



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

**CARACTERIZACION FISICA Y QUIMICA DE
ALGUNAS CALICATAS DE SAN NICOLAS
TETELCO EN LA DELEGACION DE
TLAHUAC Y XOCHIMILCO, D.F.**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

B I O L O G O

P R E S E N T A:

MIGUEL ANGEL CHAVEZ CASTAÑEDA

DIRECTOR DE TESIS:

M. EN C. ROSALIA RAMOS BELLO

277849

MEXICO, D.F. a 28 de Abril de 2000.



FACULTAD DE CIENCIAS
SECCION RECOLATOR



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

MAT. MARGARITA ELVIRA CHÁVEZ CANO
Jefa de la División de Estudios Profesionales
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo de Tesis:

"CARACTERIZACION FISICA Y QUIMICA DE ALGUNAS CALICATAS DE SAN
NICOLAS TETELCO EN LA DELEGACION DE TLAHUAC Y XOCHIMILCO DF."

realizado por CHAVEZ CASTAÑEDA MIGUEL ANGEL.

Con número de cuenta 8100299-3 , pasante de la carrera de BIOLOGIA.

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de tesis M. EN C. ROSALIA RAMOS BELLO.
Propietario
Propietario DR. NORMA EUGENIA GARCIA CALDERON.
Propietario M. EN C. MARIA SOCORRO GALICIA PALACIOS.
Suplente DR. AMADA LAURA REYES ORTIGOZA.
Suplente BIOL. ABEL IBANEZ HUERTA.

Rosalía Ramos Bello
Norma Eugenia García Calderón
Maria Socorro Galicia Palacios
Amada Laura Reyes Ortigoza
Abel Ibanez Huerta

FACULTAD DE CIENCIAS
U.N.A.M.



Consejo Departamental de BIOLOGIA.

Edna María Suárez
DRA. EDNA MARIA SUAREZ DEPARTAMENTO
DE BIOLOGIA

Aquí, en este loco, he morado todos estos años
sin hacer otra cosa que renovar su dolor durante
el día y recrear su tristeza por la noche.
No puedo soportar más tiempo mi destino, y ahora
mismo me rebelaré.

Gibrán Jalil Gibrán.

Agradecimientos.

A mis padres por ser.

A mis hermanos por estar.

A mi esposa por creer.

A mi hijo por prometer.

A mis maestros por compartir, en especial a la Maestra Rosalia Ramos Bello, a la Doctora Norma Eugenia García Calderón, a la Maestra María del Socorro Galicia Palacios, a la Doctora Amada Laura Reyes Ortigoza y al Biólogo Abel Ibañez Huerta.

Caracterización física y química de algunas calicatas de San Nicolás

Tetelco en la Delegación de Tláhuac y Xochimilco, D.F.

Índice.

	Pag.
• INTRODUCCIÓN.	4
• II OBJETIVOS.	6
2.1 Objetivo general.	6
2.2 Objetivos particulares.	6
• III ANTECEDENTES.	
3.1 Historia de la Cuenca de México.	7
3.1.1 Pobladores de la Cuenca de México.	9
3.2 Historia de la zona chinampera.	10
3.3 Suelos salinos, sódicos y salino - sódicos.	13
3.3.1 Origen de las sales.	16
3.3.2 Distribución mundial y nacional de suelos afectados por sales.	18
3.3.3 Características de las sales más comunes en suelos salinos y salino sódicos.	20
3.3.4 Efecto de la salinidad en el suelo.	21
3.3.5 Efecto de las sales en el desarrollo de las plantas.	23

• IV CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES DE LA ZONA DE ESTUDIO.	
4.1 Localización geográfica de la zona de estudio.	26
4.2 Fisiografía.	27
4.3 Geología.	27
4.4 Hidrografía.	29
4.5 Clima.	29
4.6 Vegetación, fauna y cultivos.	30
4.7 Suelos.	32
• V MATERIAL Y MÉTODO.	
5.1 De campo.	33
5.2 De laboratorio.	34
• VI RESULTADOS.	36
• VII DISCUSIÓN.	52
• VIII CONCLUSIONES.	61
• IX BIBLIOGRAFÍA.	64
• Apéndice 1.- Índice de cuadros.	70
• Apéndice 2.- Índice de figuras.	70
• Apéndice 3.- Índice de gráficas.	71
• Apéndice 4.- Índice de tablas.	76

• I Introducción.

La Revolución Industrial en el Siglo XIX, con la producción en serie y la aplicación de antibióticos, marcó el inicio de un desequilibrio en la población humana por el aumento en la tasa de supervivencia del hombre y la consecuente explosión demográfica. Así mismo el incremento de la demanda de alimentos y de vivienda desarrollaron a las grandes urbes y convirtieron los campos agrícolas en zonas urbanas, lo que promovió la desaparición de la fauna y flora autóctona, transformando los ecosistemas. Uno de estos ejemplos se observa en los campos agrícolas fértiles que se han vuelto zonas abandonadas al disminuir su productividad.

Sin embargo países con grandes riquezas naturales, y aún sin ellas, pueden llegar a ser autosuficientes, alimentariamente, si aplican una estrategia agrícola y ganadera adecuada acorde a sus tradiciones culturales y al cuidado de su entorno, lo que evitaría la deforestación que actualmente se lleva a cabo.

Dentro de las zonas con campos antiguamente muy fértiles y de alta productividad, que en la actualidad se encuentran abandonados, está la zona Chinampera de Xochimilco y Tláhuac; a pesar de haber sido nombrada como Patrimonio Cultural de la Humanidad por la FAO UNESCO en 1987 y de los esfuerzos por su recuperación por parte del Departamento del Distrito Federal desde 1988, a través del Plan de Rescate Ecológico de Xochimilco. Ya que la contaminación, sobreexplotación de los mantos acuíferos, sobrepastoreo y empobrecimiento ecológico continua; así como su progresiva urbanización, debido a la presión demográfica que ejerce los habitantes de la ciudad de México sobre ésta zona.

Por ello es de vital importancia finalizar el diagnóstico de la situación en la que se encuentran las chinampas de Xochimilco y Tláhuac, tanto en el ámbito forestal, como en el económico, pero sobre todo en el edáfico y agrícola, para definir el impacto que ha tenido el riego con agua de mala calidad en la salinización de los suelos y se pueda elaborar un plan de rehabilitación de los mismos que corresponden a la zona chinampera de Xochimilco y Tláhuac, a pesar de su difícil manejo por el drenaje deficiente y la cercanía de los mantos freáticos, además de la contaminación por desechos animales y humanos. Para conservar las chinampas aún no urbanizadas y mantener los recursos naturales de esta zona lacustre, preservando la producción de ornamentales tanto de consumo nacional como internacional

de excelente calidad y posiblemente contribuir a satisfacer las necesidades alimenticias presentes hoy en día en la Ciudad de México (Reyes, 1992).

Aunque, para lograr lo anterior, se deba controlar los asentamientos urbanos que crecen más cada día, además de impedir la llegada de aguas residuales de mala calidad a los canales que rodean las chinampas y por supuesto establecer una estrategia de reforestación. (Flores, 1990 citado por Reyes *op. cit*)

Por lo tanto el presente trabajo tiene la finalidad de aportar más información en el contexto edáfico sobre la zona chinampera de Tláhuac, dentro de la localidad de San Nicolás Tetelco, él cual se incluye en los estudios desarrollados por el Laboratorio de Edafología de la Facultad de Ciencias de la UNAM.

- **II OBJETIVOS.**

2.1 Objetivo General.

Comparar la problemática de salinidad y sodicidad entre suelos de San Nicolás Tetelco en la Delegación de Tláhuac y algunos suelos en la Delegación de Xochimilco, D.F.

2.2 Objetivos Particulares.

2.2.1.- Determinar las propiedades físicas y químicas de algunos suelos de San Nicolás Tetelco y algunos de Xochimilco, D.F.

2.2.2.- Determinar los niveles de salinidad y sodicidad en suelos de San Nicolás Tetelco y de Xochimilco en el D.F.

2.2.3.- Comparar el grado de salinidad y sodicidad entre los suelos de ambas zonas de estudio.

• III ANTECEDENTES.

3.1 Historia de la Cuenca de México.

El área de estudio se localiza dentro de la región geográfica conocida como la Cuenca de México, caracterizada por ser una depresión hacia el sur del altiplano central mexicano rodeada por montañas, formada por rocas volcánicas entre 30, 20 y 15 millones de años de edad, las cuales pertenecen a tres periodos geológicos Terciario medio, Terciario superior y Cuaternario (*Mooser, 1961*).

Del Terciario medio se tienen estructuras de productos volcánicos originadas entre el Oligoceno y el Mioceno, mostrando restos de volcanes estratificados, corrientes de lava, tobas y brechas. Está representada esta época al Oeste de la Delegación de Xochimilco en la Sierra de Xochitepec con rocas basálticas, andesitas basálticas, anfífolas, piroxenos, lutitas y riolitas.

En cuanto al Terciario superior se pueden observar las formaciones de la Sierra de Guadalupe y la de Tarango con acumulación de material piroclástico, como arenas de composición intermedia y básica.

Y por último del periodo Cuaternario se tienen lavas y tobas representativas del último ciclo volcánico con actividad en la Sierra de Chichinautzin.

Durante el Pleistoceno perteneciente al periodo Cuaternario se formaron dos sistemas fluviales con sus cabeceras en Pachuca y Zumpango, llegando desde el oeste de la Sierra de Guadalupe hasta Xochimilco y Cuernavaca por un cañón de lava basáltica y otro en la Sierra Nevada desembocando en Amacuzac, Cuautla (*Mooser, 1963*)

Así el Valle de México cubierto de basalto se ve sometido a la actividad volcánica del Chimalhuacán y del cerro de la Estrella que provocó un hundimiento de la parte central de la Cuenca, al coincidir con la fractura Clarión ubicada a los 19° de latitud norte y que atraviesa el país de oeste a este. Presentando un represamiento de las aguas y materiales de arrastre dando lugar a la Cuenca del Valle de México. (*Mooser op cit.*)

Ésta se rellena con material eruptivo, cantos rodados, gravas, arenas, cenizas y restos vegetales calcinados, que son depositadas sobre material impermeable, saturado con agua formando lagos someros, debido principalmente a la acción del Xitle conformándose una Cuenca endorreica limitada por:

- * Sierra de Pachuca al Norte.
- * Sierra de Chichucuatlán y Tepozán al Noreste.
- * Sierra Nevada al Este y Sudeste.
- * Sierra de Chichinautzín al Sur .
- * Sierra de las Cruces al Sudoeste.
- * Sierra de Monte alto y Monte bajo al Oeste.
- * Sierra de Tezontlalpan al Noroeste.

(*Sánchez, 1989*) (figura 1).

Con una forma rectangular irregular o elíptica, con el eje mayor en dirección noreste - sudeste con una longitud de 110 km y con un eje menor de este a oeste con una longitud de 80 km de largo; abarca un total de 9,600 km², con un 40 % de llanos y 60 % de lomeríos y vertientes de sierras, sin drenaje general, con una altitud de 2250 msnm en la parte plana, se localiza geográficamente entre los 19° 03' 53" y 20° 11' 09" de latitud Norte y 98° 11' 53" y 99° 30' 24" de longitud Oeste (*Wolffer, 1976 citado por Sánchez, op. cit.*), conteniendo las jurisdicciones del DF, Estado de México, Hidalgo, Tlaxcala y Puebla, o bien parte de ellas (*Sánchez, op. cit.*).

Dentro de la jurisdicción del DF se encuentran otras elevaciones orográficas, como la Sierra de Guadalupe al norte, Sierra de Santa Catarina al este, el volcán Xico y el cerro del Pino al oeste y algunas salientes como el Peñón de los Baños, Peñón de Marqués y el cerro de la Estrella, conformando el 14 % del territorio de la Cuenca de México en su parte sudoeste, con un total de 16 Delegaciones Políticas y con 1499 km² (fig. 2).

Durante la actividad del Xitle, esta Cuenca se cerró ocurriendo la formación de lagos someros; los cuales ya durante nuestra época debido a un cambio pluviométrico en periodos de sequía se concentraban en 6 lagos: el de Zumpango y Xaltocán al norte, Texcoco y México al centro, y Chalco y Xochimilco al sur de la Cuenca (*Jiménez - Osornio, 1990 citado por Mercado, 1993*).

Presentando algunas diferencias entre ellos ya que el Lago Zumpango - Xaltocán tenía un nivel superior que el de Texcoco - México, con drenaje estacional y con áreas cercanas a manantiales, el de Texcoco - México al ser el más bajo en el nivel de la Cuenca era salado y el de Xochimilco - Chalco al tener 3 metros más de altitud que el de

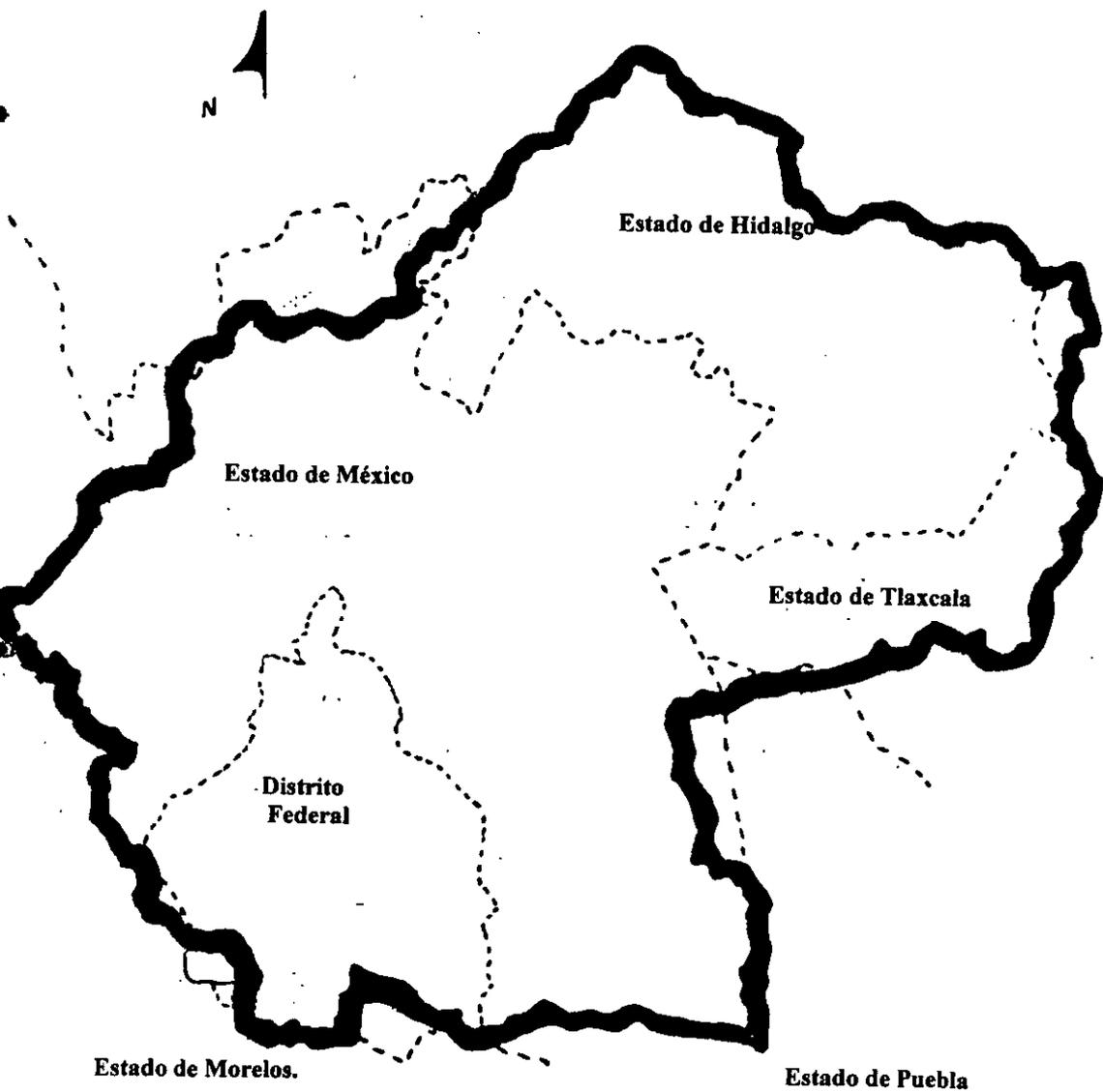


Figura 2.- Delimitación de la Cuenca del Valle de México (Vallejo, 1992).

Texcoco y contar con manantiales de agua dulce en su margen era el mejor sitio para desarrollar la agricultura al tener suelos fértiles (*Becerril y Díaz, 1993*).

Por lo que en el Siglo XVI los lagos, lagunas y pantanos de la Cuenca cubrían aproximadamente 1000 km² de superficie (*Palerm y Wolf, 1973*).

3.1.1 Pobladores de la Cuenca de México.

Como es bien conocido la Cuenca de México fue poblada entre 1800 y 100 A.C. correspondiendo al llamado periodo Preclásico por la cultura Olmeca, pero no es sino hasta el año de 1250 de nuestra era, aproximadamente, cuando arriban al Altiplano Central las hordas bárbaras de los chichimecas provenientes del noroeste de la República Mexicana, dentro de las cuales se encuentran las 7 tribus nahuatlacas, Chalcas, Xochimilcas, Tepanecas, Tlahuicas, Tlaxcaltecas y por supuesto los Mexicas provenientes de un lugar llamado Aztlán (*González, 1971*), las cuales se distribuyeron en los márgenes del lago de la siguiente manera:

Xochimilcas situados en lomerios de Xochimanca y Xochitepec.

Chalcas junto a los Xochimilcas en Chalco.

Tepanecas en Azcapotzalco, la parte occidental de la laguna.

Tlahuicas en las serranías al sur, al encontrar ocupados los bordes de la laguna.

Tlaxcaltecas al oriente de la laguna, fundando Tlaxcala.

Mexicas instalándose después de varios sometimientos en el centro de la laguna; al cual llamaban el "Lago de la Luna".

(*Acevedo, 1972 citado por Medina, 1993*).

Pero la transformación del entorno en el que vivían estas tribus, es atribuido a los Xochimilcas, tribus de cazadores y pescadores, con la construcción del **Tlatel** (plataforma de forma rectangular elevada para vivienda rústica) y de la **Chinampa** (parcela elevada del fondo lodoso) fundando Xochimilco y absorbiendo a los poblados ribereños del lago.

(*González, 1990 citado por Mercado, op. cit.*).

En 1267 arribó la última horda de origen nahuatlaca con la llegada de los Mexicas, viéndose sometidos por el régimen Tepaneca de Azcapotzalco y posteriormente al señorío

de Culhuacán por el robo de mujeres; siendo liberados más tarde, gracias a su participación en la guerra en contra de los Xochimilcas. Así en 1325 se fundó su capital en el centro de la laguna siguiendo las señales de Huitzilopochtli, sometiendo posteriormente a las otras tribus nahuatlacas que vivían alrededor del lago sobre la base de su poderío militar (González, *op. cit.*).

Con lo que en vísperas de la conquista española, los aztecas dominaban al señorío de Xochimilco y habían adoptado la técnica chinampera como forma de explotación del “Lago de la Luna”; tanto así que los plebeyos aztecas tenían sus chozas junto a su chinampa impulsando la explotación de las mismas, alcanzando la época de mayor esplendor en la historia de las chinampas (Coe, 1971 citado por Medina, *op. cit.*).

Convirtiéndose posteriormente estos territorios en lo que conocemos como la Ciudad de México.

3.2 Historia de la zona Chinampera.

West y Armilla, 1950 definen a la chinampa como un islote artificial en ciénagas y pantanos o lagos de poca profundidad rodeados, por lo menos, en tres lados por canales con agua. A las cuales se les ha considerado como el sistema agropecuario más sostenible y diverso conocido hasta la fecha, además de ser el sistema agropecuario por excelencia en Mesoamérica con un mínimo deterioro ambiental en su explotación. (Coe, 1971 citado por Vallejo, 1992; Jiménez - Osornio, 1990 citado por Mercado, *op. cit.*).

La palabra chinampa proviene del nahuatl **Chinamitl = Seto o cerca de caña y Pan = sobre**, las cuales pueden ser de dos tipos:

Lacustres : Partes altas en medio de lagunas o ciénagas de forma rectangular angostas y largas, las cuales se construían localizando una parte somera o poco profunda del lago, demarcando posteriormente sus extremos mediante algunas estacas, entretejiendo enseguida capas de restos vegetales generalmente acuáticos, tales como tiras de césped, tule y zacate y colocando sobre de ellas cieno o lodo del fondo del lago para ir intercalando capas de restos vegetales y lodo secuencialmente hasta alcanzar la altura deseada, aproximadamente a 20 o 25 cm sobre el espejo de agua. Añadiéndole, una vez terminada la labor de construcción, la siembra de algunos ahuejotes a su alrededor con una separación de

4 metros entre cada uno de ellos; con la finalidad de anclar y evitar la pérdida del material de la chinampa (*Palerm y Wolf, 1973; Rojas, 1983*), (fig. 3).

De tierra adentro: construidas en zonas pantanosas, teniendo una construcción semejante a la anterior, siendo diferentes solamente por su ubicación, como ya se hizo notar (*Rojas, op. cit.*).

Cabe hacer mención que la chinampa recién construida no era utilizada inmediatamente ya que se debía esperar de 5 a 6 años para que ésta se asentara en el fondo del canal, manteniendo después de esto una productividad continua año con año; la cual se podía modificar sobre la base de la cantidad de agua dulce incorporada y a las especies vegetales cosechadas durante su uso anual (*Becerril y Díaz, op. cit.*).

Además también se debe señalar el empleo de abono orgánico en el manejo de la chinampa, no dejando descansar así ni un mes del año a la tierra, al sembrar un cultivo una vez cosechado otro. Empleando como hasta la actualidad el uso de almácigos para conseguir el éxito en la plantación y tener mayor cuidado en el cuerpo del cultivo siguiente, inclusive se laboreaba la tierra antes de la siembra con el azadón y se aplicaba una capa de vegetales acuáticos una de lirio y una de tule seco, cubriéndolas con una capa de lodo del fondo del canal para sembrar al cabo de lo anterior en unos 2 o 3 días las plantas de los almácigos, técnica aún usada en la actualidad (*Becerril y Díaz, op. cit.*).

Así desde el año 200 A.C. según el material arqueológico, se tienen los primeros datos sobre la construcción de las chinampas, que han sido sembradas desde esa época con gran variedad de cultivos, pero principalmente hortalizas y flores, alrededor y aún en el centro del "Lago de la Luna". Presentando el periodo de mayor explotación de las chinampas alrededor del año 1600 d.C. en el periodo Azteca (*Jiménez - Osornio, 1990 citado por Vallejo, op. cit.*).

Durante este periodo de máximo esplendor de la zona chinampera, su distribución alrededor de la capital Azteca era en Iztacalco, Iztapalapa, Coyoacán, Azcapotzalco, Magdalena Mixhuca y por supuesto Xochimilco y Chalco, pero como la capital Azteca sufría de inundaciones en la época de lluvias se desarrollaron obras hidráulicas para regular el nivel de los canales pudiendo resumirlas en :

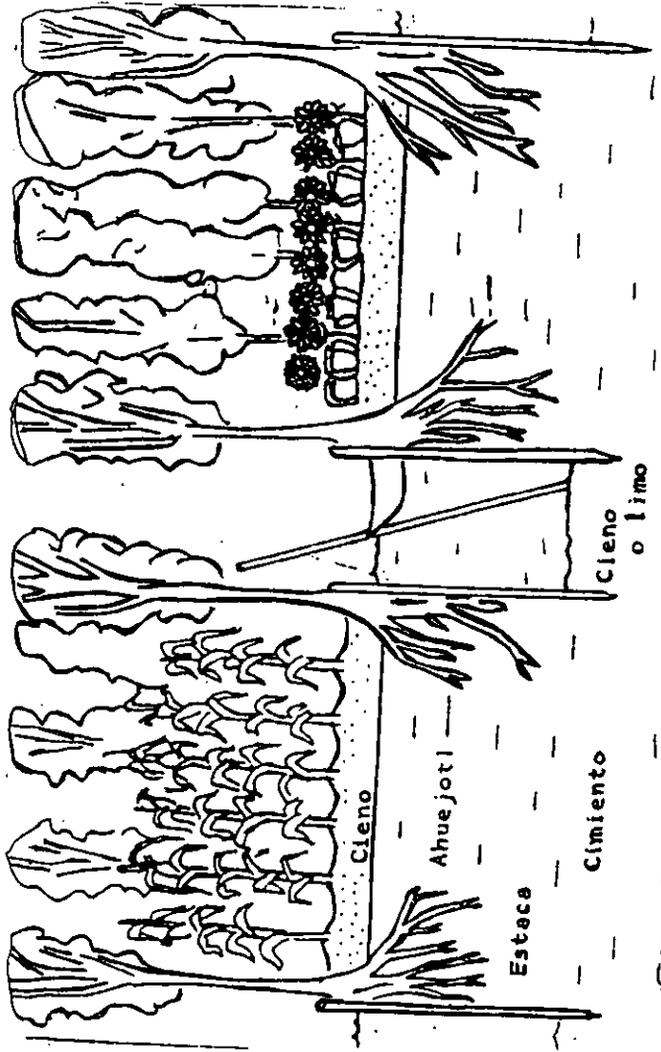


Figura 3.-Estructura de una chinampa (Vallejo, 1992).

El albaradón de Netzahualcoyotl de 16 km de largo, desde el cerro de la Estrella hasta Azcapotzalco, el puerto de canoas en Ayotzingo, el puerto de canoas en Xochimilco, acequias de navegación en Xochimilco, la calzada Teutlia en Tláhuac y la calzada de tierra firme en Xochimilco; añadiéndose a estas obras, las efectuadas por los españoles después de la conquista, como el desagüe artificial de Huehuetoca hasta el Golfo de México; para darle salida a la cuenca (*Palerm y Wolf, op. cit.*), y la desecación del lago de Chalco y parte del de Xochimilco (fig. 4).

Sin embargo el mayor impacto sobre la zona chinampera se presenta en la época del Porfiriato en 1906, al abastecer de agua dulce a la creciente Ciudad de México, entubando las aguas de los manantiales localizados al sudeste de Xochimilco y provocando la desecación de la calzada de la Viga en 1914. Continuando la desecación progresiva desde 1933 al extraer 3000 litros / segundo de agua, dejando de alimentar los canales y lagunas de la región, afectando las zonas de Tulyehualco, Nativitas y Xochimilco; hasta que en 1957 por presiones de los chinamperos, el DDF restituye las aguas de los canales de Churubusco, Buenaventura y Canal Nacional con el bombeo de aguas negras tratadas en las plantas de Aculco - Coyoacán y cerro de la Estrella posteriormente(*Jiménez - Osornio, op. cit.*).

Empero lo anterior no solucionó el problema de los chinamperos, si no que por el contrario lo empeoró; al restituir el agua de los canales con agua de mala calidad, trayendo como consecuencia la salinización y sodificación de los suelos de la zona chinampera conllevando desde los años 70's al abandono paulatino de las tierras de cultivo y su transformación en zonas urbanas, restando actualmente un total de 2293 hectáreas como zonas de cultivo con una distribución que se muestra en el cuadro número 1.

Figura 4.-Obras hidráulicas efectuadas en el Lago de la Luna en época prehispánica.



Cuadro No. 1 Distribución actual de chinampas en la zona lacustre de Xochimilco y Chalco.

Pueblo.	Has. Cultivadas.	Has. Abandonadas.	Has. Totales.
Xochimilco.	294	530	824
S.GregorioAtlapulco.	107	194	301
S.LuisTlaxialtemalco	40	68	108
San Pedro Tláhuac.	327	223	550
San Andrés Mixquic.	268	182	450
San Nicolás Tetelco.	35	25	60
Has. Totales por rubro	1071	1222	2293

(INEGI, 1993)

De donde, en la mayoría de los casos, la producción agrícola obtenida es de autoconsumo, principalmente de hortalizas y leguminosas (*Mainer, 1979 citado por Mercado, op. cit.*), y en otros casos, principalmente en Xochimilco, la producción agrícola es de flores de excelente calidad (*Flores, 1990 citado por Reyes, op. cit.*).

Existen actualmente zonas totalmente deforestadas, dando lugar al desbordamiento del material de las chinampas el cual tapa el canal o los apantles, y gracias a la extracción de más agua de la zona que la que es restituida se tienen terrenos hundidos hasta 1 metro por debajo del espejo de agua o bien apenas por encima de éste; que en épocas de lluvias se inundan y no pueden ser cultivadas (*López y Reyes, 1990 citado por Reyes, op. cit.*); lo cual de mantenerse como hasta ahora redundará en la pérdida total de una de las zonas más fértiles y productivas que han existido en el país.

3.3 Suelos Salinos, Sódicos y Salinos - Sódicos.

La importancia del material edáfico en la economía de un país es indiscutible; por lo tanto es muy importante conocer las propiedades físicas y químicas de las unidades de suelo en una determinada zona, con la finalidad de plantear una serie de acciones que puedan llevarnos a la mejor explotación de este recurso.

Ahora bien, la palabra suelo se puede definir de diferentes maneras pero para el presente trabajo se tomará en cuenta la definición de:

Suelo es la superficie suelta de la tierra distinta de la roca sólida, contemplada como un cuerpo natural de la superficie terrestre con propiedades definidas por el efecto del clima y materia viviente que actúan sobre ella durante un periodo de tiempo (*Porta, et. al. 1994*).

Este cuerpo natural contiene cuatro componentes: la porción mineral, la orgánica, la líquida y la gaseosa; que al tener diferentes proporciones da lugar a propiedades específicas para dicho cuerpo, de acuerdo al material parental del que provenga, en la porción sólida y el estado y cantidad de los otros componentes.

