	0	0
3	70	0	0	2	140	0	0
4	100	0	0	2	200	0	0
5	150	125	60	2	300	250	120
6	200	0	0	2	400	0	0
7	640	0	0	1	640	0	0
8	800	0	0	1	800	0	0

^z Las cantidades de fósforo y potasio para los años indicados, pueden aplicarse en una sola oportunidad (diciembre) sobre todo la del primer año la cual se sugiere hacerla en el fondo de la capa al momento de plantar. Las épocas de aplicación del nitrógeno son: Años 1 y 2, en ene, jun, ago y nov; del 3 al 6, en nov-dic y jun-jul y del 7 en adelante, en nov-dic.

Tabla No. 12. Fertilización del Suelo en la Región Naranjera de Veracruz (61).

Fertilizante comercial	Concentración de Nitrógeno (%)	Concentración de Fósforo (%)	Concentración de Potasio (%)
Urea	46.0	0	0
Nitrato de amonio	33.5	0	0
Sulfato de amonio	20.5	0	0
Triple 17	17.0	17.0	17.0
Superfosfato de calcio triple	0	46.0	0
Superfosfato de calcio simple	0	19.5	0
Fosfato diamónico	18.0	46.0	0
Cloruro de potasio	0	0	60
Sulfato de potasio	0	0	50
K-Mag ^z	0	0	22

^z El K-Mag contiene además 18% de magnesio y 22% de azufre.

Tabla No. 13. Concentración de N, P y K en algunos Fertilizantes Comerciales (61)

El nitrógeno debe aplicarse cada año, mientras que el fósforo y el potasio cuando el análisis foliar o del suelo así lo indiquen, o en su caso, cada tres o cuatro años.

La mejor época de fertilización para los árboles adultos es de noviembre hasta principios de diciembre, uno a dos meses antes del período de floración; se sugiere realizarla en una sola aplicación. Es importante que el suelo esté húmedo al momento de la aplicación, para que el fertilizante sea aprovechado por la planta en menor tiempo.

El método de aplicación depende de la topografía del terreno. Si el suelo es plano o su pendiente es moderada, el fertilizante se aplica en banda (en dirección de las hileras y en ambos lados de los árboles) o en rueda, ligeramente adentro de la zona de goteo; en terrenos con mucha pendiente se aplica en la media luna superior del árbol. En cualquier caso, y en suelos donde la profundidad

lo permita, conviene hacer una zanja de unos 10 cm de profundidad, colocar el fertilizante y taparlo.

Es importante indicar que la fertilización puede mejorarse y ajustarse año tras año, si se realiza con base en los análisis de suelo y foliar de cada huerta en particular.

Para corregir carencias de magnesio, cinc, manganeso, hierro, cobre o boro pueden aplicarse fertilizantes al suelo o al follaje, aunque generalmente se aplican al suelo cuando éste es ácido y cuando es calcáreo se asperjan al follaje con excepción del hierro que siempre se suministra al suelo.

2.7.15. Riego

El consumo de agua por los árboles de Naranja depende de factores ambientales como la temperatura, textura y estructura del suelo, topografía y factores relacionados con el árbol, como son: tamaño, profundidad de las raíces, patrón y distancia de plantación (1, 11).

El período en que los árboles requieren mayor humedad es durante cada una de las épocas de brotación y hasta que el fruto alcanza 2.5 cm de diámetro.

El primer efecto del riego en los árboles es el incremento en cantidad y crecimiento de las raíces; posteriormente, se detecta un crecimiento y desarrollo de la parte aérea de la planta (11). El riego tiende a disminuir la cantidad de sólidos solubles y la acidez del fruto, incrementa el rendimiento y el tamaño del fruto (21).

La aplicación de riego puede llevarse a cabo, por gravedad o por presurizado. Aquí se explicará con mayor detalle el método de presurizado, ya que es el que se utiliza comúnmente en México.

Presurizado. Este sistema de riego requiere de baja presión y consiste en utilizar tubería fija (PVC o polietileno negro) de diámetro pequeño (20 mm) con dispositivos de aplicación de agua (emisores o microaspersores) de muy bajo costo (11, 16). La técnica permite riegos ligeros y profundos. Este método puede ser de dos tipos: por goteo y por microaspersión.

Por goteo. El agua circula a presión por toda la tubería hasta llegar a los emisores, en donde pierde presión y velocidad, de manera que sale gota a gota, se filtra vertical y horizontalmente y al mojar el suelo forma un bulbo húmedo, cuyo contorno depende de la textura del suelo y del volumen de agua suministrado (Figura 6), es más ancho y menos profundo en los terrenos arcillosos que en los francos y arenosos (57). Para el sistema de riego por goteo están disponibles diferentes modelos de emisores, pero los más adecuados son los que tiran cerca de 4 L/h de agua a 15 lb/in² de presión (1).

- Por microaspersión. Este sistema requiere de microaspersores que generen un gasto de 35 a 40 L/h de agua; generalmente se utiliza un emisor cuando los árboles están en desarrollo y dos cuando su tamaño y vigor así lo exija. De la misma forma, que el riego por goteo, necesitan baja presión, y por lo tanto, bombas pequeñas para funcionar, debido al poco volumen que se tira (1, 16). Este sistema tiene menos problemas de taponamiento, en comparación con el riego por goteo.

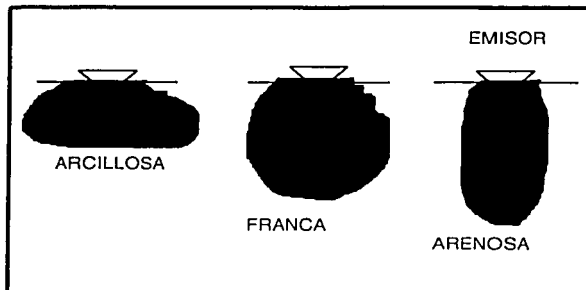


Figura 6. Forma y tamaño del bulbo húmedo, según la textura del suelo.

El método más práctico y eficiente para saber cuándo y cuánto regar, es el uso de tensiómetros, los cuales mediante una escala graduada en centibares (cb), indican el contenido de humedad existente en el suelo, que determina el volumen de agua y el momento oportuno para regar.

Los valores usuales para regar los naranjales están entre 30 y 60 centibares (cb), lo cual dependerá de la textura del suelo como se indica en la siguiente Tabla.

Valores (cb) de acuerdo a la textura del suelo		
Ligeros	Francos	Pesados
30 a 40	40 a 50	50 a 60

Tabla No. 14. Valores para determinar el volumen de agua y el momento oportuno para regar de acuerdo a las lecturas del tensiómetro.

Los valores antes descritos se conocen colocando los tensiómetros a dos profundidades: el primero, a 30 cm para determinar el momento del riego y el segundo, a 60 cm de profundidad para definir el volumen de agua que debe aplicarse (92). Se sugiere colocar los tensiómetros en la zona de máxima concentración de raíces, que puede ser el punto medio entre el tronco y la zona de goteo del árbol.

Antes de instalar el sistema de riego presurizado, es esencial analizar la calidad del agua debido a que los emisores pueden taponarse por la precipitación del carbonato de calcio, por depósitos de hierro o desarrollo de hongos y algas; dicho análisis debe considerar el contenido de sales solubles, sólidos en suspensión, pH, hierro en complejos, sulfuros y precipitación del carbonato de calcio.

2.7.16. Poda

La poda, es la práctica de recortar o eliminar cierta porción de las ramas de un árbol, con el fin de influenciar su forma, desarrollo y producción.

Los árboles de Naranja deben recibir podas en el vivero para darles una buena formación cuyo objetivo es, formar la estructura del árbol para lograr una buena disposición de las ramas madres con uniones fuertes.

- La *poda de formación* consiste en definir la arquitectura de las ramas principales del árbol, para lograr una buena distribución de sus ramas y follaje (51), se debe realizar al año de edad, especialmente al final de la estación seca y antes de que se reinicie el crecimiento.
- La *poda de fructificación* debe ser muy moderada, y consiste en cortar y despuntar ramas, con el fin de mantener los árboles lo más bajos posible, regular la densidad del follaje para prevenir enfermedades por falta de aireación y aumentar la penetración de la luz al interior del árbol.
- La *poda de saneamiento* se debe efectuar periódicamente para eliminar ramas y ramillas enfermas y rotas.
- Cuando los árboles han envejecido prematuramente por diversas razones, es conveniente efectuar una *poda de rejuvenecimiento*, la cual consiste en podar severamente al árbol dejando el tronco y ramas principales para forzar un crecimiento nuevo y vigoroso; esta poda debe complementarse con aplicaciones de fertilizantes, control de plagas, enfermedades, malezas, etc.

2.7.17. Manejo de Maleza, Control de Plagas y Enfermedades

Maleza. Para que una huerta sea productiva es esencial eliminar la maleza, ya que compete con los árboles por el agua y nutrimentos disponibles en el suelo y, en ocasiones también por la luz.

Control. Los métodos utilizados para controlar la maleza dependen, entre otros factores, de la topografía del terreno y de los recursos del productor.

- **Control manual.** En huertas establecidas en ladera, los deshierbes se realizan principalmente con machete.
- **Control mecánico.** En terrenos planos o con pendientes moderadas se utiliza principalmente el control mecánico mediante pasos de rastra, evitando que este profundice más de 10 cm. Si el implemento profundiza mucho y llega a cortar las raíces, el crecimiento del árbol disminuye.
- **Control químico.** El manejo de la maleza mediante herbicidas, ofrece mayores ventajas que los demás métodos. La selección de los herbicidas depende de su época de aplicación con relación al desarrollo de la maleza, de las especies de maleza involucradas y del costo relativo del producto; algunos herbicidas no deben usarse en huertos recién establecidos y las dosis de otros, pueden depender de la textura del suelo.
- **Método combinado.** La modalidad más reciente para controlar la maleza es la combinación del control químico y mecánico: consiste en aplicar el herbicida en banda sobre la zona de goteo, cuya amplitud depende de la anchura de la copa del árbol, y utilizar una chapeadora (instrumento de trabajo para cortar la maleza a nivel de piso) para la maleza de las calles.
- **Control biológico.** Consiste en establecer especies vegetales que cubran toda la superficie del suelo, desplazando así a la maleza: Cacahuate forrajero, Kudzú, Soya perenne, Mucuna o frijol terciopelo, etc (61).

Ingrediente Activo	Producto Comercial	Cantidad por hectárea	Edad mínima del árbol	Indicaciones
HERBICIDAS PRE-EMERGENTES (RESIDUALES)				
Bromacilo 80%	HYVAR X	5-6 Kg	4	No mezclar con faena.
Diurón 80%	KARMEX	5-6 Kg	1	No exceda de una aplicación al año
Bromacilo (40%) Diuron (40%)	KROVAR I	5-6 Kg	3	No exceda de dos aplicaciones al año.
HERBICIDAS POST-EMERGENTES				
Paraquat 25% (de contacto)	GRAMOXONE	2 - 4 L	0	
Paraquat 20% Diuron 10%	GRAMOCIL	2 - 3 L	0	
Glifosato Trimesium 48% ^V (Sulfosato)	COLOSO	2 - 4 L	0	Evitar el contacto con hojas y frutos
Glifosato 48% ^V	FAENA	2 - 4 L	0	
2,4-D 48% ^V	FITO AMINA	2 - 4 L	0	

Tabla No. 15. Herbicidas para controlar la Maleza en Naranja (60).

Plagas. Existen varias plagas que cada año disminuyen el rendimiento y/o calidad de la fruta de los naranjos. Actualmente se controlan principalmente con productos químicos.

Algunas de las plagas que existen en la región Golfo Centro de México se presentan en la Tabla No. 16.

