

23
2ej



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE QUIMICA

Estudio de las Condiciones Optimas de
Tierra para el Cultivo de Nopal en
la República Mexicana

TRABAJO MONOGRAFICO DE ACTUALIZACION
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
Q U I M I C O
P R E S E N T A
Reyna Julia Gutiérrez Galver

MEXICO, D. F.

1991

FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

INTRODUCCION	1
GENERALIDADES	3
Propiedades Físicas del Suelo	6
Propiedades Fisicoquímicas del Suelo	11
Reacción del Suelo	15
La Reacción del Suelo y el Desarrollo de las Plantas	17
El Suelo y las Necesidades de Los Nutrientes por las Plantas	23
HOPAL	34
Suelos para Cultivo de Hopal	44
MÉTODOS ANALITICOS	57
Análisis Mecánico	58
Determinación del Color	63
Determinación de pH	64
Resistencia en Pasta	65
Densidad Aparente	67
Determinación de Materia Orgánica	69
Capacidad de Intercambio Catiónico Total	72
Determinación de Cationes Intercambiables	74
Determinación de Sodio y Potasio Intercambiable por Flameometría	78
Determinación de Fósforo	82
Determinación de Sales Solubles	87
Determinación de Carbonatos y Bicarbonatos	91
Determinación de Cloruros	93
Determinación de Sulfatos	95
RESULTADOS DE LA INVESTIGACION	97
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	98
BIBLIOGRAFIA	100

INTRODUCCION

En los albores de nuestra historia, la base de la alimentación de los mexicanos fueron los cactus. Posteriormente aparecen numerosas representaciones de estas plantas en los códices, en la cerámica, en las pinturas murales, así como en numerosos escritos realizados a partir de la conquista. Entre estos destaca el Nopal representado en el jeroglífico de la Gran Tenochtitlán (nombre que quiere decir: junto al nopal de las piedras). Otros nombres geográficos de México tienen los prefijos noctli o nopalli, que sin duda les fueron aplicados por haber sido regiones en donde abundan los nopales. Tal es el caso de Nochixtlán en Oaxaca y en Zacatecas; de Nochtitongo en el Estado de México; de Xoconochco (hoy Soconusco) en Chiapas; Nopala en Hidalgo; Nopaltepec en el Estado de México, Nopalyucan en Puebla, etc.

En la actualidad el Nopal es útil en la alimentación del ganado³⁷, en el ser humano en forma de guisos y los frutos como postre, como el queso de tuna. En forma indirecta, para la obtención de colorantes¹³, a partir de grana (un insecto que vive como parásito de los Nopales), en la industria alimentaria particularmente pectinas y aceites, en cosmetología y farmacéutica¹³.

Además del amplio renglón de posibilidades, dentro del marco de industrialización, el Nopal es de gran utilidad en la fijación¹⁶ de los suelos para combatir la amenaza constante y casi imperceptible de la pérdida de superficies⁴; debido a que las fuerzas de la naturaleza van barrriendo el suelo y mermando la posibilidad de su cabal ex-

plotación en beneficio del hombre.

A través de estas páginas se pretende recopilar la información más relevante acerca de las condiciones idóneas del Suelo para el cultivo de Nopal⁷ en la República Mexicana, elaborando un trabajo que sirva como fuente de información, para fomentar un producto del campo que hasta épocas recientes, solamente se había tenido como un motivo alegórico del paisaje rural, pero que sin embargo tiene grandes y diversas utilidades que pueden contribuir a una fuente de riqueza.

GENERALIDADES

Concepto de Suelo

El término Suelo³ se deriva del latín *solum* que significa piso o terreno. En general el suelo se refiere a la superficie suelta de la tierra para distinguirlo de la roca sólida. Con frecuencia al referirse a suelo se tiene en mente al material que nutre y sostiene a las plantas en desarrollo, pero este significado es aún más general ya que incluye no solamente el suelo en el sentido común, sino también a las rocas, el agua, la materia orgánica, formas vivientes, y aún el aire, materiales y sustancias que intervienen directa o indirectamente en el sostenimiento de la vida de las plantas.

El Suelo es el material no consolidado sobre la superficie de la tierra que ha estado sujeto o influenciado por factores genésicos²⁶ y del medio ambiente; materia madre, clima, humedad, temperatura, macro y micro organismos y topografía.

Formación del Suelo

Si consideramos el Suelo a partir de un sustrato universal como son las rocas, con la participación de los factores: clima, materia madre, tiempo, relieve, vegetación, organismos, etc., se tienen los siguientes etnos¹⁵: a).- Proceso de desintegración.- Intemperización de las rocas, sometidas a la acción de fenómenos tales como: congelamiento y deshielo, fenómeno que presenta la suficiente -

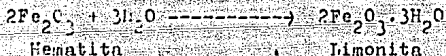
fuerza de expansión para partir cualquier roca o mineral; calentamiento y enfriamiento continuo de las rocas; humedecimiento y secado que, origina dilatación, contracciones y abrasión dentro del suelo, haciendo a las partículas más finas. La erosión que, por los sedimentos en suspensión accorreados por el agua ejercen una acción estregante que hace a las partículas más finas; la acción de plantas, de animales y del hombre que al arar y cultivar su tierra produce fragmentos más finos de rocas y minerales.

b).- Proceso de Descomposición.- También llamado intemperismo químico³¹ ya que, como consecuencia de la subdivisión se favorecen transformaciones químicas tales como:

Hidrólisis.- El H^+ del agua tiende a intercambiarse con el unión de otras sustancias formando así dos nuevos compuestos.



Hidratación.- La unión del agua con los minerales del suelo se ilustra con la hidratación del Fe_2O_3 .



Los minerales de fierro al hidratarse aumenta su tamaño y se modifica su textura. De la misma manera ocurre con otros minerales como SiO_2 , Al_2O_3 y aluminio-silicatos así como sustancias orgánicas²⁵.

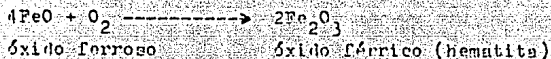
Carbonatación.- El aire del suelo contiene aproximadamente 10 veces más CO_2 que el aire atmosférico. Este gas fácil-

mente se combina con bases produciendo bicarbonatos y carbonatos.



Este proceso es uno de los más efectivos en la descomposición de los minerales del suelo⁶². Debido a que los bicarbonatos y carbonatos de Ca y Mg son moderadamente solubles.

Oxidación.- Una considerable cantidad de hierro en los minerales está en forma ferrosa. Una de las reacciones que más fácilmente ocurre en la intemperización es la oxidación del hierro al estado férrico.



Reducción.- Este proceso se activa a mayor profundidad de la corteza terrestre, en el interior de grupos compactos de partículas muy finas del suelo.



Solución.- Llega a manifestarse principalmente a través de la acción conjunta del CO_2 y H_2O , o por el agua que contiene trazas de ácidos minerales y orgánicos o bien por soluciones salinas⁶.

PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO

Las propiedades físicas de los suelos son:

Rigidez, capacidad de sostén, drenaje, capacidad de almacenamiento de humedad, plasticidad, facilidad de penetración por las raíces, aireación y la retención de nutrientes. Estas propiedades se ven afectadas por características del suelo tales como: textura, estructura, densidad del suelo⁵⁷.

Textura del Suelo

Textura es la proporción relativa de arena, limo y arcilla en el suelo. La importancia que tiene es debido a la capacidad de abastecer nutrientes, movimiento y almacenamiento de agua, proporción de aire, que son de gran importancia para la vida de las plantas y que se verán afectados por la textura del suelo³⁹.

Estructura del Suelo

La estructura³⁸ se refiere a la agregación de partículas del suelo (arena, limo, arcilla).

El tamaño macroscópico de la mayor parte de los agregados provoca la existencia de espacios entre ellos que son mucho más grandes que aquellos que pueden existir entre partículas individuales y adyacentes de arena, limo y arcilla³¹. La estructura afecta entonces el tamaño de los poros y como consecuencia se ve afectado el movimiento de aire y agua, entre los agregados que incluso servirán como

corredores para la extensión de las raíces¹³.

Densidad Aparente del Suelo

La densidad aparente, es la relación entre la masa -- por unidad de volumen de suelo seco en horno a 105° C/24h, más los espacios porosos de la muestra, generalmente expresado en gramos por centímetro cúbico. Por lo tanto un suelo arenoso posee una mayor densidad aparente comparado con los suelos arcillosos¹². Debido a que en este último los poros pequeños ocupan un porcentaje reducido, en contraste con los arenosos que tienen más espacio poroso y permiten una más rápida filtración del agua. Esta característica -- del suelo influye en la capacidad de retención del agua, -- en el sistema radicular de las plantas y retención del calor¹¹.

Color del Suelo

El color del suelo está relacionado con su contenido mineral, materia orgánica, clima y efecto de drenaje¹⁴.

El humus y los compuestos de hierro recubren las partículas del suelo y determinan su color. Cuando la materia orgánica ha sufrido acción microbiana y convertido en humus, los materiales quedan finamente divididos y son de color negro; cuando el contenido de materia orgánica es de 5% o más, el suelo presenta un color casi negro¹¹.

Los compuestos de hierro aparecen como revestimiento de minerales en la superficie de las partículas, dando el color al suelo cuando por fenómenos de intemperismo, es li

berado de algunos minerales, formando cualquiera de los óxidos⁴⁰ que muestra el siguiente cuadro.

COMPUESTO	FORMULA	COLOR
Oxido férrico (hematita)	Fe_2O_3	Rojo
Oxido férrico hidratado	$Fe_2O_3 \cdot xH_2O$	Pardo-amarillento
Oxido ferroso	FeO	Gris-azulado

CUADRO No. 1 MINERALES DE FIERRO

Los colores grisáceos y negros predominan en climas fríos y en suelos muy húmedos, donde el elemento se encuentra como Fe (II). En los suelos de climas cálidos, se encuentra en su estado máximo de oxidación Fe (III) y por lo tanto los suelos adquieren colores rojos y pardo-amarillentos⁴¹.

Carta de Colores de Munsell

El color del suelo se mide convenientemente comparando una pequeña muestra de éste con la carta de colores de Munsell⁶⁰. Su principio se basa en 3 variables simples, que se combinan, describen todos los colores y permiten distinguir uno de otro⁴³, estas son:

Matiz. Indica la relación del color con el rojo, amarillo, verde, azul y violeta; esto es, la longitud y frecuencia de las ondas luminosas que lo forman.

Saturación. Indica la luminosidad.

Brillo. Es la fuerza del color y está íntimamente ligado con el total de energía transmitidos por las ondas luminosas.

Los colores mostrados en cada página de la carta de Munsell tienen un matiz constante, indicado por un símbolo en la esquina superior derecha que consiste en una o dos letras precedidas por un número; la escala numérica corresponde de "0" a "10" y las letras corresponden a las iniciales de los colores del espectro, escritas en inglés. Verticalmente empiezan a ser sucesivamente más luminosos, de abajo hacia arriba, su notación está indicada en el margen izquierdo de la página y consiste en números de "0" para negro absoluto a "10" para blanco absoluto. Horizontalmente se incrementa la fuerza del color hacia la derecha y resulta más gris hacia la izquierda; su notación se encuentra en la parte inferior de la página y consiste en números de "0" para grises neutros hasta "20" este último no se acerca a los colores del suelo, por lo que la carta úni

camente contiene hasta el número "8" (Fig. 1)

HUE 2.5 YR		NOMBRE Y COLOR DE LOS SUELOS			
V A L O R E S ↑ 6/ 5/ 4/ 3/ 2.5/ ↓	N6/	rojo muy pálido	café rojizo claro	rojo claro	
	gris	6/2	6/4	6/6	6/8
	N5/	5/2	5/4	5/6	5/8
	gris oscuro	rojo pálido	café rojizo	rojo	
	N4/	4/2	4/4	4/6	4/8
	gris muy oscuro	rojo oscuro			
N3/	3/2	3/4	3/6		
negro	rojo muy oscuro	café rojizo oscuro	rojo oscuro		
N2.5/	2.5/2	2.5/4			
	/0	/2	/4	/6	/8
	← COLOR →				

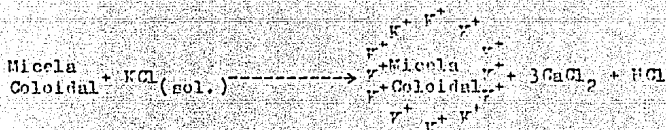
FIGURA No. 1 DIAGRAMA DE UNA PAGINA DE LA CARTA DE COLORES DE MUNSELL, EL CUAL MUESTRA LA NOTACION PARA EL MATIZ, SATURACION, BRILLO Y EL NOMBRE DEL COLOR DEL SUELO.

PROPIEDADES FISIQUÍMICAS DEL SUELO

Intercambio de Cationes

Se llama intercambio de cationes³⁵ a la absorción de un catión por un núcleo o micela coloidal y la liberación subsecuente de uno o más iones retenidos por el núcleo, -- por ejemplo:

Si una muestra de suelo es tratada con solución de -- KCl, los iones K del KCl reemplazan virtualmente a todos -- los cationes de la micela, creando otra que está por com-- plete saturada de potasio. Y el calcio formará CaCl_2 mien-- tras que el hidrógeno uniéndose al cloruro formará HCl, -- que se deposita en la solución.



La suma total de intercambio de cationes que un suelo puede tener, se le denomina capacidad total de intercambio catiónico y se expresa en meq/100g de suelo. Por lo tanto entre más alto sea el contenido de arcilla y de humus ma-- yor será la superficie específica, mayor será la carga e-- léctrica y mayor será su capacidad de intercambio catióni-- co.

Por otra parte, la eficiencia con la cual los iones -- se reemplazan unos con otros está determinado por los si-- guientes factores:

- a).- La concentración relativa o número de iones; aplicación de la ley química de Acción de Masas.
- b).- El número de carga sobre los iones; cuanto mayor sea el número de carga que tiene un ión mayor será su eficiencia.
- c).- La velocidad de movimiento o actividad de los diferentes iones, en primer término es función de su tamaño; a menor tamaño mayor eficiencia de reemplazamiento.

De acuerdo con estos parámetros y considerando los cationes más comunes en los suelos, el orden de desplazamiento es el siguiente:



La proporción con que se encuentren en los suelos determinará sus características. Así entonces, tenemos que - los suelos ácidos contienen apreciables cantidades de H^+ - intercambiable y soluble; los suelos calcáreos suelen estar 100 % saturados de bases y tanto en suelos ácidos como calcáreos el Ca^{2+} es el catión intercambiable; los suelos alcalinos contienen más del 15 % de Na^+ intercambiable⁴².

Factores que Regulan el Poder de Intercambio Cationico

El poder de intercambio entre cationes depende principalmente de los factores siguientes:

Naturaleza del ión.— Los cationes de la misma valencia tienen un poder de sustitución que depende directamente de su tamaño e hidratación, y son retenidos con mayor fuerza --- cuando menor es su hidratación.