Empero algunas de sus propiedades originales pueden ser modificadas por actividades como el riego, por lo que nos encontramos con la existencia de suelos salinos, sódicos y salinos - sódicos, los cuales son suelos con las siguientes características:

Suelos salinos Son suelos que presentan un contenido de sales solubles en tal cantidad, que alteran su productividad y que presentan un extracto de saturación, con una conductividad eléctrica mayor a 4 ds / m a 25 ° C, con un PSI (porcentaje de sodio intercambiable) menor del 15 % y con un pH generalmente menor a 8.5, también llamados “**Álcali Blanco o Solonchaks**” (*Allison y Richards, 1993*).

Se encuentran generalmente en zonas áridas o semiáridas ya que en climas húmedos las sales solubles formadas por el material del suelo son llevadas a capas inferiores hacia aguas subterráneas, siendo transportadas al mar. Aunque se pueden presentar suelos salinos en zonas húmedas en deltas de ríos y en tierras bajas cercanas al mar.

En zonas áridas las sales sólo son lavadas de forma local debido a la escasa precipitación pluvial y la alta evaporación existente en estas zonas, concentrando las sales en las partes superficiales del suelo.

En la mayoría de los casos de los suelos salinos se presenta un drenaje ineficiente, causada por la baja permeabilidad del suelo, que se encuentra dada por la textura o estructura desfavorable al tener capas endurecidas de arcilla, caliche o sílice y al poco desarrollo del drenaje superficial.

También se originan suelos salinos debido al tipo de agua con la que se riega un campo agrícola, ya que pueden contener de 0.1 a 5 ton de sales / ha en una lámina de 30 cm

de agua y la aplicación anual y puede llegar hasta 1.50 metros o más; elevando el manto freático hasta 1.80 metros de la superficie del suelo, moviendo el agua subterránea hacia arriba y provocando la salinización. (*Allison, op. cit.*).

Suelos Sódicos o sódicos no salinos Los cuales se caracterizan por presentar una conductividad eléctrica menor a los 4 ds / m a 25 ° C y con un PSI mayor del 15 % y con un pH entre 8.5 y 10 llamados “**álcali negros o Solonetz**”.

Estos suelos con mucha frecuencia se encuentran ubicados en zonas áridas o semiáridas, al igual que los suelos anteriores, distribuidos en áreas pequeñas e irregulares y se forman a través del lavado de un suelo salino - sódicos con agua sin yeso debido a la hidrólisis del Na^+ intercambiable al disminuir el exceso de sales solubles. En suelos altamente sódicos la materia orgánica dispersa y suelta se puede depositar en la superficie debido a la evaporación del agua y tiene lugar el consecuente ennegrecimiento de las capas superficiales donde se acumula el sodio.

Debido a la gran dispersión de la arcilla saturada con Na^+ se transporta hacia capas inferiores, promoviendo una textura gruesa y quebradiza en los niveles superficiales teniendo en la zona de acumulación una capa densa y de baja permeabilidad, con estructura prismática.

El pH mayor de 8.5 se debe a la formación de cloruros, sulfatos y bicarbonatos con pocos carbonatos de sodio y al presentar al Na^+ como el catión predominante una vez que el Ca^{++} y el Mg^{++} se precipitan por el pH.

Por otro lado hay casos de suelos con un PSI mayor de 15 %, pero con un pH menor de 6 en los niveles superficiales, los cuales son llamados “**Álcali degradados**” donde el pH ácido se debe a la acción del hidrógeno intercambiable, a pesar de que las condiciones físicas del suelo son determinadas por el Na^+ presente de forma intercambiable (*Allison op. cit.*).

Suelos salino - sódicos Son suelos que presentan una conductividad eléctrica mayor a 4 ds / m a 25 ° C y con un PSI mayor del 15 %, con pH de 8.5.

Se forman por la salinización y la acumulación de Na^+ con propiedades semejantes a los suelos salinos, al tener un exceso de sales solubles, aunque debido a la acumulación de Na^+ se presenta la dispersión de las partículas del suelo.

Si se lavan estos suelos pueden cambiar drásticamente, transformándose en suelos sódicos no salinos, a través de la hidrólisis del Na^+ , formando NaOH que puede reaccionar a Na_2CO_3 , al combinarse con el CO_2 presente, convirtiendo al suelo en más alcalino, lo cual dispersa las partículas del suelo y no permite su drenaje, además dificulta su labranza (Allison, *op. cit.*). Es necesario señalar que el sodio siempre se encuentra adsorbido en el complejo de intercambio catiónico, sin embargo si el sodio se convierte en el catión predominante, en relación con los otros cationes intercambiables, produce los cambios en la estructura del suelo como la dispersión de los coloides del mismo y una disminución del espacio poroso originando baja permeabilidad. Clasificándose los suelos salinos como lo muestra el cuadro No. 2 (Allison, *op. cit.*):

Cuadro No. 2 Características químicas de los suelos salinos y salino - sódicos.

Suelo	pH	C.E. dS/ m.	P.S.I.
Normal.	< 8.5	< 4	< 15 %
Salino.	< 8.5	> 4	< 15 %
Salino - Sódico.	A veces 8.3	> 4	> 15 %
Sódico.	< 8.5	< 4	> 15 %

3.3.1 Origen de las sales.

El origen de las sales y el sodio que pueden afectar algunas zonas son de tipo:

Primario : Originadas por causas naturales, sin la intervención del hombre y en periodos que abarcan varios miles de años; como son los casos del intemperismo físico, químico y biológico de rocas o minerales primarios de la corteza terrestre (Dixon 1989), que liberan principalmente Na^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , y Cl^- , HCO_3^- , NO_3^- , IO_3^- , SO_4^{--} , CO_3^{--} ; que pueden estar presentes en los siguientes minerales evaporíticos:

Cuadro No. 3 Principales minerales evaporíticos en los suelos.

Mineral	Fórmula Química.
Halita.	NaCl.
Tenardita.	Na ₂ SO ₄ .
Mirabilita.	Na ₂ SO ₄ • 10 H ₂ O.
Nacolita.	NaHCO ₃ .
Soda (Natrón).	Na ₂ CO ₃ • 10 H ₂ O.
Trona.	Na ₂ (HCO ₃) ₂ • 2 H ₂ O.
Bloedita.	Na ₂ Mg (SO ₄) ₂ • 4 H ₂ O.
Hexahidrita	Mg SO ₄ 6 H ₂ O.

(Dixon, *op. cit.*).

Las cuales se acumulan de acuerdo con la topografía del lugar y distribución de la lluvia en la zona, por que: “ La salinidad total del suelo en tiempo y espacio posee cambios en su composición; donde el contenido Na⁺ disminuye conforme se incrementa la distancia al mar y aumenta el contenido de Ca⁺⁺ y SO₄⁻ ” (Aceves, 1979).

Otra fuente de las sales en los suelos que se debe considerar son los procesos volcánicos, ya que liberan SO₄⁻ y H₂ S (fig. 5).

Secundario : Originadas por la intervención del hombre dando lugar a la salinización y sodificación, sobre todo como resultado del riego.

Así la salinidad y sodicidad de algunos suelos están ligadas al empleo agua de mar, aguas superficiales o subterráneas que han estado en contacto con rocas que se componen de depósitos marinos, como aguas de irrigación, lavando y arrastrando las sales ya formadas en otros sitios (Teakle, 1937 citado por Allison, *op. cit.*).

O bien a la descomposición de las plantas halófitas cultivadas frecuentemente en algunos lugares y los desechos domésticos e industriales (Ortiz, 1992).

Además de la inundación de suelos con aguas de mala calidad o por ascensión de los mantos freáticos; la salinización también puede ser el resultado de la escasez de lluvia y la alta evaporación en cuencas cerradas con corrientes permanentes ricas en sales,

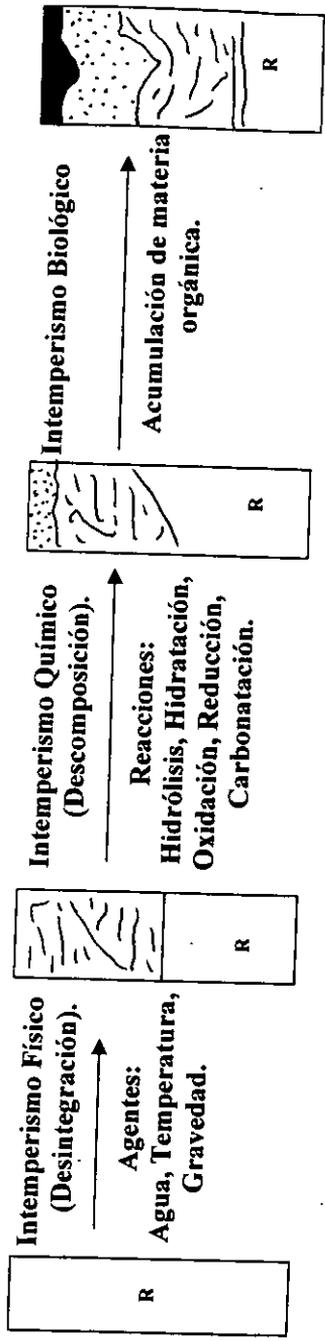


Figura 5.- Esquema del proceso de formación del suelo (Ortiz, 1990).

provocando inundaciones temporales que den lugar a la formación de lagos salados permanentes, como anteriormente se explicó (*Allison, op. cit.*).

En cuanto a la sodificación de los suelos se origina debido a la retención del Na^+ por las partículas coloidales del mismo en el complejo de intercambio, formado por los coloides minerales y los coloides orgánicos (*Ortiz y Ortiz, 1990*).

Ya que los cationes Na^+ , Ca^{++} y Mg^{++} son fácilmente intercambiables, mientras el K^+ y NH_4^+ son retenidos principalmente por las arcillas de tipo 2:1, por lo que se intercambian con gran dificultad y son llamados cationes fijados (*Porta, op. cit.*).

Así el Na^+ predomina en el complejo de intercambio, debido a la precipitación de CaSO_4 , CaCO_3 y/o el MgCO_3 , por la evaporación del agua de la solución del suelo en épocas de sequía; con lo que se alcanza un valor de más del 15 % de PSI con las repercusiones subsecuentes en la estructura del suelo.

3.3.2 Distribución de los suelos afectados por sales:

Los suelos afectados por sales se encuentran en todo el mundo; aunque en su mayoría están asociados a zonas áridas, principalmente entre los Trópicos de Cáncer y Capricornio.

Szabolcs 1989 citado por Ortiz, op. cit. estima que hay unas 1,500 millones de hectáreas afectadas por la salinidad y *Tanji, 1990 citado por Ortiz, op. cit.* calcula unas 340 millones de hectáreas con problemas de salinidad y 560 millones por sodicidad, agrupándose aproximadamente en:

Asia	320 millones de Has.
Europa	50 millones de Has.
África	80 millones de Has.
Australia	357 millones de Has.
América	193 millones de Has.

Según la FAO - UNESCO (*Ortiz, op. cit.*).

En nuestro país un 40 % de su superficie correspondiente a zonas áridas o semiáridas, así alcanza un total de 6.8 millones de hectáreas de suelos afectados por sales y / o sodio; concentrándose en los Estados de Sonora, Sinaloa, Nayarit, Baja California

Norte y Sur en áreas costeras (producidos por alta evaporación), y en Tamaulipas al igual que al norte de Veracruz en marismas.

En Chihuahua, Durango, Zacatecas, San Luis Potosí y Coahuila alrededor de lagunas (por poca precipitación, mucha evaporación y tener suelos fósiles).

En Michoacán, México, Puebla y Tlaxcala en áreas con topografía accidentada (por tener mantos acuíferos elevados, salobres y tener poco lavado); en cuanto a la salinización primaria.

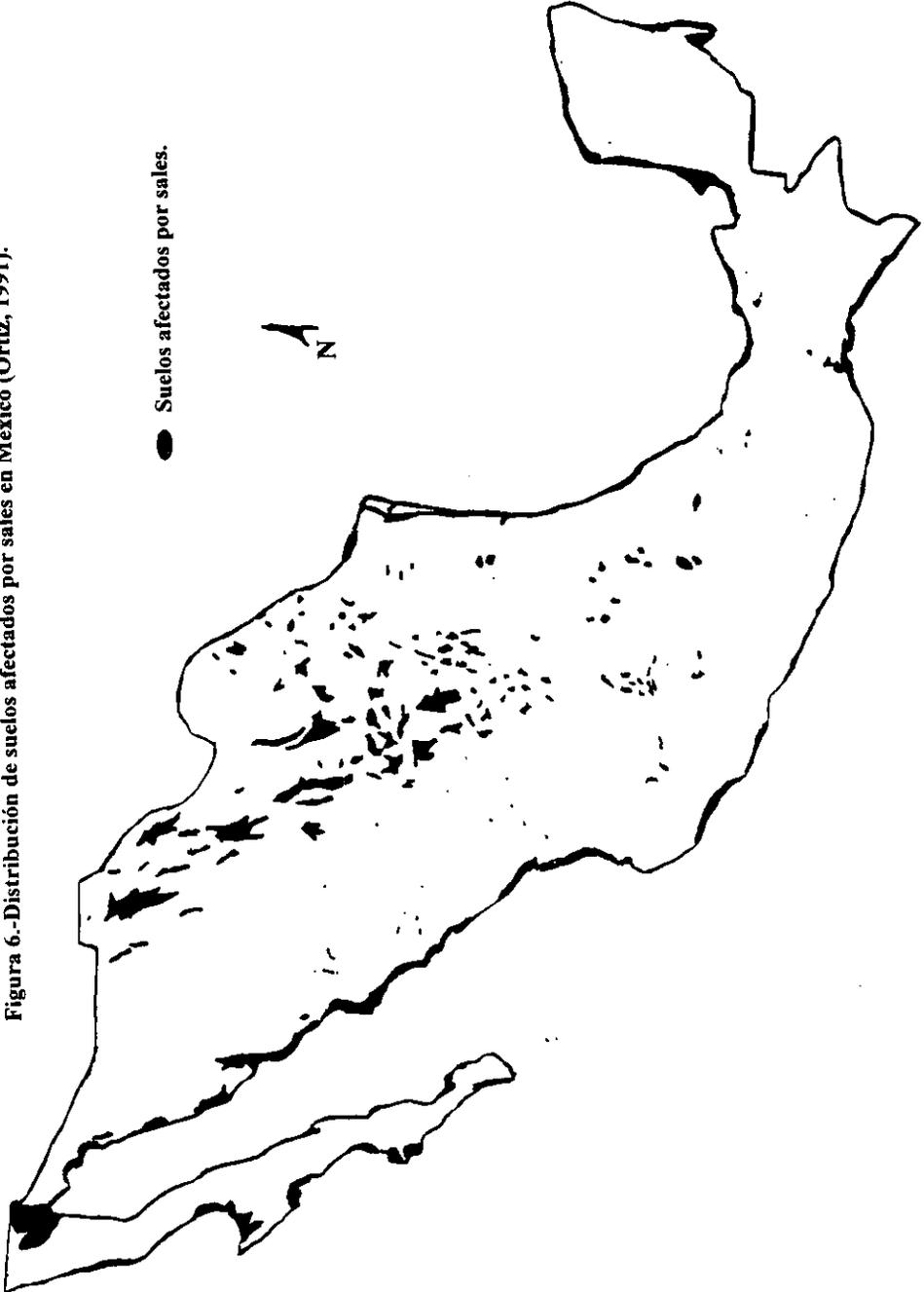
Y en los Estados de Baja California Norte, Sonora, Chihuahua, Durango, Tamaulipas, Michoacán, Hidalgo, Guanajuato, Oaxaca y por supuesto la zona lacustre de Xochimilco y Chalco en el D.F. por salinización secundaria (por el uso de agua de mala calidad, mantos freáticos elevados, falta de drenaje del suelo bajo climas de alta evaporación y succión del agua del subsuelo) (SARH, 1984 citado por Ortiz, *op. cit.*) (fig. 6).

Por lo tanto de acuerdo con Ortiz y Ortiz, *op. cit.* de los 28.8 millones de Hectáreas agrícolas que existen en nuestro país, el 70 % son de temporal y el 30 % restante son de riego ya que en un 50 % de la extensión del territorio nacional se presentan lluvias escasas con una distribución azarosa, además existe en ellos una sobreexplotación de los mantos acuíferos, provocando problemas serios en cuanto a la disponibilidad del agua, como es el caso de la Cuenca del Valle de México que ha ocasionado una serie de efectos sobre el área del Lago de Xochimilco - Chalco como lo son:

- 1.- Erosión del suelo.
- 2.- Contaminación por plaguicidas.
- 3.- Deforestación
- 4.- Abandono agrícola.
- 5.- Salinidad y sodicidad de los suelos.

(Ibáñez, 1993).

Figura 6.-Distribución de suelos afectados por sales en México (Ortiz, 1991).



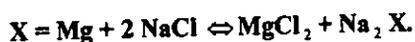
3.3.3 Características de las sales más comunes en suelos salinos y salino - sódicos:

Las sales que con más frecuencia se encuentran en los suelos pueden ser, el sulfato de magnesio, sulfato de sodio, cloruro de magnesio, cloruro de sodio y el carbonato de sodio que presentan las siguientes características particulares:

Sulfato de Magnesio: Sal con una solubilidad elevada de 262 g / l, es la sal más perjudicial para los cultivos y nunca se acumula de forma pura si no con la combinación de otras sales; como en el caso de la Bloedita ($\text{Na}_2 \text{Mg} (\text{SO}_4)_2 \cdot 4 \text{H}_2 \text{O}$).

Sulfato de Sodio: Sal con una solubilidad variable según la temperatura, lo cual altera los lavados y precipitados de esta sal; que por capilaridad puede subir a la superficie y precipitarse al bajar la temperatura en Mirabilita ($\text{Na}_2 \text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2 \text{O}$), y puede deshidratarse cuando sube la temperatura formando la Tenardita ($\text{Na}_2 \text{SO}_4$), caracterizada por presentar cristales grandes, da una apariencia esponjosa, con una estructura muy suelta en los primeros 10 cm de profundidad del suelo y contiene además granos floculados al tamaño de la arena.

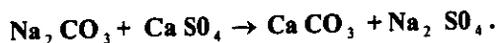
Cloruro de Magnesio: Con una solubilidad de 353 g / l, formada como consecuencia de la reacción entre el magnesio presente en el complejo de intercambio catiónico y soluciones de cloruro de sodio que asciende capilarmente a capas más superficiales.



El cloruro de magnesio absorbe agua de la atmósfera dando lugar a una solución salina muy concentrada la cual conserva mucho la humedad después de la lluvia dando un color oscuro al suelo.

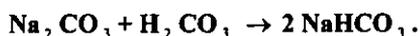
Cloruro de Sodio: Frecuente en los suelos salinos, de alta toxicidad para las plantas, con una solubilidad de 318 g / l que no varía con la temperatura.

Carbonato de Sodio: Solubilidad elevada y variante con la temperatura, a 0 ° C 68 g / l y a 50 ° C 429 g / l. Por la alta solubilidad al hidrolizarse da lugar a una alta alcalinidad ya que con un 0.05 % presente en los suelos disgrega las arcillas; no es muy común en suelos desérticos o semidesérticos al reaccionar con sulfato de calcio presente bajo la siguiente secuencia química:



En ausencia de dicho sulfato, los carbonatos y bicarbonatos, provenientes de la reacción de los carbonatos con el ácido carbónico, se depositan y no son lavados fácilmente debido a la disminución de la solubilidad en la estación fría.

El bicarbonato de sodio es menos alcalino que el carbonato de sodio ya que el H_2CO_3 neutraliza el efecto por la reacción:



Carbonato de Calcio: Es una sal poco soluble 0.1031 g / l, puede dar origen a horizontes cementados, impermeables e impenetrables a las raíces de las plantas gracias a la evaporación del agua del suelo.

Carbonato de Magnesio: Mucho más soluble que el carbonato anterior aunque de difícil formación por la absorción del Mg por el complejo de intercambio en el suelo.

Sulfato de Calcio (Yeso): Con una solubilidad muy baja de 2.04 g / l aproximadamente; por lo que se utiliza como un mejorador de suelos sódicos al aportar Ca^{++} al complejo de intercambio, reduciendo el porcentaje de sodio intercambiable (*Allison, op. cit.*).

3.3.4 Efecto de la salinidad en el suelo:

Las sales mencionadas, cuando se encuentran en grandes cantidades, en los suelos traen consigo algunas alteraciones en sus propiedades; las cuales repercuten en el rendimiento de los cultivos.

Las propiedades físicas de los suelos que se alteran son: aireación, temperatura y algunas propiedades mecánicas como el drenaje o la percolación, y dentro de las propiedades químicas el pH y la capacidad de intercambio catiónico.

Las propiedades físicas del suelo afectadas están en estrecha relación con la agregación de las partículas por que repercute en la porosidad, distribución y tamaño de los poros, y modifica la cantidad de humedad en el suelo, así como la aireación.

La agregación de las partículas del suelo se encuentran en función del tipo y cantidad de sales que se encuentren en el mismo, ya que la presencia de sales de Na^+ puede provocar una dispersión en los agregados, presentando una reducción en la macroporosidad

por que las fuerzas de atracción entre los cristales disminuye, defloculando el suelo y destruyendo la estructura del mismo volviéndose impermeable al paso del agua.

En consecuencia la cantidad de aire retenida en los poros del suelo es menor, y da lugar a un medio reductor (anaerobiosis), además puede presentar una migración de los coloides orgánicos a las capas más superficiales, absorbiéndose más calor, elevando la temperatura y la migración de los coloides minerales a mayor profundidad del perfil, causando taponamiento de los poros, formando costras que delimitan el desarrollo de las plantas.

En lo referente a las propiedades químicas afectadas se incluyen a la capacidad de intercambio catiónico (CIC) y a la reacción del suelo.

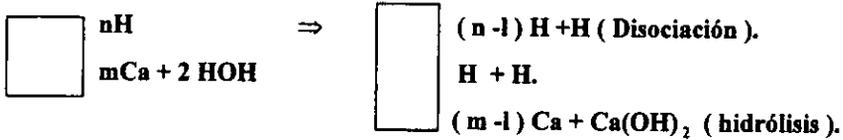
La CIC se modifica una vez que los cationes adsorbidos por el complejo de intercambio son tomados de la solución externa del suelo, de acuerdo a su selectividad con base a su radio atómico, en un orden:

$Li^+ > Na^+ > NH_4^+ > K^+ > Rb^+ > Cs^+ > Ca^{++} > Mg^{++} > Sr^{++} > Ba^{++}$; según la serie de Hofmeister (Aceves, *op. cit.*). Secuencia liotrópica que se modificada por el grado de hidratación de cada átomo redundando en la forma inversa de: $Ba^{++} > Sr^{++} > Mg^{++} > Ca^{++} > Cs^+ > Rb^+ > K^+ > NH_4^+ > Na^+ > Li^+$ (Ortiz y Ortiz, *op. cit.*). Además la selectividad también está en función de la concentración de cada ion en la solución del suelo, al sustituir los iones monovalentes a los divalentes en el complejo de intercambio por un aumento en su concentración, gracias a la acción de la doble capa difusa que retiene a los cationes por cargas electrostáticas, cationes que difunden al sitio o lado de menor concentración. Así al aumentar la concentración o la valencia de los iones el grosor de la doble capa difusa disminuye y permite la repulsión de los cationes hacia la solución intermicelar, al tener mayor concentración, con la subsecuente pérdida por lavado; invirtiéndose el proceso cuando la solución se diluye, es decir los cationes divalentes sustituyen a los monovalentes.

No quedando disponibles éstos cationes para las plantas al no encontrarse en el complejo de intercambio (Porta, *op. cit.*).

El efecto principal de la concentración de las sales no es a través de su influencia sobre el efecto de la suspensión, sino más bien a través del intercambio de cationes. Una

vez que el pH del suelo es el resultado de reacciones químicas complejas donde se suceden disociaciones iónicas, debido a que el suelo contiene diferentes elementos, teniendo un complejo de intercambio con carácter ácido por los cationes H^+ y básico por los cationes que los desplazan, pudiendo ocurrir una disociación iónica de la base y de los iones H^+ por medio de la hidrólisis de los mismo, tal como se observa en la siguiente ejemplificación esquemática.



Los cationes de las sales se intercambian con los iones H^+ y Al^{+++} absorbidos, acidificando el medio, donde los cationes divalentes tienen más poder de amortiguamiento que los monovalentes. Sin embargo la alcalinización de los suelos se presenta cuando el porcentaje de saturación de bases alcanza por lo menos un 80 %, al saturar casi por completo la acidez del suelo en el complejo de intercambio (*Ortiz y Ortiz, op. cit.*).

3.3.5 Efecto de las sales en el desarrollo de las plantas.

La Tensión de Humedad del suelo y la Presión Osmótica de la solución influye en el crecimiento de las plantas al estar relacionada con la concentración de las sales solubles, que aumentan al perderse agua del suelo por evaporación y transpiración de las plantas, por que producen un gradiente de succión y el ascenso del agua de los mantos freáticos, con el arrastre consecuente de sales que se depositan en las capas superiores.

Las sales acumuladas en las capas superficiales del suelo afectan a las plantas a través del aumento de la presión osmótica en el mismo, impidiendo que las raíces de las plantas puedan ejercer la absorción necesaria para contrarrestar dicha presión, no pudiendo tomar el agua presente en el suelo (*Porta, op. cit.*).

Algunas plantas halófitas pueden acumular sales en el protoplasma de sus células facilitando la absorción del agua al aumentar la presión osmótica celular.

Por otro lado la toxicidad específica de algunos elementos no se debe a la acción directa de los iones, sino más bien a que inducen alteraciones en el metabolismo con la

acumulación de productos tóxicos; así no todas las plantas sufren efectos por el mismo elemento al relacionarse la susceptibilidad a la especie en cuestión, tipo de suelo, tipo de sales presentes y humedad del suelo por lo que se tienen especies de diferente tolerancia a la salinidad (Pizarro, 1978).

Entonces en algunos casos la salinidad repercute directamente sobre la inhibición del crecimiento, reducción de talla y producción de materia seca, posiblemente debido a la falta de disponibilidad de agua que es retenida en el suelo, por la inhibición osmótica al usar la energía necesaria para el crecimiento o división celular, en la absorción de agua del suelo, o bien por la acumulación de sustancias tóxicas provenientes de una deficiencia enzimática provocada por la falta de algún elemento en especial o por la falta de división celular al aumentar la lignina de la pared celular, como mecanismo de protección al grado de salinidad, evitando el aumento de turgencia necesaria para el crecimiento celular (Aceves, *op. cit.*).

Así existen plantas tolerantes a diversos grados de salinidad como a continuación se describe en el cuadro No. 4.

Cuadro No. 4 Plantas tolerantes a la salinidad en diversos grados.

Unidades en mmhos/cm (máximos).

Alta tolerancia	Tolerancia media.	Tolerancia baja
$Ec \times 10^3 = 18$	<i>Frutales</i> $Ec \times 10^3 = 10$	$Ec \times 10^3 = 5$
Palmera datilera (<i>Phoenix</i>).	Olivo (<i>Olivo europaea</i>).	Peral (<i>Pyrus communis</i>).
	Vid (<i>Vitis sp.</i>).	Manzano (<i>Malus sp.</i>).
		Naranja (<i>Citrus sp.</i>).
		Ciruelo (<i>Prunus spp.</i>).
$Ec \times 10^3 = 12$	<i>Hortalizas</i> $Ec \times 10^3 = 10$.	$Ec \times 10^3 = 4$
Remolacha (<i>Beta vulgaris</i>).	Tomate (<i>Physalis ixocarpa</i>).	Rábano (<i>Raphanus sativus</i>).
Romero (<i>Suaeda torrevana</i>).	Brócoli (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>Cauliflora</i>).	Apio (<i>Apium graveolens</i>).
	Papa (<i>Solanum tuberosus</i>).	
	Lechuga (<i>Lactuca sativa</i>).	

	Maíz (<i>Zae mays</i>).	
Alta tolerancia	Tolerancia media.	Tolerancia baja
Ec x 10³ =12	<i>Hortalizas Ec x 10³ =10.</i>	Ec x 10³ = 4
	Zanahoria (<i>Daucus carota</i>).	
Ec x 10³ =18	Cultivos forrajeros Ec x 10³ =10.	Ec x 10³ = 3
Cebada (<i>Hordeum vulgare</i>).	Alfalfa (<i>Medicago sativa</i>).	Trébol (<i>Trifolium</i>).
Trébol (<i>Trifolium sp.</i>	Centeno (<i>Secale cereale</i>).	
	Trigo (<i>Triticum sativum</i>).	
	Avena (<i>Avena sativa</i>).	
Ec x 10³ = 16	Cultivos Extensivos Ec x 10³ =10.	Ec x 10³ = 4
Cebada (<i>Hordeum vulgare</i>).	Centeno (<i>Secale cereale</i>).	Habas (<i>Vicia faba</i>).
Algodón (<i>Gossipium sp.</i>	Trigo (grano).	
	Arroz (<i>Oriza sativa</i>).	
	Sorgo (<i>Sorghum vulgare</i>).	

(Aceves, *op. cit.*).

• IV CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES DE LA ZONA DE ESTUDIO.

4.1 Localización geográfica de la zona de estudio.

El área de San Nicolás Tetelco se encuentra ubicada en la jurisdicción del Distrito Federal, en la delegación de Tláhuac, que está en la zona conocida como la Cuenca del Valle de México dentro de la meseta central de la República mexicana, con una posición geográfica de $19^{\circ} 53' 53''$ y $20^{\circ} 11' 09''$ de latitud norte y $98^{\circ} 11' 53''$ y $99^{\circ} 30' 24''$ de longitud oeste (*Sánchez, op. cit.*).