Plaga	Nombre comercial del producto químico
Araador Araña roja ^Z Ácaro blanco ^Z	Acarín 200 C.E., Ethión 500, Ethión 500 + Zineb Plus, Ethión 500 + Citrolina, Agrimec 1.8% C.E. + Aceite mineral, Morestán 25% PH.
Mosca de la fruta	Insecticida-cebo = Malathión 1000-E
Trips	Basudín 25E
Pulgones	Melasytox r-25, Malathión 1000-E, Foley 50E, Pirimor 50.
Escamas	Basudín 25E, Ethión 500 E + Aceite mineral, Foley 50 E + Aceite mineral ^f
Hormigas	Lorsban 480 EM, Folidol M-50, Malathión 1000-E, Amdro ^X
Minador de la hoja	Agrimec (3.6 g de Abamectina), Agrimec + aceite FC-435-66, Lovis, Citrolina.
Chapulín	Malathión 1000-E

^Z Ethión 500 sólo, no sirve para estas plagas.

^Y Puede usarse la citrolina agrícola.

^X Las hormigas acarrean los granulos de éste producto hacia dentro de sus nidos.

Tabla No. 16. Sugerencias para el Control Químico de las Plagas en la Región Golfo Centro

Enfermedades. Las condiciones cálido-húmedas que prevalecen en la Región Naranjera de México favorecen el desarrollo de muchas enfermedades. Los daños ocasionados por ellas pueden ser: disminución del rendimiento, reducción de la calidad de la fruta e, inclusive, muerte del árbol. Las enfermedades más comunes son:

- Enfermedades de raíz y tronco: Gomosis, Cáncer Basal.
- Enfermedades en hojas y frutos: Mancha grisenta, Antracnosis o caída de fruto pequeño, Melanosis, Fumagina.
- Enfermedades causadas por virus u organismos similares: Psorosis, Tristeza, Exocortis, Caquexia o Xiloporosis, Blight.

La prevención, es la medida más efectiva para reducir las pérdidas ocasionadas por la mayoría de las enfermedades de las naranjas. Como ejemplo tenemos que, en muchos países existen restricciones en la importación de material vegetativo y frutos procedentes de áreas donde ocurren algunas enfermedades específicas. También existen programas de certificación de yemas libres de virus para evitar la dispersión de éstos. Otra medida importante para prevenir ciertas enfermedades es el uso de patrones resistentes. El uso de productos químicos en general debe ser empleado cuando la fruta es destinada para su consumo en fresco en los mercados que demandan una excelente presentación (51).

2.7.18. Cosecha

La Naranja debe cosecharse con mucho cuidado para evitar golpes heridas u otros daños que afectan su calidad y su conservación. Se recomienda el uso de equipo adecuado para efectuar esta labor tales como: saco de cosecha preferiblemente de lona con falso fondo, escalera de tijera (doble) y tijera de podar. La fruta cosechada no se debe dejar expuesta al sol y debe colocarse sobre un manto seco para evitar la humedad del suelo. Para transporte al mercado, se recomienda hacer uso de cajas plásticas que proporcionen suficiente aireación (93).

La Naranja Valencia requiere alrededor de 11 meses a partir de la anthesis (apertura floral), para alcanzar la madurez comercial. Los meses de enero y febrero son la mejor época de cosecha para rendimiento y calidad interna de la fruta para consumo en fresco. La fruta cosechada en diciembre es más ácida y con menos volumen de jugo que la cosechada en febrero (Tabla No. 17.)

Las cosechas tardías de abril y mayo rinden 25% menos de fruta que la cosechada en febrero e incrementan la alternancia de la producción; esto se debe a que la fruta madura de la temporada anterior compite por agua y alimentos con

la floración y frutos pequeños de la presente temporada, disminuyendo así su rendimiento. Sin embargo, abril-mayo es el período óptimo de cosecha para fines de la industria juguera, ya que la fruta ofrece mayor cantidad de azúcares por tonelada de fruta y alcanza mejor precio en el mercado (20).

Fecha de cosecha	Ton/ha	Peso medio del fruto (g)	Frutos maduros caídos/árbol	Sólidos solubles totales (%)	Ácido cítrico (%)	Jugo/Ton de fruta (L)	SST/Ton de fruta (Kg)	Alternancia de la producción ²
Dic 15	26.6	201	14.3	9.97	1.60	403	40.2	0.19
Feb 15	23.5	189	35.6	12.77	1.22	485	61.9	0.14
Abr 15	16.6	192	58.4	13.71	0.96	511	70.1	0.33
May 15	17.5	213	87.5	14.17	0.71	494	69.3	0.43

SST = Sólidos Solubles Totales.

² Índice de 0 a 1, donde 0 = Cosechas iguales en ambas temporadas y 1 = En una temporada no hubo producción (0 Kg).

Tabla No. 17. Efecto de Fechas de Cosecha en la Producción y Calidad Interna de la Fruta de Naranja "Valencia" (20).

III. MÉTODOS ANALÍTICOS

3.1. ANÁLISIS DE SUELOS.

El análisis de suelo nos permite conocer el estado natural de fertilidad de éste. Con esta valiosa ayuda podemos elaborar un programa general, racional y económico para cada cultivo y así obtener una buena cosecha.

El análisis de la muestra realizado en forma cuidadosa, permite determinar con exactitud las características del suelo. Para ello se requiere que la muestra haya sido bien tomada y que sea representativa de las condiciones del terreno a analizar, pues de lo contrario el resultado no tendrá un valor confiable.

Los métodos que se practican en el laboratorio para análisis de suelos están divididos en tres partes:

- análisis físico
- análisis fisicoquímico.
- análisis químico.

Análisis físico. Se determinan análisis mecánico, color en seco y en húmedo y densidad aparente.

Análisis fisicoquímico. Se determinan: pH, resistencia en pasta y conductividad eléctrica.

Análisis químico. Se determina: materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico total (C.I.C.T), cationes intercambiables (Ca^{2+} , Na^+ , Mg^{2+} , K^+), nitrógeno, fósforo y sales solubles (18).

3.1.1. Métodos de Muestreo

Antes de la toma de muestras debe realizarse una inspección previa del suelo que se analizará, haciendo un diagrama en donde se señalan las siguientes características: tipo de parcela, cultivo que se efectúa en ella, textura, color del suelo, desarrollo relativo de cultivos, el tratamiento dado por fertilizantes y las zonas en condiciones anormales existentes. Sobre el diagrama se escribe, el número de muestras a tomar, forma de tomar las muestras y orden de muestreo.

- **Método A.**

Se delimita la parcela con estacas. Dentro de estos límites, se marcan los sitios donde se hacen los hoyos en forma de zig-zag. Este método es muy adecuado para muestrear, ya que al cruzar de esta forma la parcela, los fertilizantes contenidos en ésta también son extraídos con las muestras. (Figura 7)

- **Método B.**

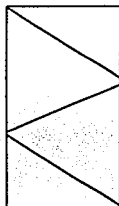
La parcela se delimita con estacas. Los sitios donde se harán los hoyos se marcan paralela y uniformemente sobre una línea. Este método es poco usado, ya que en comparación con el método anterior las muestras tomadas son pocas, regulares y con el análisis químico pueden dar valores semejantes, sin permitir ver la variabilidad de componentes del terreno. (Figura 7)

- **Método C.**

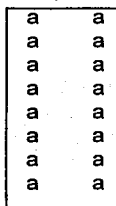
De la misma forma que los dos métodos anteriores la parcela es delimitada con estacas. Los sitios de muestreo son distribuidos en forma regular con tendencia a ser distinta en los extremos. Con esta característica, el método es el menos utilizado ya que se obtienen un número muy reducido de muestras por área delimitada. (Figura 7)

Cada área debe ser lo más homogénea posible en sus características y preferentemente menor de 5 hectáreas.

Método: A



B



C

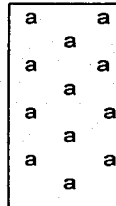


Figura 7. Comparación de Métodos de Muestreo en la Parcela.

3.1.2. Toma de Muestras

Por lo general, las muestras que se utilizan para el análisis de suelo son tomadas a una profundidad de 0 a 20 cm, como se describe en los siguientes procedimientos:

☒ Se toma una barrena de 30 a 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 quedó adherido a la misma. La muestra se guarda en una bolsa etiquetada y rotulada.



Figura 8. Toma de Muestra de Suelo con Barrena.

☒ Se emplea una sonda, la cual contiene 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 propio eje, permite extraer una porción del mismo desde la superficie hasta 20 cm de profundidad.

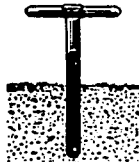


Figura 9. Toma de Muestra de Suelo con Sonda.

- Por medio de una 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, recogiendo de este modo la muestra y guardándose en una bolsa etiquetada (55).

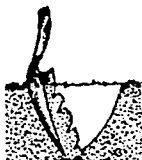


Figura 10. Toma de muestra de suelo con pala o azadón.

3.1.3. Preparación de muestras

Secado. Las muestras de un peso medio, aproximadamente de 1 kg, se secan a temperatura ambiente durante un mínimo de 24 hrs, sobre una superficie que esté por arriba del ras del piso, para evitar su contaminación. El secado se hace con el propósito de eliminar el exceso de agua y por lo tanto mantener constante el grado de humedad de las muestras (17, 38, 52, 53, 55).

Tamizado. Para el análisis de suelos sólo poseen interés 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 (17). Por este motivo, a las muestras ya secas, se les quitan las piedras y los agregados de mayor tamaño (> 2mm) se muelen en un mortero de porcelana o en un molino de bolas y se pasan a través de un tamiz de malla No. 100 (0.149 mm) (43). Después de realizado este tratamiento se procede a analizar la muestra.

Almacenamiento. El suelo seco y tamizado se debe almacenar en bolsas de papel, frascos con tapones roscados o cajas de cartón etiquetados, para evitar la absorción de agua (35, 76).

3.1.4. Análisis Mecánico

Para obtener buenos y confiables resultados del análisis mecánico, es indispensable que a la suspensión de partículas de suelo se le adicione algún agente dispersante (8, 36), se deflocule de la arcilla y que no contenga agentes cementantes (óxidos de hierro, aluminio, materia orgánica).

Método de Bouyoucos.

Principio

En el método de Bouyoucos, se determina la cantidad de componentes que tiene el suelo usando el densímetro que mide la densidad de la suspensión siguiendo el fundamento de la Ley de Stokes citada previamente.

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

Material

- Agitador eléctrico.
- Balanza analítica.
- Cronómetro.
- Densímetro de Bouyoucos, graduado de 0 - 60 [g/L].
- Pipetas volumétricas de 5 mL.
- Probeta Bouyoucos.
- Probeta de 100 mL.
- Termómetro
- Vasos de precipitado de 500 mL.

Reactivos

- Disolución saturada de oxalato de sodio
Disolver 37 g de oxalato de sodio, en 1 L de agua destilada.
- Disolución de silicato de sodio
Disolver 50 g de silicato de sodio, en 1 L de agua destilada, medir la densidad con un densímetro la cual debe ser de 36 [g/L]; si es menor se agrega más silicato, si es mayor se agrega más agua.

Procedimiento

Pesar 50g de suelo de textura fina, colocarlos en el vaso de precipitado, ponerlo sobre el agitador eléctrico, agregar 5 mL de silicato de sodio y 5 mL de oxalato de sodio más 100 mL de agua. Dejar reposar 25 min, agitar durante 20 min en caso de arcillas y de 5 a 10 min en arenas y migajones arenosos, pasar la mezcla a una probeta Bouyoucos, colocarla dentro del densímetro y llevarla a 1130 mL con agua destilada (para 100 g de suelo llevar a 1205 mL). Se agita por un minuto y se determina la densidad de la suspensión por medio del densímetro después de los 40 s. (primera lectura). Se registra al mismo tiempo la temperatura de la disolución, con el fin de corregir la dilatación debida a la temperatura ambiente.