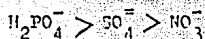
Calor.— Se ha encontrado que el calor reduce la capacidad de intercambio.

Naturaleza del mineral.— Este es un factor importante ya que afecta la fuerza de retención de los cationes. La liberación de un catión es favorecido por un mayor porcentaje de saturación, por ejemplo: El amonio es más debilmente retenido por la kaolinita que por la montmorillonita⁴⁰.

Intercambio de Aniones

La capacidad de adsorción de aniones es mayor en los Suelos con alto contenido de arcilla⁵⁷, óxidos hidratados de fierro y aluminio. Este proceso es favorecido por disminución de pH en el Suelo, puesto que, incrementa la activación de los grupos búsicos, por aumentar la capacidad de protones, permitiendo así el intercambio.

El orden de retención de los aniones, de mayor a menor proporción, en un medio ácido es de acuerdo con el siguiente orden:



Cuando el Suelo tiende a reacción cerca de un pH=7, -

casi no se presenta intercambio.

Fijación de los Fosfatos por los Suelos

El término fijación se define como el proceso o procesos en el Suelo, por el cual los fosfatos⁵³, son convertidos de una forma soluble o intercambiable a una forma mucho menos soluble o no intercambiable.

El fósforo⁵¹ es esencial para el desarrollo de las plantas⁵⁶ y es más aprovechable en Suelos con pH de 6 a 7, ya que fuera de éste rango, elementos esenciales se combinan con iones fosfato formando compuestos de bajo grado de aprovechabilidad; por ejemplo: a pH 5.5 el Al y Fe se vuelven solubles y se combinan con los iones fosfato produciendo compuestos insolubles. A pH alcalino los iones PO_4^{-3} precipitan como fosfato de calcio y magnesio o bien como sales dobles de $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, CaCO_3 ó $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaF}_2$ compuestos de baja solubilidad⁵⁹.

REACCION DEL SUELO

El pH es quizá la característica del suelo más comúnmente medida. Es el criterio más ampliamente usado para juzgar si un suelo es ácido o alcalino. El pH para suelos ácidos es de 4 a 7 unidades. Valores más bajos de 4 se obtienen solamente cuando los ácidos libres están presentes. Se indica alcalinidad en valores de pH de 7 a 10, lo que normalmente se ha encontrado en suelos⁶³.

El grado de acidez o de alcalinidad del suelo expresado en términos de pH es a lo que se denomina "Reacción del Suelo"³⁶ y los distintos grados se muestran en el siguiente cuadro.

Neutralidad							
← Acidez					Alcalinidad →		
						Alcali negro	
Muy fuerte	Fuerte	Modera da	Ligera	Ligera	Modera da	Fuerte	Muy fuerte
3	4	5	6	7	8	9	10
pH							
pH extremo en suelos turbosos.	Variación frecuente de pH en suelos minerales de regiones húmedas.			Variación frecuente de pH en suelos minerales de regiones áridas.			Solamente en suelos alcalinos minerales Na ⁺ de adsorción.
Variación extrema de pH para la mayoría de los suelos minerales.							

CUADRO No. 2 GRADOS DE ACIDEZ O ALCALINIDAD

La mayoría de los suelos agrícolas tienen un pH que va de 4 a 8, cuando el valor es menor que 4, los suelos son turbosos como lo muestra el cuadro anterior, contienen altas proporciones de azufre y aluminio; arriba de 8, son suelos con un contenido alto de sales solubles, como en las regiones áridas⁶⁵.

Por otra parte, en la interpretación de los datos de pH, hay que considerar que son valores variables, afectados por diversos factores como son, el contenido de sales, la relación del suelo-agua, la época de muestreo²⁹.

Causas que Modifican la Reacción del Suelo

El pH del suelo es generalmente modificado por los siguientes factores: Aportaciones orgánicas; actividad microbiana mayor o menor dependiendo de la humedad y de las aportaciones vegetales; percolación y drenaje que producen pequeñas pérdidas de Ca^{++} y Mg^{++} ; lluvias que a pesar de ser ligeras son capaces de elevar por capilaridad las sales disueltas⁷⁴, haciéndolas pasar de los horizontes inferiores a los superiores³⁵.

De lo anterior podemos deducir que, el agua es el principal factor de la reacción del suelo ya que su abundancia o escasez produce los principales efectos sobre el pH²⁷.

También es importante el período de tiempo en que el terreno está bajo cultivo ya que tanto el proceso de nutrición de las plantas como el lavado e intemperización del suelo influyen en gran manera sobre la reacción del suelo³⁶.

LA REACCION DEL SUELO Y EL DESARROLLO DE LAS PLANTAS

El pH tiene influencia directa e indirecta en la disponibilidad de los nutrientes ya que es determinante en la solubilidad de elementos importantes para el desarrollo -- vegetal. Por esta razón la acidez o alcalinidad en sue--- los ⁶⁹, indica la clase de plantas que pueden desarrollarse mejor en un medio y da idea sobre los tratamientos que deben aplicarse como práctica adecuada en el manejo del suelo, para lograr el desarrollo óptimo del cultivo.

Elementos tales como el Fe y Al son importantes para las plantas, estos forman compuestos de baja solubilidad -- con los fosfatos en suelos de pH 5 o menor, de un pH alrededor de 5 hasta un punto neutro, los fosfatos del suelo -- tienen una apreciable solubilidad, pero éste efecto decrece hasta pH 8.0 debido a la hidrólisis de $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ en presencia de CaCO_3 .

Por otra parte los microorganismos que convierten el NH_4^+ en Nitrato (NO_3^-) son sensibles a la acidez. Por esta -- razón la fijación del nitrógeno atmosférico ⁶⁸ es deficiente -- abajo de pH 6.0.

Recordamos también la presencia de Na_2CO_3 que fácilmente se hidroliza formando NaOH, de acuerdo con la si--- guiente reacción ⁴².



El hidróxido de Sodio es una base fuerte que ataca el material orgánico formando una solución del suelo de color

oscuro, que es corrosivo a los tejidos vegetales. Además - el ión sodio (Na^+) es absorbido en el complejo coloidal y produce una estructura defloculada del suelo, que desfavorece el intercambio iónico. El siguiente cuadro presenta un resumen sobre la reacción del suelo, necesidad de corregir la acidez y su relación con los nutrientes de las plantas⁶⁹.

	pH 4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0
	Fuerte acidez	Moderada acidez	Ligera acidez	Ligera alcalinidad	Moderada alcalinidad	Fuerte alcalinidad	Muy fuerte alcalinidad	
Necesidad de cal	Cal necesaria excepto para cultivos que requieren suelo ácido	Cal necesaria para todos los cultivos excepto los tolerantes a la acidez	Generalmente no requieren cal	No se requiere cal				
Ocurrencia	Común en suelo de climas húmedos			Común en regiones subhúmedas y áridas			Ocurre en áreas limitadas de regiones áridas	
Condiciones de fertilidad	Fosfatos fijados		Fosfatos solubles	Fosfatos fijados				
	Se lixivía la cal y la potasa, Fe, Al, Mn, B, Cu, Cl y Zn son solubles		Nitrógeno libremente fijado	B, Fe, Mn, K, Cu, Cl y Zn pueden ser deficientes				
	Prosperan los hongos langidecen las bacterias		K, Fe, Mn, B, Cu, Cl y Zn disponible en cantidades necesarias					

CUADRO No. 3 REACCION DEL SUELO

Regulación del pH del Suelo

Es necesario satisfacer las condiciones óptimas de pH para el desarrollo de un cultivo¹⁰. Seleccionando el cultivo que tolere el pH del suelo existente, o bien modificando el pH hasta un valor propio para éste. El segundo proceder es el más factible ya que dependiendo del tipo de suelo, existen dos opciones: la primera aumentar el pH en suelos ácidos y la segunda disminuirlo en suelos alcalinos⁷³.

Correctivos para Suelos Ácidos

Generalmente se usan productos calizos y la cantidad que debe aplicarse por hectárea depende de la acidez total del suelo ya que la cantidad de hidrógeno (H^+) intercambiable y aluminio (Al^{3+}) deben neutralizarse. En el cuadro No. 4 se muestran algunos compuestos a usar³³.

Correctivos para Suelos Alcalinos

El lavado del suelo es un paso importante en la rehabilitación de los suelos alcalinos. Se requiere para este un drenaje adecuado para remover el exceso de sales solubles que resultan de la aplicación de enmiendas al suelo⁷³.

Es recomendable aplicar mejoradores⁷³ como yeso, azufre, ácido sulfúrico, sulfato férrico y otros compuestos que se muestran en el cuadro No. 5. Los materiales que contienen azufre hacen que el calcio del suelo sea más solu-

ble. Este reemplaza al exceso de sodio absorbido por la arcilla produciendo la agregación de pequeñas partículas de manera que quedan espacios porosos más grandes en el suelo. La estructura mejorada permite una más rápida penetración del aire y del agua facilitando el laboreo del suelo ⁷⁵.

Nombre Común	Fórmula Química	Equivalentes CaCO_3 (%)	Fuente
Conchas marinas	CaCO_3	95%	Depósitos naturales de conchas
Caliza agrícola	CaCO_3	95%	Depósitos naturales
Cal hidratada	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	120%	Caliza quemada al vapor
Cal quemada	CaO	150%	Caliza quemada al horno
Dolomita	$\text{CaCO}_3 \text{ MgCO}_3$	110%	Depósitos naturales minerales

CUADRO No. 4 MATERIALES CALIZOS PARA CORREGIR CONDICIONES ACIDAS

Materiales	Fórmula Química	Ingredientes activos, %	Azufre combinado, %	Kg. necesarios para igualar a 1 Kg. de Azufre
Yeso	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	65-95	18.6	5.38
Azufre	S	99	99	1.0
Ac. Sulfúrico	H_2SO_4	95	31	3.2
Sol. de Azufre y cal	CaS_x	29	22	4.54
Azufre y cal seca	CaS_x	75	57	1.75
Sulfato Férrico	$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$	70	17	5.9
Sulfato Ferroso	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	95	11	9.1
Sulfato de Aluminio	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	90	25	4.0
Polisulfuro de Ammonio	$(\text{NH}_4)_2\text{S}_x$	40-45	40-45	2.2-2.5

CUADRO No. 5 AZUFRE EQUIVALENTE EN VARIOS MATERIALES PARA CORREGIR CONDICIONES ALCALINAS

EL SUELO Y LAS NECESIDADES DE LOS NUTRIENTES POR LAS PLANTAS

De acuerdo con el papel que desempeña cada elemento y la proporción en la que se encuentra en el vegetal, 17 elementos son considerados esenciales para el desarrollo de las plantas⁵⁶. Su acción es específica, el ciclo vital no se realiza completamente si el elemento no existe. Tales elementos son: carbono (C), hidrógeno (H), oxígeno (O), nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), azufre (S), hierro (Fe), manganeso (Mn), boro -- (B), molibdeno (Mo), cobre (Cu), zinc (Zn), cloro (Cl), cobalto (Co).

La mayor parte del peso de la planta lo constituyen - C, H, O; los vegetales obtienen estos elementos directamente del aire o indirectamente, del agua del Suelo.

Macronutrientes

Se designa con este nombre a los elementos que son requeridos en cantidades grandes como N, P, Ca, Mg, S; y que son obtenidos directamente del Suelo⁶³.

Micronutrientes

Son utilizados por los vegetales en muy pequeñas cantidades, sin embargo son esenciales para su desarrollo óptimo⁵⁵. Dichos elementos son: Mn, Fe, Zn, Cu, Mo, Cl, B, - Co⁶³.

Elementos no esenciales

Como su nombre lo indica no son esenciales, sin embargo, pueden incrementar el desarrollo de las plantas cultivadas cuando se presentan como compuestos solubles. Bajo condiciones apropiadas y para cultivos específicos estos elementos tienen un efecto benéfico⁵⁰. Tales elementos son: Na, I, Sr y F.

Los nutrientes son absorbidos por las plantas en diferentes formas de los cuales podemos mencionar las siguientes:

a) Como nutrientes no combinados con otros elementos o iones. Potasio, calcio, fierro, manganeso, cobre, zinc y cloro.

b) Como elementos combinados formando algunos radicales y compuestos². Carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, fósforo, azufre, molibdeno, boro.

Las formas iónicas comunes se muestran en el siguiente cuadro.

Nutrientes	Elementos	Formas iónicas comúnmente absorbidas por las plantas
Elementos estructurales	C, H, O	H_3O^+ , CO_2
Macronutrientes mayores	K	K^+
	N	NO_3^- , NH_4^+
	P	$H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-}
Macronutrientes menores	Ca	Ca^{2+}
	Mg	Mg^{2+}
	S	SO_4^{2-} , SO_3^{2-}
Micronutrientes	Mn	Mn^{2+} , Mn^{3+}
	Fe	Fe^{2+} , Fe^{3+}
	Zn	Zn^{2+}
	Cu	Cu^{2+} , Cu^+
	Mo	MoO_4^{2-}
	Cl	Cl^-
	B, Co	BO_3^{3-} , $B_4O_7^{2-}$, $H_2BO_3^-$, HBO_3^{2-}

CUADRO No. 6 FORMAS IONICAS COMUNES ABSORBIDAS POR LAS PLANTAS

Funciones de los Nutrientes Esenciales

Nitrógeno.

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

Fósforo.

1. Es constituyente del ácido nucleico, la fitina y los fosfolípidos. Un abastecimiento adecuado de fósforo en el período de desarrollo inicial de la planta es importante en la formación de las partes reproductivas de las plantas.
2. Estimula el desarrollo radicular inicial ayudando así en el establecimiento rápido de las plántulas.
3. Origina un comienzo rápido y vigoroso de las plantas.
4. Produce la madurez temprana de los cultivos, particularmente de los cereales.
5. Estimula la floración y ayuda en la formación de la semilla.

6. Aumenta la relación de grano a paja o rastrojo.
7. Mejora la calidad alimenticia de los granos y de otras cosechas.
8. Cuando aplicado a las leguminosas activa al rhizobium y la formación de nódulos en las raíces. De este modo ayuda en la mayor fijación de nitrógeno atmosférico.

Potasio.

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

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

Calcio.

1. Es un constituyente de la pared celular. Como tal aumenta la rapidez del rastrojo.
2. Promueve el desarrollo de las raíces.
3. Constituye una base para la neutralización de ácidos orgánicos.
4. Es esencial para activar los puntos del desarrollo, - especialmente las puntas de las raíces. Al mismo tiempo, no se mueve libremente de las partes más viejas a las más jóvenes de la planta. Esta es la razón por la cual los síntomas de deficiencia de Ca aparecen primero en los puntos de crecimiento.
5. Afecta la absorción de otros nutrimentos de las plantas, especialmente del nitrógeno.
6. Fomenta la producción de semillas.

Magnesio.

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

Azufre.

1. Aunque el azufre no es un constituyente de la clorofila ayuda en la formación de esta sustancia y fomenta el desarrollo vegetativo de la planta.
2. Es un constituyente esencial de muchas proteínas y de ciertos compuestos volátiles.
3. Promueve un mayor desarrollo radicular.
4. Estimula la formación de las semillas.
5. Promueve la formación de nódulos en las leguminosas.