La Cuenca del Valle de México es un valle cerrado a 2260 msnm limitado al norte, este y oeste por Tenancingo, Lerma, Tlanenpantla, Texcoco, Chalco y el Edo. México y al sur por el Estado de Morelos (*Santa Ma., 1912 citado por Rojas, op. cit.*) (fig. 7).

Así la Delegación de Tláhuac está localizada geográficamente entre $19^{\circ} 20' 00''$ y los $19^{\circ} 11' 30''$ de latitud norte y $98^{\circ} 56' 45''$ y los $99^{\circ} 04' 00''$ de longitud oeste con una altitud de 2200 msnm, de forma rectangular irregular con 98 Km de norte a sur y 4.5 Km de este a oeste, a 26 km al sudeste de la Ciudad de México (*INEGI, op. cit.*).

Con una superficie de 101.6 Km^2 , la cual representa 6.74 % del área total del DF, colindando hacia el norte con la Delegación de Iztapalapa y el Estado de México en la Av. Tláhuac y en las cimas de los volcanes Xaltepec, Tetecon y Guadalupe; al este con los municipios de Ixtapaluca y Chalco del Edo. México en el Canal General, una parte de la carretera Chalco - Tláhuac, el canal Amecameca y caminos rurales, al oeste con la Delegación Iztapalapa en la calle Piraña, Turba y calzada Tláhuac, y por último al sur con la Delegación de Milpa Alta en caminos rurales, y volcán Teuhtli y con la Delegación de Xochimilco e Iztapalapa en los canales de Caltongo y Chalco (*Galicia, 1990; Quiroz, 1984*).

Ésta Delegación se encuentra dividida en siete pueblos: San Pedro Tláhuac, Santiago Zapotitlán, Santa Catarina Yecahuizotl, San Francisco Tlaltenco, San Juan Ixtayopan, San Andrés Míxquic y San Nicolás Tetelco, con un total de 206,000 habitantes y con una superficie sembrada de 4, 030 hectáreas en 1993 (*INEGI, op. cit.*).



Fig. 7.-Ubicación de la delegación de Tláhuac en la República Mexicana (Vela, 1996).

Observándose una disminución en la zona lacustre inicial del DF en aproximadamente 99 %; con una pérdida de 1,000 hectáreas por año debido a la deforestación (*DDF, 1988 citado por Vela, 1996*).

4.2 Fisiografía.

La Delegación de Tláhuac tiene un relieve plano en la zona lacustre (parte central) de los ex - lagos de Chalco y Xochimilco con una altitud de 2235 msnm, escarpado hacia la parte norte en la sierra de Santa Catarina, y escarpado de fuerte pendiente al sur, en el volcán Teuhtli (*Quiroz, op. cit.*).

Y se ubicada en la Provincia del Eje Neovolcánico, la Subprovincia de **Lagos y Volcanes de Anáhuac**, con toposformas de tipo **sierras volcánicas con estratos, llanuras aluviales, llanuras lacustres y llanuras salinas** (*INEGI, op. cit.*).

Presenta diversas elevaciones como lo son la sierra de Santa Catarina (macizo volcánico) con orientación este - sudeste, con una pendiente promedio de 30° y formada de conos cineríticos de una altura máxima de 2734 msnm, comprende a los cerros de Tecuatzin (2,160 msnm), Xaltépetl (2,450 msnm), Guadalupe (2,670 msnm), Tetcón (2,470 msnm) (*Galicia, op. cit.*).

Dicha Sierra se ubica al noreste de la delegación, caracterizada por material piroclástico y clástico dispuesto en una pendiente moderada (*SARH, 1979 citado por Vela, op. cit.*).

La sierra Chichinautzin está localizada en la porción sudoeste de la delegación, la cual muestra su máxima elevación en el cerro Teuhtli con 2,700 msnm, caracterizada por estratificaciones de lava, capas de cenizas, brechas, tobas, basalto de olivino y andesita basáltica (*Galicia, op. cit.; Moncada, 1976 citado por Vela, op. cit.*).

Y por último al cerro Xico "cono cinerítico basáltico " como la máxima elevación de la planicie, constituido por un suelo con estratos de toba, arena de origen volcánico, aglomerados y escoria de composición basáltica de color gris o gris oscuro (*Araujo, 1987 citado por Vela, op. cit.*).

4.3 Geología.

Después del plegamiento del cretácico de aproximadamente 50 millones de años y con una inmersión del mar, la República Mexicana se vio afectada por gran actividad

volcánica en el Cenozoico (*Mooser, op. cit.*), lo cual fracturó la corteza en muchos sitios, formando depósitos lávicos y clásticos quedando sepultado el basamento calizo; para dividir la Cuenca del Valle de México en 3 zonas:

1. Fracturamiento Humboldt en el sur con gran actividad volcánica.
2. Fracturamiento Chapala - Acambay en el norte con menor actividad volcánica.
3. Centro sin actividad volcánica.

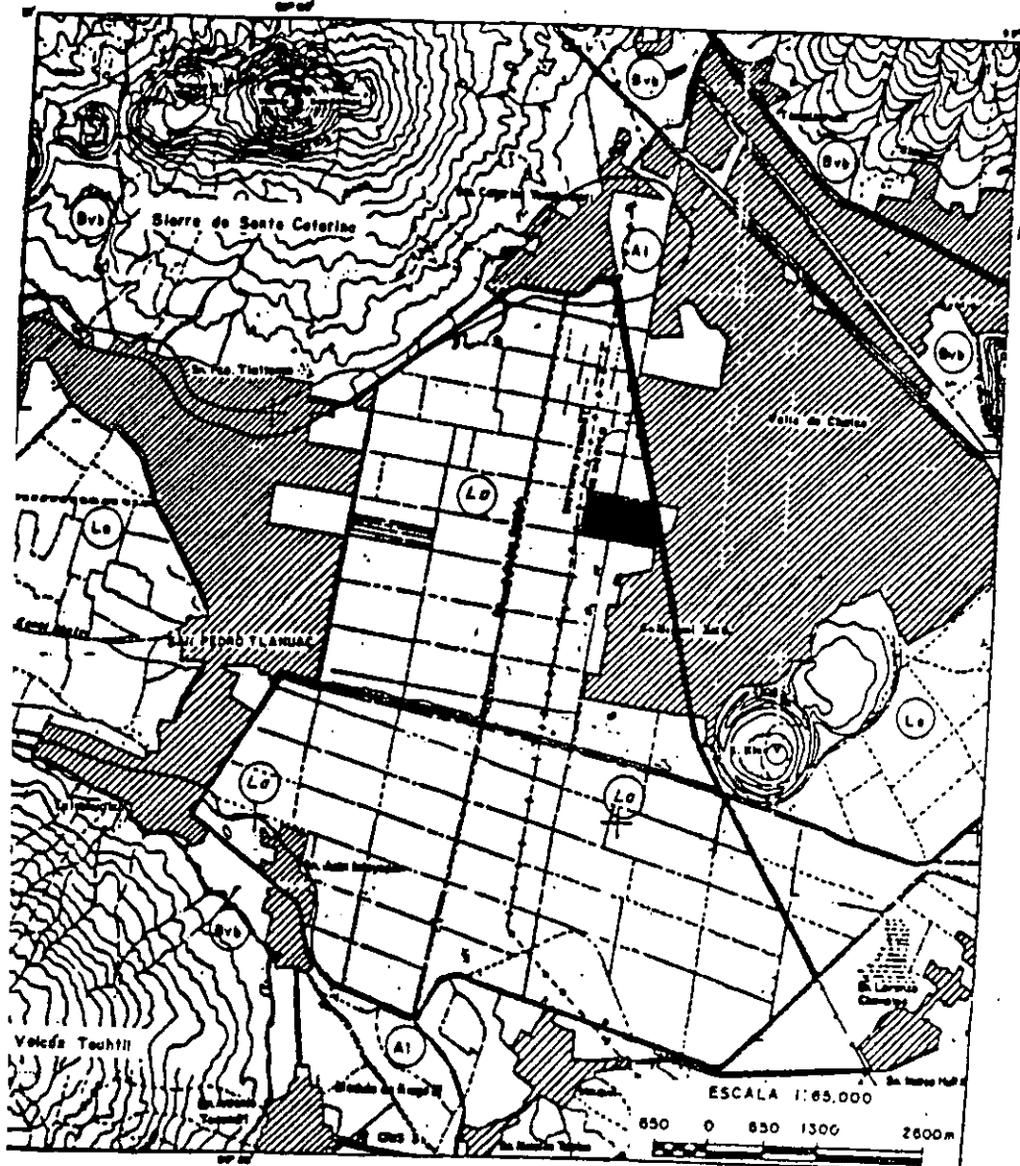
(*Medina, op. cit.*).

Dentro de esta porción de la zona lacustre del ex - lago de Chalco - Xochimilco se tienen representados materiales provenientes del Terciario medio en la era Cenozoica, una vez que se presentaron tensiones secundarias de dirección S - SE, debido al hundimiento de la fractura Chápala - Acambay, provocando la formación de las sierras de las Cruces y Río frío además de otros volcanes como los presentes en Pachuca y Tepoztlán (*Medina, op. cit.*).

Material del Terciario superior proveniente de los volcanes Ajusco, Popocatepetl e Iztaccihuatl; originados por la fractura Humboldt o Clarión y por el consiguiente hundimiento en la porción central de la Cuenca del Valle de México debido a tensiones secundarias; así como material del posterior vulcanismo del Cuaternario superior con efusiones de lava, material basáltico, brechas, arenas de la sierra Chichinautzin, la cual cierra la cuenca, y cantos rodados, gravas, arenas, cenizas y otros materiales aluviales que rellenan la cuenca gracias al clima lluvioso y del deshielo en el Pleistoceno, con un espesor de 800 metros en Xochimilco y Chalco (*Mooser, 1961 citado por Galicia, op. cit.*).

Y existen actualmente valles erosionados en la formación Tarango, ubicada al sur de la cuenca, tanto que las lavas del Pedregal de San Ángel se encuentran sobre un lecho del valle con máxima erosión (*Galicia, op. cit.*).

Por lo tanto la cuenca presenta un relleno superficial por arcillas altamente hidratadas de relación 2:1 de tipo montmorillonítico (*Aguilera y Fuentes, 1951*), con un material parental de sedimentos de origen aluvial, lacustre y otros de origen volcánico constituidos por arenas basálticas, brechas y tobas que pueden tener en su conformación algunos minerales tales como los feldespatos y elementos ferromagnesianos; además de presentar algunas partículas de limo, arcilla y humus (*SARH, 1972*)-(fig. 8).



CLAVE: SEDIMENTOS

- Lo *Lacustre*
- Al *Aluviales*
- ⊙ *Aparente volcánico*

GEOLOGIA

- Az *Andesita*
- Or *Cuarzoarrita*
- Bvs *Brecha volcánica basáltica*

■ *San Mateo Tototico*

Fuente: INEGI, 1979.

LITOLOGIA

4.4 Hidrografía.

La zona se encuentra influenciada en su porción sur por el río Amecameca que nace en Temamatla Edo. de México con una extensión de 16 Km de carácter intermitente (SARH, 1983 citado por Vela, *op. cit.*), por corrientes superficiales escasas e intermitentes, de corta longitud, de patrón radial y subradial en zonas volcánicas y que desaparecen en la zona plana y baja, debido a la permeabilidad del terreno; que da lugar a zonas inundadas y zonas de recargo acuífero, alcanzando el agua excedente los canales de riego, que tienen una dirección hacia las lagunas reguladoras en la ciénega de Xochimilco (Quiroz, *op. cit.*).

Además del agua proveniente de la planta tratadora del Cerro de la Estrella, desde 1958, la cual entra por Canal Nacional, desviándose en el Canal de Chalco hasta la Laguna de Los Reyes Aztecas, pasando al Canal Guadalupanco y de ahí a la zona chinampera. La cual se encuentra reducida a acalotes, frecuentemente dragados para evitar su azolve, y a apantles, que son canales que no exceden los 2 metros de ancho y el metro de profundidad, con un movimiento casi nulo de agua (Galicia, *op. cit.*).

Perteneciendo a la región hidrográfica del Pánuco, la cuenca del río Moctezuma y subcuenca hidrológica del Lago de Xochimilco - Chalco, teniendo entre los canales principales a: Canal de Chalco, Guadalupanco, Atecuyac y Amecameca (INEGI, *op. cit.*).

4.5 Clima.

El clima de la zona lacustre de Tláhuac es templado húmedo con lluvias en verano, C (w₁) (w) b (i). Con un verano fresco y largo con la temperatura media del mes más frío de 12 ° C y del mes más caliente entre 18 y 19.4 ° C, con una media anual entre 15.1 ° C y 18.9 ° C, con temperaturas máximas entre 29.8 ° C y 31.7 ° C y las mínimas entre -2.2 ° C y -5.5 ° C, y heladas en los meses de noviembre hasta febrero, debido la oscilación térmica extremosa presente, principalmente en los días invernales, presenta pocas oscilaciones en las temperaturas medias mensuales. La isoterma va de 15 ° C, en los 2300 msnm, a 11 ° C a los 3700 msnm en la sierra Chichinautzin. (García, 1988).

La precipitación pluvial de tipo orográfica convectiva tiene poca variación con precipitaciones de 611.6 a 677.6 mm al año, presenta su mayor incidencia entre los meses

de mayo a septiembre y con precipitaciones mínimas en el resto del año (*INEGI, op. cit.; Medina, op. cit.*).

Así la evapotranspiración es mayor que la precipitación todo el año, excepto en los meses de junio, julio, agosto y septiembre, donde se acumula humedad en el suelo y alcanza niveles máximos en los meses de marzo, abril y mayo (fig. 9).

Presenta vientos alisios de dirección NE - SE con velocidad de 10 Km / h, los cuales exceden ésta velocidad en los meses de febrero y marzo, por alteraciones atmosféricas y nubosidad en la parte alta de la sierra Chichinautzin, en forma de cúmulos, las cuales son transportadas por el viento a la porción plana del Valle provocando lluvias torrenciales (INEGI, *op. cit.*).

Debido a la acción de los vientos y a la de corrientes rasantes, en los meses de febrero y marzo, se tienen tolvaneras desde el municipio de Chalco, coincidiendo con la escasez de agua y alta insolación (*Vela, op. cit.*).

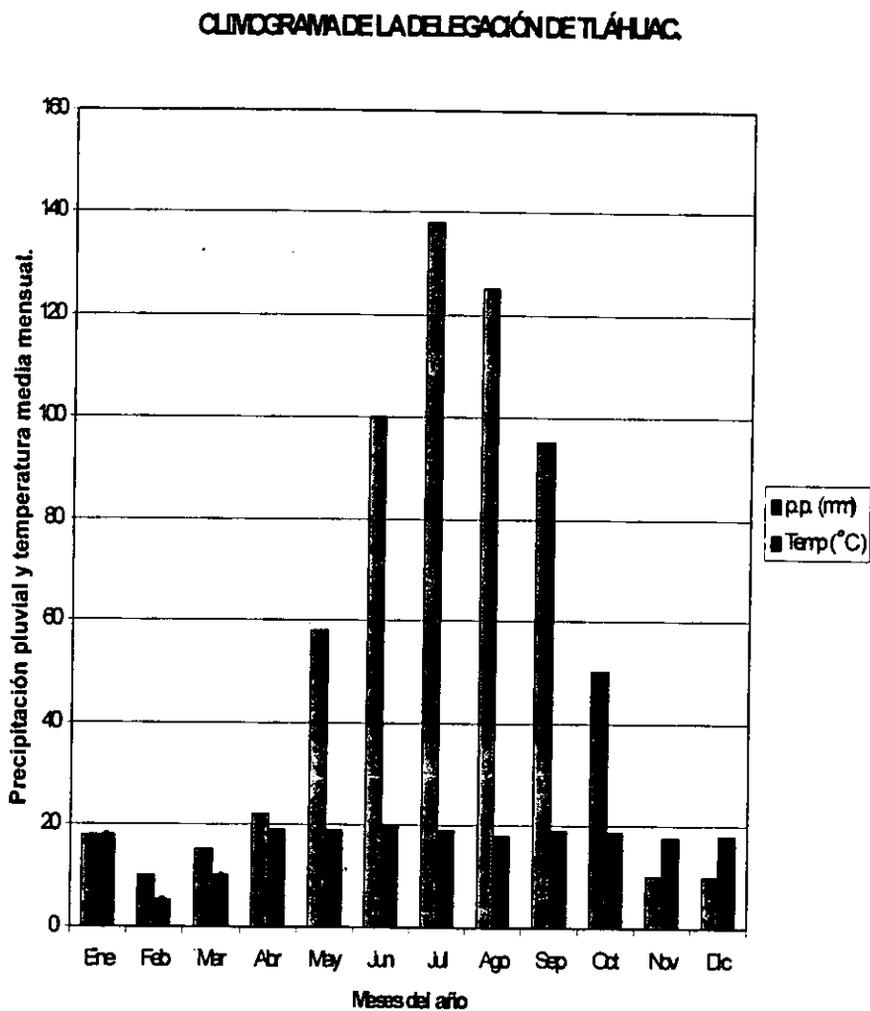
Por lo que el clima en esta zona del ex- lago de Chalco y Xochimilco es uniforme al estar protegida por la sierra de Santa Catarina y por los cerros Teutli y Xico (*Galicia, op. cit.*).

4.6 Vegetación, fauna y cultivos.

La vegetación presente en esta zona lacustre se puede dividir en vegetación acuática y terrestre, teniendo entre las especies vegetales acuáticas a : Eichhornia crassipes (lirio acuático), Polygonum amphibium, Lemna gibba (lentejilla), Wolfia columbiana (chichicastle), Spirodela polirrhiza, Hydrocotile ranunculoides (ombligo de Venus), Limnobium laevigatus (chilacastle), Lilaeopsis schaffneriana (tortugilla), Aster exilis (Flor de María), Jussiaea repens (verdolaga de agua), Thypha latifolia (espadaña), Scirpus lacustris (tule), Helodea sp (alga) y Potamogeton pectinatus (pasto o granza acuática) (*Novelo y Gallegos, 1988 citado por Galicia, op. cit. ; SARH, 1983 citado por Vela, op. cit.; Becerril y Díaz, op. cit.*).

La vegetación terrestre la dividiremos en arbórea y en arbustiva, en donde las especies arbóreas dominantes son: Pinus sp (pinos), Cupressus sp (cedros), Quercus sp (encinos), Buddleja sp (tepozanes), Eucalyptus sp (Eucalipto), Taxodium sp (ahuehuetes),

Figura 9.-Climograma de la delegación de Tláhuac (Vela, 1996).



en zonas montañosas aledañas, Schinus edule (pirules), Salix bomplandiana y Salix humboltiana (ahuejotes), Salix babilonica (sauce llorón) en las chinampas y Casuarina glauca en las serranías (Novelo y Gallegos, *op. cit.*; Becerril y Díaz, *op. cit.*).

En cuanto a la vegetación arbustiva sobre las chinampas abandonadas se tiene a:

Bidens aurea (acahual), Mirabilis jalapa (Maravilla), Bidens heterophyta (acahualillo), Verbena silicata (verbena), Agrostis verticilata (zacate), Cynodón dactylon (zacate rastrero), Urtica dioica (ortigosa), Echinochloa cruspavonia (zacate robusto), Hordeum adscendens (pasto criollo), Tridax trilobata (tecillo), Thithonia tubiformis (gigantón), Festuca spp. (zacate), Muhlenbergia spp (zacatón), Castilleja sp (enchilada), y entre las halófitas se encuentran, Distichlis spicata, Helotropium curassavicum, Suaeda diffusa (romerito) y Datura stramonium (SARH, 1983; Vallejo, *op. cit.*; Becerril y Díaz, *op. cit.*; INEGI, *op. cit.*).

Por otro lado la fauna es diversa en mamíferos, reptiles, anfibios y aves, donde los más importantes son: Pappegeomys sp (tuza), Crotalus molluscus (víbora de cascabel), Celophorus sp (Lagartija), Thamhophuis sp (culebra de agua), Spermophylus variegatus (ardilla), Mephitis sp (zorrillo), Silvilagus floridanus (conejo) y en las aves Podinymbis podiceps, Podiceps nigricollis (sambullidor), Ardea nerodatas (garza), Casneroneos acbus (garzón blanco), Bubulcus ibis (garza ganadera), Anas platyrhinchus (pato de collar), Fulica americana (gallareta americana) y Recurvirostra americana (avozeta picuicurva); además de aves canoras como, clarines, jilgueros, mirlos, gorriónes y tórtolas junto con otras especies animales como los son, el ganado vacuno, porcino, caballo, lanar, asnar, camaleones, abejorros, mariposas, abejas, ajolotes, chapulines, diversos arácnidos y grillos (DDF, 1990 citado por Vela, *op. cit.*; Vallejo, *op. cit.*).

Y por último los principales cultivos de la zona lacustre en la Delegación de Tláhuac se encuentran en las partes bajas y planas y en menor proporción en las faldas de la sierra de Santa Catarina. Presentando dentro de las actividades principales desarrolladas en la zona a la actividad pecuaria y la agricultura (Quiroz, *op. cit.*).

Existiendo la siembra de maíz (Zea mays) preponderantemente, donde el 60 % es de autoconsumo y el 40 % restante de venta, hortalizas, tales como el apio (Apium graveolens), acelgas (Beta vulgaris), romeros (Rosmarinus officinalis), brócoli (Brassica

oleracea var. cauliflora), col (Brassica oleracea var. capitata) y alfalfa (Medicago sativa), las cuales se destinan a la alimentación del ganado (*INEGI, op. cit.; Delegación de Tláhuac, 1991 citado por Vela, op. cit.*).

Resumiéndose en Zea mays (maíz), Medicago sativa (alfalfa) y Pyrus communis (peral), como los principales cultivos (*INEGI, op. cit.*).

4.7 Suelos

Los suelos ya antes reportados para la zona lacustre de la delegación de Tláhuac cumplen con la siguiente descripción general; aunque existen variaciones que se pueden explicar en función de su origen antrópico, como lo son en toda la zona chinampera, tanto en la zona correspondiente a la Delegación de Xochimilco como a la de la Delegación de Tláhuac (*Reyes, op. cit.*).

Colores oscuros, pardos o grises.

Densidad aparente baja menores a $1 \text{ Mg} / \text{m}^3$.

Alta porosidad alrededor de 70 %.

Altos contenidos de materia orgánica mayores del 15 %.

Alta capacidad de intercambio iónico mayores de 45 cmol / kg de suelo.

pH superior a 7.0

Cationes intercambiables dominantes Mg^{++} y Ca^{++} alrededor de 50 cmol / kg.

Texturas medias, tales como migajón arcilloso, migajón limoarenoso o franca.

Exceso de sales, principalmente SO_4^{--} , Cl^- y HCO_3^- .

Cación soluble dominante el Na^+ alrededor de 60 cmol / kg o mayores concentraciones en algunos casos.

Conductividades eléctricas superiores a los 4 dS / m.

Pudiéndose clasificar la mayoría como suelos salinos o salino – sódicos o bien como suelos normales al no tener problemas de salinidad ni de sodicidad.

(*Galicia, op. cit.; Fernández, 1988; Ibáñez, op. cit.; Medina, op. cit. y Vela, op. cit.*).

• V MATERIAL Y MÉTODOS.

5.1 De campo.

Las chinampas muestreadas se seleccionaron en base a un patrón de distribución de muestreo unidimensional tomando en cuenta las distancias entre una línea. Se utilizó el sistema de un sólo paso marcando las distancias entre los sitios a muestreo al azar, teniendo cuidado de no repetir más de una vez una de las distancias elegidas (*Black, et al 1965*).

En los sitios de muestreo se tomaron los siguientes datos: Nombre del propietario, cálculo de medidas aproximadas de la chinampa, ubicación de la misma en la zona, estado de la chinampa (cultivada, abandonada, laboreada, etc), vegetación en los canales, vegetación en la chinampa, tipo de cultivo en la chinampa y el nivel del espejo de agua en los canales que la rodean.

Para el muestreo se realizó una calicata al centro de la chinampa, cuando la chinampa no estaba cultivada, o en alguna zona descubierta de la misma. Siguiendo los parámetros de muestreo marcados por *Hodgson, 1987*.

Una vez terminada la calicata se procedió a tomar una muestra cada 10 cm de profundidad, lo cual nos permitió observar de mejor forma la posible dinámica de construcción de la chinampa, que como se sabe es por medio del aporte de material del fondo del canal sobre la superficie de la misma. Con lo que se definió mejor los posibles cambios en cuanto a las propiedades físicas y químicas que estos suelos pudieran tener (*Allison, op. cit.*).

Las muestras se colocaron en bolsas de plástico debidamente marcadas (Número de calicata, localidad, fecha y profundidad) para su posterior procesamiento, el cual incluyó un secado a temperatura ambiente y tamizado con una malla de 2 mm de diámetro.

Las calicatas número 1, 2, 3, 4, 5, 6 fueron hechas en la localidad de San Nicolás Tetelco (ver fig 10) y las calicatas 7, 8 en la Delegación de Xochimilco, en chinampas cercanas al embarcadero de Cuemanco (ver fig 11), las cuales fueron muestreadas del mes de abril de 1995 al mes de agosto del mismo año. Donde cabe señalar que las calicatas número 1 y 2 fueron realizadas en el mes de enero de ese mismo año.

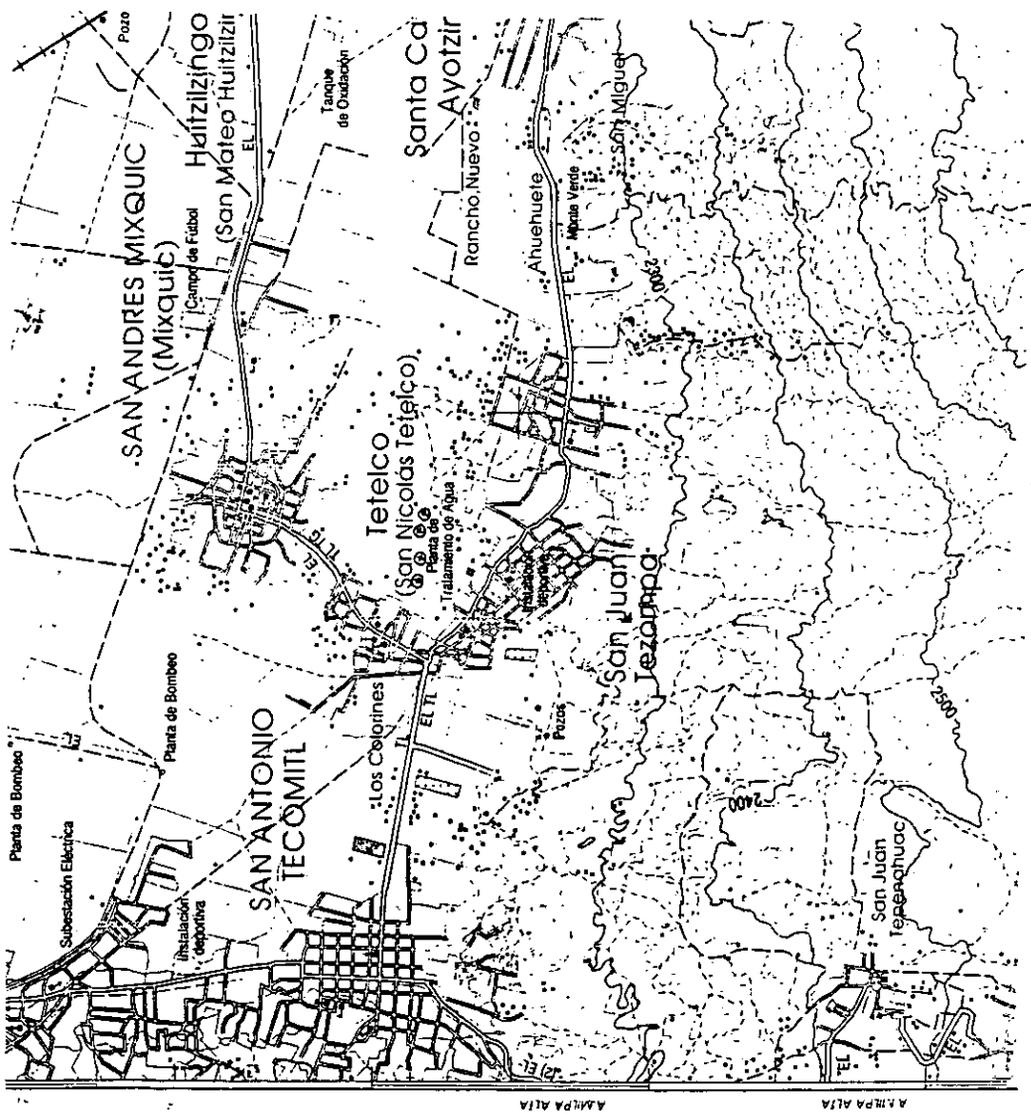


Figura 10.-Ubicación de las calicatas de San Nicolás Tetelco (INEGI, 1993).

(Lugares de muestreo en la zona). ⊕



Figura 11.-Ubicación de las calicatas del Embarcadero de Cuernavaca.
 (Lugares de muestreo en la zona). ⊕

5.2 De Laboratorio.

Determinaciones Físicas:

- Color en seco y húmedo por comparación de las tablas Munsell (Munsell 1954).
- Densidad aparente por el método de la probeta (Baver 1956)
- Densidad real por el método del picnómetro (Baver 1956).
- Porcentaje de espacio poroso, obtenido a partir de las densidades aparente y real (Black 1965).
- Textura por el método del hidrómetro, en el cual las muestras son tratadas con peróxido de hidrógeno al 8 %, secadas en " Baño María ", usando como dispersantes el metasilicato y oxalato de sodio al 5 % (Bouyoucos 1963).