La primera lectura del densímetro, después de la corrección por temperatura, la cual es de 0.36 unidades por cada grado que se separe de 19.5°C, sumando o restando según sea el caso, indica el porcentaje de limo y arcilla. La arena se sedimenta a los 40 s.

La segunda lectura corregida por temperatura se realiza a las dos horas y representa el porcentaje de arcilla en suspensión. Se supone, que todo el limo se ha sedimentado a las dos horas (12, 18).

- **Para suelos con contenido de materia orgánica mayor al 3 %.**

Reactivos

- Peróxido de hidrógeno (Agua oxigenada, H₂O₂) al 6 %

Procedimiento

Pesar 50 g de suelo de textura fina en un vaso de precipitados de 500 mL, agregarle 40 mL de H₂O₂ y evaporar hasta sequedad. Repetir esta prueba hasta que ya no se produzca efervescencia al añadir peróxido de hidrógeno. Se sigue el mismo procedimiento que en suelos con contenido de materia orgánica menor a 3%, a partir de la adición de 5 mL de disolución de silicato de sodio y 5 mL de disolución de oxalato de sodio.

Cálculos

- Hacer las correcciones de las lecturas del hidrómetro con respecto a la temperatura registrada. Tabla No. 18.
- % **Limo** =(lectura del densímetro a 40 s - lectura del densímetro a 2 h)X2
- % **Arcilla** =(Lectura del densímetro corregida a 2 hr)X2
- % **Arena** =100 - (% limo + % arcilla)
- Se determina la textura del suelo utilizando el triángulo de textura.

Temperatura (°C)	Factor de corrección
15	-1.62
15.5	-1.44
16	-1.26
16.5	-1.08
17	-0.90
17.5	-0.72
18	-0.54
18.5	-0.36
19	-0.18
19.5	0.00
20	+0.18
20.5	+0.36
21	+0.54
21.5	+0.72
22	+0.90
22.5	+1.08
23	+1.26
23.5	+1.44
24	+1.62

Tabla No. 18. Corrección de Temperatura con respecto al Densímetro(55).

3.1.5. Color en Seco y en Húmedo

Principio

La determinación del color del suelo tanto en seco como en húmedo, es efectuada bajo el principio de Munsell ya explicado en el Capítulo II (47, 49).

Material

- Agitador
- Placa de toque de porcelana.
- Tablas de color de Munsell.

Procedimiento

Colocar sobre la placa de toque dos porciones de la muestra de suelo en diferentes orificios, humedecer una de ellas, teniendo cuidado de no agregar agua en exceso para evitar brillantez. Se determina el color del suelo seco y húmedo por comparación con las tablas de Munsell, que indican matiz, valor e intensidad.

3.1.6. pH del Suelo

El valor de pH de los suelos se determina con un potenciómetro, el cual contiene un electrodo de referencia (calomel) y uno de trabajo (vidrio) (17, 38, 55).

Determinación potenciométrica del pH

Principio

Dispersión del suelo en agua y medida del pH con un potenciómetro.

Material

- Barra magnética.
- Electrodo de vidrio y calomel.
- Parrilla con agitación.
- Potenciómetro.
- Termómetro.
- Vasos de precipitados de 100 mL

Reactivos

- Agua destilada.
- Disolución Buffer pH 7.

Procedimiento

- Ajustar el potenciómetro medidor de pH con la disolución buffer de pH 7.

Determinación del pH de un suelo con la relación suelo : agua de 1:2.5.

- Pesar 20 g de suelo seco, agregarlos a un vaso de 100 mL y se adicionan 50 mL de agua.
- Agitar.
- Cuidadosamente, se introducen en la suspensión el electrodo de vidrio y el de calomel
- Conectar el potenciómetro medidor de pH de forma que en la escala aparezca el valor correspondiente al pH de la disolución en que se encuentran sumergidos los electrodos.
- Anotar el pH indicado por el aparato y se regresa éste a su posición de "reposo" eléctrico.

- Retirar los electrodos de la suspensión, lavarlos con agua destilada y secarlos con un papel suave.

3.1.7. Resistencia del Suelo

La resistencia del suelo nos permite conocer el contenido de sales disueltas por medio de la conductividad eléctrica. Un valor bajo de conductividad eléctrica (CE) indica la falta de nutrientes, mientras que un valor alto indica problemas salinos debidos a un exceso (30).

Resistencia en pasta

Principio

El método conductimétrico empleado es resistencia en pasta del suelo, se fundamenta en la determinación del porcentaje de sales solubles y la conductividad eléctrica del suelo, es simple, efectivo y rápido cuando los valores determinados se encuentran entre 0 y 2 mmho / cm a 25°C.(9).

Cuando se encuentran valores de conductividad eléctrica mayores de 2 mmho/cm en la muestra, se recurre a determinar la CE del extracto de saturación del suelo (58, 84)..

Material

- Balanza analítica.
- Copa electrolítica.
- Corriente alterna.
- Embudo Büchner.
- Espátula.
- Papel filtro.
- Puente de Wheatstone,
- Termómetro.
- Vasos de precipitado de 250 mL.

Procedimiento

- Pesar 50 g de suelo en un vaso de precipitado. Añadir agua destilada agitando hasta alcanzar el punto de saturación (la pasta brilla, fluye ligeramente si se inclina el recipiente y se desliza facilmente la espátula).
- Dejar reposar 1 hr. Con la pasta se llena la copa electrolítica hasta el ras. Eliminar las burbujas de aire encapsuladas en la pasta. En seguida se mide la resistencia a temperatura ambiente.

- A partir de este valor se determina el porcentaje aproximado de sales y la conductividad eléctrica.

Cálculos

$$\text{CE del suelo} = \frac{0.25}{R \text{ del suelo}}$$

donde 0.25 es la constante de la copa electrolítica.

3.1.8. Densidad Aparente

En la determinación de la densidad aparente de un suelo se considera tanto el espacio poroso como las partículas sólidas, así como el contenido de agua y aire en su estado natural. Es la relación que existe entre la masa de suelo seco por unidad de volumen total del mismo (18). En el sistema métrico se mide en [g/mL] o [g/cm³]. La densidad aparente de los suelos superficiales de textura fina (arcillas) van de 1.0 a 1.3 g/cm³ y los de textura gruesa (arenosos) de 1.3 a 1.8 g/cm³ (47).

Existen varios métodos para determinar densidad aparente, sin embargo, sólo se citará el más utilizado, importante, barato, rápido, de fácil uso y seguro de emplearse: Muestreo principal, se considera el método estándar para suelos de textura fina, para suelos de textura gruesa (arenosos, gravosos o muy sueltos) se usa el método de reemplazamiento de arena (66).

Método de Muestreo Principal

Principio

Tanto la masa como el volumen se determinan de forma directa.

Material

- Balanza analítica.
- Cilindro para muestreo
- Probeta de 10 mL.
- Vasos de precipitado de 250 mL.

Procedimiento

- Se coloca una muestra de suelo en estado natural dentro del cilindro para muestreo hasta llenarlo totalmente. Esta operación se hace cuidadosamente y ejerciendo una presión constante.
- La muestra que está dentro del cilindro, se seca durante 24 hrs a temperatura ambiente y por diferencia de peso se determina su masa en seco.

NOTA: Es conveniente compactar de la forma sugerida la muestra, ya que de hacerlo bruscamente o con golpes, al aumentar la compactación, aumenta la densidad aparente resultando un valor erróneo.

Cálculos

$$\text{Densidad aparente} = \frac{\text{Masa de suelo seco}}{\text{Volumen de muestra total}}$$

3.1.9. Materia Orgánica

La materia orgánica está estrechamente relacionada con la fertilidad de los suelos.

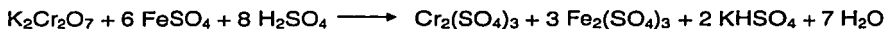
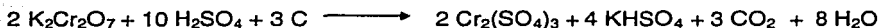
El método de análisis utilizado para ésta determinación es el de Walkley y Black, debido a que es fácil de aplicarlo, rápido, exacto, y por lo tanto el más utilizado en el laboratorio.

Método de Walkley y Black

Principio

Este método se basa en una oxidación de la materia orgánica con dicromato de potasio-ácido sulfúrico y una posterior valoración con una sal ferrosa del exceso de dicromato añadido.

Las reacciones que representan este método son las siguientes:



Material

- Agitador magnético.
- Balanza analítica
- Bureta de 25 mL.
- Desecador.
- Estufa.
- Matraz de Erlenmeyer de 250 mL.
- Magneto
- Pipeta volumétrica de 10 mL.

Reactivos

- Acido fosfórico al 95% (H_3PO_4).
- Acido sulfurico concentrado al 98% (H_2SO_4).
- Dicromato de potasio 1 N ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$).

Pesar 49.04 g de dicromato de potasio, bien seco (es secado en la estufa durante 3 hr a 105 °C y enfriado en un desecador), disolver en agua y aforar a un litro.

- Difenilamina ($C_{12}H_{11}N$)
Pesar 1.09 g de difenilamina, disolverla en 100 mL de H_2SO_4 concentrado.
- Sulfato ferroso 0.5 N ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$).
Disolver 139.01 g de $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ en 800 mL de agua destilada y se agregan 40 mL de H_2SO_4 concentrado, enfriar y aforar a un litro con agua destilada.

Procedimiento

- Pesar 0.5 g de suelo previamente secado y tamizado, transferirlo a un matraz Erlenmeyer de 250 mL. Añadir 5 mL de disolución de dicromato de potasio, agitar y después añadirle 7.5 mL de ácido sulfúrico concentrado. Agitar la mezcla durante un minuto. Dejar reposar 30 min (58).
- Añadir 100 mL de agua destilada, mas 2.5 mL de ácido fosfórico, dejar enfriar y añadir algunas gotas de indicador (difenilamina). Titular con sulfato ferroso gota a gota con agitación hasta que vire de color violeta obscuro a verde (63).
- Preparación de la disolución control (blanco)
En un matraz Erlenmeyer de 250 mL se adicionan 5 mL de $K_2Cr_2O_7$ más 7.5 mL de H_2SO_4 concentrado.
Se agita la mezcla un minuto y se deja reposar 30 minutos.
Se agregan 100 mL de agua destilada.
Se agita la mezcla.
Se adicionan 2.5 mL de H_3PO_4 (95%). (para facilitar el vire de la disolución)
Se agregan 4 gotas de indicador difenilamina.
La disolución obtenida se valora por retroceso con la disolución de sulfato ferroso procedente de una bureta. En un principio el color es verde obscuro debido a los iones de cromo y se desplaza hacia un azul turbio a medida que avanza la valoración. En el punto final este color cambia bruscamente a verde brillante, dando el viraje con una gota.

Cálculos

$$\% \text{ MO} = \frac{(\text{Vol. FeSO}_4 \text{ control} - \text{Vol. FeSO}_4 \text{ muestra}) \times N \text{ FeSO}_4 \times 0.003 \times 1.33 \times 1.72 \times 100}{\text{pm}}$$

$$N \text{ FeSO}_4 = \frac{(N \text{ K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7)(\text{Vol. K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7)}{\text{Vol. FeSO}_4 \text{ control}}$$

donde:

N = Normalidad [meq/mL].

pm = Peso de la muestra [g].

0.003 = Peso miliequivalente de carbono [meq].

1.33 = Factor de corrección al 100% de efectividad del método, suponiendo que sólo es efectivo en un 75%.

1.72 = Cálculo de materia orgánica fácilmente oxidable y total, se basa en el supuesto de que la MO contiene 58% de carbono por cada 100 g. de MO [g]. (17, 18, 38,39, 46, 52, 53 y 55).

3.1.10. Capacidad de Intercambio Catiónico Total (C.I.C.T.)

La capacidad de intercambio catiónico indica la cantidad de cationes adsorbidos, expresada en miliequivalentes por 100 g de suelo.