Boro.

1. El papel principal de boro parece estar relacionado con la absorción del calcio por las raíces y con el uso eficiente de este elemento por las plantas.
2. Tiende a conservar el calcio soluble.
3. Actúa como regulador de la relación potasio/calcio.
4. Ayuda en la absorción del nitrógeno.
5. Ayuda al sistema vascular de la raíz en la distribución de más raicesillas para el abastecimiento de alimento a las bacterias de los nódulos, de manera que las bacterias de Rhizobium no lleguen a ser parásitas.

Manganeso.

1. La función del manganeso se considera que está estrechamente ligada con la del hierro.
2. Ayuda en la formación de la clorofila.

3. Actúa como un catalizador en las reacciones de oxidación y reducción dentro del tejido de las plantas.
4. Un adecuado abastecimiento de manganeso a veces ayuda a contrarrestar el mal efecto de una aereación deficiente.

Hierro.

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

Zinc.

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

Molibdeno.

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

Cobre.

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

Cloro.

La necesidad de cloro para el desarrollo adecuado de las plantas es de gran importancia, su requisición es de 1.0Kg de cloro por cada 4 tons. de materia seca que se produce al terminar el ciclo de cultivo.

Cómo Obtienen sus Nutrimientos las Plantas

Las plantas obtienen sus nutrimentos en cuatro formas distintas:

1. A través de las hojas.

2. De la solución del suelo.
3. De los iones intercambiables, en la arcilla y en la fracción húmica (complejo coloidal).
4. De los minerales fácilmente alterables.

Las plantas de cultivo se nutren de la absorción de los nutrientes del suelo a través de las raíces durante la absorción del agua. Este proceso es de mayor eficiencia cuando:

- 1.- El suelo tiene una alta concentración de los iones nutrientes.
- 2.- El suelo está bien aireado y permite la difusión de O_2 al suelo y del CO_2 a la atmósfera.
- 3.- El suelo está suficientemente húmedo para permitir el contacto de los iones en solución con una mayor superficie radicular.
- 4.- Las hojas son expuestas a una luz adecuada.

Fuentes de Nutrientes de las Plantas.

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

1. Fertilizantes comerciales, inorgánicos y orgánicos.
2. Abonos orgánicos voluminosos y concentrados.
3. Cultivos de abonos verdes.
4. Mejoradores del suelo.
5. Herbicidas y fungicidas.

Las recomendaciones sobre el uso de fertilizantes se basan:

- a) en resultados de los experimentos de campo debidamente conducidos; b) en resultados de los análisis de suelos pre

viamente calibrados y c) en análisis de plantas cuyos índices han sido estudiados por varios años.

NOPAL

Nopal se llama a varias especies del género *Opuntia* - (subgénero *Platyopuntia*)²⁴, de la familia *Cactaceae*. Toda esta familia es endémica de América y de las 253 especies reconocidas, 100 se encuentran en México, mismas que pueden ser: arbóreas, arbustivas o rastreras, con o sin tronco bien definido, artículos aplanados (pencas) de forma lanceolada; las espinas no llevan vainas, las flores son hermafroditas²⁴. Se muestra en la fig. No. 2 la planta del Nopal.

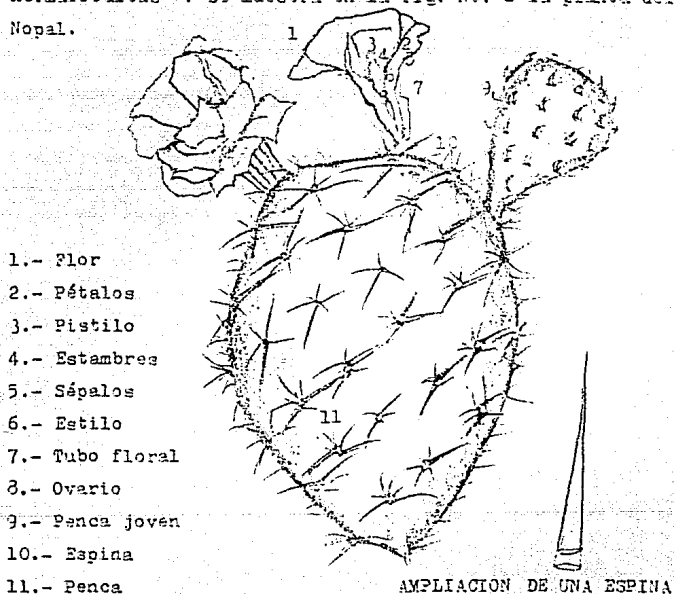


FIGURA No. 2 PENCA Y FLOR DEL NOPAL

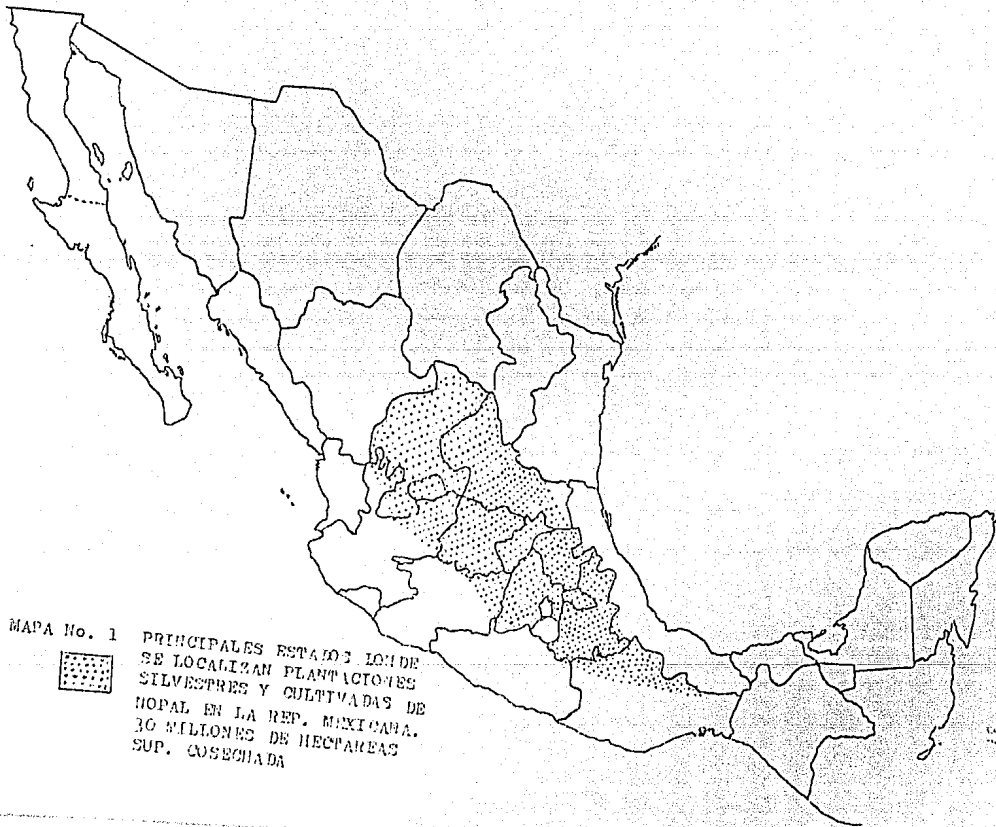
Con frecuencia los segmentos del perianto (corola) - son amarillos aunque a veces de color rosa, anaranjado o rojizo.

En general el sistema de raíces es poco profundo y -- particularmente denso. El parénquima cortical de las raíces gruesas permanece turgente y funciona como un almacén de agua. Las raíces secundarias mueren durante períodos -- largos de sequía y vuelven a crecer durante períodos de -- lluvia, al morir proporcionan grandes cantidades de materia orgánica, al grado de cambiar de color de la superficie terrestre de las plantaciones viejas, impidiendo la erosión del suelo⁵² y permitiendo que a su amparo se establezca otro tipo de vegetación que sirva como primer paso en la conquista de los desiertos⁴⁶.

Sus pencas tiernas y frutos maduros son comestibles -- tanto para el hombre como para el ganado; aunque el valor alimenticio de las pencas o nopalitos, para el hombre es -- pobre ya que poco más del 1% son minerales²¹, 0.3% son grasas, 2% substancias protéicas, 0.8% fibra cruda y 5.6% extracto no nitrogenado. Contiene también algunos miligramos de ácido ascórbico, pero este es destruido en gran parte -- por la cocción, un 90% de su contenido es agua. Esto explica porque los ganaderos recurren a él, para salvar a sus -- animales durante los períodos de sequía prolongados cuando se agotan los pastos³⁷.

En la República Mexicana, el Nopal se localiza prácticamente en la mayoría de las condiciones ecológicas, ocupando cerca de 30 millones de hectáreas distribuidas en -- los estados de: Coahuila, Nuevo León, Zacatecas, San Luis Potosí, Guanajuato, Hidalgo, Chihuahua, Tamaulipas, Duran-

go, Aguas Calientes, Edo. México y parte del D. F. (Mapa - No. 1), principales productores del Nopal, que de acuerdo con sus características morfológicas, se usa como forraje, para consumo humano, o en la producción de tuna⁴⁴. El cuadro siguiente muestra algunas especies comunes en México.



NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO	DISTRIBUCION EN LA REPUBLICA MEXICANA	OBSERVACIONES
Cardón	O. <u>Strepta</u> <u>cantha.</u>	S.L.P., Zacatecas, Hidalgo, Guanajuato, Querétaro, Puebla y Oaxaca, Edo. de México, Aguas - Calientes.	Especie ali-- menticia y fo-- rrajera, tunc-- ra.
Durazni-- llo	O. <u>Lewco--</u> <u>tricha.</u>	S.L.P., Zacatecas, Durango, Hidalgo, Guanajuato, Querétaro.	Principalmen-- te suelo cal-- cáreo. Espe-- cie alimenti-- cia y forraje
Tapona	O. <u>Robusta</u>	S.L.P. y Zacatecas	Especie ali-- menticia fo-- rrajera y tun-- nera.
Carden-- che	O. <u>Imbrica</u> <u>ta.</u>	S.L.P., Zacatecas, Durango, Coahuila y N.L.	Especie forra-- jera.
Cacana-- po	O. <u>Lindhie</u> <u>meri.</u> O. <u>Engel--</u> <u>mannii.</u>	Planicie Costera - de Tamaulipas, A-- guas Calientes, Di-- rango, N.L., Zaca-- tecas, Norte de So-- nora y Baja Cali-- fornia.	Suelos profun-- dos de origen íneo aluvia-- les. Especie forra-- jera.
Cuija	O. <u>Catabri</u> <u>giensis.</u>	Planicie Costera - de Tamaulipas, Coa-- huila, N.L., Aguas Calientes, Durango y Zacatecas.	Especie forra-- jera.
Rastre-- ro	O. <u>Rastre--</u> <u>ra</u>	Noreste de los Es-- tados de: Zcate-- cas, S.L.P., N.J., y Coahuila.	Especie forra-- jera.
Chivero	O. <u>Macro--</u> <u>centa.</u>	Durango, Zacatecas Chihuahua y Coahu-- ila.	Especie forra-- jera.

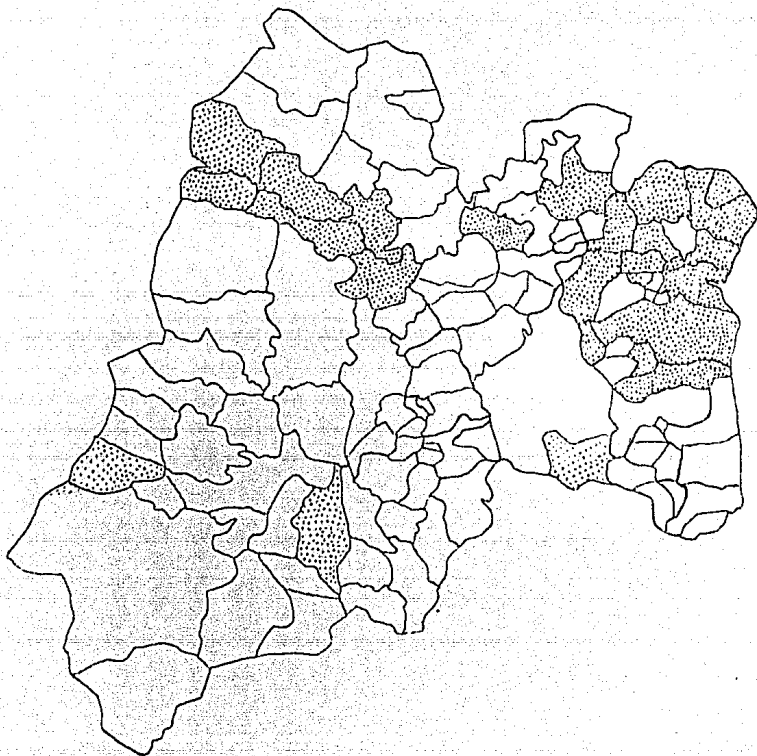
NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO	DISTRIBUCION EN LA REPUBLICA MEXICANA	OBSERVACIONES
Cegador	O. <u>Microdasy</u> .	Noreste de Durango Sur y Centro de -- Coahuila, Zacate-- cas, Hidalgo.	Especie forra jera.
Espina Amarilla	O. <u>Chrysacantha</u> .	N.L. y Coahuila.	Especie forra jera.
Penca Redonda	O. <u>Lucons</u>	N.L.	Especie forra jera.
Coyoti-- llo	O. <u>Azurea</u>	N.L.	Especie forra jera
Nopal	O. <u>Tenuispina</u> .	N.L.	Especie forra jera.
Nopal Criado	O. <u>Pilifera</u> .	Puebla y Oaxaca.	Especie forra jera.
Nopal Serrano	O. <u>Stenopeta</u> .	Coahuila, N.L., -- S.L.P., Tamaulipas Zacatecas, Hidalgo Guanajuato, Queré-- taro.	Especie forra jera.
Nopal Manso o Blanco	O. <u>Megacantha</u> .	S.L.P., Guanajuato Zacatecas, Aguas - Calientes.	Especie ali-- menticia y tu nera.
Nopal Memela	O. <u>Hypotigcantha</u> .	Mesa Central.	Especie tune-- ra.
Nopal Común	O. <u>Ficus - Indica</u> .	Hidalgo, D.F., Pue bla, Edo. de Méx.	Especie ali-- menticia.

CUADRO No. 7 LOS NOPALES EN MEXICO

En el D.F. en la Delegación de Milpa Alta, en 1980 se reportaron 15000 toneladas semanales de Nopal para uso ali menticio.

En 1980 en el Edo. de México se dedicaron 3100 hectá-- reas de Nopal para la producción de tuna, 2375 hectáreas -

de Nopal silvestre y 200 hectáreas de xoconoztle, localizadas en las áreas que señala el Mapa No. 2.