Determinaciones Químicas:

- Reacción del suelo por medio del potenciómetro Corning modelo 7 con agua destilada y en solución salina (KCl 1 N, pH 7) en las relaciones de 1:5 y 1:10, para ambos casos.
- Materia orgánica por el método de Walkey y Black, modificado por Walkey (1947).
- Calcio y Magnesio intercambiables a través del método de extracción del Acetato de Amonio (1N, pH 7) y titulación del extracto con la sal disódica del ácido etilendiaminotetracético (EDTA) propuesto por Chang y Bray (1951).
- Capacidad de Intercambio Catiónico Total (CICT) por el método de centrifugación con una saturación con cloruro de calcio 1N pH 7, lavando con alcohol etílico y eluyendo con cloruro de sodio 1N pH 7, titulado con EDTA 0.02 N propuesto por Schollenberger y Simon (1945).
- Determinación de sodio y potasio por Flamometría, utilizando acetato de amonio 1N pH 7 para la extracción por agitación; empleando un flamómetro Corning 400 (Black 1965).
- Determinación de fósforo asimilable, por el método de Olsen, cuantificando el fósforo colorimétricamente (utilizando azul de molibdeno medido en una longitud de onda de 640 nm) (Olsen 1954).

- Determinación de nitratos por el método del ácido fenoldisulfónico, cuantificando los nitratos colorimétricamente por el método de azul de molibdeno usando una longitud de onda de 640 nm (Roller y Mckaing 1939).
- Extracción de la solución del suelo por medio de la pasta de saturación (Bower y Wilcox 1965).
- Conductividad eléctrica en el extracto de saturación mediante el puente de conductividad, (Jackson 1982).
- pH del extracto de la solución del suelo, utilizando un potenciómetro Corning modelo 7.
- Calcio y Magnesio solubles por el método volumétrico y su valoración por el Versenato (EDTA 0.02 N) (Cheng y Bray 1951).
- Sodio y Potasio solubles por Flamometría usando el modelo Corning 400, (Jackson 1982).
- Cloruros por el método de Mohr (1949) con AgNO_3 al 0.01 N y como indicador el cromato de potasio al 5 %.
- Sulfatos por gravimetría en forma de sulfato de bario, (Bower y Huss 1948).
- Carbonatos y Bicarbonatos por el método volumétrico de Reitemeier (1943) con HCl 0.01 N, fenoftaleína y naranja de metilo.
- Porcentaje de sodio intercambiable (PSI) y relación de capacidad de intercambio total de sodio (RAS), (Allison, 1974).

Cabe hacer mención sobre la selección de algunas muestras para determinar el contenido de nitratos, en base a los contenidos de fósforo asimilable, por lo que en los resultados tan sólo se expusieron aquellas muestras elegidas para tal efecto.

• VI RESULTADOS.

Las chinampas en donde se tomaron las muestras presentaron las siguientes características:

Los colores en seco de la calicata No. 1 (**Tabla No. 1**) van del gris 10 YR 6/1 al gris oscuro 10 YR 4/1 conforme aumenta la profundidad, y el color en húmedo va de pardo grisáceo 10 YR 3/2 a pardo oscuro 10 YR 2/2 también al aumentar la profundidad.

Se tienen densidades reales de 2.0 Mg / m^3 en casi toda las profundidades de la calicata excepto en la profundidad de 0 - 10 cm que tiene un valor de 1.79 Mg / m^3 , y densidades aparentes cercanas a 0.5 Mg / m^3 (Gráfica 1); así la porosidad se evaluó en un 70 % aproximadamente para toda la calicata (Gráfica 2).

La textura de la calicata se clasificó como migajón arcilloso con pequeñas variaciones en el porcentaje de arcillas (Gráfica 3).

El pH varía alrededor de 8.5, con una tendencia a disminuir al hacerse más profundo el perfil alcanzando el valor máximo de pH de 9 a los 10 cm con agua y pH de 8.1 de 100 a 110 cm respectivamente (Gráfica 4). Los pH con KCl 1N disminuyen al aumentar la profundidad en la calicata (Gráfica 5).

El contenido de materia orgánica es cercano al 28 % en todas las muestras con un valor máximo de 33.7 % de 20 a 30 cm y un valor mínimo de 24.7 % de 60 a 70 cm de profundidad, por lo tanto el contenido de carbono se estimó en un 15 % en promedio (Gráfica 6).

El magnesio intercambiable domina con 48 cmol / kg de suelo, sigue el calcio con 36 cmol / kg de suelo, el sodio con 14 cmol / kg de suelo; donde en las dos últimas profundidades se tienen las máximas concentraciones de 16.1 cmol / kg de suelo y 17 cmol / kg de suelo y por último el potasio alrededor de 1.8 cmol / kg de suelo (Gráfica 7).

La CICT fue de 48 cmol / kg de suelo en la profundidad máxima y de 77.4 en la profundidad de 10 a 20 cm (Gráfica 8).

En la **Tabla No. 2** se observa un extracto de la pasta de saturación con un pH de 9.0, que no tiene mucha variación a lo largo de la calicata (Gráfica 9), la conductividad

eléctrica a los 10 cm, 100 cm y 110 cm de profundidad están sobre los 4 dS / m y el resto de las muestras presentan valores por debajo de lo anterior (Gráfica 10).

El sodio presenta mayor concentración, en comparación con los otros cationes determinados en ésta calicata, con las máximas concentraciones de este catión ubicadas en las profundidades de mayor conductividad eléctrica, alcanzando un promedio de 22 cmol / kg, el magnesio con 6.5 cmol / kg y el calcio con 6.0 cmol / kg, como valores promedios también.

El potasio no sobrepasa los 2.0 cmol / kg en ningún caso, tendiendo a disminuir al aumentar la profundidad, a diferencia del calcio que tiene un comportamiento más o menos estable en la mitad de la calicata para después aumentar al analizar muestras de mayor profundidad y del magnesio con una tendencia a mantener las mismas concentraciones en las diferentes muestras pertenecientes a esta calicata (Gráfica 11).

Los sulfatos y los cloruros con un promedio de 22 cmol / kg y de 18 cmol / kg respectivamente; los cuales coinciden con las máximas concentraciones de los sulfatos con las profundidades de mayor conductividad eléctrica y con la muestra de 0 a 10 cm en la máxima concentración de cloruros, que también posee una conductividad eléctrica sobre 4 ds / m.

La mayor concentración para los bicarbonatos se encuentra en los primeros 20 cm, disminuye al aumentar la profundidad, tendencia que no se observa para los carbonatos que por el contrario se mantienen alrededor de 2 cmol / kg en todas las muestras. (Gráfica 12).

Por último el fósforo asimilable tiende a ir aumentando al hacerse más profundo el sitio de muestreo al menos dentro de los primeros 80 cm, para después ir disminuyendo hasta la parte más profunda, alcanzando así 149.0 ppm como máxima concentración.

Los nitratos por otro lado son más altos en la superficie para disminuir al aumentar la profundidad con un promedio de 17.8 ppm hasta los 50 cm dentro de la calicata (Gráfica 13).

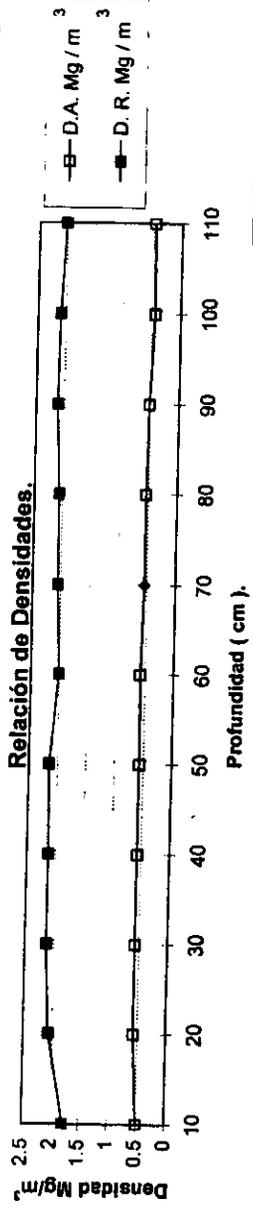
Y en consideración de la dominancia del sodio soluble en la calicata el RAS es mayor de 10 en todos los casos y PSI por arriba de 15; excepto las muestras de 10 a 20 cm y de 40 a 50 cm que se encuentra por debajo del 15 (Gráfica 14).

Tabla No. 1 Determinaciones físicas y químicas de la Calicata No. 1 de San Nicolás Tetelco, Tláhuc DF.

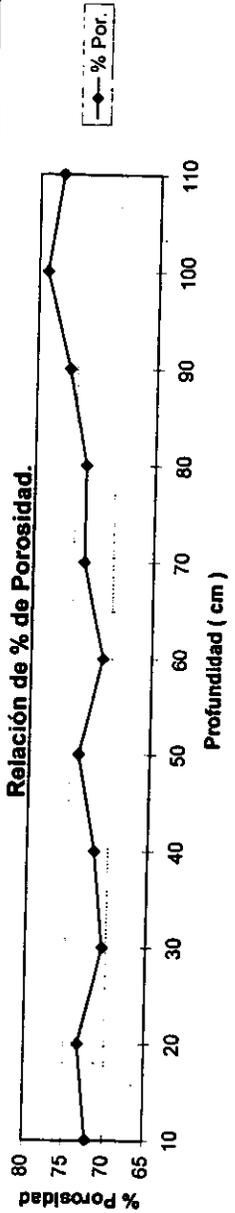
Profund en cm.	Color seco.	Color húmedo	D. A. Mg m ³	D. R. Mg m ³	% Por.	% Are.	% Lim.	% Ar.	pH H ₂ O 1:5	pH KCl 1:5	pH KCl 1:10	% MO.	% C.	Ca..	Mg.. cmol / kg de suelo.	Na..	K..	CICT	
																			10YR 2/1
0 - 10	10YR 6/1 gris	10YR 2/1 negro.	0.50	1.79	72.1	29	34	37	9.0	9.0	7.4	7.9	29.3	17	40	39	13.5	1.8	68.4
10 - 20	10YR 6/1 gris	10YR 2/1 negro.	0.57	2.07	73.3	24	33	43	8.8	8.8	7.4	7.4	30.7	17	30	48	12.2	1.5	77.4
20 - 30	10YR 5/1 gris	10YR 2/2 pardo osc.	0.57	2.13	70.5	25	33	42	8.5	8.6	7.3	7.4	33.1	19	38	47	12.2	1.6	67.4
30 - 40	10YR 5/1 gris	10YR 2/2 pardo osc.	0.56	2.13	71.7	32	30	38	8.5	8.6	7.2	7.5	27.3	16	42	59	12.2	1.8	66.6
40 - 50	10YR 5/1 gris.	10YR 2/2 pardo osc.	0.56	2.15	73.9	32	32	36	8.4	8.6	7.2	7.4	26.6	15	42	56	14.4	2.3	63.2
50 - 60	10YR 5/1 gris.	10YR 2/2 pardo osc.	0.58	2.01	71.1	37	42	21	8.7	8.6	7.2	7.5	25.2	15	38	64	12.2	2.3	58
60 - 70	10YR 4/1gris osc.	10YR 3/2 pardogrís.	0.54	2.05	73.7	40	30	30	8.6	8.6	7.2	7.2	24.3	16	46	36	11.8	2.1	53.2
70 - 80	10YR 4/1gris osc.	10YR 3/2 pardogrís.	0.54	2.06	73.7	38	30	32	8.3	8.4	7.0	6.9	27.6	16	30	51	11.8	1.8	50.2
80 - 90	10YR 4/1gris osc.	10YR 3/2 pardogrís.	0.51	2.12	75.9	34	38	28	8.2	8.1	6.8	6.7	26.2	15	38	63	11.8	1.8	54
90 - 100	10YR 4/1gris osc.	10YR 3/2 pardogrís.	0.44	2.09	78.9	32	34	34	8.1	8.0	6.8	6.6	26.0	15	37	33	16.1	1.8	50
100-110	10YR 4/1gris osc.	10YR 3/2 pardogrís.	0.46	2.01	77.1	33	31	36	8.1	8.0	6.9	6.6	25.9	15	36	48	17.0	1.8	48

Tabla No. 2 Determinaciones del extracto de pasta de saturación de la Calicata No. 1 de San Nicolás Tetelco, Tláhuac DF.

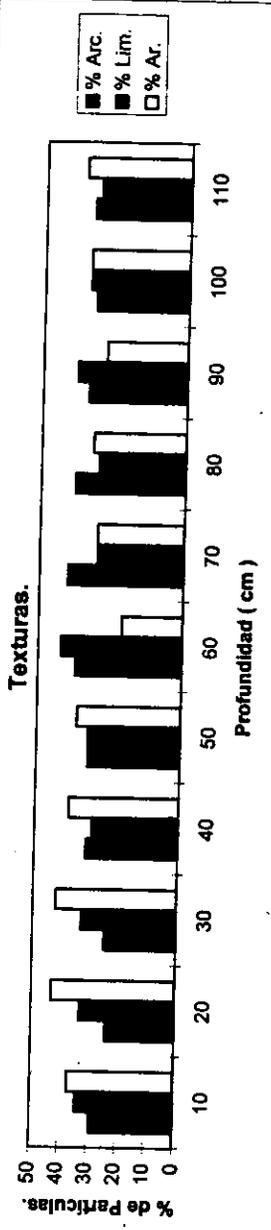
Profun. en cm.	pH	C.E. dS/m	cmol (+) L ⁻¹							HCO ₃ ⁻	P	NO ₃ ⁻ ppm	RAS	FSI
			Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ⁻²	CO ₃ ⁻²					
0 - 10	9.2	4.8	6.0	5.6	39.9	1.9	22	17	2.2	12	70.9	25.2	16.6	18.7
10 - 20	9.2	3.4	2.8	8.2	27.2	1.4	14	14	2.2	12.4	80.6	23	11.6	13.7
20 - 30	9.2	3.4	2.6	7.4	27.6	1.1	18	18	2.2	8.0	84.8	18.6	12.4	15.5
30 - 40	9.1	3.2	2.4	6.8	26.3	1.5	18	18	2.0	7.0	96.5	16.0	12.3	15.4
40 - 50	9.1	2.7	2.4	4.8	21.8	1.2	16	18	2.0	6.0	108.7	10.9	11.5	13.6
50 - 60	9.1	3.1	2.4	4.6	27.1	1.1	16	18	2.0	5.2	122.0		14.4	17.6
60 - 70	8.9	2.9	2.4	4.0	24.6	1.1	16	18	1.6	4.4	127.5		13.7	16.8
70 - 80	8.9	3.1	2.8	5.2	25.2	1.1	16	10	1.6	4.1	137.7		12.6	15.8
80 - 90	9.2	3.8	6.0	4.4	29.4	1.1	14	21	2.4	5.0	149		12.8	15.9
90 - 100	9.2	4.1	8.0	4.0	32.2	1.1	16	24	2.4	5.3	128.6		13.1	16.2
100-110	9.1	4.1	8.2	5.6	33.3	1.2	18	29	2.4	5.6	112.4		12.7	15.7



Gráfica 1

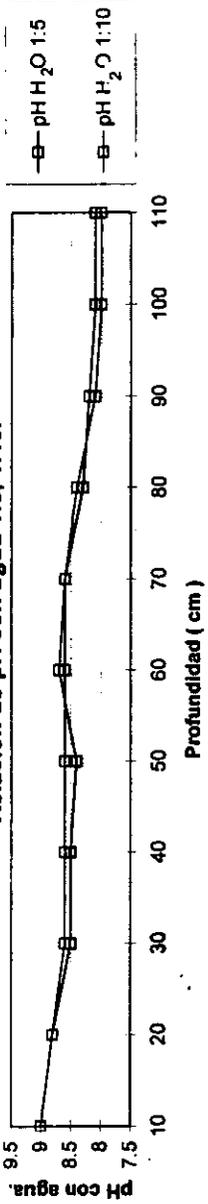


Gráfica 2



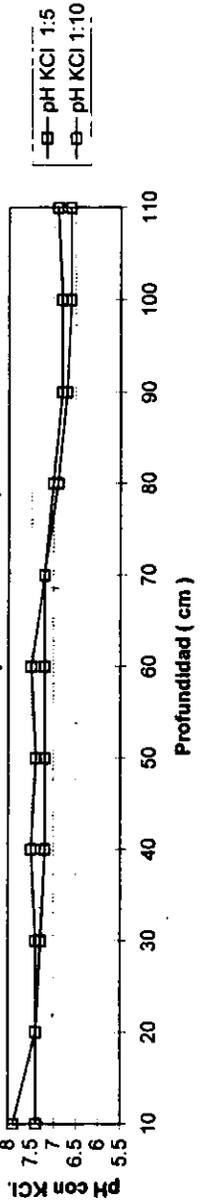
Gráfica 3

Relación de pH con agua 1:5, 1:10.



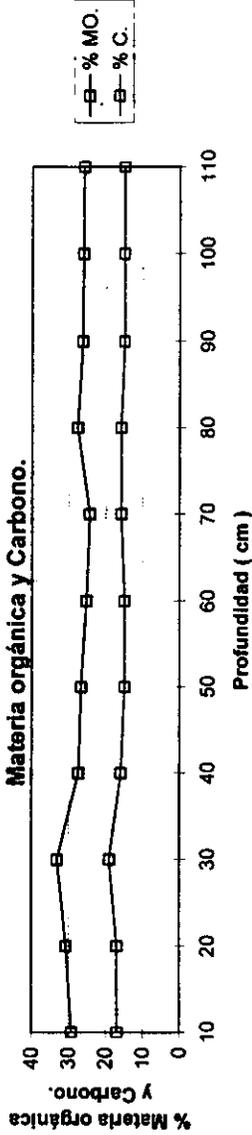
Gráfica 4

Relación de pH con KCl 1:5, 1:10.

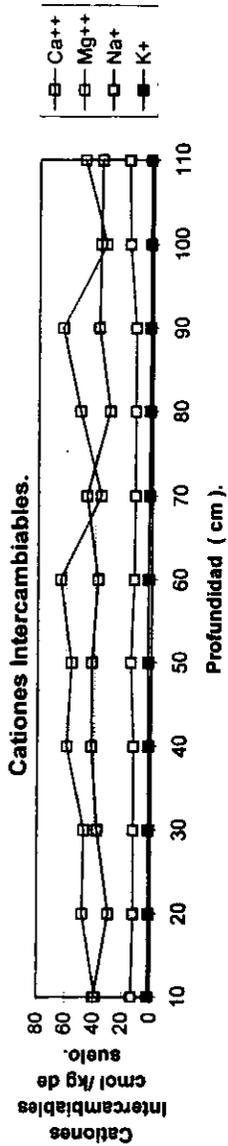


Gráfica 5

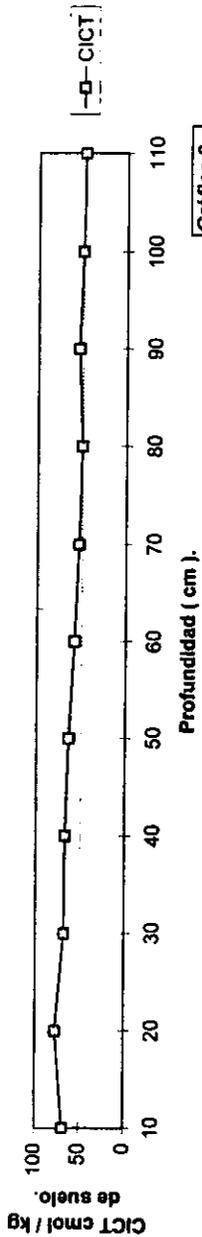
Materia orgánica y Carbono.



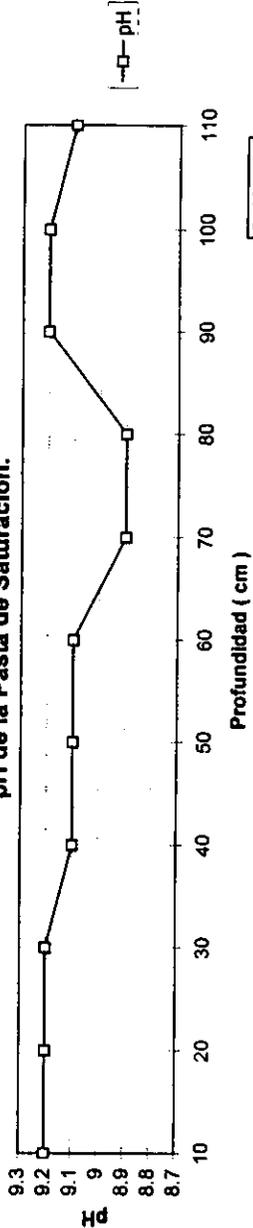
Gráfica 6



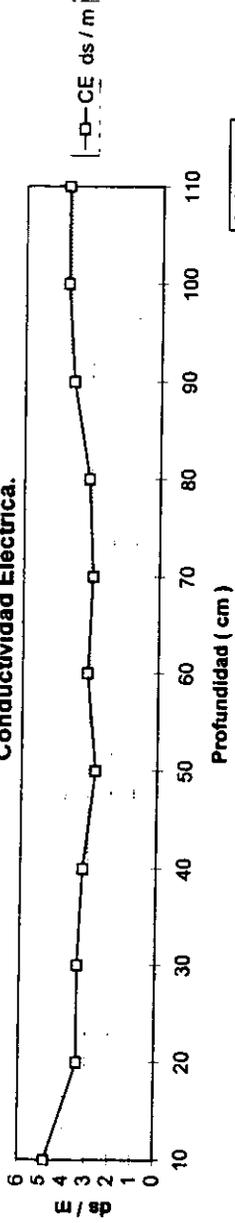
Capacidad de Intercambio Catiónico Total.



pH de la Pasta de Saturación.

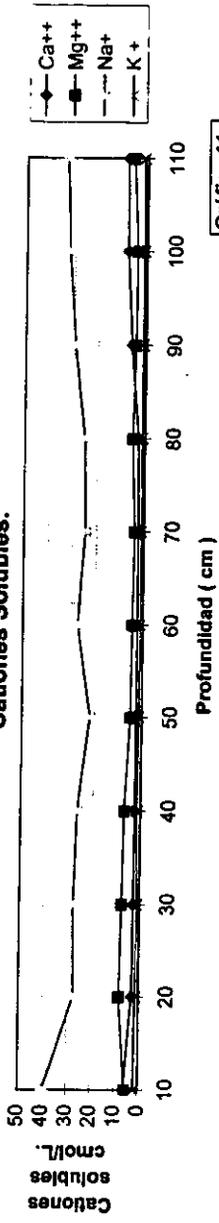


Conductividad Eléctrica.



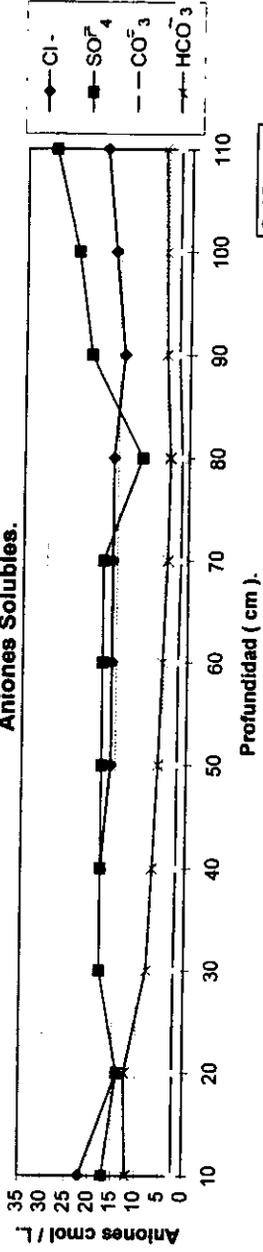
Gráfica 10

Cationes Solubles.



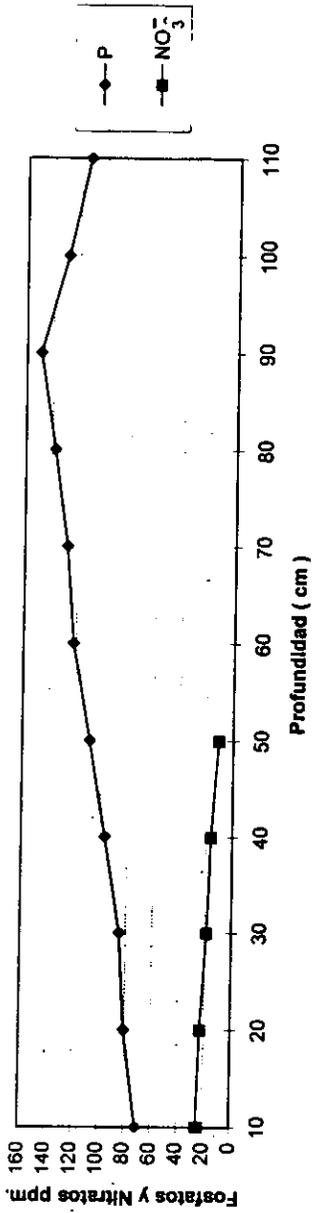
Gráfica 11

Aniones Solubles.



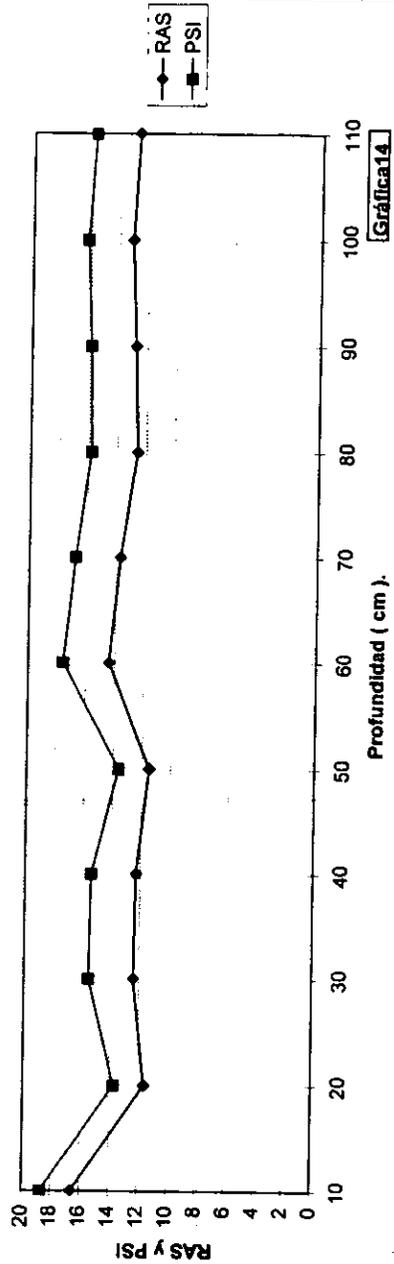
Gráfica 12

Relación de Fósforo y Nitrógeno.



Gráfica13

Relación de RAS y PSI.



Gráfica14

Para la calicata No. 2 (**Tabla No. 3**) los colores en seco van del gris 10 YR 6 / 1 de 0 a 60 cm, gris 10 YR 5 / 1 de 60 a 70 cm y gris oscuro 10 YR 4 / 1 en la última profundidad y los colores en húmedo corresponden a negro 10 YR 2 / 1 hasta los 60 cm, de 60 a 70 cm a pardo oscuro 10 YR 2 / 2 y pardo grisáceo 10 YR 3 / 2 de 70 a 80 cm.

La densidad aparente fue de $0.5 \text{ Mg} / \text{m}^3$ en los 30 cm iniciales y a $0.4 \text{ Mg} / \text{m}^3$ en el resto de la calicata con una densidad real de $2.0 \text{ Mg} / \text{m}^3$, como promedio que disminuye al aumentar la profundidad (Gráfica 15), teniendo así un porcentaje promedio de porosidad de 76 % con valores más elevados entre los 30 y 50 cm (Gráfica 16).

La textura se clasifica como migajón arcilloso hasta los 60 cm, cambiando la textura a migajón arcillo arenoso debido a un ligero cambio del porcentaje de las arenas y una pequeña disminución en el porcentaje de las arcillas (Gráfica 17).

Los pH con agua en una relación 1:5 y 1:10 están cercanos a 9.0 en todas las muestras, con los valores más altos en los primeros 30 cm de profundidad y disminuye hasta 8.0 y 8.2 (Gráfica 18).

Los pH con KCl 1N se encuentran próximos a 8.0 en los primeros 30 cm, en el caso de la relación 1:5 y 1:10, para después ubicarse en 7.0 aproximadamente en ambas relaciones (Gráfica 19).

El valor promedio del contenido de materia orgánica de esta calicata es de 30 %, en las profundidades de 0 a 10 cm, 40 a 50 cm, 60 a 70 cm y 70 a 80 cm. Así el contenido de carbono más elevado corresponde a dichas profundidades con un valor promedio de 17 % (Gráfica 20).

El catión intercambiable dominante fue el magnesio, con $62 \text{ cmol} / \text{kg}$ de suelo promedio, donde los valores más altos fueron encontrados entre los 20 a 50 cm y 60 a 80 cm; seguido por el calcio con $37 \text{ cmol} / \text{kg}$ de suelo, con las mayores concentraciones en los 30 cm iniciales, el sodio con $22 \text{ cmol} / \text{kg}$ de suelo hasta los 60 cm de profundidad y de $30 \text{ cmol} / \text{kg}$ de suelo en los últimos 20 cm; y por último está el potasio con una concentración máxima de $2.3 \text{ cmol} / \text{kg}$ de suelo de 0 a 10 cm y 20 a 30 cm de profundidad, $1.8 \text{ cmol} / \text{kg}$ de suelo de los 20 a 30 y 40 a 50 cm, y de $1.3 \text{ cmol} / \text{kg}$ de suelo en el resto de la calicata (Gráfica 21).