La C.I.C.T. depende de la composición química, fundamentalmente de las arcillas y materia orgánica presente. Su interés reside en que es el factor que determina la posibilidad de retener un depósito de cationes nutritivos, susceptibles de ser cedidos a la disolución salina del suelo a medida que son sustraídos de ésta por la planta.

El método de lixiviación con acetato de amonio es el más conocido para la determinación de la C.I.C.T. y por lo tanto será descrito:

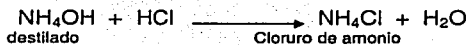
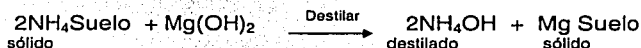
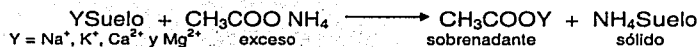
Lixiviación con Acetato de Amonio

Principio

Para determinar la CICT es necesario seguir los siguientes procesos:

- Extracción de los iones del suelo con una disolución de acetato de amonio, con el fin de reemplazar todos los cationes por amonio.
- Remplazamiento del amonio fijado, por magnesio, mediante un lavado con disolución de cloruro de sodio y luego una saturación con hidróxido de magnesio.
- Valoración de la disolución obtenida con HCl.

Estos procesos son explicados por las siguientes reacciones:



Material

- Agitador magnético.
- Agitador de vidrio
- Bureta de 25 mL.
- Balanza analítica.
- Centrífuga.
- pHmetro con electrodos (referencia y de trabajo).

- Matracas Erlenmeyer de 1 L.
- Matracas Kjeldahl de 800 mL.
- Sistema de destilación Kjeldahl.
- Tubos para centrifuga.

Reactivos

- Acetato de amonio 1N, pH 7.0. (NH_4OAc).
Mezclar 68 mL de hidróxido de amonio (NH_4OH) con una disolución de ácido acético (CH_3COOH), (57 mL de CH_3COOH glacial en 400 mL de agua destilada).
Ajustar el pH a 7, ya sea con CH_3COOH glacial o con NH_4OH según sea necesario. Aforar a 1 L con agua destilada.
- Acido bórico al 4% (H_3BO_3).
Disolver 40 g de ácido bórico en 500 mL de agua destilada a ebullición.
Enfriar. Aforar a 1 L con agua destilada.
- Acido clorhídrico 0.1N (HCl).
Aforar a 1 L, 8.02 mL de HCl al 36% p/p.
Determinar normalidad con carbonato de sodio.
- Cloruro de sodio al 10% (NaCl).
Disolver 100 g de NaCl en 750 mL de agua destilada.
Ajustar el pH a 2.5 con HCl .
Aforar a 1 L con agua destilada.
- Etanol al 95% (EtOH)
- Indicador mixto.
Disolver 0.1 g de rojo de metilo y 0.5 g de verde bromo-cresol en 100 mL de etanol al 95%.
Ajustar el pH de la disolución a 4.5 con NaOH o HCl .
- Oxido de magnesio U.S.P.

Procedimiento

- Pesar 4 g de suelo de textura mediana o fina, o bien, 6 g de suelo de textura gruesa.
- Colocar la muestra ya pesada en un tubo de centrifugación y agregarle 25 mL de disolución de acetato de amonio 1N.
- Agitar, y dejar reposar 30 min.
- Centrifugar durante 5 min.(2000 rpm), o hasta que el líquido sobrenadante se torne incoloro.
- Decantar el sobrenadante* y guardarlo. En caso de que algunas partículas del sólido se vayan con el sobrenadante, filtrar.
- Lavar el sólido con 30 mL de etanol (que no contenga electrolitos ni ácidos orgánicos) 4 veces.

- Introducir en un matraz Kjeldahl la muestra ya lavada y agregarle 40 mL de disolución de NaCl al 10% y pH 2.5.
- Agregar 0.5 g de magnesia calcinada y 150 mL de agua destilada, a la suspensión anterior y agitar.
- Destilar.**
- Agregar algunas gotas de indicador mixto al líquido destilado y proceder a titular la disolución con HCl 0.1N (4, 18, 5, 63, 72).

* El sobrenadante contiene varios cationes en disolución entre ellos: Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ e H^+ . Del filtrado se puede determinar la cantidad de Na^+ y K^+ mediante el método analítico de espectrofotometría de emisión de flama; el Ca^{2+} y Mg^{2+} se determinan por métodos volumétricos o por espectrofotometría de absorción atómica (38).

** El destilado se recibe en 40 mL de ácido bórico al 4%.

Cálculos

$$\text{C.I.C.T.meq/100g} = \frac{(\text{Vol. de HCl}) \times \text{N de HCl} \times 100}{\text{pm}}$$

donde:

pm = Peso de la muestra [g].

N = Normalidad [meq/mL].

3.1.11. Cationes Intercambiables

Calcio

El método que se describirá aquí para determinar el calcio intercambiable, es el de precipitación con oxalato de amonio.

Para su realización se necesita de una alícuota del extracto obtenido en el método de análisis anterior (CICT), el cual está constituido por cationes como: Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ y K^+ .

Es importante señalar que este no es el único método para determinar calcio, existen otros más sofisticados como Espectrofotometría de Absorción Atómica, Fotometría de Emisión de Llama, etc.

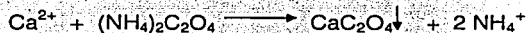
Precipitación con Oxalato de Amonio

Principio

El objetivo que se persigue con el método de precipitación con oxalato de amonio es el siguiente:

- Precipitar el Ca^{2+} del extracto (alícuota CICT) al agregar el oxalato de amonio.
- Valorar el ión oxalato con permanganato de potasio y determinar la cantidad de calcio extraída (76).

Las reacciones que representan este método son las siguientes:



Material

- Agitador magnético.
- Agitador de vidrio
- Balanza analítica.
- Bureta de 50 mL.
- Estufa.
- Frasco ámbar.
- Matraz de Erlenmeyer de 1 L.
- Papel filtro de poro medio de 9 cm de diámetro.
- Parrilla de calentamiento.
- Pipetas graduadas.
- Vasos de precipitado de 250 mL.

Reactivos

- Acido Sulfúrico al 10 % (H_2SO_4).
- Hidróxido de amonio (NH_4OH)
- Permanganato de potasio 0.1 N ($KMnO_4$)
Disolver 15.8 g de permanganato de potasio en 150 mL de agua destilada caliente (aprox. 60 °C) con agitación durante 30 min.
Aforar a 1 L con agua hervida y fría, guardar en un frasco ámbar o dejarlo reposar de 24 a 72 hr para asegurar la oxidación total de la posible materia orgánica y también para promover la sedimentación del óxido de manganeso formado.
Filtrar la disolución y guardar en otro frasco color ámbar limpio y seco.
- Oxalato de sodio R.A. ($Na_2C_2O_4$)
En una estufa, secar oxalato de sodio a una temperatura de 110 °C durante 2 hr . Posteriormente guardarlo en un desecador.
- Disolución precipitante
En 900 mL de agua destilada disolver 35 mL de hidróxido de amonio, 20 g de ácido cítrico, 20 g de oxalato de amonio, 20 g de cloruro de amonio, 100 g de urea.

Procedimiento

Precipitación de oxalato de calcio

- Tomar una alícuota (5 mL) del extracto obtenido en la CICT y colocarlo en un vaso de precipitados de 250 mL.
- Agregar 10 mL de disolución precipitante.
- Mezclar la disolución y calentar a ebullición ligera durante 1 hr, enfriar y después adicionar 5 gotas de hidróxido de amonio. Agitar.
- Filtrar la disolución.
- Lavar 3 veces el vaso donde se efectuó la precipitación, con agua destilada caliente y 7 veces el precipitado obtenido.

Valoración con permanganato de potasio

- El filtro y el precipitado obtenidos en los pasos anteriores se colocan en un vaso de precipitados, se les agrega ácido sulfúrico en disolución acuosa al 10 %.
- Se titula esta suspensión con permanganato de potasio 0.1 N hasta que la disolución contenga un color rosa durante 30 s.

Cálculos

$$\text{meq Ca/100g de suelo} = \text{Vol. KMnO}_4 \times N \text{ KMnO}_4 \times 125$$

donde:

Vol. = Volumen [mL].

N = Normalidad [meq/mL].

125 = 100 g de suelo X 25 mL de extracto / 5 mL de alícuota X 4 g de suelo
(ver pag 73).

Magnesio

El método descrito en esta tesis para la determinación de magnesio en el suelo es el de complejometría debido a la sencillez y rapidez que ofrece como método analítico.

Complejometría

Principio

En éste método se usará una alícuota de 5 mL del extracto obtenido en CiCT, en la cual se determinará calcio más magnesio, posteriormente se restará el valor de calcio antes determinado y así se obtendrá la cantidad de magnesio.

La determinación del magnesio se hace a partir de la valoración del extracto con EDTA utilizando como indicador el negro de eriocromo T. Las reacciones que lo describen son las siguientes:



Material

- Agitador magnético.
- Balanza analítica.
- Bureta de 50 mL.
- Estufa.
- Desecador.
- Matraz aforado de 1 L.
- Matraz Erlenmeyer de 250 mL.
- pHmetro
- Parrilla de agitación.

Reactivos

- Hidróxido de amonio concentrado (NH₄OH).
- Disolución de EDTA 0.02 N
Secar 5 g de sal disódica de EDTA a 60 °C en la estufa. Dejar enfriar en un desecador.
Pesar 3.722 g de la sal, disolver en agua destilada y aforar a 1 L. La disolución se valora con una disolución de cloruro de magnesio 1 N usando como indicador el negro de eriocromo T.

- Disolución indicadora de negro de eriocromo T
Disolver en 50 mL de alcohol metílico 0.2 g de indicador y 2 g de clorhidrato de hidroxilamina.
- Disolución reguladora de pH = 10
Disolver en 200 mL de agua destilada 67.5 g de cloruro de amonio, adicionarle 570 mL de hidróxido de amonio concentrado, aforar a 1 L con agua destilada y ajustar a pH 10.

Procedimiento

Mezclar 5 mL de extracto CICT con 5 gotas de la disolución indicadora y 2 mL de la disolución reguladora. Agitar durante 2 minutos y valorar con EDTA 0.02 N. (6, 54, 71).

Cálculos

$$\text{meq Ca + Mg / 100g de suelo} = \text{Volumen}_{\text{EDTA}} \times N_{\text{EDTA}} \times 125$$

$$\text{meq de Mg / 100 g de suelo} = \text{meq de (Ca + Mg) / 100 g de suelo} - \text{meq de Ca / 100 g de suelo}$$

donde:

$\text{Volumen}_{\text{EDTA}}$ = Volumen muestra EDTA . [mL].

N_{EDTA} = Normalidad de EDTA (0.02 N) [meq/mL].

125 = 100 g de suelo X 25 mL de extracto / 5 mL de alícuota X 4 g de suelo (ver pag. 73).

**ESTA TESIS NO SALI
DE LA BIBLIOTECA**

Sodio y Potasio

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

Determinación por Fotometría de Llama

Principio

Para determinar el contenido de sodio y potasio en el suelo es necesario seguir los siguientes procesos:

- Extracción de ambos cationes con acetato de amonio 1 N a pH = 7 (ver pag. 72).
- La Fotometría de Llama: se basa en la determinación o medida de la intensidad de las líneas espectrales. Utiliza una temperatura de excitación relativamente baja y mide mediante una célula fotoeléctrica, la intensidad de emisión, dentro de un intervalo de longitudes de onda seleccionado, que corresponde a un determinado elemento (7, 76). Determinación del contenido de sodio y potasio en el extracto a una longitud de onda determinada por medio de fotometría de llama.

Material

- Agitador de vidrio.
- Balanza analítica.
- Celdas de vidrio para el fotómetro.
- Embudo de vidrio.
- Flamómetro.
- Matraz aforado de 100 y 1000 mL.
- Papel filtro Whatman No. 42.
- Pipetas volumétricas.
- Probetas de 100 y 1000 mL.
- Tubos de ensayo.
- Vasos de precipitados.