MAPA No. 2 PRINCIPALES AREAS PRODUCTORAS DE HOPAL
EN EL D.F. Y ESTADO DE MEXICO.



La producción de Nopal tunero presenta dos regiones principales: La primera región está localizada en los límites del Edo. de Hidalgo, parte del D.F. y Edo. de México, en esta última está distribuida en los municipios de San Martín de las Pirámides, Otumba, Teotihuacan, Nopaltepec, Temascalapa, Zumpango y Atlacomulco. Todas estas plantaciones están dedicadas a la producción de tuna blanca y las especies para este fin corresponden a *O. Ficus Indica* (también conocido como Nopal Castilla o Común) y *O. Amyclaea* - tuna blanca de Alfajayucan.

La segunda región se encuentra formada por los Estados de Zacatecas, San Luis Potosí, Guanajuato y Aguas Calientes.

El Instituto Mexicano de Comercio Exterior, señala -- que existe gran demanda de tuna fina principalmente en los E.U., Japón y Canadá en este último país incluso la importación de tuna está libre de impuestos.

En 1975 se reporta exportación de Nopal en Zacatecas donde participaron los municipios de Guadalupe, Genaro, Codina, Pinos y Ojo Caliente. Para el año 1980 se exportó a Japón indicando su potencialidad como producto de exportación.

El Nopal también cobra importancia como un medio para la producción de tuna que en el período 1970-1974 ascendió a 129.5 toneladas siendo los países importadores E.U.A. y Canadá.

El Nopal en la actualidad no es exclusivo de América Latina. Se han reportado diversos usos del Nopal en los siguientes países: Africa del Sur, Madagascar, Africa del -- Norte, Argelia, Túnez, España, Italia, India, Argentina, -

Brasil, Guatemala, E.U.A.

Sin embargo en algunos países como Australia, el Nopal se ha considerado indeseable. En cambio en México además de zonas de cultivo existen poblaciones silvestres de Nopal que se distribuyen principalmente en las regiones -- con precipitación media anual de 150 o más m.m., en climas semisecos o esteparios, con lluvias escasas en todas las estaciones del año, y en climas desérticos con lluvias en verano, en cualquier época del año y en invierno. En general, el Nopal crece bien en lugares donde las temperaturas medias anuales se aproximan a los 23°C ó incluso soporta temperaturas extremas de 10 y 50°C, mínima y máxima respectivamente⁶⁴.

SUELOS PARA CULTIVO DE NOPAL

El Nopal es una planta con múltiples cualidades de adaptación por lo que se localiza en la mayoría de las condiciones ecológicas. Se adapta bien a diversas texturas y composiciones del suelo pero se desarrolla mejor en los suelos calcáreos, arenosos de profundidad media y con pH ligeramente alcalino de 6.0 a 6.5, en un rango amplio de altitud. Y deben desecharse aquellos que tengan mucha humedad o se inundan. En los cuadros No. 8 y 9 se muestran algunos de los principales parámetros edafológicos y climáticos óptimos para el cultivo de Nopal⁶⁷.

En el cuadro No. 8 no se recomiendan suelos arcillosos ya que son desfavorables pero no limitativos para el cultivo de Nopal. Se ha observado que en los suelos arcillosos, esta planta no se desarrolla, la penetración de raíces es escasa y se presenta el problema del fenómeno de contracción y expansión, ocasionado por el mojado y secado, en áreas donde no se da un adecuado manejo al cultivo.

Es importante también considerar el aspecto climático, ya que éste habrá de influir en el desarrollo del cultivo. El cuadro No. 9 muestra algunos aspectos importantes.

PARAMETRO	CONDICIONES	OBSERVACIONES
Suelo	Preferentemente de origen calcáreo.	Es más recomendable - aunque puede desarrollarse en suelos de - otro origen.
Textura	Franco, Franco-are- noso, Franco-arcil- loso-arenoso, Are- na Franca.	Texturas arcillosas - no son adecuadas debi- do a que retienen hu- medad excesiva y se - compactan demasiado - al perderla.
Profundidad	10-25 cm o profun- dos.	Buen drenaje y rápida permeabilidad.
pH	6.0-8.5	
Pendiente	3-15%	Esto en el caso de -- huerto, al que se le requiere dar un buen manejo; pero si la - plantación es con la finalidad de conser- vación, la pendiente puede ser mayor de - 15%.
Altitud	80-2500m.	Este factor no tiene mayor influencia.

GUADRO No. 8 CARACTERISTICAS EDAPOLOGICAS

PARAMETRO	CONDICIONES	OBSERVACIONES
temperatura media anual	15-16°C	El óptimo se encuentra dentro de estos límites para el buen desarrollo y fructificación de la planta, aunque puede prosperar en los extremos.
Temperatura máxima	36°C	Desarrolla a temperaturas más altas; pero no se tienen datos de floración y producción.
Temperatura mínima	6°C	Estas bajas temperaturas, para no afectar el cultivo deben tener un amplio período de retorno.
Precipitación media anual	116-1800mm	El Nopal puede prosperar arriba de 1800mm pero se presentan problemas de enfermedades, como pudriciones bacterianas.

CUADRO No. 9 CARACTERISTICAS CLIMATICAS

Preparación del Terreno

Debido a la rusticidad y nobleza de este cultivo, muchos productores consideran que no es necesario realizar una adecuada preparación del terreno, cuando se va a plantar, sin embargo, esto ha causado rotundos fracasos. Para evitarlos, se consideran indispensables los siguientes pasos a seguir en la preparación del terreno³⁸:

I. Subsoleo.

Debido a que los suelos que se recomiendan para este cultivo son delgados, es apropiado subsolar a 60 cm de -- profundidad.

II. Barbecho.

Debe realizarse de 25-30 cm de profundidad⁴⁴.

III. Rastreo.

Con el paso de rastra se deben desmoronar todos los terrones dejados en el barbecho.

IV. Nivelación.

Con esta práctica se asegura que no se queden lugares donde se estanque el agua y que pudieran afectar al cultivo, además se evitará la pérdida de agua por escurrimiento y la erosión⁶⁴, por esta razón en terrenos con pendiente -- mediana o fuerte, se sugiere hacer terrazas⁴⁴.

V. Trazo de la plantación.

El trazo se realiza de acuerdo a la pendiente del terreno, por lo tanto solo puede haber dos casos: a) terreno con pendiente pronunciada, b) terreno con poca pendiente.

En el primer caso, el trazo debe realizarse en curvas de nivel para evitar la erosión del suelo y retener más el agua de lluvia, con el fin de que pueda ser aprovechada --

por la planta. Una vez que se tiene las curvas de nivel, se señalan los puntos donde quedarán las cepas, siguiendo las curvas trazadas y considerando el distanciamiento de la plantación.

El segundo caso. En terrenos con poca pendiente, solamente se señalan las distancias entre hileras y plantas a usar.

VI. Cepas.

Trazada la plantación, cavar las siguientes medidas: profundidad 50 cm, largo 60 cm y ancho 60 cm.

Densidad de Siembra

Para obtener resultados óptimos en la producción, el número de plantas debe ser de cuarenta mil por hectárea. Esto significa que se deja un metro entre surcos y 25 cm entre plantas de un mismo surco (Fig. No. 3).

Si se cuenta con agua de riego y se desea cultivar otras verduras o flores, pueden sembrarse surcos de Nopal - cada 2 ó 3 m y entre ellos cultivar las verduras o flores, sin que sufran daño alguno las plantas.

Para plantación de Nopal para verdura en mini-invernadero se usa mayor cantidad de plantas; se recomienda emplear 55 plantas (pencas) por metro cuadrado de mini-invernadero (Fig. No. 4) a distancia de 10 cm entre pencas y -- 20 cm entre filas.

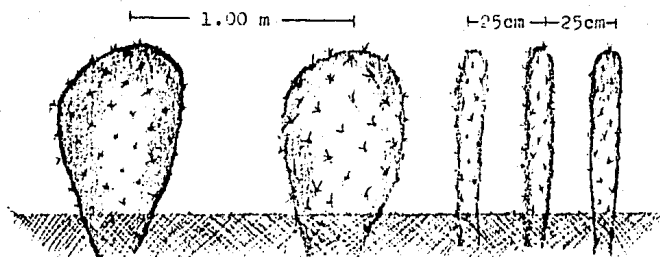


FIGURA No. 3 DISTANCIA ENTRE PENCAS

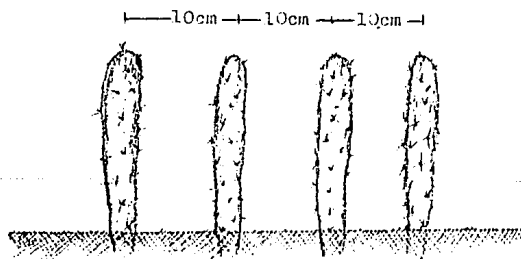
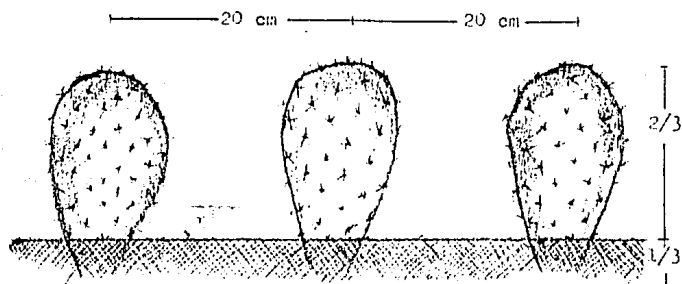


FIGURA No. 4 PLANTACION DE INVIERNADERO PARA PRODUCCION DE NOPAL

Propagación

El Nopal se puede propagar por semilla y vegetativamente⁴⁴, éste último es el más usado y más fácil de realizar. Primeramente, se cava la ceba, en seguida se introduce la mitad de la cenca con el corte hacia abajo, (esta ha sido tratada 20 días antes de la plantación con pasta bordoleza, la cual se prepara mezclando 1Kg de CuSO_4 en 5 litros de agua y una lechada, elaborada con 1Kg de cal apagada disuelta en 5 litros de agua).

Epocas de Plantación

La época más adecuada para realizar la plantación es de marzo a mayo, un poco antes de que inicie la temporada de lluvias, para que la planta la aproveche al máximo⁴⁴. Cuando se planta en este tiempo se obtienen buenos resultados; sin embargo, también se puede hacer la plantación durante los meses de agosto y septiembre, aunque en este tiempo si la humedad residual es poca, se corre el riesgo de que la planta sufra por sequía en los primeros meses del año siguiente.

Riego

Aún cuando la planta de Nopal vive sólo con el agua de las lluvias, es recomendable aplicar un riego ligero una vez por mes durante los meses de sequía, asegurando así, una buena producción todo el año⁴⁴.

Quando la plantación se realiza en mini-invernaderos,

la cubierta de polietileno que debe ser transparente evita el que el agua se pierda al evaporarse o al transpirar la planta. Por tal razón un riego mensual de tres litros por metro cuadrado de almácigo, durante los meses de octubre a abril, es suficiente.

Cosecha

La mayor producción se presenta en la época de mayor precipitación pluvial. Durante el invierno la producción es muy baja o nula si no se aplican riegos⁷⁰.

La producción que puede lograrse con riego, estiercol y fertilizante químico¹⁸, puede ser de 5 a 8 toneladas por hectárea cada semana durante todo el año. En el método de mini-invernadero se pueden lograr producciones de 30 Kg -- por metro cuadrado.

Semanalmente se cortarán al ras de la penca inferior sólo aquellos nopalitas que han de alcanzar los 10 ó 15 cm cuando su propósito es para consumo humano, el tamaño puede exceder si es destinado a forraje.

Fertilización

El Nopal responde notablemente a la aplicación de fertilizantes o abonos⁴⁷. Y es indudable que cada tipo de suelo requiere diferente cantidad de acuerdo a sus características⁵⁸. Por esta razón, es aconsejable aplicar de 50 a -- 100 toneladas de estiercol de cabra, de vaca o de caballo por hectárea, mezclandolo muy bien con los 25 cm superiores de suelo. Esta estercoladura puede completarse con a--

aplicación de la fórmula 120-100-00; es decir 120 Kg de Nitrógeno⁶⁸ (585Kg de sulfato de amonio), 100 Kg de fósforo (217Kg de superfosfato de calcio triple) y 0 Kg de potasio por hectárea, dividido en dos aplicaciones a principios y a fines de la temporada de lluvias.

Se tienen mejores resultados aplicando simultáneamente el fertilizante químico y estiercol²². Si no se pueden aplicar ambos, el estiercol es más recomendable, pero el fertilizante químico es casi tan bueno como el estiercol⁶¹.

Plagas

Existen plagas que son devastadoras para los cultivos, aquellas que afectan principalmente al nopal son las siguientes:

Cochinilla o grana⁴⁴.

Este insecto es una plaga que durante el invierno tiene muy poca actividad, pero tan pronto como se inician las altas temperaturas comienza su reproducción, atacando pencas y frutos. Los daños se localizan en la base de las espinas, dando la apariencia de pequeñas bolitas de algodón que al ser aplastadas muestran un color rojo oscuro en su interior. Los ataques intensos de esta plaga pueden causar la caída del fruto, el debilitamiento de la planta, y finalmente su muerte.

El control de esta plaga se puede hacer mediante la aplicación de cualquiera de los siguientes productos, en el momento en que se presente el ataque:

Paratión Metílico en dosis de 100 centímetros cúbicos en 100 litros de agua.

Dipterex 90% en dosis de 300 centímetros cúbicos en 100 litros de agua.

Malatión en dosis de 150 centímetros cúbicos en 100 litros de agua.

El picudo barrenador⁴⁴.

Es un insecto negro con manchas rojas y anaranjadas -- que deposita sus huevecillos en las pencas, dando origen a las larvas que atacan al cultivo, y formando galerías dentro de la penca. El ataque se nota cuando hay acumulaciones de goma, que posteriormente toman un color café amarillento y finalmente negro. La manifestación de esta plaga provoca disminución en la producción y en casos extremos -- la muerte de la planta.

El ataque de las larvas se controla por medio de la poda y destrucción de las pencas afectadas; a los adultos se les puede combatir aplicando alguno de los productos siguientes:

Azinfos Metílico a una dosis de 1.0 u 1.5 centímetros cúbicos por litro de agua.

Malatión o Paratión Metílico a la misma dosis que el anterior.

Paratión Etílico a una dosis de 1.0 a 2.0 centímetros cúbicos por litro de agua.

En los primeros productos hay que dejar pasar 7 días después de su aplicación, para poder cortar la fruta, y en el último 15 días, con el fin de proteger a la fruta de -- los residuos de los plaguicidas.

Gusano blanco del Nopal⁴⁴.

El daño es causado por las larvas que recién nacidas forman grupos y se protegen con una malla de seda; poco a

soco avanzan hacia el interior de la penca, hasta alcanzar el centro y atacar los tejidos leñosos. Expulsan sus excrementos a través del agujero por donde penetraron y al caer al suelo forman los montoncillos que debido a su apariencia son conocidos comúnmente como "montoncitos de arroz". El ataque de esta plaga puede evitar que la planta tenga nuevos brotes.