Con una CICT de 78.5 cmol / kg de suelo como máximo y de 66.8 cmol/ kg de suelo como mínimo, (Gráfica 22).

En el extracto de la pasta de saturación (*Tabla No. 4*) se obtuvo un pH alrededor de 8.6, con el pH más alto de 8.8 en la profundidad de 10 a 20 cm (Gráfica 23); todas las conductividades eléctricas más altas de los 4 ds / m, con las tres más elevadas en las tres últimas profundidades muestreadas, debido a la presencia de cloruro de sodio, cloruro de magnesio y cloruro de calcio (Gráfica 24).

El sodio soluble de mayor concentración en la calicata alcanza concentraciones por arriba de los 50 cmol / kg, y en las tres últimas profundidades valores de 76 cmol / kg, como ocurrió con las conductividades eléctricas. El magnesio, calcio y potasio son más altos en los últimos 30 cm y varían de 10 cmol / kg a 5 cmol / kg y de 1.3 cmol / kg respectivamente.

Los aniones solubles de mayor concentración son los cloruros, al tener 40 cmol / kg hasta 50 cm de la calicata y 60 cmol / kg en los 30 cm finales, y los sulfatos con 16 cmol / kg como valor promedio.

Los bicarbonatos con un valor promedio de 2.8 cmol / kg con los más altos contenidos en las capas superficiales hasta los 20 cm y disminuyen al aumentar la profundidad. Los carbonatos con un valor de 2.0 cmol / kg en toda la calicata (Gráfica 26).

El fósforo asimilable también presenta la misma tendencia a aumentar sólo de 20 a 50 cm con valores de 117 a 140 ppm, para bajar su contenido posteriormente. Disminuyendo al aumentar la profundidad, dentro de un rango cercano a 18 ppm (Gráfica 27), para esta calicata el RAS está sobre 25 en todos los casos y el PSI sobre 15 % (Gráfica 28).

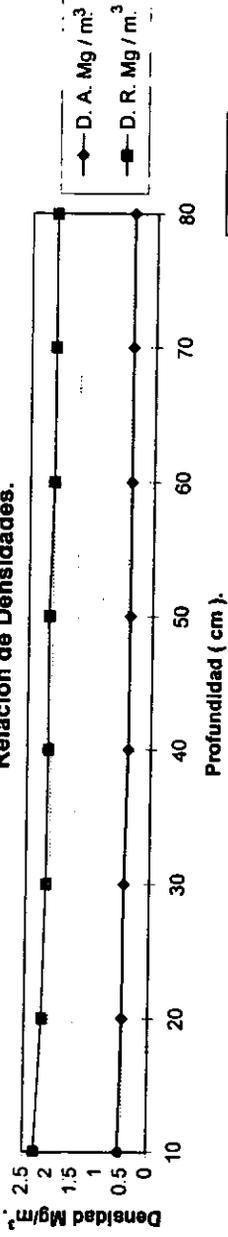
Tabla No. 3 Determinaciones físicas y químicas de la Calicata No. 2 de San Nicolás Tetelco, Tláhuac DF.

Profundidad en cm.	Color seco.	Color húmedo	D. A. Mg m ³	D. R. Mg m ³	% Por.	% Are.	% Lim. Ar.	% H ₂ O 1:5	pH H ₂ O 1:10	pH KCl 1:5	pH KCl 1:10	% MO. C.	% Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺ cmol / kg de suelo.	Na.	K.	C.I.C.T.		
																		10YR 2/1	10YR 2/1
0 - 10	10YR 6/1 negro.	10YR 2/1 negro.	0.57	2.28	75.0	36	29	45	9.1	9.0	7.9	7.8	32.8	19.1	44	56	21.3	2.3	76.9
						Migajón Arcilloso													
10 - 20	gris.	10YR 2/1 negro.	0.52	2.14	75.7	33	30	37	9.3	9.4	8.2	7.8	27.9	16.2	42	60	20.9	1.8	78.5
						Migajón Arcilloso													
20 - 30	gris.	10YR 2/1 negro.	0.51	2.07	75.4	43	27	30	9.3	9.3	8.1	7.4	25.2	14.6	42	66	21.3	2.3	71.0
						Migajón Arcilloso													
30 - 40	gris.	10YR 2/1 negro.	0.45	2.05	78.0	36	20	44	8.8	8.9	7.6	7.5	23.8	13.8	30	64	23.9	1.8	71.2
						Migajón Arcilloso													
40 - 50	gris.	10YR 2/1 negro.	0.45	2.07	78.3	39	13	48	9.0	8.7	7.5	7.2	31.4	18.2	34	68	23.9	1.3	75.3
						Migajón Arcilloso													
50 - 60	gris.	10YR 2/1 negro.	0.45	2.00	76.4	34	18	48	8.9	8.8	7.6	7.0	27.6	16	38	52	25.2	1.3	77.5
						Migajón Arcilloso													
60 - 70	gris.	10YR 3/2 pardo osc.	0.45	2.00	76.4	28	17	55	8.9	8.2	7.3	7.0	35.9	20.8	36	68	30.1	1.3	72.0
						Mig. arcilloarenoso													
70 - 80	gris.	10YR 3/2 4/1 gris pardo gris. osc.	0.45	2.00	76.4	25	17	58	8.2	8.0	7.0	6.8	35.9	20.8	40	74	30.9	1.3	66.8
						Mig. arcilloarenoso													

Tabla No. 4 Determinaciones del extracto de pasta de saturación de la Calicata No. 2 de San Nicolás Tetelco, Tláhuac DF.

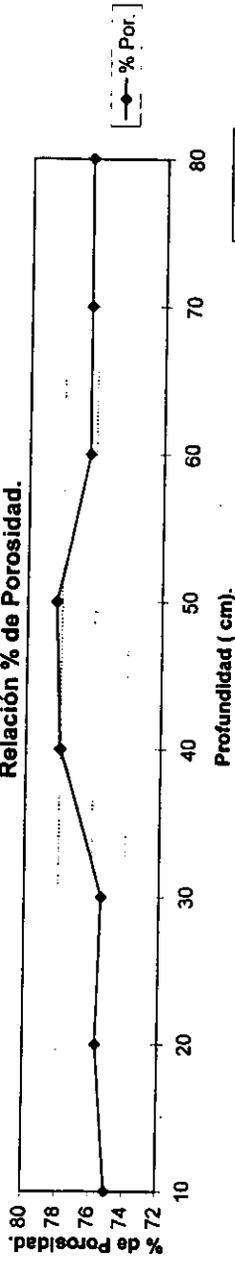
Profun. en cm.	pH	C.E. dS/m	cmol (+) L ⁻¹										NO ₃ ⁻ ppm	RAS	PSI
			Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ⁻	CO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	P				
0 - 10	8.6	5.6	3.9	2.3	52.9	1.6	40	19	2.6	3.8	41.17	24.3	30.0	30.7	
10 - 20	8.8	6.3	3.6	2.8	53.9	1.3	38	19	2.3	4.0	56.08	23.9	30.1	30.8	
20 - 30	8.7	5.9	3.2	2.9	50.8	1.1	36	11	2.0	3.0	117.0	13.3	29.1	30.2	
30 - 40	8.6	6.2	3.2	4.8	57.9	0.9	44	17	2.2	3.5	128.6	13.6	28.9	30.0	
40 - 50	8.6	6.8	3.6	4.6	59.5	0.9	44	19	2.0	3.0	140.4	14.1	29.5	30.2	
50 - 60	8.5	8.9	5.8	10.2	80.9	1.3	66	21	1.8	2.6	125.9	14.0	28.6	29.7	
60 - 70	8.4	8.8	4.2	10.6	75.1	1.3	64	11	1.4	2.0	85.3		27.6	28.9	
70 - 80	8.4	8.1	5.6	9.2	69.8	1.1	60	11	1.2	1.8	79.8		25.7	27.5	

Relación de Densidades.



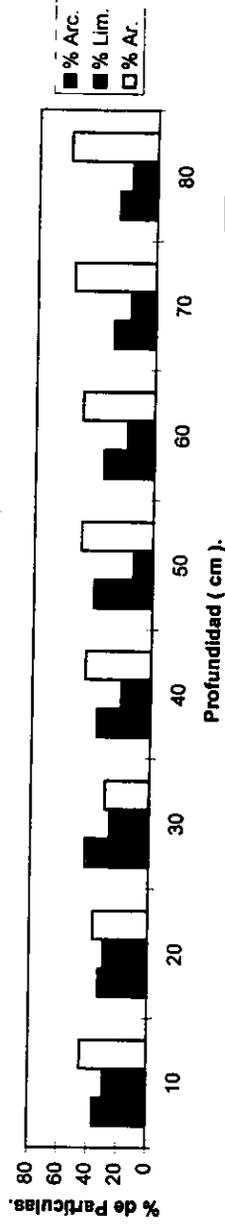
Gráfica 15

Relación % de Porosidad.



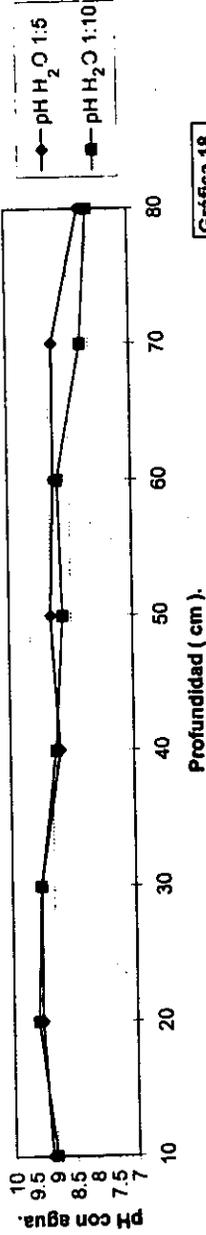
Gráfica 16

Textura.

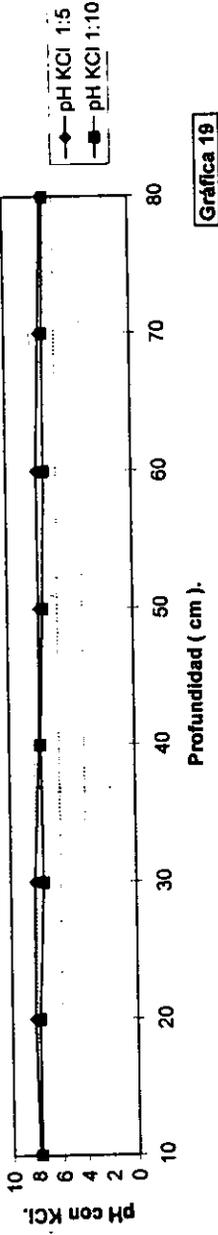


Gráfica 17

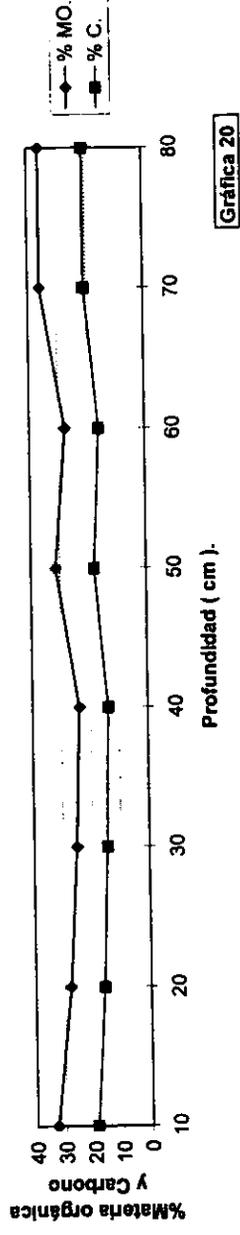
pH con agua 1:5, 1:10.



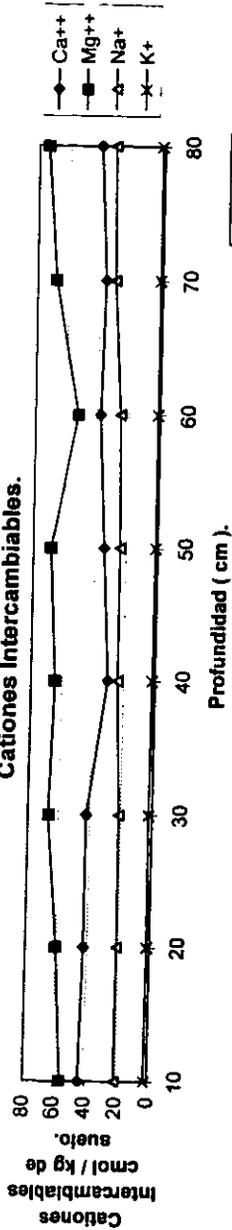
pH con KCl 1:5, 1:10.



Materia orgánica y Carbono.

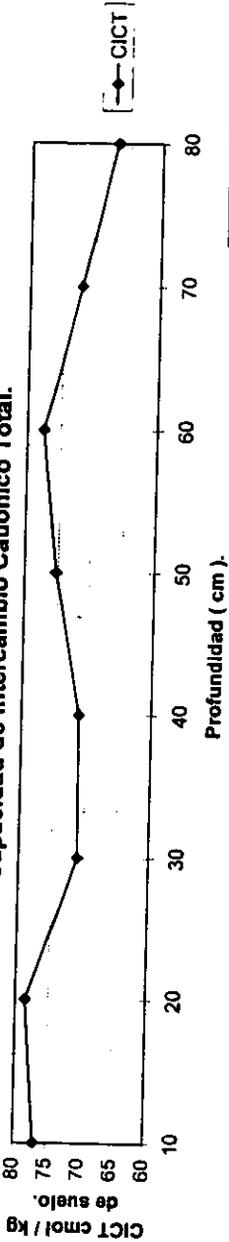


Cationes Intercambiables.



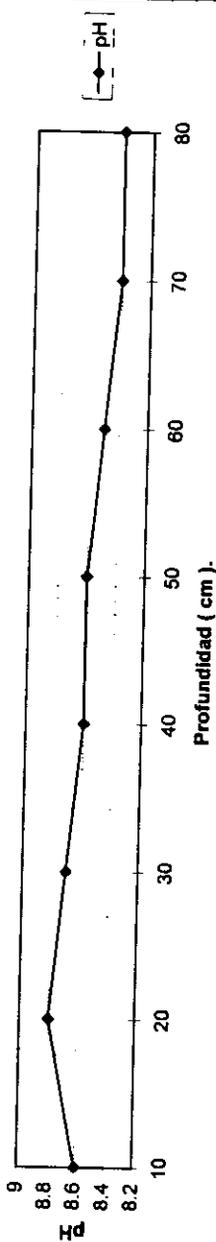
Gráfica 21

Capacidad de Intercambio Cationico Total.



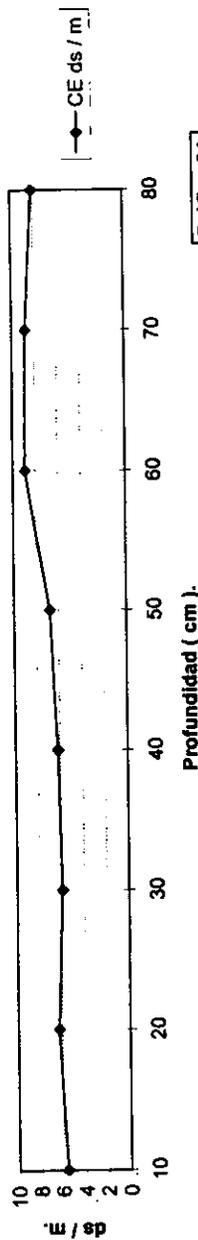
Gráfica 22

pH de la Pasta de Saturación.



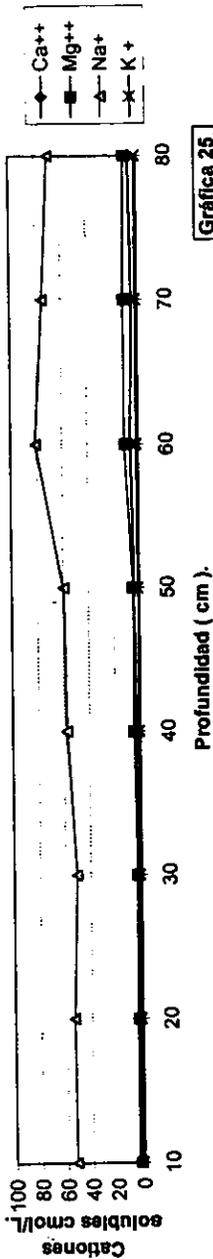
Gráfica 23

Conductividad Eléctrica.



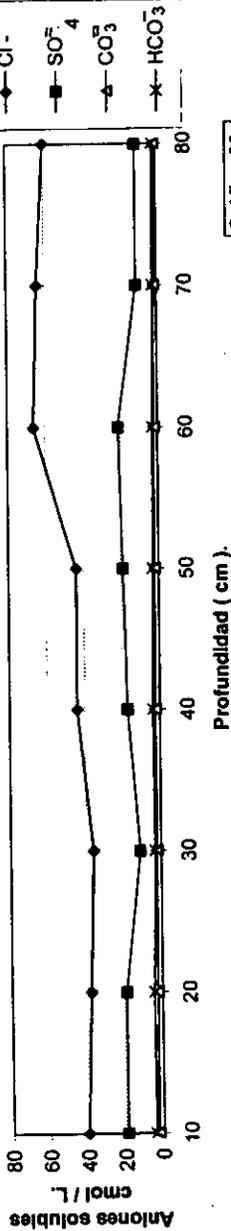
Gráfica 24

Cationes Solubles.



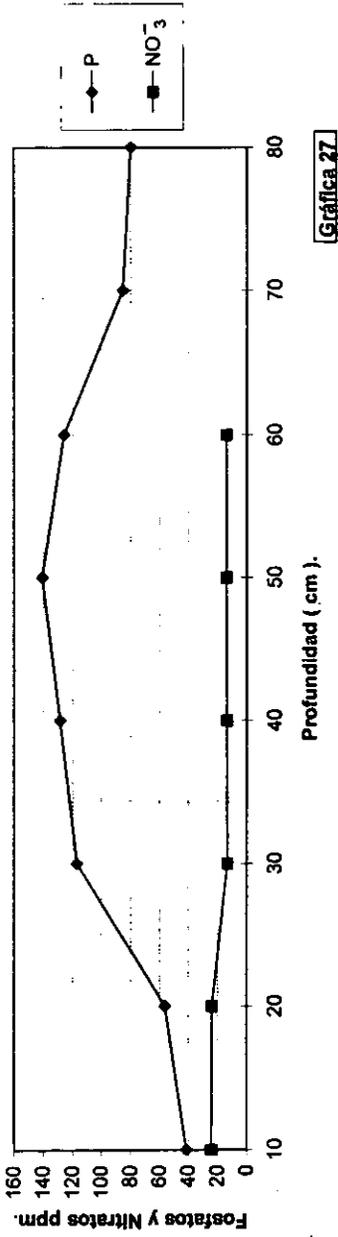
Gráfica 25

Aniones Solubles.

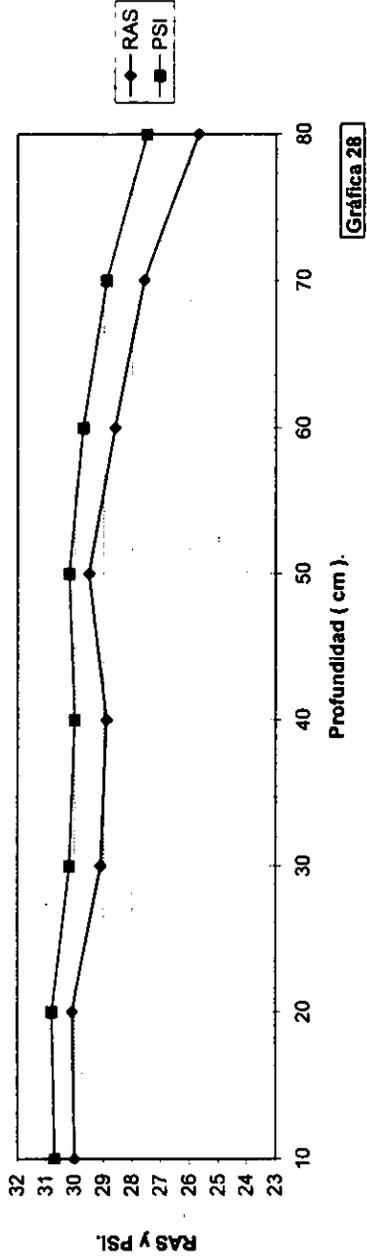


Gráfica 26

Relación de Fósforo y Nitratos.



Relación de RAS y PSI.



La Chinampa en donde se excavó la calicata número 3 pertenece al Sr. Clemente Suárez, con un largo de 50 metros y un ancho de 30 metros aproximadamente, a la cual se le había incorporado estiércol y se encontraba en la fase de laboreo mediante la yunta al momento del muestreo.

En los canales que rodeaban la chinampa se pudo observar la presencia de tule (*Typha latifolia*), lirio (*Eichhornia crassipes*) y en los bordes zacate (*Agrostis verticilata*), además sobre la chinampa se denotaron ahuejotes (*Salix bomplandiana*), alrededor de 20 en su totalidad en las orillas de la misma, estando el nivel del agua en los canales aproximadamente a 1 metro del borde superior de los mismos.

Los resultados de los análisis de la calicata No. 3 (*Tabla No. 5*) muestran un color en seco de gris oscuro 10 YR 4 / 1, y pardo oscuro 10 YR 3/2 como color en húmedo predominante, con una densidad aparente de 0.5 Mg / m³ hasta el primer metro de profundidad y de 0.4 Mg / m³ para el resto de las profundidades, la densidad real cercana a 2.0 Mg / m³ (Gráfica 29), que da como resultado una porosidad de 74 % con la tendencia al aumento mientras más profundo es la calicata (Gráfica 30), con una textura migajón arcillo arenoso, con poca variación en el porcentaje de arcillas y una presencia mayoritaria del % de las arenas (Gráfica 31).

Esta calicata presenta un pH de 7.0 en los primeros 20 cm, cercano a 8.0 hasta 60 cm y de 7.0 nuevamente en el resto de la calicata, valorándolo con agua en relación 1:5 y 1:10 (Gráfica 32), un pH de 7.0 de 0 a 30 cm, de 8.0 en los siguientes 30 cm, de 7.0 de nuevo en los siguientes 40 cm y de 6.0 en el resto de la calicata, valorado con KCl 1N en relación 1:5 y 1:10 (Gráfica 33); con un contenido de materia orgánica del 30 % hasta 40 cm de profundidad, bajando hasta 20 % hasta los 90 cm y alrededor de 14 % en las muestras faltantes. Así el contenido de carbono varió de un 20 % en los primeros 40 cm, 10 % en los cm siguientes hasta la parte más profunda de la calicata (Gráfica 34).

El calcio intercambiable domina al alcanzar valores de 45 cmol / kg de suelo en los 40 cm superficiales y de 25 cmol / kg de suelo en los cm siguientes, continua el magnesio ya que presenta concentraciones de 20 cmol / kg de suelo como promedio, sodio con 25 cmol / kg de suelo de 0 a 40 cm y de 10 cmol / kg de suelo en el resto de las profundidades y el potasio con concentraciones bajas de 1.0 cmol / kg de suelo en los

primeros 20 cm y cercanos a 0.4 cmol / kg de suelo en los casos siguientes (Gráfica 35); la más alta CICT está en los 40 cm iniciales, con una variación de 77.6 a 73.5 cmol / kg de suelo, para después disminuir hasta 46.6 cmol / kg de suelo (Gráfica 36).

El pH del extracto de la pasta de saturación (*Tabla No. 6*) va desde 9.0 en los 30 cm iniciales y disminuyen al aumentar la profundidad hasta alcanzar un valor a 7.6 en la parte final de la calicata (Gráfica 37); las conductividades eléctricas de 17.2 y 13.7 ds / m en los 30 cm superficiales y menores a 4 ds / m para el resto de la calicata (Gráfica 38), el sodio soluble de 96.3 a 66.6 cmol / kg hasta los 40 cm de profundidad y 20 cmol / kg en las profundidades restantes, 5 cmol / kg de calcio soluble como promedio, 4.5 cmol / kg de magnesio soluble, ambos con la tendencia a disminuir conforme aumenta la profundidad, y concentraciones menores a 1,6 cmol / kg de potasio soluble en toda la calicata (Gráfica 39).

Concentraciones entre los 85 y 63 cmol / kg de cloruros en los 20 cm superficiales y de 20 cmol / kg en el resto de las muestras, además de 30 cmol / kg aproximadamente de sulfatos y 2.5 cmol / kg de bicarbonatos, y concentraciones de 2.5 cmol / kg de carbonatos (Gráfica 40).

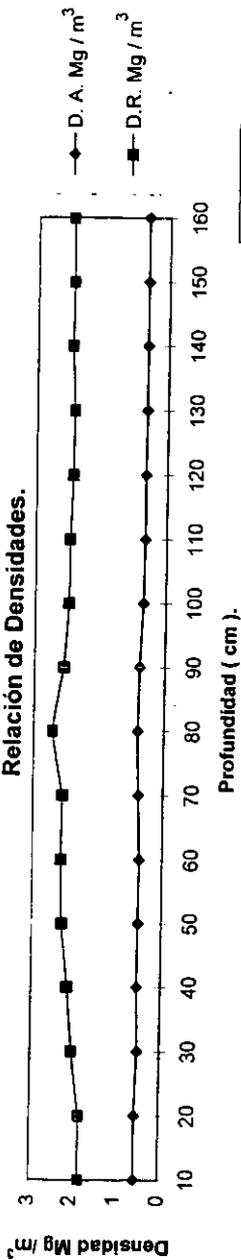
Con una concentración entre los 35.3 y 86.3 ppm de fosfatos asimilables y de 25 ppm de nitratos, con la misma tendencia a aumentar en los primeros cm de profundidad y con la disminución posterior, tal como ha ocurrido en las otras calicatas analizadas para este trabajo (Gráfica 41).

La RAS es muy variable a lo largo de la calicata con valores de 12.9 y 24.6 en las profundidades de 0 hasta 40 cm incluyendo 60 a 70 cm y de 120 a 130 cm, y menor a 10 para el resto de los casos, PSI mayor al 15 % en 40 cm iniciales y en la profundidad de 120 a 130 cm y menor de 15 % en las otras muestras faltantes (Gráfica 42).

Tabla No. 6 Determinaciones del extracto de pasta de saturación de la Calicata No. 3 de San Nicolás Tetelco, Tláhuac DF.

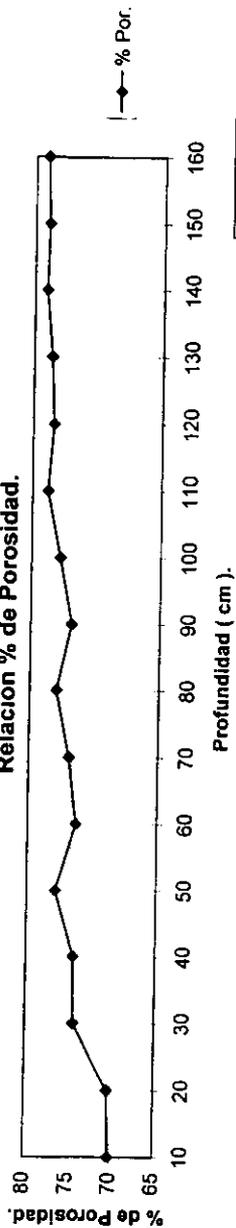
Profund. en cm.	pH	C.E. dS/m	cmol.(+) L ⁻¹										RAS	PSI
			Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ⁻²	CO ₃ ⁻²	HCO ₃ ⁻	P	NO ₃ ⁻ ppm		
0 - 10	9.4	17.2	5.1	2.0	96.3	1.6	85	25	2.8	5.6	35.9	37.4	16.1	18.3
10 - 20	9.4	14.4	2.7	3.4	71.8	1.2	63	21	2.8	4.8	37.2	37.2	12.9	15.1
20 - 30	9.1	13.7	2.2	2.3	71.8	0.3	27	40	3.6	4.7	35.3	24.5	14.9	17.1
30 - 40	8.7	4.9	7.4	7.2	66.6	0.2	24	38	2.8	4.6	42.8	22.9	24.6	25.9
40 - 50	8.6	3.1	6.4	3.4	25.3	0.1	26	10	2.4	7.6	46.9	22.6	8.9	10.6
50 - 60	8.5	2.3	5.8	3.2	18.8	0.1	25	10	2.4	5.0	53.7	22.6	8.9	10.6
60 - 70	8.4	2.9	5.8	3.2	26.4	0.1	25	11	2.4	3.0	86.3		12.6	14.8
70 - 80	8.4	2.5	6.0	3.4	20.5	0.1	20	11	2.2	3.6	82.3		9.5	11.3
80 - 90	8.2	2.4	4.8	3.2	21.1	0.1	24	9	2.2	3.8	71.0		10.6	12.6
90 - 100	8.3	2.4	4.8	2.2	19.3	0.2	18	10	2.2	4.0	72.9		10.3	12.2
100 - 110	8.3	2.2	4.0	2.2	15.9	0.2	16	8	2.2	4.0	70.0		9.1	10.9
110 - 120	8.2	1.8	3.6	2.2	11.8	0.2	14	8	2.2	3.6	67.9		6.9	8.3
120 - 130	8.2	1.8	3.4	2.8	22.9	0.2	18	8	2.2	3.6			13.0	15.2
130 - 140	8.2	1.2	3.8	1.6	18.9	0.1	13	8	2.2	3.6	59.9		11.5	13.5
140 - 150	7.9	1.1	3.6	1.4	19.1	0.1	16	8	1.6	3.0	54.4		12.1	14.2
150 - 160	7.6	1.1	3.2	1.0	18.6	0.1	18	8	1.6	2.0			12.8	14.9

Relación de Densidades.