Reactivos

- Disolución extractora de suelo CICT en acetato de amonio pH = 7.
- Disoluciones estándar de potasio.
Disolver en 50 mL de agua destilada 0.745 g de cloruro de potasio y se afora a 1000 mL con agua destilada (concentración de 10 meq/L).

De la disolución anterior se toman y agregan diferentes alícuotas a matraces de aforo de 100 mL, que al ser aforadas con acetato de amonio pH = 7 estén dentro del intervalo de concentración (1 a 9 meq/L). Agitar y tomar lecturas en el flamómetro.

- Disoluciones estándar de sodio.

Disolver en 50 mL de agua destilada 0.585 g de cloruro de sodio y se afora a 1000 mL con agua destilada (concentración de 10 meq/L). De la disolución anterior se toman y agregan diferentes alícuotas a matraces de aforo de 100 mL, que al ser aforadas con acetato de amonio pH = 7 estén dentro del intervalo de concentración (1 a 9 meq/L). Agitar y tomar lecturas en el flamómetro.

Procedimiento

Potasio

Primero se ajusta el equipo: ajustar a cero de transmitancia colocando una celda con agua destilada dentro del equipo y de la misma forma se ajusta a 100 de transmitancia con una celda que contenga 10 meq/L de potasio. La longitud de onda para determinar el potasio en el flamómetro es de 768 nm.

De la misma forma se hace y leen los datos para los estándares con concentraciones en el intervalo de (0 a 10 meq/L de K) que se hicieron anteriormente.

Colocar el extracto de CICT en una celda para flamómetro y tomar la lectura correspondiente.

Cálculos

Trazar una curva de calibración con los datos obtenidos de los estándares de K. En el eje de las ordenadas se escriben los porcentajes de emisión y en el eje de las abscisas las diferentes concentraciones de K que van de 1 a 9 meq/L .

En la gráfica se interpola el valor medido de la muestra problema (suelo) para conocer los meq/L de potasio presentes.

Es necesario ajustar los meq totales para 100 g de suelo.

$$\text{meq de K/100 g de suelo} = \text{meq de K/L} \times 0.625$$

donde:

$$0.625 = 100 \text{ g de suelo} \times 25 \text{ mL de extracto} / 4 \text{ g de suelo} \times 1000 \text{ mL.}$$

Sodio

Para la determinación de sodio se sigue el mismo procedimiento que para el potasio. Sólo que al ajustar el equipo a 100 se hace con una disolución de sodio de 10 meq/L y se toman lecturas de la muestra así como de las disoluciones estándar a 589 nm de longitud de onda.

Cálculos

Para realizar los cálculos también se siguen los mismos pasos que en la determinación de potasio nada más que solo se cambia K por Na (58, 63, 76).

$$\text{meq de Na/100 g de suelo} = \text{meq de Na/L} \times 0.625$$

donde:

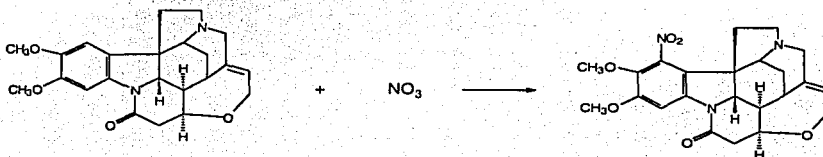
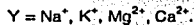
$$0.625 = 100 \text{ g de suelo} \times 25 \text{ mL de extracto} / 4 \text{ g de suelo} \times 1000 \text{ mL.}$$

3.1.12. Determinación de Nitrógeno como Nitratos

Principio

La extracción de nitratos se realiza con acetato de sodio. Después se cuantifica espectrofotométricamente por determinación colorimétrica de un compuesto formado entre los nitratos extraídos y brucina a una longitud de onda de 530 nm (76).

Las reacciones que representan este método son las siguientes:



Material

- Agitador de vidrio.
- Balanza analítica.
- Bomba de vacío.
- Celdas para espectrofotómetro.
- Embudo Büchner.
- Espátula.
- Espectrofotómetro.
- Gotero.
- Matraz Aforado de 1 L.
- Matraz Erlenmeyer.
- Matraz Kitasato. Papel filtro.
- Parrilla de agitación con agitador magnético.
- Tubos de ensayo.

Reactivos

- Ácido Sulfúrico concentrado
- Carbón activado.
- Disolución de brucina al 4 % en cloroformo.

- **Disolución extractora de nitratos.**
Disolver 100 g de acetato de sodio en 400 mL de agua destilada y agregarle 30 mL de ácido acético glacial. Aforar a 1 L con agua destilada.
- **Disolución estándar de nitratos 5ppm.**
Disolver 0.0082 g de nitrato de potasio en 1 L de la disolución extractora. Tomar alícuotas para hacer la curva de calibración que tengan concentraciones desde 0.5 a 1.5 ppm, en un matraz volumétrico de 10 mL, y aforar con disolución extractora.

Nota: El uso de brucina y cloroformo deben efectuarse en una campana y con todas las precauciones pertinentes (usar bata, guantes, mascarilla, lentes de protección) debido a la toxicidad de ambos reactivos.

Procedimiento

Extracción

Pesar 10 g de suelo previamente secado al aire y tamizado, agregarlos a un matraz Erlenmeyer que contenga 50 mL de disolución extractora y carbón activado.

Agitar la suspensión por 30 minutos y filtrar.

Aforar a 100 mL con agua destilada.

Curva de calibración

En tubos de ensaye tomar alícuotas de 2 mL con concentraciones de 0.5 a 1.5 ppm de nitrato y sumergirlos en un baño de hielo. A cada una agregarle dos gotas de brucina y 4 mL de ácido sulfúrico llevándola a 6 mL con agua destilada.

Ajustar el equipo a cero con un blanco (2 mL de disolución extractora + dos gotas de brucina + 4 mL de ácido sulfúrico).

Después se determinan las lecturas de las alícuotas a diferentes concentraciones de nitrato y por último la lectura de la muestra problema (58, 63).

Determinación de nitrógeno en forma de nitratos

En un tubo de ensayo sumergido en baño de hielo se adicionan 2 mL de la disolución obtenida de la extracción anterior, se agregan dos gotas de brucina y con extrema precaución 4 mL de ácido sulfúrico concentrado. Agitar.

Agregar esta disolución a una celda para el espectrofotómetro y tomar lecturas a una longitud de onda de 530 nm.

Cálculos

Se traza la curva de calibración. En el eje de las ordenadas se escribe el porcentaje de transmitancia y en el eje de las abscisas las ppm de nitrato correspondientes.

Se determinan las ppm de nitrato de la muestra problema a partir de determinar su porcentaje de transmitancia.

$$\text{ppm de nitrato (NO}_3^-) = \text{ppm de nitrato}_{\text{interpolación}} \times 2.5$$

donde:

2.5 = 50 mL de extracto / 2 mL de alícuota X 10 g de suelo.

3.1.13. Determinación del contenido en Fósforo

Para suelos ácidos, el fósforo se determina por el método de Olsen, mientras que para suelos alcalinos y neutros el método utilizado es el de Bray - Kurtz.

Método de Olsen

Principio

Este método consiste en la extracción del fósforo asimilable del suelo con bicarbonato de sodio para dar lugar a la disociación de iones ortofosfato en el filtrado (ver pag. 72).

Al hacer reaccionar el ortofosfato generado con el molibdato de amonio en medio ácido resulta el complejo intermediario fosfomolibdato de amonio, lo cual es representado por la siguiente reacción



Y finalmente se genera un segundo complejo de color azul (fosfomolibdato de estaño) como resultado de la reacción entre el fosfomolibdato de amonio y el cloruro estano (catalizador y estabilizante del color). La intensidad de color de este complejo es proporcional a la cantidad de fósforo y de esta forma es cuantificable a una determinada longitud de onda.



Este método es aplicable a suelos alcalinos y neutros (76, 50, 95).

Material

- Agitador magnético.
- Balanza analítica.
- Celdas para espectrofotómetro.
- Embudo de tallo largo de 8 cm de diámetro.
- Espátula.
- Espectrofotómetro.
- Matraz aforado de 1 L y 100 mL.
- Papel filtro Whatman No. 40.

- Parrilla de calentamiento.
- Pipetas graduadas de 5 mL.
- Pipeta volumétrica de 5 mL.
- Probeta de 100 mL.
- Vasos de precipitados de 500 mL.

Reactivos

- Cloruro estanoso en medio ácido 0.2M.
Se disuelven 22.49 g de $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ en 25 mL de HCl concentrado y se afora a 500 mL con agua destilada.
- Molibdato de amonio en medio ácido.
Pesar 15 g de molibdato de amonio tetrahidratado y disolverlo en 300 mL de agua destilada caliente.
Posteriormente se filtra para eliminar impurezas y sedimentos. Se enfría la disolución y se adicionan 350 mL de HCl concentrado. Se agita y se afora a 1 L con agua destilada.
- Agua destilada
- Bicarbonato de sodio 0.5M.
Pesar y disolver 42 g de NaHCO_3 , aforar a 1 L con agua destilada y llevarlo hasta un pH de 8.5 agregándole NaOH.
- Carbón activado.
- Disolución estándar de fósforo de 10 ppm.
Pesar 0.04387 g de KH_2PO_4 y disolverlo en 500 mL de agua destilada, agitar y aforar a 1 L. Se preparan disoluciones que contengan de 0.25 a 2 ppm.

Procedimiento

- Extracción
A 20 mL de disolución de NaHCO_3 agregar 2 g de suelo, una punta de espátula chica de carbón activado. Agitar y dejar en reposo por 30 min. Filtrar la disolución.*
Colocar 5 mL de filtrado en un tubo de ensaye y agregar HCl concentrado hasta que ya no exista desprendimiento de CO_2 .
Poner 1 mL de molibdato con agitación y adicionarle 0.1 mL de cloruro estanoso.
Dejar reposar la disolución durante 10 minutos y determinarle el porcentaje de transmitancia en un espectrofotómetro. Es necesario que el valor de transmitancia esté dentro de la escala de la curva patrón. De no ser así, habrá que diluir la muestra o concentrar la misma según se requiera. (7, 18, 58)
* Si el filtrado no es incoloro, se agrega otra punta de espátula de carbón activado y se repite el filtrado.

- **Curva patrón**

Calibrar el espectrofotómetro en cero de transmitancia con un blanco (5 mL de NaHCO_3 + 1 mL de molibdato + 0.1 mL de cloruro estano y HCl para eliminar el CO_2).

A cada alícuota de 5 mL de 0.25 a 2ppm se le agrega 1 mL de molibdato, 0.1 mL de cloruro estano y HCl, se agita, se deja reposar 10 minutos y se determina la transmitancia a una longitud de onda de 660 nm.

Cálculos

Se traza una curva patrón, en donde el valor de porcentaje de transmitancia va en el eje de las ordenadas, y sus respectivas concentraciones de 0.25 a 2 ppm de fósforo en el eje de las abscisas.

Interpolar el porcentaje de transmitancia de la disolución problema en la curva patrón para determinar su concentración en ppm.

$$\text{ppm de P} = \text{ppm de P por interpolación} \times 2$$

donde:

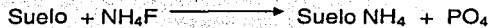
2 = 20 mL de disolución de NaHCO_3 / 5 mL de alícuota X 2 g de suelo.