Esta plaga se puede controlar de la misma manera que la anterior, cuando la larva aún se encuentre superficialmente en la penca. Cuando ya ha penetrado se ejecuta la poda.

Picudo de las espinas⁴⁴.

Los adultos de esta especie emergen en los meses de abril a mayo y son de color oscuro con una mancha dorsal en forma de cruz; las hembras depositan sus huevos en la base de las espinas, y entre los meses de junio y julio nacen las larvas que inmediatamente empiezan a alimentarse, dando lugar a un escurrimiento que forma escamas y cintas de secreciones que pronto endurecen.

Las larvas causan un resecaimiento en la base de la espina y para su control se deben aplicar los productos que se mencionan para el picudo de la penca, cuando los adultos se encuentran en la planta.

Chinche gris⁴⁴.

Esta plaga inicia su reproducción cuando existen altas temperaturas y deposita sus huevecillos sobre las pencas. El adulto es café grisáceo o verdoso, de 12.1 a 15 milímetros de longitud; sus más altos niveles de población se alcanzan en el período de junio a agosto y causan daño en todos sus estadios, al succionar la savia de la planta

para alimentarse.

Los síntomas del daño aparecen después de que han --- succionado la savia y se manifiestan con la aparición de --- manchas circulares de color amarillento, que en ocasiones pueden cubrir la mayor parte de la penca; cuando el daño --- es fuerte, la cutícula endurece y se agrieta.

El control se puede realizar mediante la aplicación --- de alguno de los siguientes productos:

Paratión Etilico, Paratión Metílico o Malatión; en do --- sis por litro de agua de 1.0 a 1.5 centímetros cúbicos pa --- ra los primeros y de 1.0 a 2.0 centímetros cúbicos para el --- tercero. El corte del fruto no se debe cortar durante las --- dos semanas posteriores a su aplicación.

Gusano cebra⁴⁴.

La importancia de esta plaga no es mayor a las ante --- riores ya que generalmente se presenta en baja escala y el --- daño es localizado, lo cual facilita su eliminación.

Las pencas presentan una especie de tumores y en su --- interior se encuentran las galerías formadas por la larva --- de esta plaga; el aspecto característico de esta larva es --- de franjas negras y blancas.

Debido a que el ataque es localizado y fácilmente de --- tectado, se sugiere cortar las pencas afectadas y destruir --- las.

Gallina ciega⁴⁴.

Esta plaga afecta el sistema radicular de la planta --- cuando se alimenta de sus raíces. La planta presenta sín --- tomas de marcado deshidratamiento y se empiezan a arrugar --- las pencas, en las raíces es visible el daño causado por --- la plaga. Se presenta sobre todo en las cepas, debido al ---

abono orgánico que se agrega; por tal motivo, al momento de abonar debe usarse alguno de los siguientes productos:

Carbofurán granulado, Diazinón granulado, o Difonate granulado; todos en dosis de 20 a 25 gramos por cepa.

También puede usarse Heptacloro en polvo, en dosis de 45 a 55 gramos por cepa.

MÉTODOS ANALÍTICOS

Un aspecto muy importante que ha sido olvidado en el estudio de la relación planta-suelo-clima, es la composición del suelo³, esto es únicamente posible mediante el análisis químico⁴⁹, con lo cual sería posible delimitar las áreas susceptibles para el cultivo, así como evaluar las variables más adecuadas a una región determinada.

Los análisis que se practican para clasificar un suelo y poder aconsejar que tipo de nutrientes necesita para un cultivo específico son los siguientes: análisis físicos y análisis químicos⁷⁶. Como parte de los primeros podemos mencionar: determinación del color en seco y en húmedo, pH, análisis mecánico y densidad aparente. Integran los análisis químicos⁵³, capacidad de intercambio catiónico total, cationes intercambiables (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+), porcentaje de materia orgánica, fósforo y sales solubles (Ca^{2+} , Mg^{+2} , Na^+ , K^+ , SO_4^{-2} , HCO_3^- , Cl^- , CO_3^{-2}).

Obtenida la muestra¹⁹, comienza su preparación poniéndose a secar a temperatura ambiente, se muele y se pasa a través de un tamiz No. 100 (0.149 mm ó 0.0059 in). De aquí se tomará para los análisis Físicos y Químicos.

ANÁLISIS MECÁNICO

Por medio del análisis mecánico se determina la textura del suelo, propiedad que depende del porcentaje de arena limo y arcilla. Hay varios métodos para hacer un análisis mecánico⁷¹, pero solamente dos han sido los más comúnmente aceptados. El método de la " Pipeta de Robinson " y el método del " Densímetro de Bouyoucos ". Ambos métodos se basan en la proporción diferencial de asentamiento de las partículas del suelo en el agua.

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

El método que más se usa para determinar la textura de un suelo es el de Bouyoucos y a continuación lo describiremos⁹.

Método de Bouyoucos

Equipo

Probeta graduada de 100 y 1000 ml

Agitador eléctrico

Densímetro de Bouyoucos, graduado de 0 - 60°

Termómetro

Pipeta graduada de 5 ml

Cronómetro

Reactivos

Solución de Silicato de sodio.

Pesar 50g, colocarlos en una probeta de 1000 ml agregar agua hasta disolverlo, aforar a un litro, tomar la densidad con el densímetro, la cual debe ser de 36° ; si es menor se agrega más silicato, si es mayor se agrega más agua.

Solución saturada de oxalato de sodio.

Pesar 37g de oxalato de sodio, disolverlo en agua y aforar a un litro.

Procedimiento

Para un buen análisis del suelo es necesario considerar sus características.

Cuando el suelo es salino se elimina el exceso de sales, lavando el suelo en repetidas ocasiones con agua. Si el suelo que se analiza tiene un alto contenido de materia orgánica se trata con H_2O_2 suficiente para cubrir toda la muestra, se homogeniza y se permite su reposo durante 5 minutos, cumplido el tiempo se evapora. Si es el caso de un suelo rico en yeso y/o carbonatos se somete la muestra a un tratamiento con HCl diluido, hasta eliminación total del CO_2 .

Cuando se analizan suelos no salinos, suelos con un contenido de materia orgánica inferior al 3%; suelos que no son ricos en yeso y/o carbonatos; o bien con el trata-

miento previo correspondiente, se continuará de la siguiente manera:

Colocar el suelo en el vaso del agitador eléctrico. Por cada 50g de suelo agregar 5 ml de silicato de sodio, 5 ml de oxalato de sodio y 100 ml de agua, dejar reposar 25 min. Agitar durante 20 min en caso de arcilla y de 5 a 10 min en arenas y migajones arenosos, pasar la mezcla a una probeta graduada, aforar con agua a 1000 ml. Agitar durante un minuto por sucesivas inversiones o con un agitador de mano y después de 40 seg determinar el peso específico de la suspensión con el densímetro (primera lectura). Se determina al mismo tiempo la temperatura de la solución (t) con el fin de corregir la dilatación debida a la temperatura ambiente.

Se suma 0.36 por cada grado centígrado arriba de 19.5°C y se resta la misma cantidad por cada grado abajo de dicha temperatura.

La segunda lectura se mide a las 2 horas, corregir por temperatura (t') sumando o restando el factor según sea necesario.

Cálculos

$$\% \text{ arcilla} + \% \text{ limo} = 2 \left(\begin{array}{l} \text{Primera lectura corregida} \\ \text{por temperatura} \end{array} \right)$$

$$\% \text{ arcilla} = 2 \left(\begin{array}{l} \text{Segunda lectura corregida por temperatura} \end{array} \right)$$

$$\% \text{ limo} = (\% \text{ limo} + \% \text{ arcilla}) - \% \text{ arcilla}$$

cuando se utilizan 100 g de suelo la primera y segunda lectura no deben multiplicarse por dos.

$$\% \text{ arena} = 100 - (\% \text{ limo} + \% \text{ arcilla})$$

Donde:

C = Lectura del densímetro a los 40 segundos.

C' = Lectura del densímetro a las 2 horas.

t = Temperatura inicial (generalmente 195°C).

t' = Temperatura de la suspensión a las 2 horas.

O. J₀ = Factor de corrección por grado de diferencia de temperatura.

Los porcentajes de limo, arcilla y arena así obtenidos se localizan en el triángulo textural (Fig. 5). La intersección de las líneas muestran la composición particular de un suelo, objetivo del análisis mecánico.

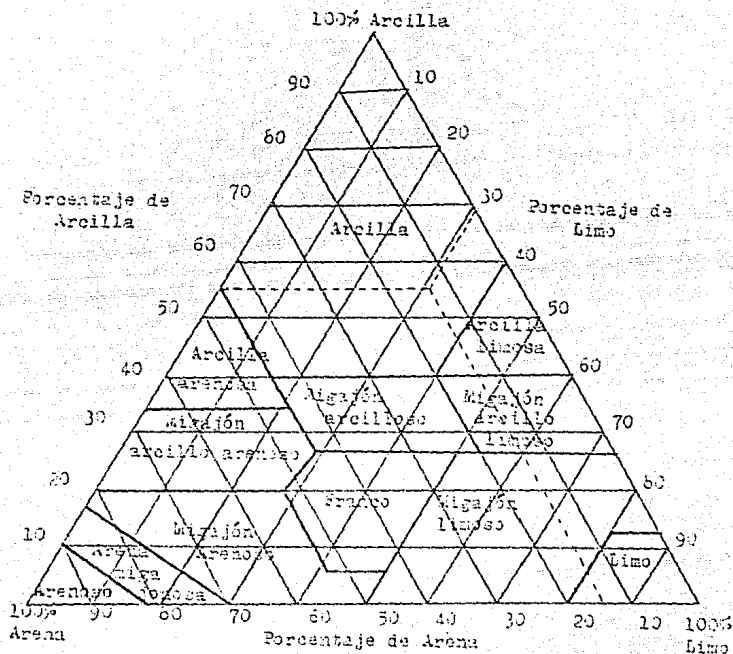


FIGURA No. 5 TRIANGULO TEXTURAL MOSTRANDO LOS PORCENTAJES DE ARENA, LIMO, ARCILLA Y LAS CLASES TEXTURALES.

DETERMINACION DEL COLOR

Equipo

Carta de colores de Munsell⁶⁰

Placa escavada

Reactivos

Agua destilada

Procedimiento

El color del suelo se mide convenientemente comparando una pequeña muestra de éste con la carta de colores de Munsell⁶⁰.

El procedimiento a seguir para usar la carta es, buscar entre todos los modelos de colores el que más se parezca a la muestra en seco y en húmedo y determinar en la escala los parámetros de color, valor y croma correspondientes.

DETERMINACION DEL pH

Equipo

Potenciómetro con electrodo de referencia

Agitador mecánico

Vaso de precipitado

Piseta

Reactivos

Solución buffer de referencia pH=4, pH=7, pH=9

Agua destilada

Procedimiento

Se pesan 10g de suelo y se le agregan 50 ml de agua destilada, se deja reposar 30 min y se efectúa la medición.

Previo a la determinación de pH, se calibra el aparato medidor con las soluciones buffer de referencia pH=4 y pH=7 si el rango de pH de la muestra se encuentra entre 4 y 7, si es mayor de 7 se usan las soluciones buffer pH=4 y pH=9.

Cálculos

La lectura de pH se toma directamente del equipo medidor y por duplicado si se considera necesario.

RESISTENCIA EN PASTA

Equipo

Puente de Wheatstone, corriente alterna apropiada para medición de conductividad

Copa para medición de conductividad con electrodos

Vasos de precipitado de 250 ml

Termómetro

Reactivos

Agua destilada

Procedimiento

Se pesan 200g de suelo en un vaso de 250 ml y se satura con agua destilada, agitando continuamente hasta obtener una pasta homogénea y brillante. Se llena con la pasta la copa en la cual se efectuará la medición. Se dan golpecitos para eliminar las burbujas de aire y nivelar al ras la copa con una espátula, eliminando el exceso de pasta. En seguida se mide la resistencia a 15.5°C . Luego se convierte la resistencia a un porcentaje aproximado de sales (cuadro No. 10). Debido a que el porcentaje de saturación varía según la textura.

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

Cálculos

Medida la resistencia a 15.5°C , se convierte la lectura a un porcentaje aproximado de sales utilizando el cuadro No. 10.

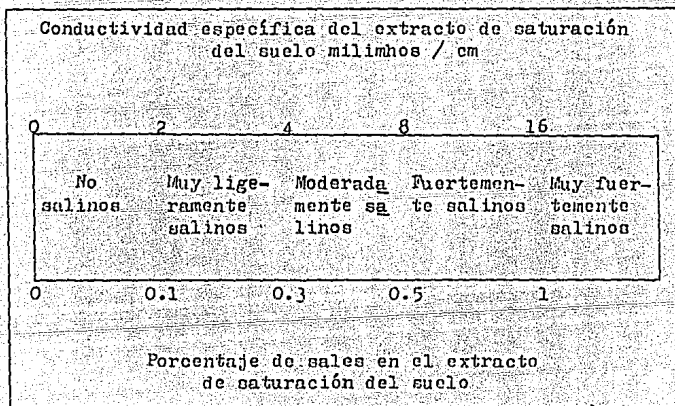
Fórmula

$$R_e = \frac{1}{C_e}$$

Donde:

R_e = Resistencia en pasta a 15.5°C .

C_e = Conductividad eléctrica específica.



CUADRO No. 10 ESCALA DE SALINIDAD

DENSIDAD APARENTE

La densidad aparente es un valor ampliamente usado; es necesario para convertir los porcentajes de agua de peso a volumen, para calcular porosidad cuando es conocida - la densidad de la partícula y para estimar el peso del volumen de un suelo muy grande. En la clasificación de suelos es un dato muy valioso, se emplea para la determinación de:

- 1) capas endurecidas (densidades mayores de 2g/cm^3), que provocan problemas en el desarrollo radicular de las plantas.
- 2) presencia de amorfos como el alofano (densidades menores de 0.85g/cm^3), que comúnmente están relacionados con problemas de fertilización de fósforo y el encalado.
- 3) grado de intemperismo.

Equipo

Frasco de vidrio de 100 ml, con boca ancha

Estufa

Balanza analítica

Probeta de 10 ml

Procedimiento

Mezclar perfectamente una muestra de suelo. Tomar una probeta de 10 ml y agregar suelo hasta dicho volumen.

Pesar un frasco limpio y seco en estufa hasta peso constante y anotar su peso (Dato A). Agregar los 10 ml de

suelo que se tienen en la probeta, teniendo cuidado que no se quede adherido a las paredes externas del frasco. Pesar y anotar este dato (Dato B).

Colocar el frasco con la muestra en la estufa a 105°C y dejarlo toda la noche. Retirarlo y colocarlo en un desecador hasta enfriar. Pesar los frascos con el suelo seco - en la estufa y anotar el dato (Dato C).