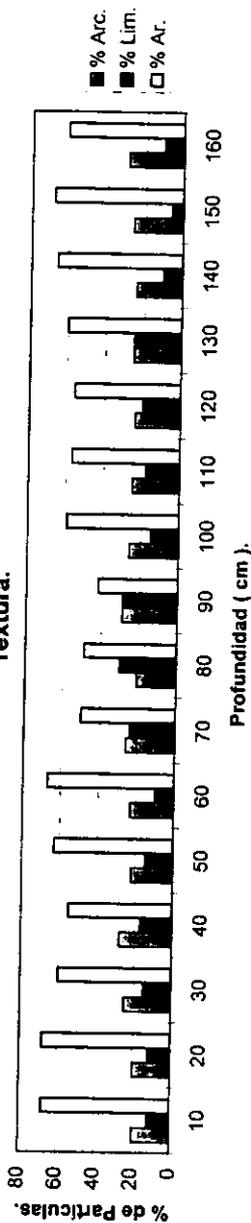
Gráfica 29

Relación % de Porosidad.



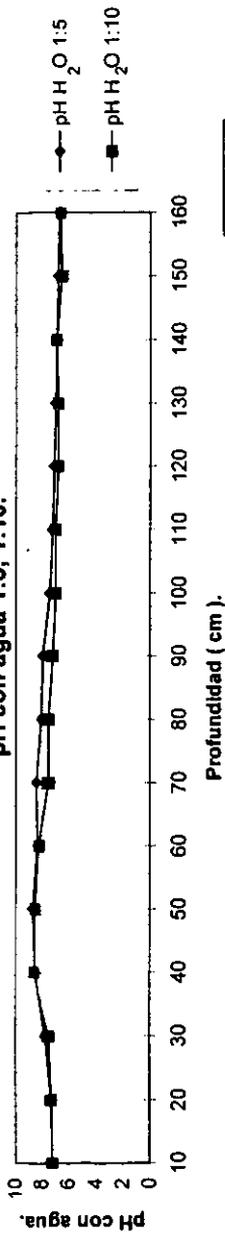
Gráfica 30

Textura.



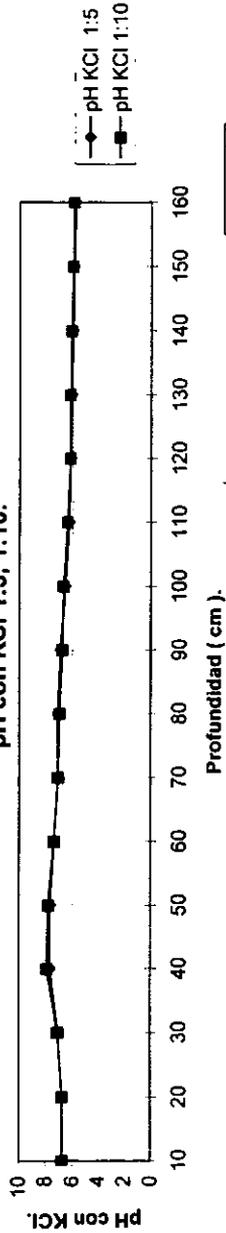
Gráfica 31

pH con agua 1:5, 1:10.



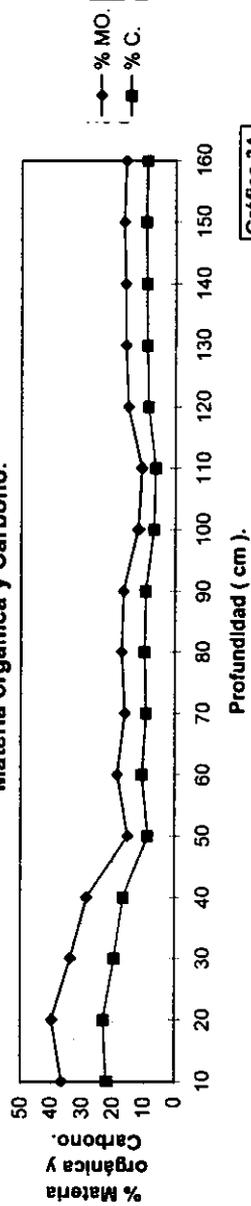
Gráfica 32

pH con KCl 1:5, 1:10.

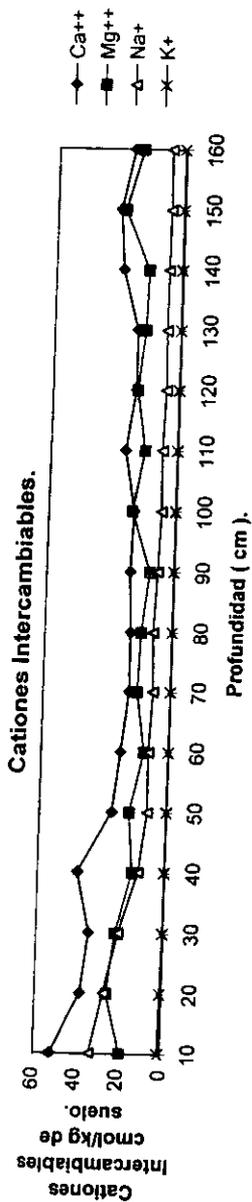


Gráfica 33

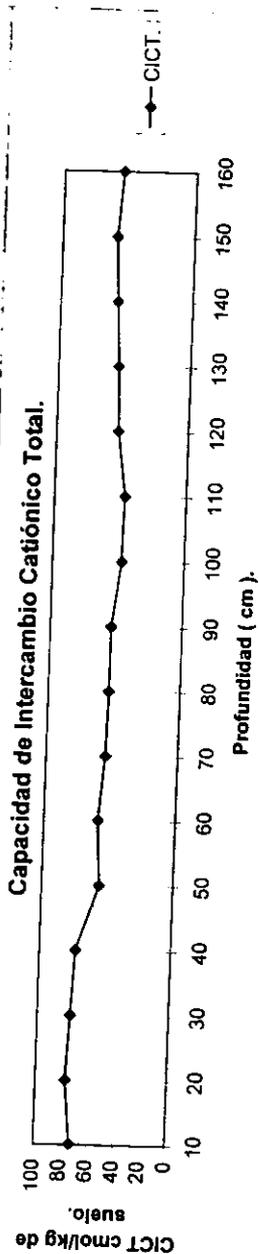
Materia orgánica y Carbono.



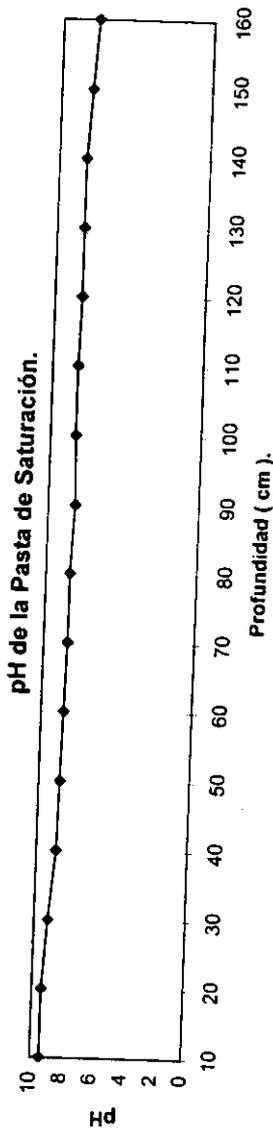
Gráfica 34



Gráfica 35

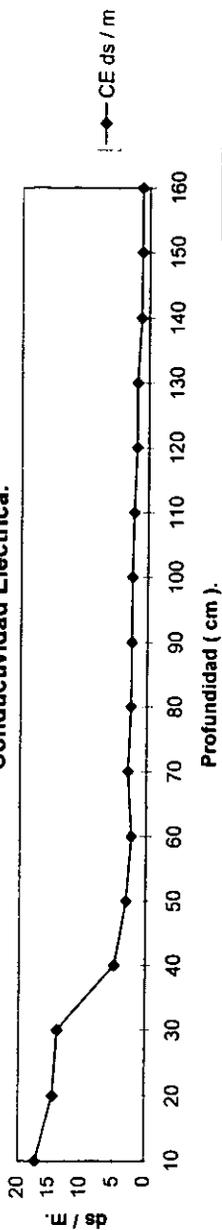


Gráfica 36

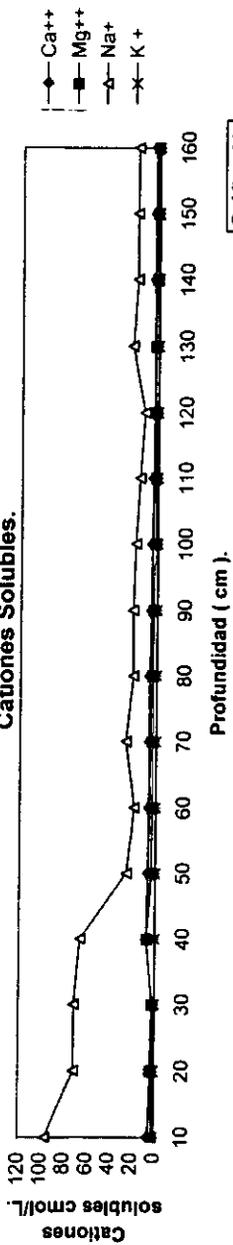


Gráfica 37

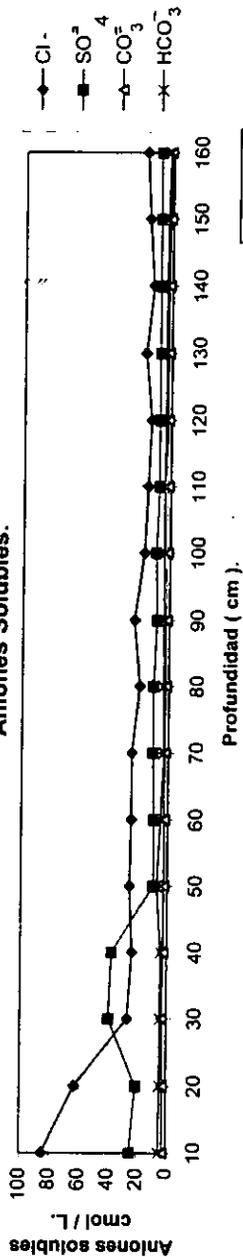
Conductividad Eléctrica.



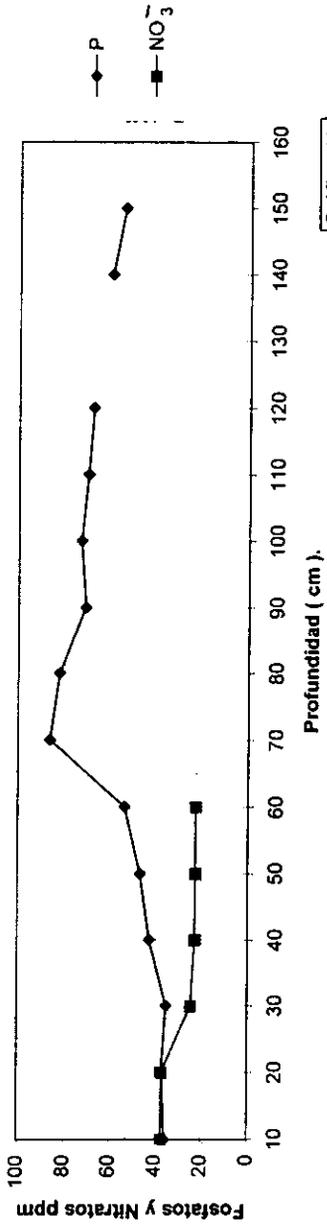
Cationes Solubles.



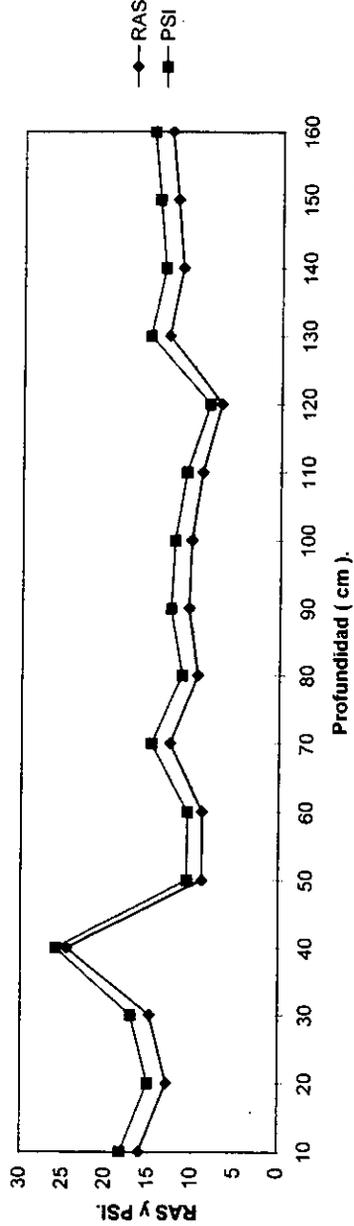
Aniones Solubles.



Relación de Fósforo y Nitratos.



Relación de RAS y PSI



La calicata número 4 fue realizada en la chinampa perteneciente al Sr. Juan Mancera la cual tiene unas dimensiones de 95 metros de largo y 23 metros de ancho, presentó un cultivo de acelgas (*Beta vulgaris*) en la fase de cosecha y apio (*Apium graveolens*), además de zacatillo (*Agrostis verticillata*) en las orillas de la misma. La presencia de ahuejotes (*Salix bomplandiana*) alrededor de la chinampa fue de 15 de estos árboles con la presencia de tule (*Typha latifolia*) y lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) en los canales que la rodean, los cuales tenían el espejo de agua a menos de un metro del borde de la chinampa.

Cabe hacerse mención que en esta chinampa se observaron evidencias de salitre de color oscuro en algunas zonas descubiertas de cultivo.

Para la calicata número 4 (Tabla No. 7) se tienen colores en seco de gris 10 YR 6/1, en las profundidades que van de 0 a 30 cm y de 50 a 60 cm, gris 10 YR 5 / 1 de 30 a 50 cm y de 70 a 120 cm, seguido por un color gris oscuro 10 YR 4 / 1 en los siguientes 10 cm, gris oscuro 10 YR 3 / 1 en los subsecuentes 10 cm y en el resto de la calicata negro 10 YR 2 / 1.

Los colores en húmedo se clasificaron como negro 10 YR 2 / 1, pardo oscuro 10 YR 2 / 2 y pardo grisáceo 10 YR 3 / 2.

Las densidades aparentes son de 0.5 Mg/m^3 en los 50 cm superficiales, de 0.4 Mg/m^3 en los próximos 50 cm y de 0.3 Mg/m^3 en el resto de la calicata, con las densidades reales con valores cercanos a 2.0 Mg/m^3 hasta 1.30 metros de profundidad y de 1.5 Mg/m^3 en el resto de la calicata (Gráfica 43). Dando como resultado un 70 % de porosidad en el límite de los 80 cm de profundidad y cercano a 80 % en el resto de los análisis correspondientes a esta calicata (Gráfica 44).

Las dos primeras muestras superficiales poseen una textura migajón arcillo arenosa, de los 20 a los 120 cm de profundidad una textura migajón arcilloso y a partir de éste punto una textura Franca hasta el final de la calicata (Gráfica 45).

Los pH con agua en relación 1:5 es de 8 a 9.0 en los 40 cm iniciales, de 8.0 en los siguientes 40 cm y de 7.0 para todos los cm restantes, el pH en relación 1:10 con valores de 9.8 de 0 a 30 cm, próximos a 8.8 en los subsecuentes 30 cm, de 8.0 en los siguientes 30 cm y cercanos a 7.0 a partir del primer metro de profundidad (Gráfica 46).

Los pH medidos con KCl 1N también poseen algunas pequeñas variaciones al ir aumentando la profundidad; así en las relaciones de 1:5 y de 1:10 los primeros 30 cm tienen pH de 9.0 aproximadamente, de 8.0 en los posteriores 10 cm, de 7.0 desde los 50 cm a los 120 cm y las profundidades faltantes de 6.0, en promedio (Gráfica 47).

Los contenidos de materia orgánica varían de aproximadamente 25 % de los primeros 40 cm a 35 % de los otros 50 cm posteriores y a 30 % para las demás muestras de la calicata; promediando así un 25 % de carbono en este suelo (Gráfica 48).

El magnesio intercambiable tiene mayor concentración de 0 a 30 cm con 60 cmol / kg, con una tendencia a la disminución hasta los 90 cm de profundidad, aumenta hasta alcanzar los 98 cmol / kg de suelo a los 190 cm; teniendo un promedio de 67 cmol/ kg de suelo.

El calcio intercambiable se encuentra en menores concentraciones, con un promedio de 57 cmol / kg de suelo, con las menores concentraciones entre los 50 y 100 cm de profundidad.

El sodio intercambiable con 30 cmol / kg de suelo en los primeros 20 cm, menor de 20 cmol / kg de suelo en los 50 cm contiguos, de 10 cmol / kg de suelo en los siguientes 60 cm, de 15 cmol / kg de suelo en las últimas 7 profundidades, incluyendo al potasio intercambiable con un promedio de 1 cmol / kg de suelo (Gráfica 49).

La CICT tienen valores de 70 cmol / kg de suelo en los primeros 30 cm y en 60 cmol / kg de suelo aproximadamente para el resto de las profundidades de esta calicata (Gráfica 50).

La **tabla No. 8** muestra las determinaciones para el extracto de la pasta de saturación de la calicata 4; donde se puede apreciar un pH próximo a 9.0 en los primeros 80 cm y menor de 8.5 en las últimas muestras (Gráfica 51). Conductividades eléctricas superiores a 4 ds / m hasta los 60 cm de profundidad, incluyendo en este rango a las profundidades de 90 a 100 cm y desde los 140 a los 170 cm y con conductividades eléctricas menores de 4 ds / m en todas las otras (Gráfica 52).

Altas concentraciones de sodio soluble en los 20 cm iniciales (100 cmol / kg), cercanos a 50 cmol / kg hasta los 50 cm y alrededor de 30 cmol / kg desde los 50 cm hasta los dos metros de profundidad; siguiendo con 5.7 cmol / kg de calcio soluble como

promedio y de 15 cmol / kg de magnesio soluble, para terminar con 3.6 cmol / kg de potasio aproximadamente (Gráfica 53).

En cuanto a los aniones solubles los de mayor concentración son los cloruros con un máximo de 72 cmol / kg de los 10 a 20 cm de profundidad y con un mínimo de 22 cmol / kg a los dos metros.

Seguidos por los sulfatos con concentraciones de 30 cmol / kg en los primeros 40 cm y de 10 cmol / kg en las otras muestras. Los bicarbonatos con un promedio de 8.0 cmol / kg en la calicata, con las más altas concentraciones de los 0 a 30 cm (próximos a 10 cmol / kg), concentraciones que disminuyen al aumentar la profundidad y los carbonatos promediados en 3.4 cmol / kg para este suelo (Gráfica 54).

El fósforo asimilable próximo a 70 ppm hasta los 50 cm iniciales, 58 ppm hasta 1.20 metros y de 20 ppm en las profundidades finales y los nitratos con 20 ppm en promedio a lo largo de la calicata (Gráfica 55).

Para tener por último, un RAS de 40 en los primeros 20 cm, de 20 en los siguientes 40 cm, y de 10 para las demás muestras y con un PSI mayor del 15 % hasta los 60 cm de profundidad y menor de 15 % hasta los dos metros de profundidad (Gráfica 56).

Tabla No. 7 Determinaciones físicas y químicas de la Calicata No. 4 de San Nicolás Tetelco, Tláhuac DF.

Profund. en cm.	Color seco.	Color húmedo	D. A. Mg m ³	D. R. Mg m ³	% Por	% Are.	% Lim.	% Ar.	% Mig. arcilloarenoso	pH H ₂ O 1:5	pH H ₂ O 1:10	pH KCl 1:5	pH KCl 1:10	% MO.	% C.	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na.	K.	CICT	cmol / kg de suelo.	
																					36	13
0 - 10	10YR6/1 gris.	10YR2/1 negro.	0.52	2.08	75				Mig. arcilloarenoso	9.8	9.8	8.3	8.7	27.9	16.8	60	68	38	1.6	71.6		
10 - 20	10YR6/1 gris.	10YR2/1 negro.	0.57	2.10	72				Mig. arcilloarenoso	9.7	9.8	8.3	8.6	23.5	13.6	58.5	66.5	37.4	1.5	71.4		
20 - 30	10YR6/1 gris.	10YR 2/1 negro.	0.54	2.10	73				Mig. arcilloarenoso	9.6	9.8	8.2	8.6	21.7	12.6	56.5	71.5	24.8	1.5	76.0		
30 - 40	10YR 5/1 gris.	10YR 2/2 pardo.	0.57	2.11	72				Migajón Arcilloso	9.0	9.3	7.8	7.5	26.9	15.6	58	43.0	17.8	1.1	51.4		
40 - 50	10YR 5/1 gris.	10YR 2/2 pardo.	0.54	2.00	72				Migajón Arcilloso	8.3	8.7	7.1	6.9	30.9	17.9	41.5	42.7	17.8	0.9	56.2		
50 - 60	10YR 6/1 gris.	10YR2/1 negro.	0.47	2.01	76				Migajón Arcilloso	8.3	8.7	7.0	6.8	32.1	18.6	43.2	45.5	17.8	0.9	64.2		
60 - 70	10YR 6/1 gris.	10YR2/1 negro.	0.49	2.01	75				Migajón Arcilloso	8.0	8.3	6.7	6.7	37.9	21.9	41.0	42.2	16.9	0.5	58.8		
70 - 80	10YR 5/1 gris.	10YR 2/2 pardo.	0.42	2.0	75				Migajón Arcilloso	7.8	8.0	6.7	6.6	35.9	20.8	43.0	41.5	13.9	0.5	63.6		
80 - 90	10YR 5/1 gris.	10YR 2/2 pardo.	0.42	2.04	79				Migajón Arcilloso	7.5	7.7	6.5	6.5	40.4	23.4	36.5	35.0	13.9	0.5	61.0		
90 - 100	10YR 5/1 gris.	10YR 2/2 pardo.	0.41	2.13	80				Migajón Arcilloso	7.4	7.3	6.5	6.4	23.8	13.8	31.0	50.0	9.6	1.0	52.6		
100 - 110	10YR 5/1 gris.	10YR 2/2 pardo.	0.38	2.11	82				Migajón Arcilloso	7.5	7.4	6.6	6.4	27.9	16.2	61.5	57.5	10.1	1.0	57.2		

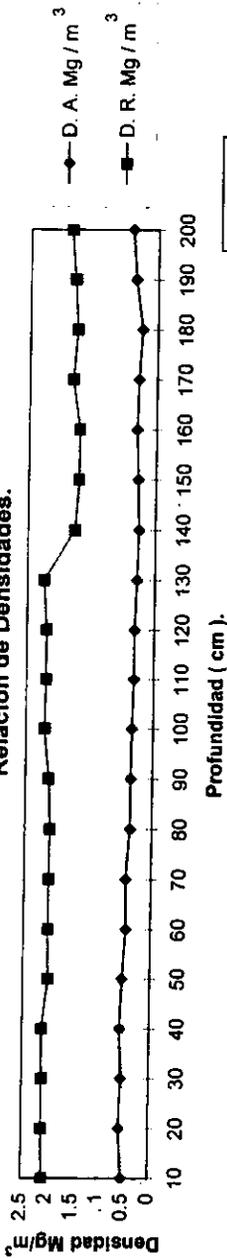
Tabla No. 7 Determinaciones físicas y químicas de la Calicata No. 4 de San Nicolás Tetelco, Tlahuac DF.

Profun en cm.	Color seco.	Color húmedo	D. A. Mg m ³	D. R. Mgm ³	% Por.	% Are.	% Lim. Ar.	% Ar.	pH H ₂ O 1:5	pH H ₂ O 1:10	pH KCl 1:5	pH KCl 1:10	% MO.	% C.	cmol / kg de suelo.			CICT	
															Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K.		
110-120	10YR 5/1 gris.	10YR 2/2 pardo.	0.38	2.11	81.2	31	27	42	7.6	7.5	6.6	6.3	24.5	14.2	63.0	62.3	12.2	1.0	59.0
Migajón Arcilloso																			
120-130	10YR 4/1 gris osc.	10YR 3/2 pardogris.	0.35	2.17	83.8	26	41	33	7.8	7.4	6.6	6.3	27.3	15.8	66.0	62.5	10.0	1.0	50.2
Franco																			
130-140	10YR 3/1 gris osc.	10YR 2/1 negro.	0.32	1.58	79.7	37	36	37	6.8	6.8	6.2	6.2	33.8	19.6	65.0	66.0	14.8	0.8	61.8
Franco																			
140-150	10YR 3/1 gris osc.	10YR 2/1 negro.	0.35	1.52	79.1	20	48	32	6.8	6.8	6.2	6.2	38.6	22.4	67.0	80.0	16.1	0.8	63.0
Franco																			
150-160	10YR 2/1 negro.	10YR 2/1 negro.	0.38	1.52	75.0	20	50	30	6.8	6.8	6.2	6.1	37.4	26.0	66.0	82.5	15.3	0.8	62.8
Franco																			
160-170	10YR 2/1 negro.	10YR 2/1 negro.	0.36	1.65	78.2	20	45	35	7.1	7.0	6.5	6.1	31.4	22.4	61.2	84.5	14.8	0.8	65.6
Franco																			
170-180	10YR 2/1 negro.	10YR 2/1 negro.	0.30	1.58	78.3	19	45	36	7.1	7.1	6.1	6.2	33.5	23.6	61.2	90.4	13.9	0.8	66.0
Franco																			
180-190	10YR 2/1 negro.	10YR 2/1 negro.	0.43	1.63	73.6	19	49	32	7.2	7.0	6.6	6.2	31.4	22.4	56.7	98.0	15.2	0.8	64.3
Franco																			
190-200	10YR 2/1 negro.	10YR 2/1 negro.	0.49	1.70	71.5	18	48	34	7.2	6.9	6.5	6.2	29.3	21.9	55.9	94.0	13.1	0.8	62.3
Franco																			

Tabla No. 8 Determinaciones del extracto de pasta de saturación de la Calicata No. 4 de San Nicolás Tetelco, Tlaxhuac DF.

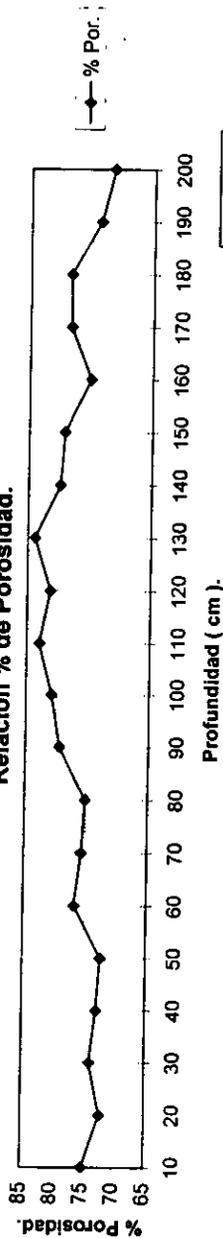
Profun. en cm.	pH	C.E. dS/m	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ⁻²	CO ₃ ⁻²	HCO ₃ ⁻	P		RAS	PSI
											NO ₃ ⁻	ppm		
0 - 10	9.4	11.0	7.8	3.9	101.0	1.5	26	26	4.0	13.0	77.7	26.3	41.7	37.6
10 - 20	9.3	10.8	7.4	4.4	100.0	1.1	72	27	4.2	12.0	68.3	26.3	41.2	37.2
20 - 30	8.9	7.9	6.4	4.4	59.9	4.2	44	17	3.6	9.0	79.1	16.5	25.8	27.6
30 - 40	8.7	6.4	5.6	4.4	56.0	3.5	44	17	3.6	6.2	78.5	16.7	25.1	26.3
40 - 50	8.6	5.9	4.8	4.7	49.9	4.1	44	10	3.6	5.0	51.8	15.4	22.8	24.5
50 - 60	8.8	4.3	5.2	4.7	33.9	3.6	34	10	3.6	5.0	50.3	13.2	15.3	17.7
60 - 70	8.8	3.8	3.6	9.6	30.8	3.3	26	10	3.0	5.6	47.7		11.9	14.1
70 - 80	8.9	3.9	3.6	9.8	32.1	3.8	26	10	3.4	6.8	37.4		12.4	14.6
80 - 90	8.6	3.6	3.6	9.2	28.9	4.2	26	10	3.6	4.8	40.8		11.4	13.6
90 - 100	8.5	4.1	5.2	9.8	31.3	4.0	26	10	3.6	4.0	41.2		11.4	13.6
100 - 110	8.5	3.2	4.0	12.0	27.4	4.1	22	9	3.6	4.0	52.6		9.7	11.5
110 - 120	8.5	3.2	3.2	15.2	25.6	3.8	28	9	3.6	3.6	62.3		8.4	10.0
120 - 130	8.5	3.0	3.2	16.8	23.8	5.1	26	8	3.6	3.8			7.5	8.9
130 - 140	8.5	3.8	3.8	14.4	30.7	1.6	32	9	2.0	3.5	37.8		10.2	12.1
140 - 150	7.6	5.2	4.0	14.8	31.0	1.6	30	9	2.0	3.0			10.8	12.8
150 - 160	7.5	5.1	4.6	11.8	33.1	1.6	38	9	2.0	2.8	22.8		11.6	13.7
160 - 170	7.5	4.2	4.4	14.8	30.7	1.5	34	8	2.0	2.8			9.9	11.8
170 - 180	7.5	3.1	2.2	10.2	28.2	1.5	30	8	2.0	2.6	21.6		11.7	13.8
180 - 190	7.2	2.4	2.0	10.0	21.8	1.5	32	8	2.0	1.8			8.9	10.6
190 - 200	7.1	2.3	2.2	12.4	19.6	1.4	22	9	1.8	1.0	16.9		7.3	8.6

Relación de Densidades.