Método de Bray - Kurtz

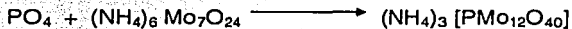
El método de Bray - Kurtz, mide el fósforo disponible para las plantas y una parte de la reserva activa de fósforo en el suelo. (84, 52)

Principio

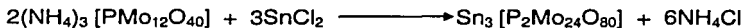
Este método consiste en la extracción del ión ortofosfato presente con fluoruro de amonio (NH_4F) en medio ácido. La reacción puede representarse de la siguiente forma:



Al hacer reaccionar el ortofosfato generado con el molibdato de amonio en medio ácido resulta el complejo intermedio fosfomolibdato de amonio, lo cual es representado por la siguiente reacción



Y finalmente, a partir de una reacción redox entre el fosfomolibdato ácido y el cloruro estano (donde el Mo^{6+} se reduce a Mo^{5+} y el Sn^{2+} se oxida a Sn^{4+} (7, 58, 63, 76)) resulta un segundo complejo (fosfomolibdato de estaño) de donde se cuantifica espectrofotométricamente el fósforo, cuya intensidad de color es proporcional al contenido del mismo.



Material

- Agitador de vidrio.
- Balanza analítica.
- Celdas espectrofotométricas.
- Embudo de filtración rápida.
- Espectrofotómetro.
- Matraz aforado de 1L.
- Matraz Erlenmeyer 500 mL.
- Papel filtro Whatman No. 40.
- Parrilla de calentamiento con agitación.
- Pipeta graduada de 5 mL.
- Pipeta volumétrica de 1 mL.

- Probeta de 100 mL.
- Tubos de ensaye.
- Vasos de precipitados de 500 mL.

Reactivos

- Ácido clorhídrico 0.5N..
Se disuelven 44 mL de HCl al 36 % en 1 L de agua.
- Cloruro estanoso en medio ácido.
Disolver 25 g de $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ en 50 mL de HCl concentrado y aforar a 500 mL con agua destilada.
- Disolución base de fluoruro de amonio 1N.
Disolver 37 g de NH_4F en la mínima cantidad de agua posible y aforar a 1L con agua destilada.
- Disolución estándar de fósforo de 10 ppm.
Disolver 0.04393 g de KH_2PO_4 en disolución extractora y se afora a 1L con agua destilada.
- Disolución extractora
30 mL de NH_4F 1N mezclado con 50 mL de HCl 0.5N, aforar a 1L con agua destilada. La disolución tiene una concentración de 0.03N de NH_4F y 0.025N de HCl.
- Disolución de molibdato de amonio en medio ácido.
Disolver 15 g de molibdato de amonio tetrahidratado en 400 mL de agua destilada.
Agregar 350 mL de HCl 10N lentamente y con agitación .Se deja enfriar y posteriormente se afora a 1L con agua destilada.

Procedimiento

Colocar 2 g de suelo en un matraz Erlenmeyer, añadir carbón activado y adicionar 20 mL de la disolución extractora. Agitar la suspensión para posteriormente filtrar sobre un papel Whatman No. 40. Repetir el procedimiento si el filtrado no es claro.

Del filtrado se toma una alícuota de 1 mL, se le agregan 6 mL de agua destilada, 2 mL de disolución de molibdato y se agita (en este momento el molibdato reacciona con el fósforo dando lugar al complejo fosfomolibdato). Agregar 1 mL de cloruro estanoso. Agitar la disolución y dejar reposar durante 10 minutos.

Determinar el porcentaje de transmitancia a una longitud de onda de 660 nm.

Curva patrón

Se toman alícuotas de 1 mL que contengan de 0.25 a 2 ppm de la disolución estándar de fosfato. A cada una se le agregan 6 mL de agua destilada, 2 mL de disolución de molibdato, 1 mL de cloruro estanoso, se agita, se deja reposar 10 minutos y se determina el porcentaje de transmitancia (58).

Cálculos

$$\text{ppm de P} = \text{ppm de P por interpolación} \times 10$$

donde:

ppm = Partes por millón.

10 = Extracción de 2 g de suelo en 20 mL de disolución extractora.

3.1.14. Determinación de Sales Solubles

Las sales solubles, son constituyentes inorgánicos del suelo, son solubles en agua y pueden ser utilizados como nutrientes para las plantas. Entre estas figuran cationes y aniones (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , CO_3^{2-} , HCO_3^- , SO_4^{2-}).

Determinación por Conductimetría

Principio

El método se basa en la determinación de la conductividad eléctrica (CE) de un extracto acuoso de suelo. La relación que existe entre la CE y la salinidad del suelo, nos permite obtener el contenido total de sales solubles presentes.

Se prepara una pasta de suelo saturada con agua, se filtra al vacío y en el extracto se determina la conductividad eléctrica.

Material

- Bomba de vacío.
- Celda de conductividad, ya sea de pipeta o de inmersión con electrodos platinados de platino.
- Embudo Büchner.
- Espátula.
- Matraz Kitasato.
- Papel filtro Whatman No.2.
- Puente de Wheatstone de corriente alterna.
- Soporte para sistemas de filtrado.
- Tubos de ensaye.
- Vasos de polietileno de 500 mL.

Reactivos

- Agua destilada.
- Disolución de cloruro de potasio 0.01M (KCl).
Disolver 0.7456 g de cloruro de potasio y aforar a 1 L con agua destilada

Procedimiento

Preparación de la pasta saturada

- Pesar 250 g de suelo y agregar agua destilada hasta saturación. Agitar.
- Los criterios para este punto son:
 - Cuando se golpea el vaso contra la mesa no debe acumularse agua en la superficie.
 - La pasta brilla por reflejo de la luz.
 - La pasta fluye lentamente cuando el vaso se inclina.
 - La pasta se desliza libre y limpiamente de la espátula (excepto en los suelos con alto contenido de arcilla).
- Se deja en reposo la pasta durante 2 h, verificando frecuentemente la saturación. Este criterio indica que no debe haber acumulación de agua en la superficie y no debe perder su brillo o endurecerse durante el reposo, agregando más agua o en caso contrario, agregando más suelo.
- Obtención de extracto de saturación.
 - Transferir la pasta a un embudo Büchner provisto de un filtro del No. 2.
 - Aplicar vacío y colectar el filtrado. Si el filtrado inicial sale turbio, devolverlo al embudo.
- Determinación de la constante de la celda.
 - Medir la conductividad eléctrica de la disolución de cloruro de potasio 0.01M a la temperatura T. Tabla No. 19.
 - Calcular para la disolución, la constante de la celda

$$K = CE_e/CE_m$$

donde:

K = Constante de la celda.

CE_e = Conductividad eléctrica específica de una de las disoluciones de cloruro de potasio.

CE_m = Conductividad eléctrica medida de la misma disolución de cloruro de potasio.

Determinar la constante de la celda y ajustar a ese valor el conductímetro.

Temperatura °C	Conductividad eléctrica mmhos/cm	Temperatura °C	Conductividad eléctrica mmhos/cm
15	1141.5	23	1356.6
16	1167.5	24	1380.8
17	1193.6	25	1408.1
18	1219.9	26	1435.6
19	1246.4	27	1463.2
20	1273.0	28	1490.9
21	1299.7	29	1518.7
22	1326.6	30	1546.7

Tabla No. 19. Conductividad eléctrica de la disolución estándar de cloruro de potasio 0.01M a la temperatura (T).

Posteriormente al calculo de la K de la celda se determina la conductividad eléctrica del extracto acuoso corregida a 25°C de la siguiente manera (ver Tablas No. 20 y 21) :

$$CE_{25^{\circ}C} = (CE_T) \times (F_T)$$

donde:

$CE_{25^{\circ}C}$ = Conductividad eléctrica a 25°C.

CE_T = Conductividad eléctrica a la temperatura t

F_T = Factor de corrección correspondiente a la temperatura t

La determinación final de la CE se realiza por medio de la siguiente ecuación:

$$CE = (CE_{25}) \times (K_{celda})$$

°C	F _t	°C	F _t	°C	F _t
3	1.709	18	1.163	33	0.858
4	1.660	19	1.136	34	0.843
5	1.613	20	1.112	35	0.829
6	1.569	21	1.087	36	0.815
7	1.528	22	1.064	37	0.801
8	1.488	23	1.043	38	0.788
9	1.448	24	1.020	39	0.775
10	1.411	25	1.000	40	0.763
11	1.375	26	0.979	41	0.750
12	1.341	27	0.960	42	0.739
13	1.309	28	0.943	43	0.727
14	1.277	29	0.925	44	0.716
15	1.247	30	0.907	45	0.705
16	1.218	31	0.890	46	0.694
17	1.189	32	0.837	47	0.683

Tabla No. 20. Factores de corrección a la temperatura (T).

Conductividad eléctrica del extracto de saturación mmho/cm	Efecto de la salinidad sobre los cultivos
0 - 2	Efectos despreciables de la salinidad
2 - 4	Los rendimientos de los cultivos muy sensibles pueden ser restringidos
4 - 8	Los rendimientos de muchos cultivos son restringidos
8 - 16	Sólo cultivos tolerantes rinden satisfactoriamente
> 16	Muy pocos cultivos tolerantes rinden satisfactoriamente

Tabla No. 21. Clasificación de suelos en función de su conductividad eléctrica

3.1.15. Determinación de Cationes y Aniones Solubles en el Extracto de Saturación

3.1.16. Sodio, potasio, calcio y magnesio.

Se cuantifican de la misma manera que los intercambiables y se reportan en meq/L.

3.1.17. Determinación de Carbonatos y Bicarbonatos

El método de cuantificación utilizado es la Titulación Volumétrica.

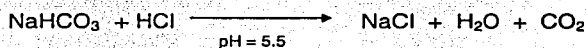
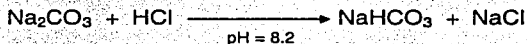
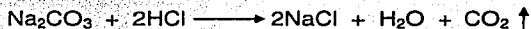
Principio

Se lleva a cabo la extracción de los carbonatos y bicarbonatos de una muestra de suelo por medio de la preparación de una pasta saturada de suelo. (Método explicado en determinación de sales solubles.)

Después se efectúa una determinación volumétrica de los carbonatos presentes por medio de la valoración con ácido clorhídrico diluido en presencia de fenolftaleína como indicador.

Por último se determina volumetricamente el bicarbonato presente por medio de una valoración con ácido clorhídrico diluido en presencia de anaranjado de metilo.

Las reacciones químicas que representan este principio son las siguientes:



Material

- Agitador magnético.
- Bureta de 50 mL.
- Gotero.
- Matraces aforados de 1L.
- Matraces Erlenmeyer de 250 mL.
- Parrilla de agitación.
- Pinzas de tres dedos.
- Pipetas volumétricas de 5 mL.
- Vasos de precipitados de 250 mL.

Reactivos

- Fenolftaleína al 1% en etanol al 60%.
- Anaranjado de metilo al 0.01%
- Ácido clorhídrico 0.01N.
0.95 mL de HCl al 38% p/p, se aforan a 1L con agua destilada. Esta disolución es valorada contra Na_2CO_3 (7, 18, 58).

Procedimiento

- A una alícuota de 5 mL de filtrado de la pasta saturada de suelo, agregar unas gotas de fenolftaleína y agitar. Si la disolución se torna rosa, adicionar HCl 0.01N, hasta que la disolución se torne incolora. A éste volumen se le conocerá como V_1 .
- A la disolución incolora, agregar 2 gotas del indicador anaranjado de metilo y titular hasta que la coloración canela sea constante durante 30 s. Este volumen será V_2 .

Nota: En caso de que la disolución no se torne rosa al agregarle la fenolftaleína, se adiciona el indicador anaranjado de metilo. Esto indicará que no hay presencia de carbonatos y por lo tanto sólo se determinará el bicarbonato presente.

Cálculos

$$\frac{\text{meq CO}_3^{2-}}{\text{L}} = \frac{2V_1 \times N \times 1000}{5 \text{ mL}}$$
$$\frac{\text{meq HCO}_3^{1-}}{\text{L}} = \frac{(V_2 - 2V_1) \times N \times 1000}{5 \text{ mL}}$$

donde:

N es la normalidad del HCl.