Cálculos

$$\% \text{ de humedad} = \frac{(B - C) (100)}{C - A}$$

$$\text{Densidad aparente} = \frac{B - A}{\text{volumen de suelo}}$$

Donde:

B - A Peso del suelo al aire

C - A Peso del suelo seco en estufa

B - C Pérdida de peso

82

DETERMINACION DE MATERIA ORGANICA
Método de Walker y Black Modificado

Equipo

Balanza analítica
Matraces erlenmeyer de 250 ml
Matraces aforados de 100 ml, 1000 ml
Pipetas volumétricas de 10 ml
Probetas de 25 y 200 ml
Bireta de 25 ml

Reactivos

Solución de dicromato de potasio 1N.

Poner a secar a 105°C dicromato de potasio puro, por lo menos 3 horas, pesar 49.04g, disolverlos en agua destilada y aforar a 1000 ml.

Acido sulfúrico concentrado.

Acido fosfórico concentrado.

Solución de sulfonato difenilamina de bario al 1.0%.

Pesar 1.0g del indicador y disolverlos con agua destilada aforar a 100 ml.

Solución de sulfato ferroso 0.5N.

Disolver 140g de sulfato ferroso ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) en agua, añadir 40 ml de H_2SO_4 , enfriar y aforar a un litro con agua. Se estandariza este reactivo (cuando se usa) con 5 ml de dicromato de potasio 1N como se indica en seguida:

A 5 ml de dicromato de potasio se le agregan 7.5 ml de H_2SO_4 , se deja reposar 30 min, se agregan 2.5 ml de H_3PO_4

y 0.5 ml de difenilamina. Se titula con el sulfato ferroso gota a gota hasta que vire de violeta oscuro a verde. Los mililitros gastados de sulfato ferroso son el factor del propio sulfato ferroso que se utiliza en los cálculos.

Procedimiento

Pesar 0.5g de suelo seco al aire y colocarlo dentro de un matraz de 300 ml, añadir 5 ml de dicromato de potasio. Si es suelo con alto contenido de materia orgánica, se agregan 10 ml de $K_2Cr_2O_7$ y duplicar las cantidades de reactivos utilizados en las siguientes etapas. Adicionar 10 ml de ácido sulfúrico concentrado, agitar vigorosamente por un minuto, dejar reposar 30 min⁴⁹.

Añadir 100 ml de agua, 5 ml de ácido fosfórico y 0.5 ml de difenilamina. Titular el exceso de dicromato con solución de sulfato ferroso. Cerca del punto final de la titulación, el color es violeta azul y termina con un color verde.

Para efectuar los cálculos es necesario tomar los datos de un blanco, dando el mismo tratamiento que a las muestras.

Cálculos

$$\% \text{ de M. Org.} = \frac{V - (V_1 \times N \times F)(0.003)(1.33)(1.724)100}{\text{Paso muestra}}$$

Donde:

V = Vol. de $K_2Cr_2O_7$ lN agregado

V_1 = Vol. de FeSO_4 que no reaccionó con el suelo

F = Factor del FeSO_4 deducido de los ml gastados para reducir con $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$

$$F = \frac{\text{ml K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7}{\text{ml FeSO}_4}$$

meq. de C = 0.003

Nota: En el método descrito existe una recuperación del -- 77% de carbono orgánico por lo que se debe multiplicar por 1.33 factor de corrección al 100% y recordando que la materia orgánica tiene un 58% de carbono, se aplica el factor de conversión 1.724.

CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO TOTAL

Equipo

Centrífuga

Tubos de 25 x 100 mm

Matraces Kjeldhal de 800 ml

Agitador de vidrio

Reactivos

Solución 1N de acetato de amonio.

A 300 ml de agua destilada se agregan 57 ml de ácido acético concentrado y 66 ml de hidróxido de amonio concentrado, se diluye a un volumen de 1 litro y se ajusta el pH a 7, agregando más ácido acético o hidróxido de amonio.

Alcohol etílico al 95%.

Indicador mixto.

Disolver 0.1g de rojo de metilo y 0.5g de verdebromocresol en 100 ml de alcohol etílico al 95% y llevar a un pH de 4.5 con NaOH o HCl.

Acido clorhídrico 0.1N.

A 8.02 ml de ácido clorhídrico al 36%, agregar agua destilada hasta aforar a un litro. Determinar su normalidad, usando carbonato de sodio anhidro secado en estufa -- por dos y media horas a 100°C y utilizando como indicador anaranjado de metilo.

Cloruro de sodio al 10%.

Disolver 100g de NaCl en 750 ml de agua destilada, -- llevar a un pH de 2.5 con HCl y aforar a un litro.

Oxido de magnesio.

Acido bórico al 4%.

Pesar 40g de ácido bórico y disolver en 500 ml de agua caliente, enfriar y aforar a un litro.

Procedimiento

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

Se coloca la muestra en un tubo de ensayo de 25 x 100 mm, se agregan 25 ml de solución de acetato de amonio 1 N, se agita y se deja reposar 30 min., se centrifuga a 2000 rpm., hasta que el líquido este claro, (esta generalmente necesita 5 min.). Se decanta el líquido, filtrándose para determinaciones de Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^+ , Na^+ . 49

El suelo que queda en el tubo de centrifuga se lava 4 veces con 30 ml de alcohol etílico y luego se transfiere a un matraz Kjeldhal, agregandose 40 ml de solución de cloruro de sodio al 10% pH 2.5, 0.5g de magnesia calcinada y 150 ml de agua destilada, recibiendo el destilado en 40 ml de ácido bórico al 4%, usando indicador mixto para la titulación con HCl 0.1 N. 9

Se reportan los resultados obtenidos en meq del elemento por 100g de suelo. 45

Cálculos

$$\text{C.I.C.T. (meq./100g)} = \frac{(V_{\text{HCl}})(N_{\text{HCl}})}{\text{peso muestra}} \cdot 100$$

Donde:

V_{HCl} = Vol. agregado de titulante HCl 0.1 N

N_{HCl} = Normalidad del titulante HCl 0.1 N

DETERMINACION DE CATIONES INTERCAMBIABLES

CALCIO INTERCAMBIABLE

Equipo

Pipeta volumétrica de 10 ml

Vasos de precipitado de 250 ml

Agitador de vidrio

Bureta de 50 ml

Vatracas aforados

Papel filtro de poro medio de 9 cm de diámetro

Lana de vidrio (para filtración)

Reactivos

Solución precipitante.

Disuélvase 35 ml de hidróxido de amonio, 20g de ácido cítrico, 20g de oxalato de amonio, 20g de cloruro de amonio, 100g de urea y 900 ml de agua destilada. Mezclarse perfectamente.

Hidróxido de amonio.

Acido sulfúrico al 10%.

Permanganato de potasio 0.1 N.

Disolver 3.3g de $KMnO_4$ en agua destilada, hervir media hora, reposar 24 horas, filtrar através de lana de vidrio y aforar a un litro con agua destilada hervida y enfriada. Guardar en frasco ámbar.

Valoración de la solución de $KMnO_4$.

Pesar 200mg de oxalato de sodio secado en estufa por

una hora a 110°C y disolver en 50 ml de agua destilada. Agregar 15 ml de H_2SO_4 diluido (1:8), calentar a 70°C y titular con solución de permanganato de potasio hasta color rosa permanente por 30 segundos.

Procedimiento

Se toman 5 ml de alícuota del extracto obtenido en la determinación de la Capacidad de Intercambio Catiónico total. Se pasa a un vaso de precipitado de 250 ml, de preferencia de forma alta. Se añaden 10 ml de solución precipitante y se pone a calentar, por una hora hasta ebullición. Pasando este tiempo se retira del calor, se le agregan 5 gotas de amoníaco y se filtra inmediatamente por un filtro de poro medio de 9 cm de diámetro. No debe prolongarse el calentamiento más de 1 hora, pues aumenta considerablemente el riesgo de contaminación con oxalato de magnesio. Se lava el vaso donde se hizo la precipitación 3 veces y 7 veces el precipitado en el filtro, siendo especialmente cuidadoso con lavar este último desde el borde. Para todos estos lavados debe usarse agua caliente. Filtro y precipitado son regresados al vaso donde se hizo la precipitación. Se le agregan 10 ml de H_2SO_4 en solución acuosa al 10% y se titula con KMnO_4 0.1 N hasta que la solución tome un color rosa permanente por 30 seg.

Cálculos

$$\text{meq. Ca}^{2+}/100\text{g} =$$

$$\frac{(V_{\text{KMnO}_4})(N_{\text{KMnO}_4})(\text{ml solución extractora}) 100}{(\text{alícuota})(\text{peso muestra})}$$

Donde:

V_{KMnO_4} = Vol. agregado de titulante KMnO_4 0.1 N

N_{KMnO_4} = Normalidad del titulante KMnO_4 0.1 N

MAGNESIO INTERCAMBIABLE

Equipo

Pipeta volumétrica de 5 ml, 10 ml

Vasos de precipitado de 100 ml

Agitador de vidrio

Bireta de 50 ml

Mortero

Matraz aforado de 250 ml

Reactivos

Indicador.

Se mezcla 1g de azul negro eriocromo B en 200g de NaCl, mediante una molienda muy cuidadosa.

Solución de EDTA 0.05 M, titulada contra solución tipo de zinc⁹.

Procedimiento

Se toma una alícuota de 5 ml de extracto. Obtenido en Capacidad de Intercambio Catiónico Total. Se pasa a un matraz erlenmeyer de 250 ml, se le agrega 5 ml de NH_4OH --- concentrado y se titula con EDTA 0.05 M usando como indicador azul negro de eriocromo B. El vire será de rojo a azul si la solución inicial estaba incolora o de rojizo a verde esmeralda si estaba amarilla⁸⁰.

Cálculos

meq. $\text{Mg}^{2+}/100\text{g}$ =

$$\frac{(V_{\text{EDTA}})(M_{\text{EDTA}})(\text{ml solución extractora}) 100}{(\text{alícuota})(\text{peso muestra})}$$

Donde:

V_{EDTA} = Vol. agregado de titulante EDTA 0.05 M

M_{EDTA} = Molaridad del titulante EDTA 0.05 M

DETERMINACION DE SODIO Y POTASIO INTERCAMBIABLE POR FLUOROMETRIA

Equipo

Matraz aforado de 100 ml, 1000 ml
 Vasos de precipitado de 100 ml
 Agitador de vidrio
 Pipetas volumetricas de 1 ml, 2 ml, 5 ml, 10 ml
 Pipeta graduada de 10 ml
 Balanza analítica
 Fluorómetro

Reactivos

Solución extractora de acetato de amonio pH=7

(Descrita en la determinación de C.I.C.T.)

Curva estandar de Sodio

Pesar 3.089g de Na_2SO_4 previamente secado a 110°C disolver y aforar a un litro con agua destilada. Esta solución contiene 1000 ppm de sodio. A partir de dicha solución tomar con pipeta volumétrica de 1, 2, 5 y 10 ml alícuotas, aforar con acetato de amonio pH=7 hasta 100 ml. Estas volúmenes contienen 10, 20, 50 y 100 ppm respectivamente.

Hacer diluciones a partir de la solución de 100 ppm, tomando alícuotas de 1, 2 y 5 ml aforando con acetato de amonio pH=7 hasta 100 ml. Estas diluciones contienen 1, 2, y 5 ppm de sodio respectivamente.

Curva estandar de Potasio

Pesar 2.228g de K_2SO_4 previamente secado a 110°C di-

solvente y aforar a un litro con agua destilada. Esta solución contiene 1000 ppm de potasio. A partir de dicha solución tomar con pipeta volumétrica alícuotas de 1, 2, 5 y 10 ml aforando con acetato de amonio pH=7 hasta 100 ml -- cada una. Estos volúmenes contienen 10, 20, 50 y 100 ppm de potasio respectivamente.

De la solución de 100 ppm tomar alícuotas de 1, 2 y 5 ml aforando a 100 ml con acetato de amonio pH=7 obteniéndose concentraciones de 1, 2 y 5 ppm de potasio respectivamente.

DETERMINACION DE SODIO

Procedimiento

El extracto obtenido en la determinación de Capacidad de Intercambio Catiónico Total, se introduce en el atomizador de un flúorímetro provisto de un filtro de interferencia para sodio (589 nm) y determinar el valor de la emisividad de la llama⁹.

El cero del aparato se ajusta con una solución de acetato de amonio pH=7 y a 100 con solución tipo de sulfato -- de sodio de 100 ppm.

De la misma manera se toman las lecturas para las diluciones que contienen 1, 2, 5, 10, 20, 50 y 100 ppm de sodio respectivamente.

Cálculos

Graficar en papel milimétrico las lecturas obtenidas

en el flamómetro de las soluciones de concentración conocida de sodio. En el eje de las ordenadas representar el % de emisión y en el eje de las abscisas la concentración de sodio en un intervalo de cero a 100 ppm.

Para obtener las ppm de sodio en la muestra de suelo interpolar % de emisión obtenida en el flamómetro sobre -- la curva patrón de sodio.

ppm de Na en el suelo =

ppm de Na leído en la curva patrón $\times \frac{\text{volumen solución extractora}}{\text{peso de la muestra}}$

meq de Na/100g de suelo =

ppm de Na leído en la curva patrón $\times \frac{\text{volumen solución extractora}}{22.98 \times \text{peso muestra}} \times 100$

Donde:

22.98 = Equivalente químico del sodio

DETERMINACION DE POTASIO

Procedimiento

Utilizando la misma solución que para sodio. Introducir la en el atomizador de un flamómetro provisto de un --- filtro de interferencia para potasio ⁸¹(763 nm), previo

ajuste del aparato a cero con solución de acetato de amonio pH=7 y a 100 con una solución tipo de K_2SO_4 de 100 ppm.

Medir el % de emisión de la llama, tanto de la muestra como de las diluciones que contienen 1, 2, 5, 10, 20, 50 y 100 ppm respectivamente.

Cálculos

Graficar en papel milimétrico las lecturas obtenidas en el flamómetro de las soluciones de concentración conocida de potasio. En el eje de las ordenadas representar el % de emisión y en el eje de las abscisas la concentración de potasio en un intervalo de cero a 100 ppm.

Interpolar la lectura obtenida en el flamómetro para la muestra de suelo a ppm, sobre la curva patrón de potasio.

ppm de K en el suelo =

ppm de K leído en la curva patrón \times $\frac{\text{volumen solución extractora}}{\text{peso de la muestra}}$

meq de K/100g de suelo =

ppm de K leído en la curva patrón \times $\frac{\text{volumen solución extractora}}{39.1} \times 100$ \times peso muestra

Donde:

39.1 Equivalente químico de potasio

DETERMINACION DE FOSFORO

Para la determinación de fósforo se utilizan dos métodos: el método de Olsen para suelos alcalinos y el método de Bray-Kurtz para suelos ácidos⁹.

Estas determinaciones se efectúan en un colorímetro¹⁰.

Método de Olsen

Equipo

Espátula

Espectrofotómetro

Cronómetro

Matraz aforado de 25 ml

Papel Whatman No. 40

Pipetas volumétricas de 5 ml, 10 ml, 25 ml

Sireta graduada

Reactivos

Carbón activado

Bicarbonato de Sodio 0.5M.