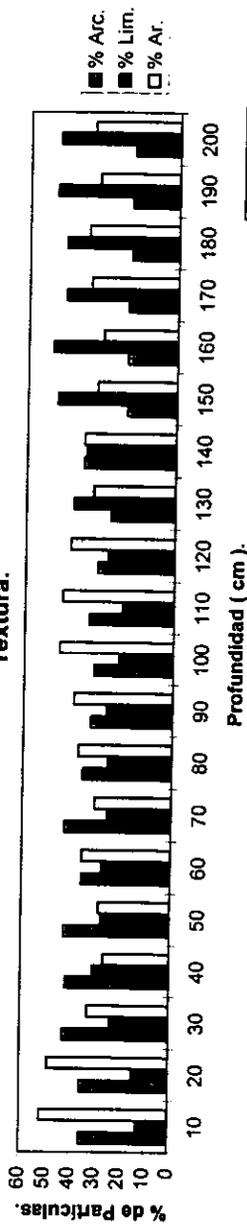
Gráfica 43

Relación % de Porosidad.



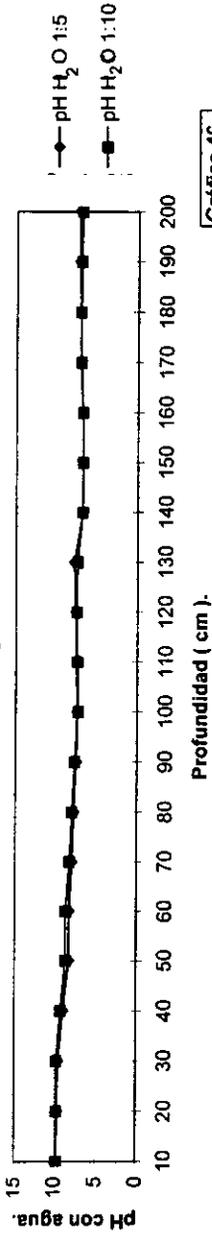
Gráfica 44

Textura.

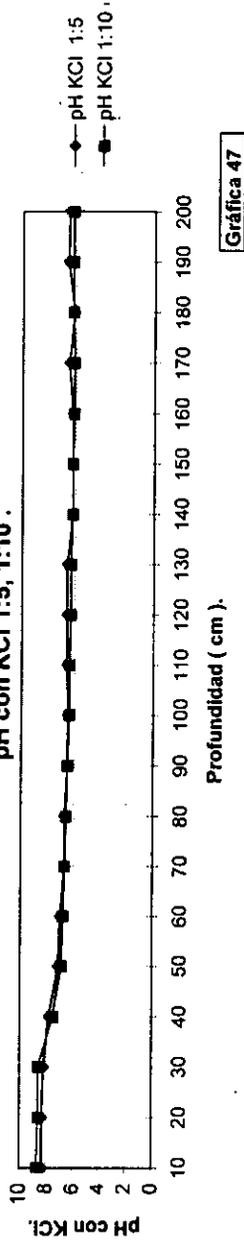


Gráfica 45

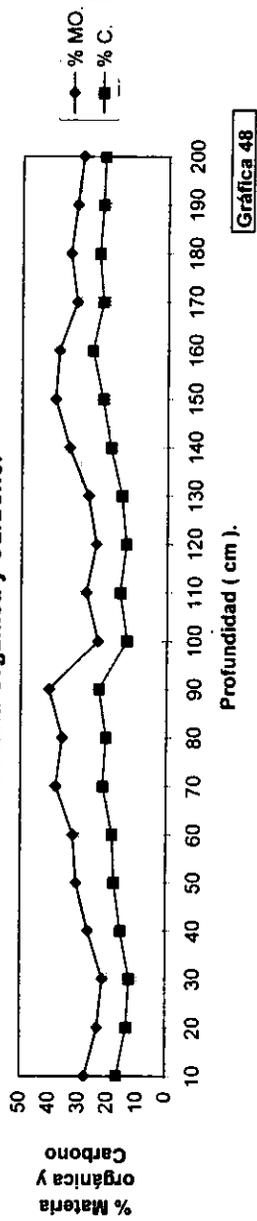
pH con agua 1:5, 1:10.



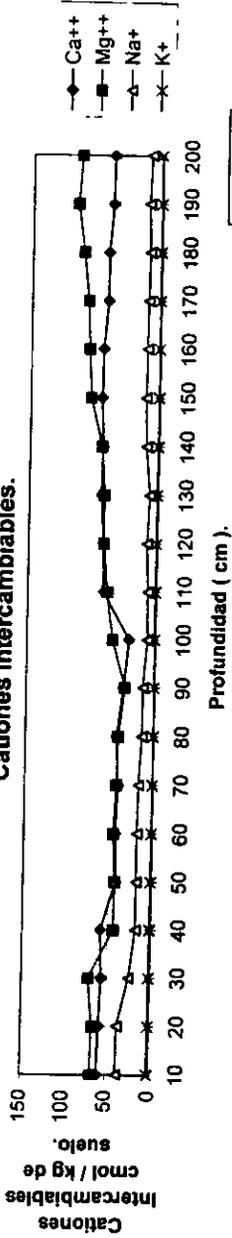
pH con KCl 1:5, 1:10.



Materia Orgánica y Carbono.

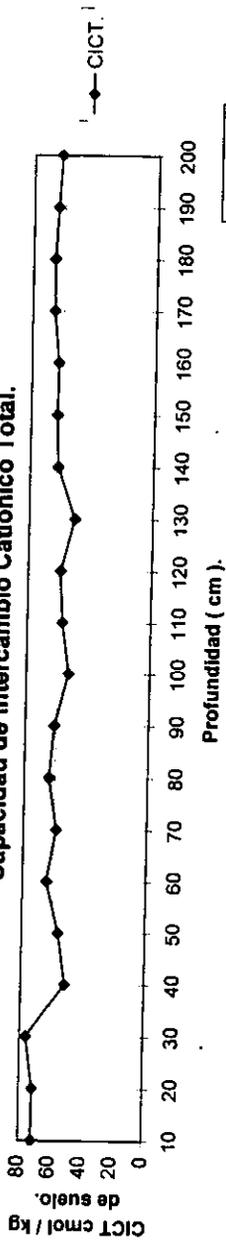


Cationes Intercambiables.



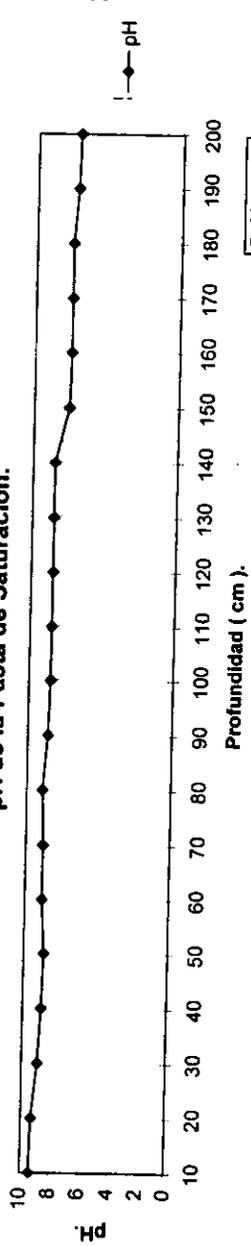
Gráfica 49

Capacidad de Intercambio Catiónico Total.



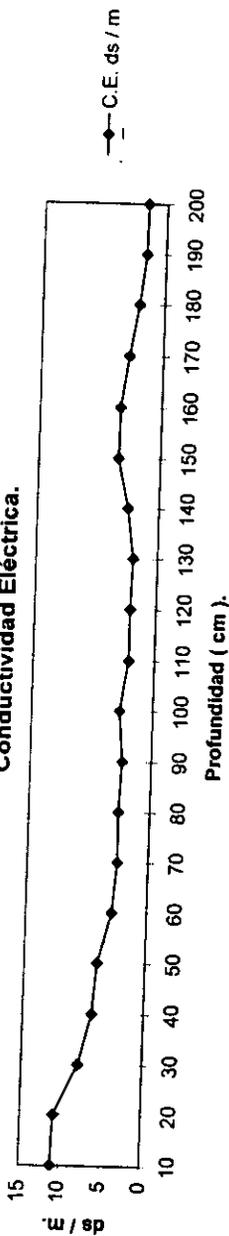
Gráfica 50

pH de la Pasta de Saturación.



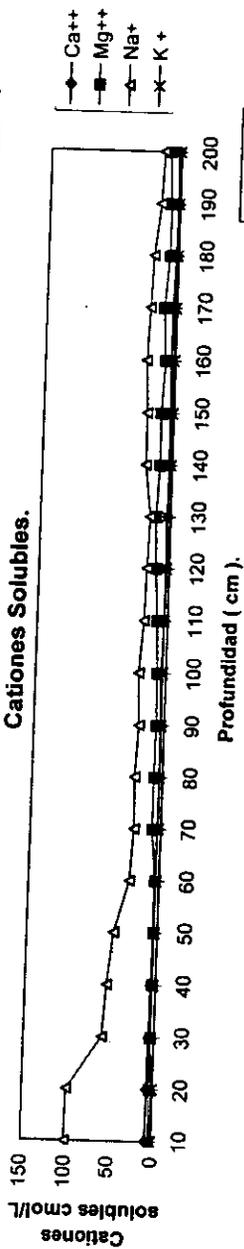
Gráfica 51

Conductividad Eléctrica.



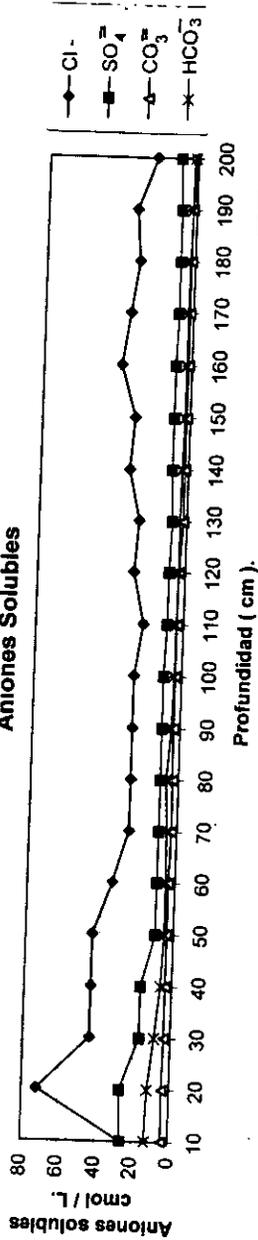
Gráfica 52

Cationes Solubles.



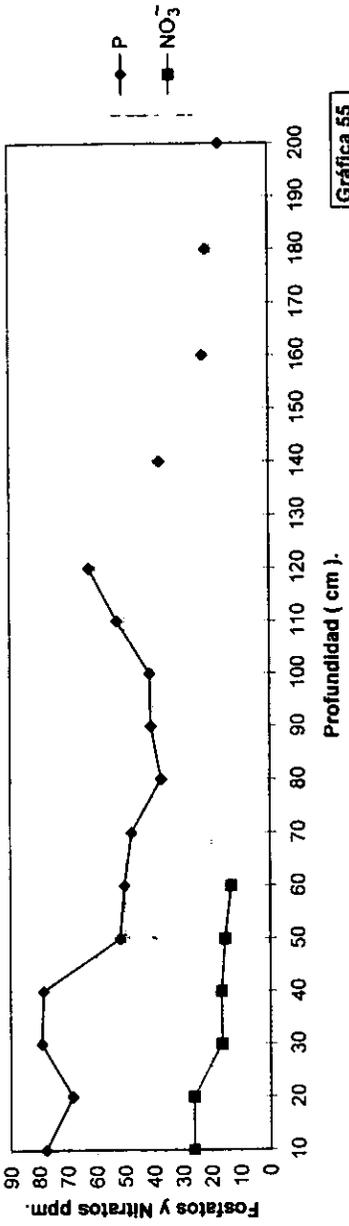
Gráfica 53

Aniones Solubles

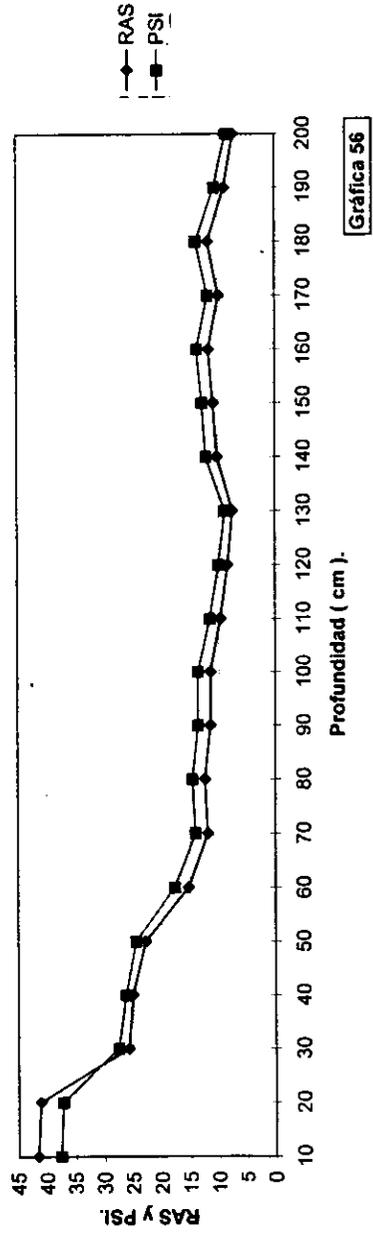


Gráfica 54

Relación de Fósforo y Nitratos.



Relación de RAS y PSI.



En la chinampa propiedad del Sr. Carlos Miranda se registra la calicata número 5 con unas dimensiones de 100 metros de largo y 60 metros de ancho, cultivada con alfalfa (*Medicago sativa*) en el momento del muestreo, con siete ahuejotes (*Salix bomplandiana*) a su alrededor y zacatillo (*Agrostis verticillata*) en los bordes de la misma, siendo rodeada por los cuatro lados con canales con agua la cual se encontraba a más de un metro del borde de la chinampa. Los canales contenían poco tule (*Typha latifolia*) y lirio acuático (*Eichhornia crassipes*).

La calicata No. 5 (Tabla No. 9) tiene un color en seco gris oscuro 10 YR 4 / 1 de 0 a 140 cm de profundidad y gris 10 YR 5 / 1 desde 140 a 200 cm de profundidad, y en húmedo de pardo grisáceo 10YR 3 / 2 y pardo oscuro 10YR 2 / 2, una densidad aparente de 0.5 Mg / m³ para toda la calicata, una densidad real promedio de 2.0 Mg / m³ (Gráfica 57), una porosidad de 73 % aproximadamente (Gráfica 58), textura Franca de 0 a 50 cm, migajón arcillo arenoso hasta los 80 cm y de migajón arcilloso hasta los dos metros de profundidad (Gráfica 59).

Tiene un pH con agua en relaciones 1:5 y 1:10 con una variación entre valores de 7.0 y 10 hasta los 110 cm, para disminuir desde este punto a 9.0 en los siguientes 80 cm de profundidad y a 8.0 a los 200 cm (Gráfica 60).

Un pH menor de 7.0 hasta los 20 cm, de 8.0 de los 20 a los 50 cm, de 9.0 hasta los 110 cm y de 8.0 hasta el final de la calicata, todos en promedio y valorados en una suspensión de KCl 1N en relación 1:5 y 1:10 respectivamente (Gráfica 61).

Un total de materia orgánica de 30 % aproximadamente de 0 a 70 cm y de 15 % para las otras profundidades; por lo tanto en los primeros 70 cm el carbono tiene un promedio de 17 y de 10 % en las siguientes muestras (Gráfica 62).

Para esta calicata el catión intercambiable de mayor concentración es el sodio, al aumentar la profundidad se va haciendo menor, con valores que van desde 176 cmol / kg de suelo a los 10 cm, 50 cmol / kg de suelo en los siguientes 80 cm y alrededor de 22 cmol / kg de suelo hasta los 200 cm.

Las concentraciones de calcio y magnesio intercambiables son próximas a 40 cmol / kg de suelo y de 36 cmol / kg de suelo respectivamente, en promedio; no hay

fluctuaciones tan grandes en cuanto a las concentraciones de estos dos cationes intercambiables como en las otras calicatas ya analizadas.

Los valores más altos de potasio están en el orden de 10 cmol / kg de suelo en el primer metro de profundidad y en el orden de 5 cmol / kg de suelo en el resto de la calicata (Gráfica 63).

Con una CICT de 75 cmol / kg de suelo en los 20 cm iniciales, 65 cmol / kg de suelo en las siguientes 50 cm y 55 cmol / kg de suelo en las muestras subsecuentes (Gráfica 64).

En la **tabla No. 10** el pH del extracto de saturación es mayor de 7.8 para los 20 cm iniciales, aumentando a 8.5 de 20 a 50 cm, incrementándose de nuevo alrededor de 9.0 hasta los 140 cm, para bajar a 8.3 al final de la calicata (Gráfica 65), con conductividades eléctricas mayores a 4 ds / m en toda la calicata; donde las más altas conductividades están presentes en las capas superiores, para ir disminuyendo conforme aumenta la profundidad (Gráfica 66).

Las concentraciones de sodio soluble son muy altas alrededor de 900 cmol / kg en los primeros cm de profundidad, 100 cmol / kg hasta los 100 cm y 52 cmol / kg en el resto de la calicata, mostrando una mayor incidencia de sodio para este suelo, el calcio con un valor promedio de 3.5 cmol / kg que no varía en más de 3 cmol / kg a lo largo de la calicata, el magnesio con 3.3 cmol / kg como concentración media y para finalizar está el potasio con concentraciones más grandes, que en los casos de las calicatas anteriormente revisadas, al presentar valores medios de 4,6 cmol / kg, con la más alta concentración (5 cmol / kg) de 0 a 10 cm de profundidad (Gráfica 67).

Los sulfatos con 645.7 cmol / kg en la superficie del suelo, 231 cmol / kg de 10 a 20 cm y con valores alrededor de 70 cmol / kg en el resto de la calicata; las concentraciones de cloruros son de 326 cmol / kg de 0 a 10 cm, 134 cmol / kg de 10 a 20 cm, para continuar con una progresiva disminución próxima a 75 cmol / kg de 20 a 70 cm, 30 cmol / kg hasta 160 cm y cercano a 45 cmol / kg en las últimas cuatro profundidades.

Los bicarbonatos con un promedio de 4.1 cmol / kg, el cual varía al aumentar la profundidad, para tener 8.0 cmol / kg en la porción media de esta calicata. Los carbonatos con un valor promedio de 3.9 cmol / kg en toda la calicata (Gráfica 68). El fósforo asimilable con un comportamiento similar al de las otras calicatas revisadas anteriormente;

es decir aumenta su concentración al aumentar la profundidad hasta antes del primer metro de la misma, siguiendo con una disminución, yendo en este caso de 33.8 ppm de los 0 a 10 cm, 100 ppm de 50 a 60 cm, pasando a 64.6 ppm de 100 a 110 cm y de 41.2 ppm de 150 a 160 cm.

La concentración de los nitratos con 65.9 ppm de 0 a 10 cm de profundidad y disminuye conforme aumenta la profundidad (Gráfica 69).

Conteniendo un RAS de 162.8 en los primeros 10 cm, próximo a 20 en los siguientes 70 cm y cercano a 10 en las muestras restantes, con un PSI superior a 15 % hasta el primer metro de profundidad y menor a 15 % en las profundidades restantes (Gráfica 70).

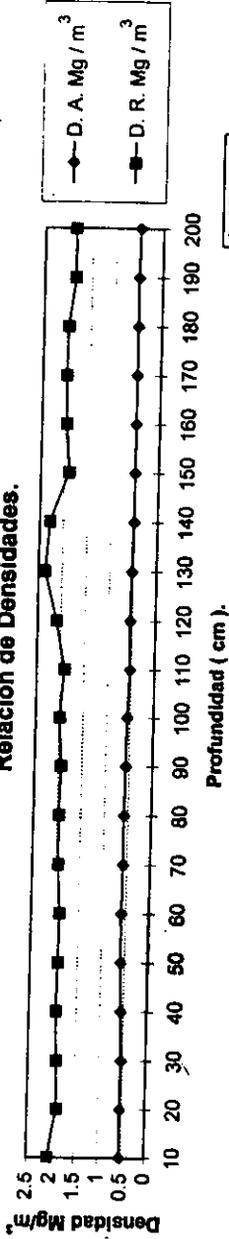
Tabla No. 9 Determinaciones físicas y químicas de la Calicata No. 5 de San Nicolás Tetelco, Tlahuac DF.

Profundidad en cm.	Color seco.	Color húmedo	D. A. Mg m ³	D. R. Mgm ³	% Por.	% Arc.	% Lim. Ar.	% H ₂ O 1:5	pH H ₂ O 1:10	pH KCl 1:5	pH KCl 1:10	% MO. C.	% Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺ cmol / kg de suelo.	Na.	K.	CICT	
																		34
110 - 120	10YR4/1 gris osc.	10YR3/2 pardogris.	0.54	2.10	73.6	32	34	34	9.3	9.5	8.3	8.3	6.0	4.3	37	23.5	5.1	52.4
						Migajón Arcilloso												
120 - 130	10YR 5/1 gris.	10YR2/2 pardo.	0.52	2.37	78.1	32	32	36	8.9	9.1	8.1	8.0	13.1	7.6	42	19.1	4.6	56.4
						Migajón Arcilloso												
130 - 140	10YR 5/1 gris.	10YR2/2 pardo.	0.50	2.28	78.1	32	30	38	8.9	9.1	8.1	8.0	17.3	10.0	45	16.9	5.6	60.8
						Migajón Arcilloso												
140 - 150	10YR 5/1 gris.	10YR2/2 pardo.	0.50	1.90	73.4	30	34	36	8.9	9.1	8.1	8.0	12.4	7.2	35	18.3	4.6	56.6
						Migajón Arcilloso												
150-160	10YR 5/1 gris.	10YR2/2 pardo.	0.50	1.97	74.6	36	30	34	8.9	9.1	8.1	8.0	11.0	6.4	50	17.8	5.6	48.4
						Migajón Arcilloso												
160-170	10YR 5/1 gris.	10YR2/2 pardo.	0.50	1.99	74.9	35	32	33	8.8	8.9	8.1	8.0	14.8	8.6	40	14.8	5.6	50.8
						Migajón Arcilloso												
170-180.	10YR 5/1 gris.	10YR2/2 pardo.	0.50	1.97	73.6	31	36	33	8.7	8.9	8.1	8.0	12.0	7.0	42	18.3	4.6	56.0
						Migajón arcilloso.												
180-190	10YR 5/1 gris.	10YR2/2 pardo.	0.50	1.84	72.8	31	34	35	8.5	8.6	7.8	7.7	14.5	8.4	37	17.8	5.9	58.4
						Migajón Arcilloso												
190-200	10YR 5/1 gris.	10YR2/2 pardo.	0.48	1.85	74.1	31	32	37	8.3	8.4	7.6	7.6	14.6	8.6	43	19.1	5.1	57.6
						Migajón Arcilloso												

Tabla No. 10 Determinaciones del extracto de pasta de saturación de la Calicata No. 5 de San Nicolás Tetelco, Tláhuac DF.

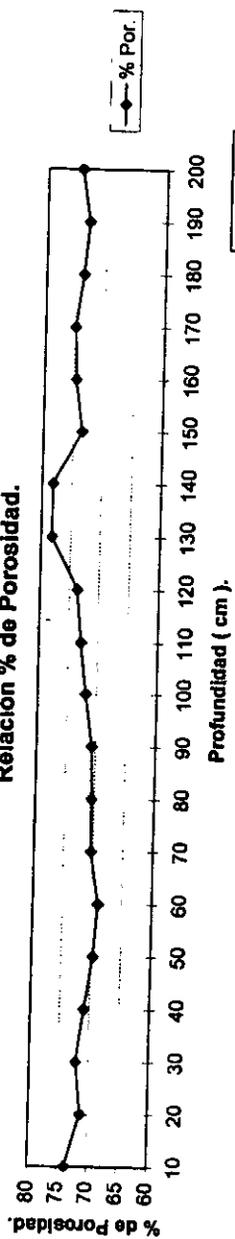
Profun. en cm.	pH	C.E. dS/m	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ⁻	CO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	P		RAS	PSI
											ppm	NO ₃ ⁻		
cmol (+) L ⁻¹														
0 - 10	7.7	99.1	4.3	2.3	941.0	5.02	326	645.3	2.0	4.2	33.1	65.9	162.8	70.5
10 - 20	7.9	36.7	3.0	5.6	269.0	1.3	134.5	231.3	2.0	4.2	38.1	39.8	39.6	36.4
20 - 30	8.3	21.4	5.2	5.6	151.3	1.6	83.4	137.1	2.4	3.8	43.9	27.6	20.6	22.6
30 - 40	8.7	14.3	3.6	3.2	102.6	2.1	69.5	68.5	2.4	3.6	67.3	18.3	17.6	19.8
40 - 50	8.8	14.3	3.6	3.2	99.1	2.4	54.3	77.1	3.6	3.2	99.1	11.9	16.9	19.1
50 - 60	8.9	17.4	5.2	3.2	127.0	4.2	64	111.4	4.0	4.0	100.0	11.9	19.6	21.6
60 - 70	9.0	17.4	4.0	1.2	120.0	4.7	60	48.5	5.2	6.8	91.4		23.6	25.0
70 - 80	9.0	21.3	3.2	4.0	127.4	5.7	34	98.7	2.4	7.0	93.2		21.2	23.1
80 - 90	9.0	16.0	4.0	4.0	95.6	5.4	28	71.0	2.0	8.0	60.8		15.1	17.4
90 - 100	9.0	14.2	4.0	4.0	81.7	5.1	24	61.2	1.6	8.0	66.0		12.9	15.1
100 - 110	9.0	10.2	3.2	4.0	55.7	3.6	22	68.5	2.0	4.0	64.6		9.3	11.1
110 - 120	8.8	12.0	2.6	4.0	62.6	7.3	24	70.0	2.8	3.8	54.6		10.9	12.9
120 - 130	8.7	9.0	2.8	2.6	43.5	3.5	30	45.0	4.0	2.8			8.4	9.9
130 - 140	8.6	7.8	2.0	2.8	34.8	2.5	24	26.9	2.4	2.2	54.2		7.1	8.4
140 - 150	8.5	7.8	1.6	1.2	36.5	2.5	30	20.3	2.0	2.2			9.8	11.7
150 - 160	8.4	7.8	1.6	1.2	33.1	2.3	26	17.4	2.0	2.4	41.2		8.9	10.6
160 - 170	8.4	7.8	1.2	2.8	31.3	2.4	52	17.7	2.0	2.4			7.0	8.3
170 - 180	8.3	9.8	1.6	3.6	31.3	2.4	40	21.3	2.4	2.2	36.5		6.2	7.4
180 - 190	8.3	8.7	2.4	2.0	36.5	2.5	36	21.0	1.6	2.4			7.8	9.3
190 - 200	8.5	8.7	2.4	3.2	36.5	2.7	40	19.3	2.8	2.4	28.6		6.9	8.2

Relación de Densidades.



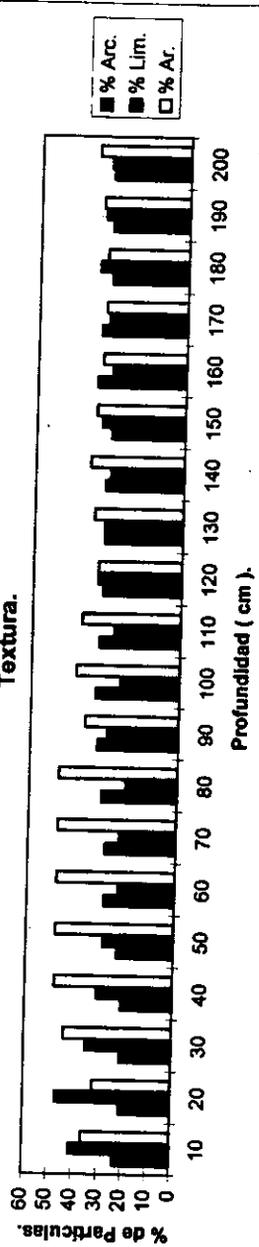
Gráfica 57

Relación % de Porosidad.



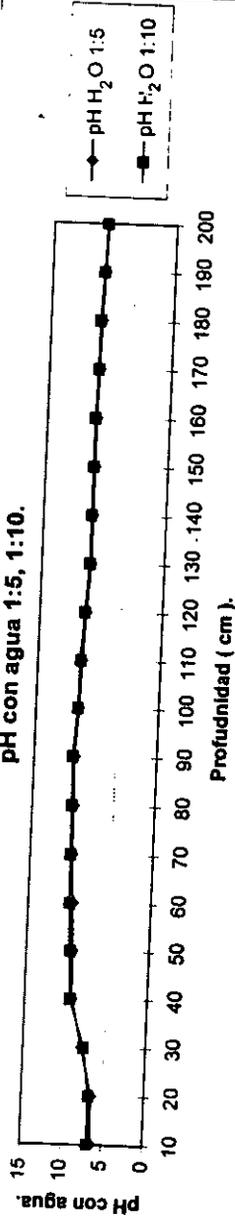
Gráfica 58

Textura.