3.1.18. Determinación de Cloruros

Titulación volumétrica con nitrato de plata.

Principio

La cuantificación de cloruros en un extracto de suelo requiere de la previa eliminación de carbonatos presentes.

La presencia de cloruros con nitrato de plata se manifiesta como un precipitado blanco de cloruro de plata.

El producto de cromato de potasio con nitrato de plata es un precipitado rojizo (cromato de plata), este es el indicativo de la ausencia de cloruros en disolución y por lo tanto el final de la cuantificación (38).

Las reacciones químicas que ejemplifican este principio son:



Material

- Agitador magnético.
- Balanza analítica.
- Bureta.
- Embudo de filtración.
- Frasco ámbar.
- Gotero.
- Matraces aforados de 1L.
- Matraces Erlenmeyer 250 mL.
- Papel filtro
- Parrilla de agitación.
- Pipetas volumétricas.
- Vasos de precipitados de 250 mL.

Reactivos

- Disolución de cromato de potasio al 5%.
Se disuelven 5 g de cromato de potasio en 50 mL de agua destilada. Agregar gota a gota el nitrato de plata 1N hasta que se produzca un precipitado ligeramente rojizo y estable (indicativo de la ausencia de cloruros en disolución). Filtrar y diluir a 100 mL.
- Disolución de nitrato de plata 0.05N. (AgNO₃)
Disolver 8.495 g de nitrato de plata en 1L de agua destilada, guardarlo en un frasco ámbar. Esta disolución se valora con NaCl.

Procedimiento

- Adicionar una alícuota de 1 mL de extracto de suelo sin carbonatos, en un matraz Erlenmeyer de 250 mL.
- Agregar 4 gotas de la disolución de cromato de potasio y agitar.
- Titular gota a gota con nitrato de plata hasta que el color rojizo sea estable. A este volumen se le denomina V₂.
- Determinación del blanco
- A 1 mL de agua exenta de cloruros y carbonatos, se le agregan 4 gotas de la disolución de cromato de potasio y se titula gota a gota con el nitrato de plata. Este es el volumen V₁.

Cálculos

$$\frac{\text{meq Cl}^-}{\text{L}} = \frac{(V_2 - V_1) \times N \times 1000}{1 \text{ mL}}$$

donde:

V₁, V₂ y la alícuota se expresan en mL y N es la normalidad de AgNO₃ (7, 18).

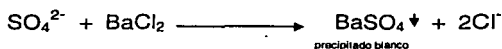
3.1.19. Determinación de Sulfatos

Determinación Turbidimétrica.

Principio

La cuantificación de sulfatos es llevada a cabo por la turbidez creada por el precipitado de sulfato de bario que es formado a partir del cloruro de bario y los sulfatos presentes en el extracto de suelo.

La reacción que representa este principio es:



Material

- Balanza analítica.
- Celdas para espectrofotómetro.
- Espectrofotómetro.
- Matraces aforados de 1 L.
- Pipetas volumétricas de 1 mL.

Reactivos

- Ácido clorhídico 1N.
- Cloruro de bario al 20%.
Disolver 20 g de esta sal en 100 mL de agua destilada.
- Sulfato de sodio 10 meq/L.
Disolver 0.480 g de sulfato de sodio y aforar a 1L con agua destilada.

Procedimiento

- Agregar 1 mL de BaCl_2 al 20% a una alícuota de 2 mL de extracto de pasta saturada y posteriormente agregarle 1 mL de HCl 1N. Aforar a 5 mL y agitar.
- Curva patrón
Se calibra el aparato en cero de transmitancia con una disolución blanco (1 mL de BaCl_2 al 20% + 3 mL de agua destilada + 1 mL de HCl).

Se hace una curva patrón que contenga 0,1, 0,2, 0,5, 1, 1,5, y 2 meq de sulfatos. A cada alícuota de 2 mL agregar 1 mL de BaCl₂, 1 mL de HCl y aforar a 5 mL con agua destilada (7, 18).

- Leer en el espectrofotómetro a 445 nm antes de 5 minutos (para evitar la floculación del precipitado, después de haber calibrado el aparato y determinado las lecturas de las alícuotas de la curva patrón).

Cálculos

- Se hace la curva patrón. En el eje de las ordenadas se graficará el % de transmitancia y en el eje de las abscisas los meq/L de sulfatos.
- Se determina la cantidad de sulfatos en la alícuota del extracto de suelo por interpolación y se reporta en meq/L.

$$\frac{\text{meq SO}_4^{2-} \text{ (meq sulfatos/L por interpolación)} \times 1000}{L} = \frac{\quad}{2 \text{ mL}}$$

IV. CONCLUSIONES

- Para mejorar la producción y rendimiento de Naranja dulce en la República Mexicana es necesario examinar y corregir los suelos de forma específica, exacta y precisa, mediante las técnicas analíticas planteadas.
- Es sumamente importante, utilizar tanto en campo como en laboratorio, Normas de Seguridad, equipo calibrado y reactivos estandarizados bajo Normas Oficiales, para realizar un análisis completo y confiable de los suelos.
- En el análisis general de suelos, es de suma importancia el tomar y preparar debidamente las muestras que serán examinadas.
- Generalmente la selección de variedades de Naranja, se hace con base a las condiciones ambientales del lugar a sembrar.
- Es importante seleccionar bien el terreno de siembra, localizándolo en áreas con protección natural o el establecimiento de barreras rompevientos desde la siembra del cultivo .
- En una plantación de Naranja, la selección del diseño y de la distribución y densidad del arbolado influye de modo decisivo sobre la cantidad y calidad de las futuras cosechas, así como sobre el desarrollo de las prácticas de cultivo y, por tanto, sobre su rentabilidad.
- Se deben sembrar árboles injertados, libres de plagas y enfermedades, con buena unión del patrón y el injerto.
- La fertilización debe hacerse con base al resultado de análisis de suelo y de los requerimientos del cultivo.
- Una plantación de Naranja con riego, tiene mayores posibilidades de rentabilidad, aumenta la producción y rompe la estacionalidad de la cosecha, alcanzando mejores precios en el mercado.

V. RECOMENDACIONES

- La mayor producción y mejor calidad de fruta se obtiene en zonas donde las temperaturas promedio, oscilan entre 18°C para la temperatura mínima y 28°C para la temperatura máxima, con pequeñas variaciones para cada especie y variedad.
- El intervalo adecuado de humedad relativa puede considerarse entre 60 y 70%.
- La cantidad de agua necesaria para un huerto de naranja oscila entre 9,000 y 12,000 m³, por hectárea por año, lo que equivale a una precipitación anual de 900 a 1,200 mm,
- Se puede considerar satisfactoria para un buen suelo una velocidad de infiltración de 8 a 10 mm/hr.
- Las altitudes aptas para el cultivo de Naranjas oscilan entre los 400 y 1300 metros sobre nivel de mar.
- Los suelos para el cultivo de Naranja deben ser:
 - De preferencia arenosos o franco-arenosos, profundos, frescos y sin caliza.
 - La profundidad de los suelos dedicados al cultivo de la naranja no sea inferior a 1 m, aunque es conveniente que sea de 1.5 m.
 - Suelos con pH entre 5.5 a 7.
 - Se recomienda de 2 a 4 % de materia orgánica.
 - Conductividad Eléctrica menor a 0.75 mmhos/cm.
 - Densidad aparente de 1.3 a 1.8 g/cm³.
 - Cantidades de:
 - Calcio de 150 a 400 ppm.
 - Potasio de 81 a 190 ppm.
 - Nitratos de 10 a 25 ppm.
 - Fósforo de 11 a 20 ppm.

- Abonado de fondo, antes de la creación del huerto y las aportaciones regulares durante su cultivo.

Etapa	Abonado de Fondo		
	N (Kg/árbol)	P ₂ O ₅ (Kg/árbol)	K ₂ O (Kg/árbol)
Implantación	0.1	0.2	0.2 - 0.4
Iniciación	0.2 - 0.3	0.4 - 0.6	0.8 - 1.0

Tabla No. 22. Cantidades de abono de fondo recomendadas para la implantación e iniciación del huerto de Naranja.

- El momento más adecuado para hacer la siembra de semillas de Naranja, se sitúa desde finales de invierno (cuando la temperatura del suelo aumenta) a principios de primavera, antes de los fuertes calores (abril - mayo) o bien al inicio de la época lluviosa. Sin embargo, puede llevarse a cabo en verano si se cuenta con riego

Nutrientos	Unidad	Rango Óptimo
N	%	2.4 - 2.6
P	%	0.12 - 0.16
K	%	0.70 - 1.09
Ca	%	3.0 - 5.5
Mg	%	0.26 - 0.6
S	%	0.2 - 0.3
B	ppm	31 - 100
Fe	ppm	60 - 120
Mn	ppm	25 - 200
Zn	ppm	25 - 100
Cu	ppm	5 - 16
Mo	ppm	0.10 - 3.0

Tabla No. 23. Estado óptimo nutrimental de árboles adultos de Naranja

VI. REFERENCIAS

- (1) Agusti, M., **Citricultura**, Ediciones Mundi-Prensa, España, 2000.
- (2) Amoros, C.M., **Producción de Agrios**, 2da Edición, Ediciones Mundi-Prensa, España, 1999.
- (3) Anonimo; **Manual de Fertilidad de suelos**; Potash and Phosphat Institute; Georgia, EUA, 1988.
- (4) Arroyo, O.I., **Estudio de Suelos para Cultivo de Café en la República Mexicana**, Trabajo Monográfico, Facultad de Química, UNAM, México, 1987.
- (5) Arroyo, O.M., **Estudio de Suelos para el Cultivo de Sorgo en la República Mexicana**, Tesis de Licenciatura en Química, UNAM, México, 1990.
- (6) Barrows, H.L. and Simpson, E.C., **An EDTA method for the direct routine determination of calcium and magnesium in soils and plant tissue**, Soil. Soc. Amer. Proc., 26: 443-445 (1962).
- (7) Black, Evans., **Methods of soil Analysis**, Vol.2, American Society of Agronomy Inc. Publisher, EUA, 1974.
- (8) Baver, L.D., **Física de Suelos**, Editorial Limusa, México, 1991.
- (9) Bohn, H.; Mc. Neal, B.; O'Connor, G., **Soil Chemistry**, 2nd Edition, John Wiley & Sons, EUA, 1985.
- (10) Bono, U.R., Soler, J. y Fernández de la C, L., **Variedades de Agrios cultivadas en España**, Generalitat valenciana, Conselleria de Agricultura, Pesca y Alimentación. Instituto Valenciano de Investigaciones agrarias, Valencia España, 1985.
- (11) Borroto, N. C. y Borroto de la T, A., **Citricultura Tropical**, Tomo I y II. Ediciones EMPES, Cuba, 1991.
- (12) Bouyoucos, G.J., **Direction for making mechanical analysis of soils by the hydrometer method**, Soil Science, 42: 225-230, (1936).
- (13) Bouyoucos, G.J., **Hydrometer Mhethod Improved For Making Particle Size Analysis of Soil**, Agron. J.; 54: 464-465, (1962).