Pesar 42g del soluto por litro de agua, ajustando a un pH de 6.5 con NaOH 1N.

Acido cloromolíbico.

Pesar 15g de molibdato de amonio y disolver en 300 ml de agua destilada, calentar (cerca de 45°C), filtrar para -- quitar cualquier sedimento. Después de enfriar la solución se añaden 350 ml de HCl 1.0 N lentamente con agitación con

tante y se afora a un litro con agua. Esta solución debe renovarse cada dos meses.

Acido cloroestano.

Disolver 25g de cloruro estano en 50 ml de HCl concentrado. La solución se lleva a 500 ml con agua destilada para quedar 0.2 M aproximadamente de SnCl_2 . Esta solución debe prepararse en el momento que se va a utilizar.

Curva estandar de fósforo.

Pesar 0.0439g de KH_2PO_4 , disolver y aforar a un litro con agua destilada. Esta solución contiene 10 ppm de fósforo.

En matraces aforados de 25 ml. Se colocan distintas alícuotas de solución patrón de fósforo de tal manera que tengan una concentración de 1, 2, 5 y 10 ppm de fósforo respectivamente. Se agregan a cada matraz 4 ml de ácido cloromolíbico, agitar, añadir 0.5 ml de ácido cloroestano y aforar al volumen con agua destilada.

Transcurridos 10 minutos leer la absorbancia a 640 nm.

Procedimiento

A 2.5g de suelo se agregan 50 ml de solución de bicarbonato de sodio, agregar carbón activado con una espátula chica, agitar y dejar reposar 30 minutos. Filtrar através de un papel filtro Whatman No.40. Si el filtrado no es claro, se agrega más carbón activado y se vuelve a filtrar.

Se toman 5 ml de filtrado y se colocan en un matraz aforado de 25 ml, agregar HCl concentrado gota a gota hasta que no haya desprendimiento de CO_2 con agitación conti-

na. Agregar 4 ml de ácido cloromolibdico, agitar, añadir 1 ml de ácido cloroestánico y aforar a 25 ml con agua destilada. El extracto esta listo para leer su absorbancia en el espectrofotómetro a 640 nm, transcurridos 10 minutos.

Cálculos

Graficar en papel milimétrico las lecturas obtenidas para las soluciones de concentración conocida de fósforo. En el eje de las ordenadas la absorbancia y en el eje de las abscisas la concentración en ppm de fósforo.

Las ppm de fósforo en la muestra problema se obtiene interpolando la absorbancia de dicha muestra, sobre la -- curva patrón de fósforo.

ppm de P =

ppm de P leídos en x $\frac{\text{aforo}}{\text{alícuota}}$ x $\frac{\text{ml solución extractora}}{\text{peso muestra}}$
la curva patrón

Método de Bray-Kurtz

Equipo

Pipetas volumétricas 1, 2, 5 y 10 ml

Papel Whatman No. 42

Cronómetro

Espectrofotómetro

Reactivos

Solución extractora de Mg_4^{2+} 0.003M en HCl 0.025N.

Pesar 37g de Mg_4^{2+} , disolver y aforar a un litro con agua destilada, de esta solución se toman 30 ml y se mezclan con 50 ml de ácido clorhídrico 0.5N previamente preparado (20.2 de HCl concentrado en 500 ml de agua destilada), la mezcla se afora a un litro con agua destilada.

Acido cloromolibdico.

Se prepara igual que en el método de Olsen.

Acido cloroestannoso.

Disolver 10g de $SnCl_2$ en 25 ml de HCl concentrado, se guarda en frasco ámbar. Para trabajar diariamente se toma 1 ml y se diluye a 330 ml con agua destilada.

Curva estandar de fósforo.

Se prepara una solución de KH_2PO_4 de 10 ppm de la misma manera que en el método de Olsen.

A partir de esta solución, en matraces de 10 ml se miden diferentes alícuotas que den como resultado 0.25, -- 0.50, 1.0, 1.5, 2.0 y 2.5 ppm de fósforo respectivamente. Se agrega a cada matraz 2 ml de ácido cloromolibdico, agitar, agregar 1 ml de ácido cloroestannoso y aforar al volumen con agua destilada.

Leer la absorbancia de estas soluciones en el espectrofotómetro a 660 nm.

Procedimiento

Pesar 2g de suelo, agregar 20 ml de solución extrac--

tora de fluoruro de amonio y agitar durante 1 min. Se filtra usando papel Whatman No 42.

Del filtrado, tomar una alícuota de 2 ml, agregar 5ml de agua destilada y con agitación continua agregar 2 ml de ácido cloromolíbico y 1 ml de ácido cloroestanoico recién diluido.

Después de 5 minutos y antes de 20 leer la absorbancia a 660 nm.

Cálculos

Graficar en papel milimétrico las lecturas obtenidas para las soluciones de concentración conocida de fósforo, en el eje de las ordenadas la absorbancia y en el eje de las abscisas la concentración en ppm de fósforo.

La concentración en ppm de fósforo de la muestra problema, se obtiene interpolando la lectura de absorbancia de dicha muestra, sobre la curva patrón.

ppm de P en el suelo =

$$\text{ppm de P leídos en la curva patrón} \times \frac{V_1}{\text{alícuota}} \times \frac{\text{ml solución extractora}}{\text{peso muestra}}$$

Donde:

V_1 = Volumen de la disolución 100ml

DETERMINACION DE SALES SOLUBLES

Equipo

Vasos de polietileno con capacidad de 500 ml

Fuente de Wheatstone

Embudo Hichner

Papel filtro Whatman No. 40

Bomba de vacío

Tubos de ensayo de 20 x 150 mm

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

Reactivos

Solución de hexametáfosfato de Sodio 1000ppm.

Pesar 0.329g de $(NaPO_3)_6$ disolver y aforar a 1000 ml con agua destilada.

Procedimiento

Se prepara la pasta saturada del suelo, agregando agua destilada a 225g de suelo y agitando con una espátula. De vez en cuando la muestra debe consolidarse golpeando el recipiente con cuidado sobre la mesa de trabajo. Al saturar la pasta, brilla por la reflexión de la luz, fluya ligeramente si se inclina el recipiente y la pasta se desliza fácilmente de la espátula, excepto en el caso de suelos con alto contenido de arcilla. Después de mezclarse debe -

dejarse reposar la muestra durante una hora y toda la noche en el caso de suelos altamente arcillosos y comprobar el criterio de saturación.

La pasta no debe acumular agua, en la superficie, perder su brillo o endurecerse durante el reposo. Si ha perdido brillo o se ha endurecido, es necesario mezclar nuevamente agregando agua.

Debido a que los suelos se vuelven lodosos más rápidamente cuando se les trabaja cerca de su capacidad de campo, se debe agregar suficientemente agua para casi saturar la muestra. Si la pasta es demasiado húmeda se agrega suelo seco. La cantidad de suelo que se requiere depende del volumen de extracto deseado. Una muestra de 225g es fácil de manejar y proporciona suficiente extracto.

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

Se requieren precauciones especiales en caso de turberas y suelos de textura muy fina o muy gruesa.

Generalmente después del primer humedecimiento pierden brillo y se endurecen después de dejarlos en reposo.

Al agregar agua y mezclar nuevamente, la mezcla conserva las características de una pasta saturada.

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

La pasta saturada se coloca en un embudo Michner con papel filtro y se aplica vacío. El extracto se recibe en un tubo de ensayo. Si el filtrado es turbio se puede decantar o pasar nuevamente al suelo. La extracción al vacío debe terminarse cuando empieza a pasar aire por el filtro. Si se van a determinar carbonatos o bicarbonatos en el extracto, se debe agregar una solución que contenga 1000 ppm de hexametáfosfato de sodio en la proporción de 1 gota por cada 25 ml de extracto antes de taparse y guardarse. Esto sirve para evitar la precipitación de carbonato de calcio durante el reposo¹¹.

Para evaluar la salinidad¹⁷, en la mayor parte de los casos la extracción se puede hacer poco después de preparar la muestra saturada. En caso de que el suelo contenga yeso, la conductividad puede aumentar de 1 a 2 mhos durante el reposo.

Se lee la temperatura del extracto recibido en el tubo de ensayo, se enjuaga y se llena la celda de conductividad⁴⁹. La conductividad se lee y se anota en mhos por cm a 25°C.

Cálculos:

Corrección por temperatura

$$\text{Conductividad a } 25^{\circ}\text{C} = C_t [1 - 0.02(25 - t)]$$

donde:

C_t = Conductividad medida a T ambiente

t = Temperatura a la que se realizó la medición

25 = Valor de temperatura a la cual se hace la corrección

0.02 = Factor de conductividad que indica el aumento de la misma al aumentar un grado de temperatura.

Conductividad corregida x Kcelda = Resistividad (ohms)

donde:

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

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

L = Conductividad específica de la solución de KCl 0.1 N

L = 0.01288 m ohms/cm

C = Conductividad medida de la solución.

DETERMINACION DE CARBONATOS Y BICARBONATOS

Equipo

Pipeta volumétrica de 10 ml
 Microbureta de 2 ml
 Matraz erlenmeyer de 125 ml

Reactivos

Fenolftaleína al 1% en etanol al 60%.

Se pesa 1g de fenolftaleína, se disuelve y se afora a 100 ml con una solución previamente preparada de etanol al 60% en agua.

Anaranjado de metilo al 0.01%.

Se pesan 10mg de anaranjado de metilo, se disuelven y se afora a 100 ml con agua destilada.

Acido clorhídrico 0.01 N.

Se miden aproximadamente 4.25 ml de HCl concentrado y se afora a 1000 ml con agua destilada. El factor de normalidad se determina, usando carbonato de sodio anhidro seco en estufa por dos y media horas a 100°C y utilizando -- anaranjado de metilo como indicador.

Procedimiento

Se toma una alícuota de 10 ml del extracto de saturación del suelo con agua, se agrega una gota de fenolftaleína, si la solución toma un color rosa, se agrega HCl 0.01N gota a gota, usando una microbureta de 2 ml hasta que desa

parezca el color.

Esta lectura se designa como A, se agregan 2 gotas de anaranjado de metilo y se titula hasta la primera coloración canela, esta nueva lectura se designa como B.

Cálculos

$$\frac{\text{meq/l } \text{CO}_3^{2-}}{\text{ml de alicuota}} = \frac{2A \times N \times 1000}{\text{ml de alicuota}}$$

$$\frac{\text{meq/l } \text{HCO}_3^-}{\text{ml de alicuota}} = \frac{(B - 2A) \times N \times 1000}{\text{ml de alicuota}}$$

Donde:

N = Normalidad del ácido clorhídrico

DETERMINACION DE CLORUROS CON NITRATO DE PLATA

Equipo

Bureta de 25 ml

Pipeta volumétrica 1 ml

Matraz erlenmeyer 125 ml

Reactivos

Solución de cromato de potasio al 5%.

Se disuelve 5g del soluto en 50 ml de agua y se agrega gota a gota AgNO_3 1N hasta que se produzca un precipitado estable ligeramente rojo. Filtrase y dilúyase a 100 ml.

Solución de nitrato de plata 0.005 N.

Se disuelven 0.05495g de nitrato de plata en un litro de agua destilada y se guarda en frasco ámbar. Antes de usarse se determina el factor de normalidad potenciométricamente con cloruro de sodio previamente seco en estufa de 100°C por 2 horas.

Procedimiento

Se toma una alícuota de un mililitro en un matraz erlenmeyer de 125 ml y se agregan 4 gotas de cromato de potasio, agitar y titular gota a gota con nitrato de plata hasta un color rojizo que sea estable.

Se prepara un blanco y se hace la corrección si es necesario.

Cálculos

$$\text{meq/l Cl}^- = \frac{(\text{ml AgNO}_3 - \text{ml AgNO}_3 \text{ blanco}) N \times 1000}{\text{Alicuota}}$$

Donde:

N = Normalidad del titulante AgNO_3 0.005 N

DETERMINACION DE SULFATOS

Equipo

Matraces aforados de 25 ml, 100 ml.

Pipetas volumétricas de 1 ml.

Espectrofotómetro

Reactivos

Acido clorhídrico 1N.

Medir 425 ml de HCl concentrado y aforar a 1000 ml -- con agua destilada.

Cloruro de bario al 20%.

Se disuelven 20g de $BaCl_2$ en 100 ml de agua destilada. Curva estandar de sulfato de sodio.

Se pesan 0.7097g de sulfato de sodio, disolver y aforar a 100 ml con agua destilada. Esta solución contiene 100 meq/l.

De la solución anterior se toma una alícuota de 10 ml y se afora a 100 ml con agua destilada. Dicha dilución -- contiene 10 meq/l .

En matraces aforados de 25 ml. Se colocan distintas - alícuotas de las soluciones de concentración conocida de - sulfato, de tal manera que tengan una concentración de 1, - 3, 5, 7, 9 y 10 meq/l de sulfato respectivamente. Se agregan a cada matraz 1 ml de $BaCl_2$ al 20% y 1 ml de HCl 1N, agitar y llevar al volumen con agua destilada.

Leer la absorbancia a 445 nm antes de 5 min.

Procedimiento

Tomar una alícuota de 1 ml del extracto de saturación en un tubo de ensaye, agregar 1 ml de la solución de cloruro de bario al 20% y agitar. Agregar 1 ml de HCl 1N y llevar a 25 ml con agua destilada.

Leer la absorbancia a 445 nm antes de 5 minutos para evitar que flocule el precipitado de sulfato de bario.

Cálculos

Graficar en papel milimétrico las lecturas obtenidas en el espectrofotómetro de cada una de las soluciones de concentración conocida de sulfato. En el eje de las ordenadas representar la absorbancia y en el eje de las abscisas meq/l de sulfato.

Interpolar la lectura de absorbancia obtenida con la muestra problema a meq/l de sulfato.

$$\text{meq/l de SO}_4^{2-} = \frac{\text{meq/l leídos en la curva patrón} \times 1000}{\text{ml de alícuota}}$$

Donde:

1000 = corresponde a 1000 ml

RESULTADOS DE LA INVESTIGACION

La investigación realizada sobre el Nopal, confirma las múltiples cualidades de adaptación, extraordinaria utilidad, rusticidad y nobleza del cultivo.

Además, corrobora la importante relación entre los elementos constituyentes del suelo y su proporción con el desarrollo óptimo del vegetal.

Diferentes instituciones Educativas y de Investigación hacen llegar al campesino las enseñanzas básicas relativas a los métodos más adecuados al cultivo, sistemas de riego, preparación, nivelación de las tierras y la selección más adecuada de propagación en función de las características de clima, así como la fertilización de los suelos de acuerdo con sus características fisicoquímicas.