- (14) Buol, S.W.; Hole, F.D.; Mc Cracken, R.J., **Soil Genesis and Classification**, 3th Edition, Iowa State University Press, EUA, 1989.
- (15) Calderon, A.E., **Fruticultura General**, De. Limusa, México, 1991.
- (16) Campbell, C.W., **Thaiti Lime Production Florida**, University of Florida; Florida Cooperative Service, EUA, 1979.
- (17) Caudillo, A.R., **Metodología en el análisis de suelos con fines agrícolas**; Tesis IPN, México, 1972.
- (18) Cervantes, E. L., **Estudio de Suelos para Cultivo de Frijol en la República Mexicana**, Trabajo Monográfico, Facultad de Química, UNAM, México, 1984.
- (19) Corporación Colombia Internacional, **Inteligencia de Mercados: Naranja**, Editor Corporación Colombia Internacional, Perfil de Producto No. 9 Julio-Septiembre, Colombia, 2000.
- (20) Curti-Días, S.A., **Efecto de fechas de cosecha en el Naranja (Citrus sinensis L. Osbeck) cultivar Valencia en Alamo, Ver.**, Tesis Profesional, Departamento de Fitotécnia, Universidad Autónoma Chapingo, México, 1984.
- (21) Davis, R.M., **Relationship between melanose incidence and dead wood in Texas grapefruit**, J. Río Grande Valley, Horticultural Soc., 36:41-50, (1983).
- (22) Durón, N.L.J., **Salustiana Cadenera y Fisher Navel: Nuevas opciones de naranja temprana para Sonora**, Campo Experimental Costa de Hermosillo, CIRNO-INIFAP, México, 1997.
- (23) Embleton, T.W., Jones, W.W., Lobanuskas, Ch. K., Reuther, W., **Leaf Analysis as a Diagnostic Tool and Guide to Fertilization**. In: Reuther, W. (ed) **The Citrus Industry**, Vol: 3:184, Univ. of California. Div. Agr. Sci.; Berkeley, 1973.
- (24) FAO, **Agrostat**, 1993.
- (25) FAO, **Frutos Cítricos Frescos y Elaborados**, Anuario Estadístico, 1993.
- (26) Ferguson, L., Sakovich, N., Roose, M., **California Citrus rootstocks**, Publication 21477, Div. Agric. and Nat. Resources. Univ. of California, 1990.
- (27) Foth, H., **Fundamentals of Soil Science**, 6th Edition, John Wiley & Sons Inc., EUA, 1978.
- (28) Garman, H.W., **Manual de Fertilizantes**, Ed. Limusa, México, 1990.

- (29) Garrison, S., **The Chemistry of Soils**, Oxford University Press, EUA, 1989.
- (30) Gliessman, S., **Field & Laboratory Investigation in Agroecology**, Lewis Publishers, EUA, 2000.
- (31) Gómez, C. M., Barrera, G.A., **La naranja de México y su industria, a la espera de heladas en Florida y sequias en Brasil**, SARH. CIESTAAM, Universidad Autónoma Chapingo, México, 1994.
- (32) Gómez, C. M.A., Schwentesius, R.R., **La Agroindustria de Naranja en México**, Universidad Autónoma Chapingo, México, 1997.
- (33) González, Ch. J. L., **Química de los suelos y recursos naturales**, Lab. 104 Posgrado, Facultad de Química, UNAM, 1996.
- (34) González, G. R., Padrón-Chávez, J. E., Ramírez, J. M., Sánchez, J. A., Vázquez, L., Villareal, H., **Guía para el Cultivo de los Cítricos en Nuevo León.**, Campo Experimental General Terán, N.L., CIAGO-INIA, México, 1983.
- (35) Hall, A.D., **Estudio Científico de Suelos**, 5a. Edición, Editorial Aguilar, España, 1961.
- (36) Daniels, F. and Alberty, R.A., **Physical Chemistry**, Third Edition, John Wiley and Sons, Inc., USA, 1966.
- (37) ISO 10390: 1994(E). **Soil quality. Determination of pH.**
- (38) Jackson, M.L., **Análisis Químico de Suelos**, Ediciones OMEGA S.A., España, 1964.
- (39) Kon Onova, M.M., **Soil Organic Matter**, 2nd Edition, Pergamon Press Ltd., Oxford, 1966.
- (40) **La Agroindustria de la Naranja en México es muy Vulnerable**, ALFA EDITORES TECNICOS S.A. DE C.V., Bebidas Mexicanas, 12-13 abril/mayo (1998).
- (41) Lanzagorta, C.J., **Productor de Cítricos de Tlapacoyan**, Veracruz, 1997.
- (42) Lerma, M., **La Industrialización de la Naranja en México. Una visión crítica**, ALFA EDITORES TECNICOS S.A. DE C.V., Bebidas Mexicanas, 13-14 octubre/noviembre, (1994).
- (43) Loussert, R., **LOS AGRIOS**, Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, 1992.

- (44) Marshall, T.J., Holmes, J.W., **Soil Physics**, 3rd Edition, Cambridge University Press, EUA, 1996.
- (45) Maydoff, F., **Calidad y Manejo de Suelo**, <http://www.clades.org/r10-art4.htm>
- (46) Mela, M.P., **Tratado de Edafología**, 2da Edición, Editorial Agrociencia, España, 1973.
- (47) Millar, C.E., **Fundamentos de la Ciencia del Suelo**, Compañía Editorial Continental S.A., México, 1971.
- (48) Montecinos, C., **Manejo Biológico del Fósforo en el Suelo**, <http://www.clades.org/r8.art4.htm>
- (49) Munsell, **Soil Color Chart**, Munsell Color Company Inc., Baltimor USA, 1971.
- (50) NCH 2058 of 1999. **Suelos-Determinación del Fósforo extraíble con solución de bicarbonato de sodio.**
- (51) Orozco, S.M., **Enfermedades Presentes y Potenciales de los Cítricos en México**, Universidad Autónoma Chapingo, México, 2001.
- (52) Ortega, T.E., **Química de Suelos**, Universidad Autónoma Chapingo, México 1978.
- (53) Ortiz, V.B., **Edafología**, Primera Edición, Chapingo, México, 1975.
- (54) Peech, M., **Lime requeriment. In Methods of Soil Analysis**, Amer. Soc. Agron, Monog. 9. 2:927-932 (1965).
- (55) Primo, Y.E., Carrasco, D.J., **Química Agrícola**, Vol I. Suelos y Fertilizantes. Primera Edición. Editorial ALHAMBRA, Madrid, 1973.
- (56) Rusell, **pH**, <http://www.telecable.es/personales/cbpa/ph2.htm>
- (57) Reche, M.J., **Limpieza y Mantenimiento de las Instalaciones de Riego por Goteo**, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Boletín Informativo 8-9, Madrid España, 1993.
- (58) Richards, L.A., **Diagnóstico y Rehabilitación de Suelos Salinos y Sódicos**, Editorial Limusa, EUA, 1974.
- (59) Richards, S.J., Marsh, A.W., **Irrigation Based on Soil Suction Measurements**, Soil Sci. Soc. Amer. 25: 65-69, 1961.

- (60) SAGAR, **Centro de Estadística Agropecuaria**, México, 1998.
- (61) SAGAR, INIFAP, **Manual de Producción de Naranja para Veracruz y Tabasco**, Libro Técnico No. 2, México, 1998.
- (62) Saunt, J., **Varietades de Cítricos del Mundo**, Ed. Edipublic S.L., Valencia, España, 1991.
- (63) Sánchez, M.S., **Estudio de Suelos para el Cultivo de Chile en la República Mexicana**. Tesis, Facultad de Química, UNAM, México, 1985.
- (64) **Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) (SIACAP) SAGARPA**, México, 2001
- (65) Simon, A., **Lo que deben conocer las empresas citrícolas sobre patrones cítricos**, CIDA, Habana, Cuba, 1988.
- (66) Smith, K., Mullins, C., **Soil Analysis: Physical Methods**, Marcel Dekker Inc., EUA, 1991.
- (67) **The Fertilizer Handbook**.
- (68) Thompson, L.M. and Throeh, F.R., **Soils and Soil Fertility**, 5th Edition, Oxford University Press, EUA, 1993.
- (69) Toledo, R., M y J.D., Etchevers, B., **Estado Nutricional de los Cítricos de la Sabana de Huimanguillo, Tabasco**, Terra 6(2) 140-150 (1988).
- (70) UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE, **Soil Survey Laboratory Methods Manual**, Soil Survey Investigations Report No. 42 Version 3., Washington DC, USA, 1996.
- (71) U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE, **Investigación de Suelos. Métodos de Laboratorio y Procedimientos para recoger muestras**, Editorial Trillas, México, 1973.
- (72) Van Dyck, L.L., **Estudio de Suelos para el Cultivo de Papa en la República Mexicana**, Tesis, Facultad de Química, UNAM, México, 1990.
- (73) Vera, M., Cavelier, J., Santa María, J., **Reabsorción de Nitrógeno y Fósforo foliar en Árboles de Bosques Montañosos en los Andes Centrales de Colombia**, <http://www.ots.duke.edu/tropibiojnl/cloris/47-1/verareab.htm>

(74) Willard, H.R., **Horticultural Varieties of Citrus**, In: The Citrus Industry, Reuther, W., Webber, H.J. and Batchelor, L.D.(eds), Vol. 1, University of California, 1967.

(75) Williamson, **The Effect of Root Aeration on Plant Growth**, Soil, Sci. Soc. Am. Proc., 28:86-90, (1964).

(76) Yufera, P., **Química Agrícola**, Vol. 1; Editorial ALHAMBRA, España, 1973.

(77) **Agricultura Ecológica. Principios Básicos.**
wysiwyg://87/http://www.elcomerciodigital...ura_ecologica/agricultura_ecologica17.htm

(78) **Agricultura de Conservación.**
<http://www.monsanto.es/agriculturadeConservacion.html>

(79) **Agroalimentación-La Naranja: Cultivo y Manejo de la Naranja.**
<http://www.infoagro.com/citricos/naranja.asp>

(80) **Cadena Subterránea-Estructura del Suelo.**
<http://www.fieldmuseum.com/ua/espanol/netsoil.htm>

(81) **La Creación...Cimiento en las Sociedades Contemporáneas.**
<http://www.ciencia-hoy.retina.ar/hoy54/erosion01.htm>

(82) **Colecciones de Germoplasma.**
<http://www.catie.ac.cr/investigacion.asp?pagina=jardin7.htm>

(83) **Degradación del Suelo.**
<http://www.sma.df.gob.mx/educacion/suelo/degrad-1.htm>

(84) **Determinación de Fósforo disponible.**
<http://www.al-labs.com.mx/DOC/suelo.htm>

(85) **Edafología. Lección 2.Cantidad y Distribución de la Materia Orgánica en los Suelos.**
<http://edafologia.urg.es/IntroEda/Tema02/o6Cant.html>

(86) **Edafología. Lección 4. Dinámica de agua en el suelo 2.**
<http://edafologia.urg.es/IntroEda/Tema04/30trasPP2.html>

(87) **Edafología. Lección 4. Textura del suelo.**
<http://edafologia.urg.es/IntroEda/Tema04/1Text.html>

(88) Edafología. Lección 5. Capacidad del cambio del suelo.
<http://edafologia.urg.es/IntroEda/Tema05/1CCC.html>

(89) El Suelo. Introducción.
<http://www.mediterraneadeagroquimicos.es/Informa/suelohtm>

(90) Estudio del Clima.
<http://lucas.simplenet.com/trabajos/clima/clima.html>

(91) Estudio del suelo para una granja.
<http://www.enlaces.edu.py/cndelm/html/suelos.htm>

(92) El suelo en Europa: un recurso básico amenazado.
<http://www.gva.es/publicaciones/revista/rva23/suelo-6.html>

(93) Guía Técnica para el Cultivo de Naranja.
<http://www.agronegocios.gob.sv/Media/Fru2NarText.htm>

(94) Manual Técnico de Cítricos (citrus spp.Rutaceae) Documento preliminar para discusión que consiste en una guía general para el producto.
<http://www.infoagro.go.or/tecnología/manualcitri.html>

(95) Métodos de Análisis recomendados para suelos Chilenos.
<http://www.inia.cl/azadwka/métodos2000-sep.pdf>

(96) Sostenido crecimiento en producción de... Naranjas.
http://www.ediho.es/horticom/publicac/juego_v/hi24.html

(97) Suelo.
<http://sma.df.gob.mx/ninios/suelo/suelo.htm>

(98) Suelos: Corrección de suelos ácidos.
http://www.tucuman.com/produccion/1997/97jun_15.htm