Estas enseñanzas permitirán obtener una mejor producción y aprovechar a mayor grado sus cualidades de adaptación para minimizar los efectos de la erosión en las superficies desérticas y semidesérticas en los que el Nopal puede ser factor importante. Y considerando las características de nuestro país, el Nopal es más importante como generador de suelo, que como factor de industrialización¹⁶.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Hasta épocas recientes, solamente se había tenido el Nopal como un motivo alegórico del paisaje rural. Sin realizar la adecuada preparación del terreno cuando se va a plantar, sin embargo como todo cultivo requiere de condiciones específicas, tanto en clima, composición del suelo como en agua, para su desarrollo óptimo y mayor producción. Entonces es cuando la Química, la Agronomía y Ciencias afines juegan un papel importante, determinando las características físicas y químicas de los suelos propios para el cultivo de Nopal.

Las condiciones óptimas de los suelos para el cultivo de Nopal son las siguientes:

Parámetro	Condición
Suelo	origen calcáreo ⁴⁴
Textura	Franco, Franco-arenosa ^{8, 26} Franco-arcillosa-arenosa ^{8, 26} Arena franca ^{8, 26}
Profundidad	10-25 cm o profundos ^{38, 64}
pH	6-8.5 ⁶³
Pendiente	3-15% ⁶⁴
Altitud	80-2500m ⁶⁴
Temperatura media	15-16°C ⁶³
Temperatura máxima	36°C ⁶³
Temperatura mínima	6°C ⁶³
Precipitación media anual	116-1800mm ^{63, 37}

Parámetro	Condición
C.E. a 25°C	0.01 - 0.15 mmhos/cm ¹⁴
% M.O.	3 - 5 % ^{53,42}
% N	0.15 % ^{1,7}
Ca ppm	500 ppm ^{22,42}
Mg ppm	12 ppm ^{22,42}
% K	0.01 % ^{22,42}
% Na intercambiable	≤ 15 % ⁶³

Aunque todo puede aprovecharse en el Nopal, pocos han pensado en el cultivo técnico en forma ordenada. Es entonces necesario aprovechar al máximo los planes de extensionismo agrícola, mediante los cuales es posible transmitir al campesino las técnicas más avanzadas de la agronomía y los estudios más recientes de la relación planta-suelo-clima, los cuales permiten delimitar las áreas susceptibles a su cultivo ¹⁶. Administrar la fertilización requerida para aportar a los suelos los nutrientes que compensen sus deficiencias naturales, así como la aplicación correcta de fungicidas y pesticidas.

Dada la bondad del Nopal que manifiesta para propagar su cultivo, para recuperar tierras erosionadas es necesario encontrar alternativas reales para el aprovechamiento del Nopal e incorporar las tierras áridas al sistema productivo del país. ⁴

BIBLIOGRAFIA

1)

AGUILAR, S.A., ETCHEVERRI, B.J.D., CASTELLANOS, R.J.E.

Análisis Químico para Evaluar la Fertilidad del Suelo
Primera Edición

Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo

Chapingo, México 1987.

2)

ALLISON, F.B.

Soil Organic Matter and its Role in Crop Production

Elsevier Scientific Publishing Company

New York, 1973.

3)

AMERICAN SOCIETY OF AGRONOMY SOIL SCIENCE SOCIETY OF AMERICA
CAN

Chemistry in the Soil Environment

Number 40

E.U.A., 1981.

4)

AYRES, G.C.

La Erosión del Suelo y su Control

Editorial Omega

Barcelona, 1960.

5)

AYRES, G.H.

Quantitative Analysis

Second Edition

Harper & Row Publisher Inc.

New York, 1970.

6)

BANTU, A. AND KARKAPI, U.

Agrochemicals in Soils

International Irrigation Information Center

New York, 1980.

7)

BARRIENTOS, P.F.

El Nopal su Mejoramiento y Utilización en México

Colegio de Posgraduados

Chapingo, México 1961.

8)

BARRERA, E.A.

Fundamentos de Edafología

Primera Edición

Editorial Hemisferio Sur

Argentina, 1976.

9)

BLACK, C.A.

Methods of Soils Analysis

Number 9

Part 1,2

Fifth Printing Edition

American Society of Agronomy

Wisconsin, U.S.A., 1965.

10)

BLACK, C.A.

Relación Suelo-Planta

Primera Edición

Editorial Hemisferio Sur

Argentina, 1975.

11)

ECLT, G.H.

Soil Chemistry

Second Edition

Elsevier Scientific Publishing Company

New York, 1982.

12)

BRADY, N.C.

The Nature and Properties of Soils

8th Edition

Macmillan Publishing Co. Inc.

New York, 1974.

13)

BRAVO, H.H. y PÉA, L.I.

Algunos Aspectos sobre la Industrialización de los Nombres
Dactáceas Suculentas Mexicanas, Tomo XXIV, No. 2, 27-31,

1979.

14)

BUCKMAN, H.O. AND BRADY, N.C.

The Nature and Properties of Soils

Seventh Edition

The Macmillan Company

New York, 1969.

15)

BUOL, S.W., HOLE, F.D., McCracken, R.J.

Génesis y Clasificación de Suelos

Primera Edición

Editorial Trillas

México, 1961.

16)

CENTRO DEL HOPAL Y LA FINA DEL ESTADO DE MEXICO

Perspectivas de la Utilización del Hopal y la Fina
monografía

México, 1981.

17)

CHAPMAN, H. D.

Diagnostic Criteria for Plants and Soils

University of California

Division of Agricultural Science

California, 1966.

18)

COLLIS, G. H., DAVEY, B. G.

Suelo, Atmósfera y Fertilizantes

Primera Edición

Barcelona, 1971.

19)

COLEGIO DE POSGRADUADOS

Manual de Conservación del Suelo y del Agua

SARH

Chapingo, México 1977.

20)

COMBER, N. M.

An Introduction to the Scientific Study of the Soil

Fourth Edition

Edward Arnold (Publishers) LTD

London, 1960.

21)

COMISION NACIONAL DE FRUTICULTURA

Algunos Estudios del Centro Regional de Desarrollo Fruti--

cola.

" Adolfo López Mateos ", en San Luis de la Paz
Guanajuato, México 1973.

22)

COOKE, G.W.

The Control of Soil Fertility

First Edition

Hafner Publishing Co.

New York, 1967.

23)

JAY, R.A., UNDERWOOD, A.L.

Quantitative Analysis

3rd Edition

Prentice-Hall, Inc.

New Jersey, 1974.

24)

DIRECCION GENERAL DE AGRICULTURA

Cultivo y Aprovechamiento del Nopal

Sección de Divulgación

Chapingo, México 1961.

25)

DOMANUE, R.L., FOLLETT, R.H.

Our Soils and Their Management

Fourth Edition

The Interstate Printers & Publishers, Inc.

E.U.A., 1976.

26)

DUCHANFOUR, P.

Edafogénesis y Clasificación

Primera Edición

Editorial Masson
Barcelona, 1984.

27)

ELLIOT, L.F., STEVENSON, P.J.
Soils for Management of Organic Wastes and Waste Waters
Soil Science Society of America
Wisconsin, U.S.A.. 1977.

28)

EL-SWAIFY, S.A., MOLDEHAEVER, W.C.
Soil Erosion and Conservation
Soil Conservation Society of America
E.U.A., 1985.

29)

E.U.A. SOIL CONSERVATION SERVICE
Investigación de Suelos; Métodos de Laboratorio y Procedi-
mientos para recoger muestras
Editorial Trillas
México, 1973.

30)

FASSBENDER, H.W.
Química de Suelos
Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA
Costa Rica, 1975.

31)

FASSBENDER, W.H.
Química de Suelos con énfasis en América Latina
Centro Regional de Ayuda Técnica, Agencia para el Desarro-
llo Internacional
México-Buenos Aires

32)

FINKEL, C.W.

Benchmark Papers in Soil Science
Vol. 1 Soil Classification
Hutchinson Ross Publishing Company
Pennsylvania, 1982.

33)

PIRMAN E BEAR

Soils and Fertilizers
Fourth Edition
John Wiley and Sons Inc.
New York.

34)

PLASCHKA, H.A., BARNARD, A.J., STURROCK, P.E.

Química Analítica Cuantitativa
Primera Edición
Cia. Editorial Continental
México, 1984.

35)

FOTI, H.D.

Fundamentos de la Ciencia del Suelo
Tercera Edición
Editorial Continental
México, 1985.

36)

FLEGGMAN, G.

Soil and other growth media
AVI publishing Company Inc.
Westport Connecticut.

37)

FLORES, V.C.A. y AGUIRRE, R.J.R.

El Nopal como Forraje
Colegio de Posgraduados
Chapingo, México 1979.

38)

GARCIA, M.T.

Problemas Entomológicos del Nopal en el Valle de México
Colegio de Posgraduados
Chapingo, México 1965.

39)

GAVARDE, S.A.

Física de Suelos
Primera Edición
Editorial Limusa-Wiley
México, 1973.

40)

GIESEKING, J.E.

Soil Components
Vol. 1 Organic Components
Springer-Verlag New York Inc.
New York, 1975.

41)

GREENLAND, D.J.

Characterization of Soils
University Press, Oxford
New York, 1981.

42)

GUPTA, R.K., DHUMBLA, D.K.

Effect of Sodcity, pH, organic matter and calcium carbona

te on the dispersion behavior of soils, Soil Science, Vol.
137 No. 4, 1984.

43)

HAUSENBILLER, R.L.

Soil Science

Second Edition

W.M.C. BROWN COMPANY publishers dubuque, Iowa

E.U.A. 1976.

44)

HERNANDEZ, C.P.

Guía para Cultivar Nopal Tunero en el Estado de Puebla

CIAMBO-INIA SARH

México, 1981.

45)

HESSE, P.R.

A Textbook of Soil Chemical Analysis

First Edition

Chemical Publishing Co., Inc.

New York, 1971.

46)

HOLY, M.

Erosion and Environment

First Edition

Pergamon Press Ltd.

New York, 1980.

47)

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES FORESTALES

El Nopal

Folleto informativo

México, 1981.

48)

IVANOVA, E.N. AND ROZON, N.N.

Classification and Determination of Soil Types

Nos. 1-5

Israel Program for Scientific Translations

Jerusalem, 1970.

49)

JACKSON, M.L.

Análisis Químico de Suelos

Editorial Omega

Barcelona, 1982.

50)

KABATA, A., PENDIAS, H.

Trace Elements in Soils and Plants

Fourth Printing

CRC PRESS, Inc.

Florida, 1986.

51)

KANWAR, J.S., DATTA, N.P.

International Symposium on Soil Fertility Evaluation Proceedings

Indian Society of Soil Science

India, 1971.

52)

KIRKBY, M.J. Y MORGAN, R.P.C.

Erosión de Suelos

Primera Edición

Editorial Limusa

México, 1984.

53)

KLOTE, A.

Methods of Soil Analysis

ED. AM. SOC. of Agronomy

New York, 1986.

54)

KONONOVA

Materia Orgánica del Suelo

Primera Edición

Oikos-tau, S.A.

España, 1982.

55)

LEVESQUE, M.P. AND MATHUR, S.P., Soil Tests for Copper, Iron, Manganese and Zinc in Soils. Soil Science, vol. 142, No. 3, 1986.

56)

LOPEZ, R.J. Y LOPEZ, M.J.

El Diagnóstico de Suelos y Plantas

Tercera Edición

Edit. Mundi-Prensa

Madrid, 1978.

57)

MELA, M.P.

Tratado de Edafología

Segunda Edición

Zaragoza, 1963.

58)

MILLAR, C.E.

Fertilidad del Suelo

Primera Edición

Edit. Salvat

Barcelona, 1964.

59)

MILLAR, C.E.

Fundamentos de la Ciencia del Suelo

Centro Regional de Ayuda Técnica

Agencia para el Desarrollo Internacional

México-Buenos Aires.

60)

MUNSELL

Soil Color Charts

Labeth Division of Kellmorgan Corporation

New York, 1975.

61)

MUÑOZ, D.J.G.

Usted, la Tierra, los Abonos y los Frutos

Primera Edición

Edit. Diana

México, 1983.

62)

ORTEGA, T.E.

Química de Suelos

Universidad Autónoma Chapingo

Chapingo, 1961.

63)

ORTIZ, V.S. Y ORTIZ, S.C.A.

Edafología

Tercera Edición

Universidad Autónoma Chapingo

México, 1980.

64)

ORTIZ, V.B.

Estudio Experimental sobre la Conservación del Suelo, la -
Erosión y el Escurrimiento

Universidad Autónoma Chapingo

México, 1982.

65)

PALMER, R.G. AND TROEH, F.R.

Introducción a la Ciencia del Suelo

Segunda Edición

Libros y Editores S.A.

México, 1980.

66)

PATRICK, F.E.A.

Suelos

Primera Edición

Editorial Continental

México, 1984.

67)

PAUL, W.

Los Suelos de México y las Posibilidades de Futuros Desa--
rrollos Agrícolas

Universidad Autónoma Chapingo

México, 1936.

68)

RODRIGUEZ, C.A. Y RIVERA, H.

Nitrógeno imprescindible en la Agricultura, Agro-Síntesis,

Vol 14, No. 16, Junio 1963.

69)

RUSSELL, E.W.

Soil Conditions and Plant Growth

Tenth Edition

Longman (Edit.)

London and New York.

70)

RUSSELL, J.S. AND GREACER, E.L.

Soil Factors in crop production in a semi-arid environment

University of Queensland Press

Sta. Lucia, Queensland 1977.

71)

SAMPAT, A.G.

Física de Suelos Principios y Aplicaciones

Primera Edición

Edit. Limusa-Wiley

México, 1972.

72)

SMITH, K.A.

Soil Analysis

Marcel Dekker, Inc. (Edit.)

New York, 1963.

73)

STALLINGS, J.H.

El Suelo su uso y Mejoramiento

Cuarta Edición

Edit. Continental

México, 1972.

74)

STARK, H. AND SWING, H., Predicting The Nutrient Retention

Capabilities of Soils, Soil Science, vol. 131, No. 1, 1981.

75)

STORIE, R.E.

Manual de Evaluación del Suelo

Primera Edición

Edit. UTEHA

México, 1970.

76)

SUBSECRETARIA DE PLANEACION

DIRECCION GENERAL DE ESTUDIOS

SUBDIRECCION DE AGROLOGIA

Métodos para el Análisis Físico y Químico de Suelos, Aguas
y Plantas

Publicación No. 10

Segunda Edición

México, 1978.

77)

THOMPSON, L.M., TROEN, P.R.

Los Suelos y su Fertilidad

Cuarta Edición

Editorial Reverté, S.A.

España, 1982.

78)

TORRES, R.E.

Manual de Conservación de Suelos Agrícolas

Primera Edición

Editorial DIANA

México, 1981.

79)

VELASCO, M.H.A.

Uso y manejo del Suelo

Primera Edición

Editorial Limusa

México, 1983.

80)

VOGEL, A.I.

Química Analítica Cuantitativa

Sexta Edición

Editorial Kapelusz

Argentina, 1983.

81)

WALSH, L.M.

Instrumental Methods for Analysis of Soils and Plant Tissue

Soil Science Society of America, Inc.

Wisconsin U.S.A., 1971.