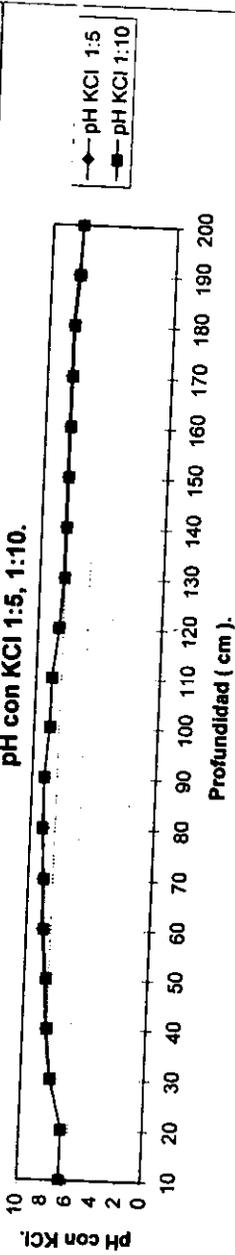
Gráfica 59

pH con agua 1:5, 1:10.



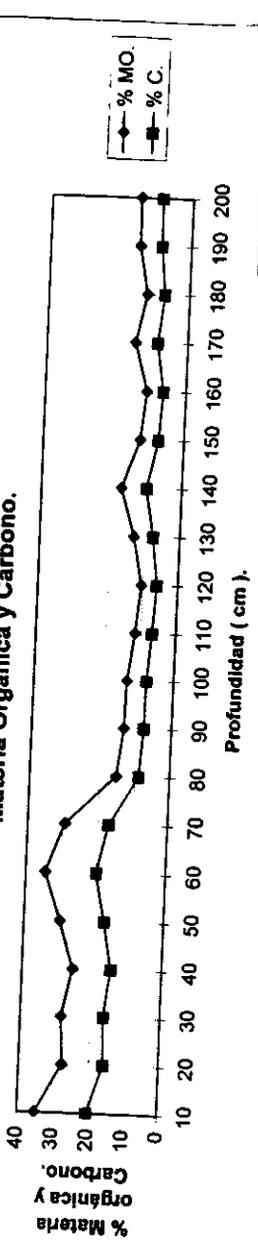
Gráfica 60

pH con KCl 1:5, 1:10.



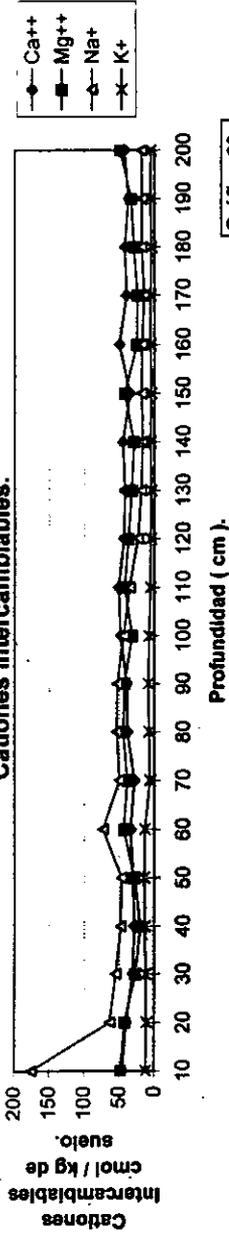
Gráfica 61

Materia Orgánica y Carbono.



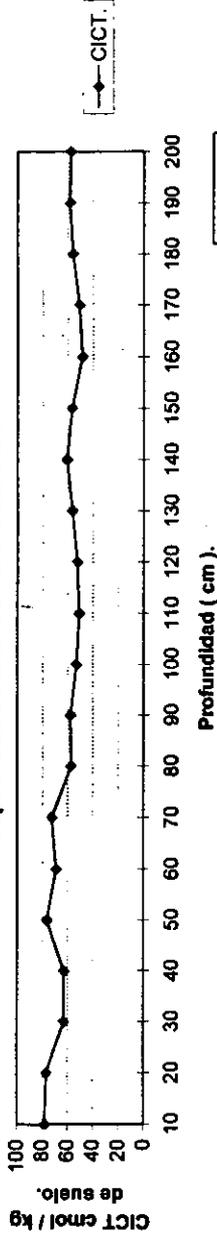
Gráfica 62

Cationes Intercambiables.



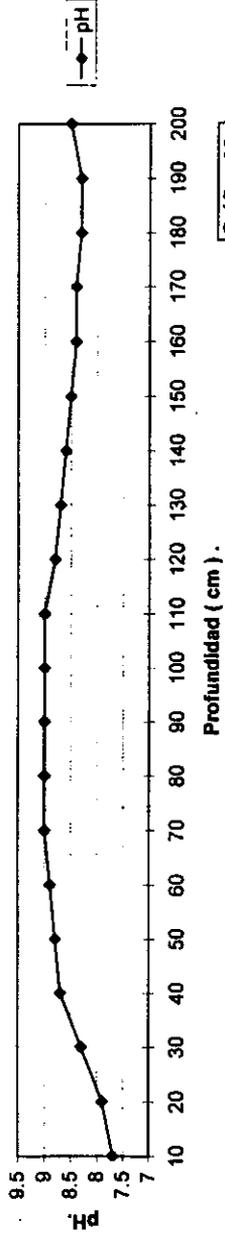
Gráfica 63

Capacidad de Intercambio Catiónico.



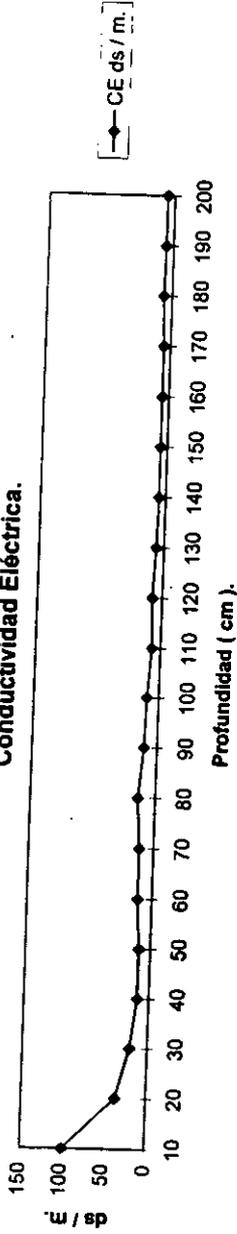
Gráfica 64

pH de la Pasta de Saturación



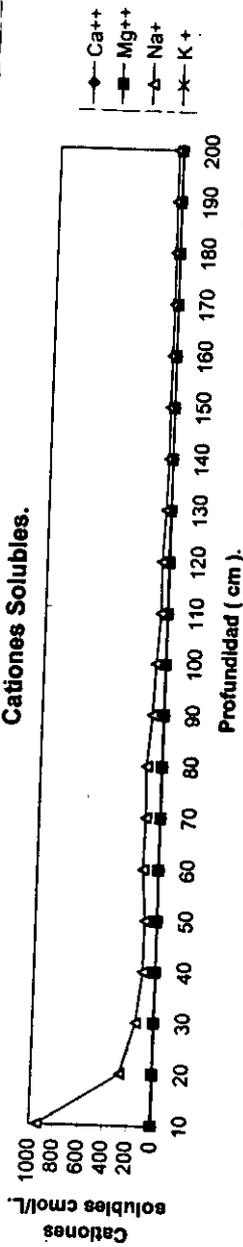
Gráfica 65

Conductividad Eléctrica.



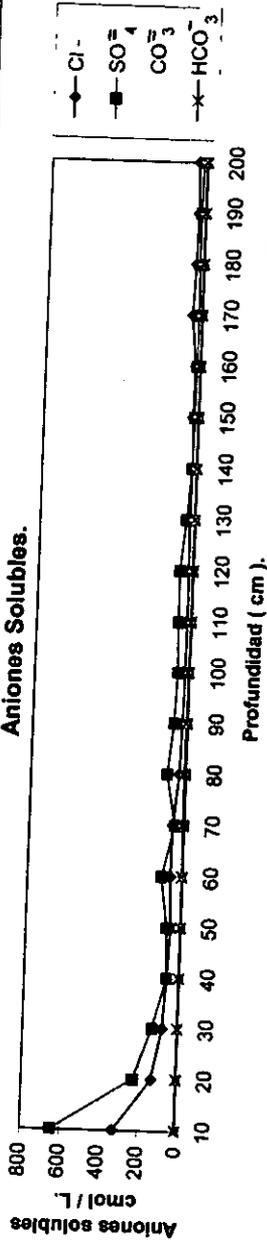
Gráfica 66

Cationes Solubles.



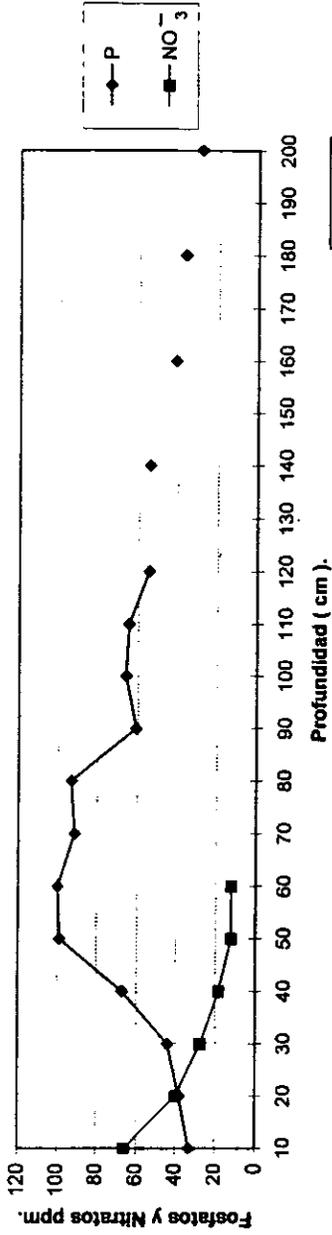
Gráfica 67

Aniones Solubles.



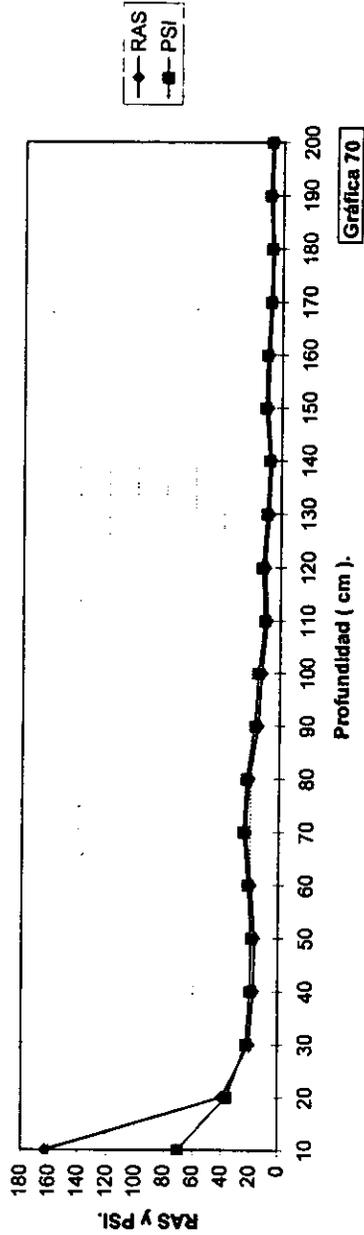
Gráfica 68

Relación de Fósforo y Nitratos.



Gráfica 69

Relación de RAS y PSI.



Gráfica 70

La calicata número 6 se ubicó en otro terreno propiedad del Sr. Carlos Miranda con unas dimensiones aproximadas de 90 metros de largo y 40 metros de ancho, ya barbechado, sin la evidencia de la aplicación de materia orgánica en la capa superficial, sin ahuejotes (*Salix bomplandiana*) a su alrededor con solo dos canales rodeándola, con la presencia de mucho tule (*Typha latifolia*) y con el espejo de agua en los canales a 1.20 metros del borde de la chinampa.

Para la calicata No. 6 (Tabla No. 11) se tienen los resultados siguientes: color en seco gris 10 YR 5 / 1 en los 80 cm iniciales y gris oscuro 10 YR 4 / 1 hasta los 110 cm de profundidad; color en húmedo pardo oscuro 10 YR 2 / 2 para todas las profundidades que tuvieron un color gris en seco y pardo grisáceo 10 YR 3 / 2 para las muestras de esta calicata que tuvieron un color pardo; una densidad aparente de 0.5 Mg/m^3 , una densidad real cercana a 1.65 Mg/m^3 (Gráfica 71), una porosidad promedio de 68 % (Gráfica 72), con textura migajón arcillbasa (Gráfica 73), pH alrededor de 8.0 con agua en relaciones de 1:5 y de 1:10 (Gráfica 74), pH alrededor de 7.0 con KCl 1N en las mismas relaciones (Gráfica 75); los contenidos de materia orgánica cercanos a 12 % y de carbono a 7.8 % (Gráfica 76). Con concentraciones más altas para el calcio intercambiable con un valor promedio de 38 cmol / kg de suelo; el magnesio con 36 cmol / kg de suelo como valor medio, el sodio con aproximadamente 50 cmol / kg de suelo en los 20 cm superficiales y 10 cmol / kg de suelo en las otras profundidades de la calicata y el potasio con dos concentraciones altas de este catión, (6.4 y 4.4 cmol / kg de suelo) de 0 a 10 cm y de 10 a 20 cm, con bajas concentraciones (1.0 cmol / kg de suelo) de 20 a 110 cm de profundidad (Gráfica 77).

La CICT se valoró en 60 cmol / kg de suelo en los primeros 20 cm, 40 cmol / kg de suelo de 20 a 100 cm y nuevamente de 60 cmol / kg de suelo en la última profundidad (Gráfica 78).

El pH del extracto de la pasta de saturación (Tabla No. 12) es de 8.5 (Gráfica 79), conductividades eléctricas mayores de 4 ds / m hasta los 60 cm y menor de este rango de 60 a 110 cm (Gráfica 80), concentraciones de sodio soluble en las primeros 20 cm mayores de 140 cmol / kg, aproximadamente de 60 cmol / l de 20 a 40 cm y alrededor de 17 cmol / kg hasta los 110 cm de profundidad; concentraciones por arriba de 15 cmol / kg de calcio

soluble hasta los 60 cm y próximas a 10 cmol / kg hasta 110 cm, concentraciones de 125.4 cmol/ kg de magnesio soluble de 0 a 10 cm, próximas a 60 cmol / kg de 10 a 30 cm, de 20 cmol / kg entre los 30 y 60 cm y de 6.0 cmol / kg hasta 110 cm de profundidad.

En relación del potasio soluble se encontraron valores de 10 cmol / kg en los primeros 20 cm y de 0.5 desde los 20 cm de profundidad hasta el final de la calicata (Gráfica 81).

Los cloruros presentan 253 cmol / kg de 0 a 10 cm, cerca de 100 cmol / kg en los otros 20 cm siguientes, 40 cmol / kg en los consecutivos 30 cm y alrededor de 20 cmol / kg de 60 cm a 110 cm de profundidad, con concentraciones de sulfatos próximas a 205 cmol / kg en los 10 cm iniciales 141.2 cmol / kg de 10 a 20 cm, 35 cmol / kg en los 20 cm contiguos, 20 cmol / kg en los otros 30 cm de profundidad y de 10 cmol / kg en la parte final de la calicata.

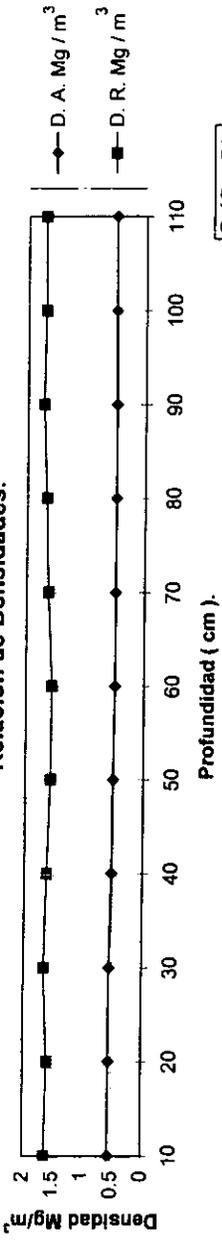
La presencia de aproximadamente 9 cmol / kg de bicarbonatos en los 50 cm superficiales y 2.0 cmol / kg de los 50 a 110 cm, con 4.0 cmol / kg de carbonatos hasta los 60 cm de profundidad y 2.5 cmol/kg desde este punto hasta los 110 cm (Gráfica 82); además de 100 ppm de fósforo asimilable hasta los 40 cm iniciales y de 45 ppm en el resto de la calicata, los nitratos con 50 ppm de 0 a 20 cm de profundidad, 20 ppm en los 20 cm siguientes y 10 ppm de 40 a 110 cm de profundidad (Gráfica 83).

Con un RAS de 25 en los 20 cm iniciales, 10 de 20 a 40 cm de profundidad y cercano a 5 en las otras profundidades restantes en la calicata, y con PSI mayor al 15 % tan solo en los 20 cm superficiales (Gráfica 84).

Tabla No. 12 Determinaciones del extracto de pasta de saturación de la Calicata No. 6 de San Nicolás Tetelco, Tlahuac DF.

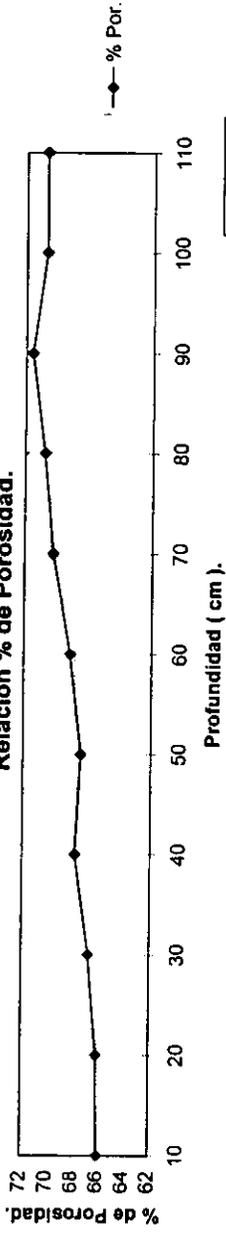
Profun. en cm.	pH	C.E. ds/m	cmol (+) L ⁻¹										P ppm	NO ₃ ⁻ ppm	RAS	PSI
			Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ⁻²	CO ₃ ⁻²	HCO ₃ ⁻						
0 - 10	8.3	40.8	32.4	125.2	295	11.7	253	205	3.2	10.2	96.7	67.3	33.2	32.2		
10 - 20	8.5	25.6	26	76.0	149.7	10.7	112	141.2	3.2	8.0	100.3	45.2	20.9	22.7		
20 - 30	8.6	15.9	26	50.8	72.8	2.9	104	35.5	4.8	5.0	137.3	29.5	11.8	13.9		
30 - 40	8.8	4.7	19.2	24.4	50.5	0.7	44	39.9	4.8	7.4	95.2	19.6	10.8	12.8		
40 - 50	8.7	3.9	18.4	20.0	21.2	0.3	44	14.3	4.8	6.8	67.8	8.5	4.8	5.5		
50 - 60	8.6	4.5	18.6	22.0	19.5	0.3	31	19.9	4.8	4.0	49.5	5.1	4.3	4.9		
60 - 70	8.5	2.1	6.4	7.6	19.7	0.2	23	15.7	2.8	2.0	48.5		7.4	8.9		
70 - 80	8.4	3.1	8.4	7.6	13.1	0.2	18.5	8.6	2.8	1.8	40.0		4.6	5.2		
80 - 90	8.6	3.1	7.6	3.8	12.1	0.3	15.8	6.6	2.0	1.8	40.3		5.1	5.9		
90 - 100	8.6	3.1	6.4	3.8	11.1	0.3	19.0	4.4	2.0	1.4	39.4		4.9	5.7		
100 - 110	8.8	4.2	10.4	20	14.8	0.6	21	5.7	2.6	1.8	37.8		3.8	6.2		

Relación de Densidades.



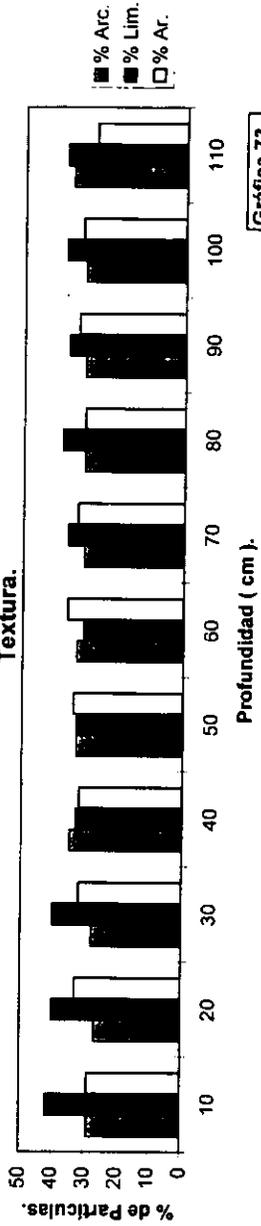
Gráfica 71

Relación % de Porosidad.



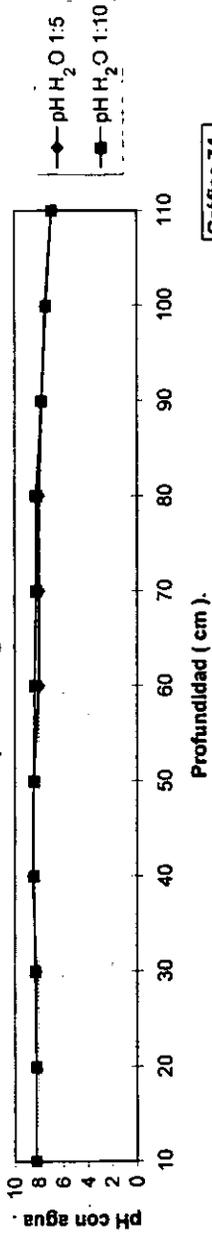
Gráfica 72

Textura.

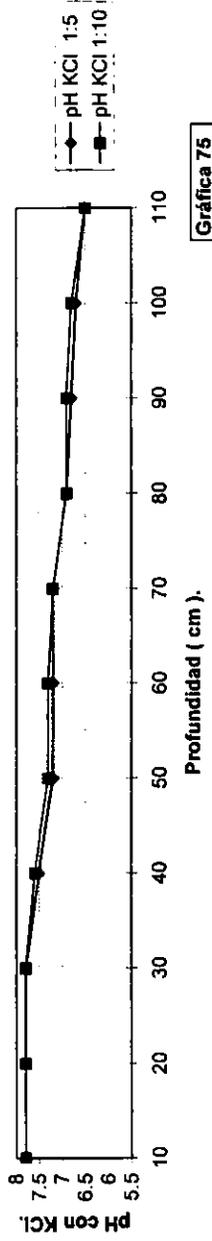


Gráfica 73

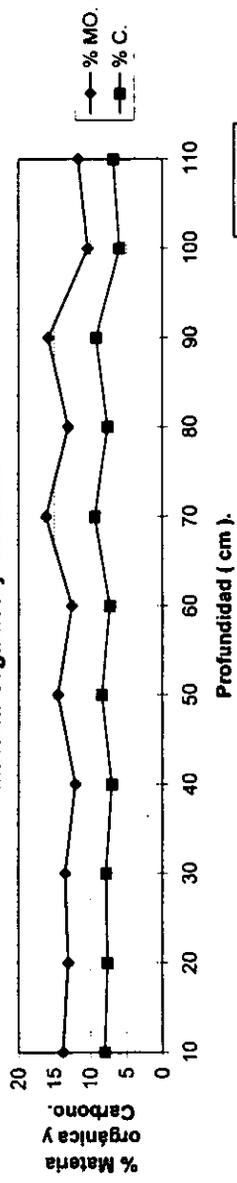
pH con agua 1:5, 1:10.



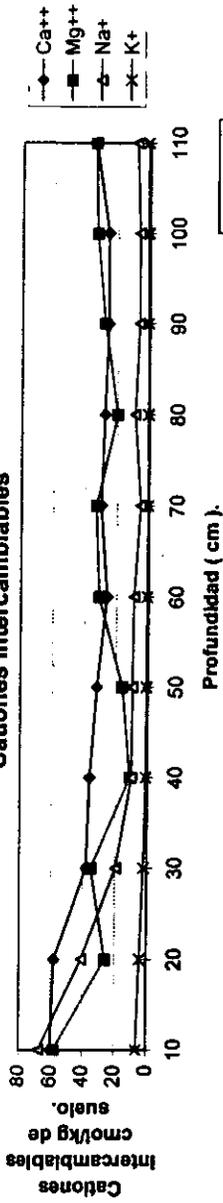
pH con KCl 1:5, 1:10.



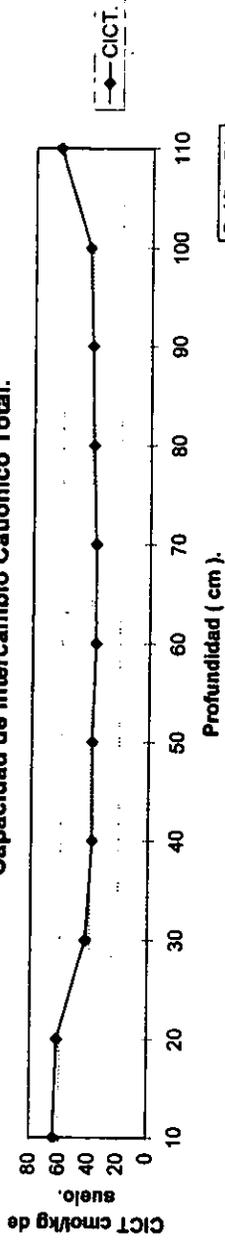
Materia Orgánica y Carbono.



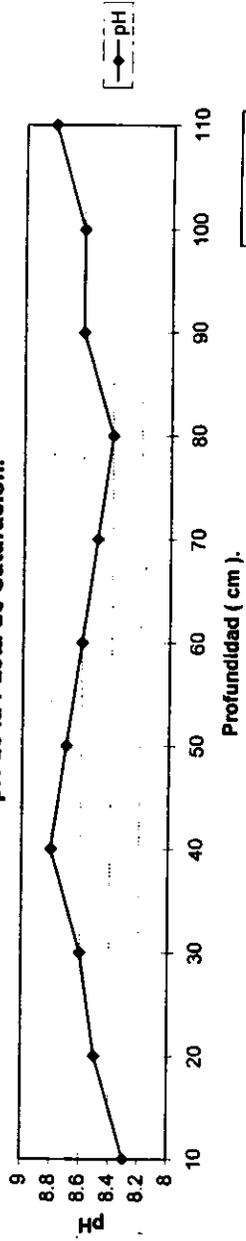
Cationes Intercambiables



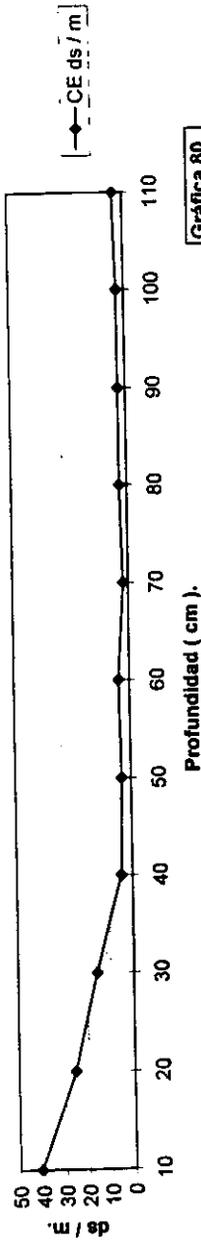
Capacidad de Intercambio Catiónico Total.



pH de la Pasta de Saturación.

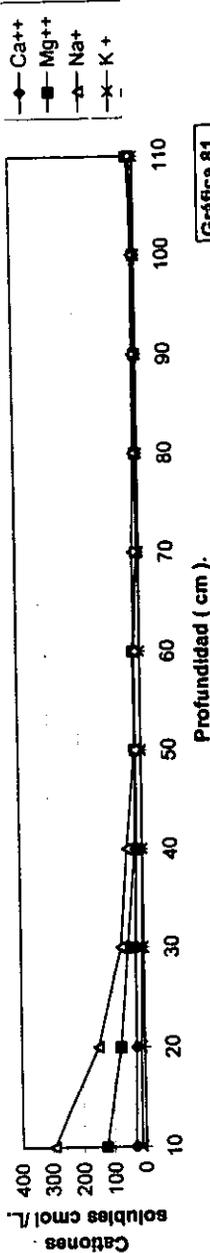


Conductividad Eléctrica.



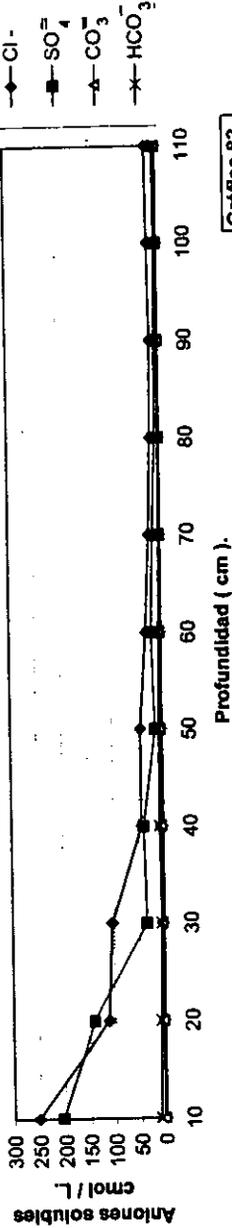
Gráfica 80

Cationes Solubles.



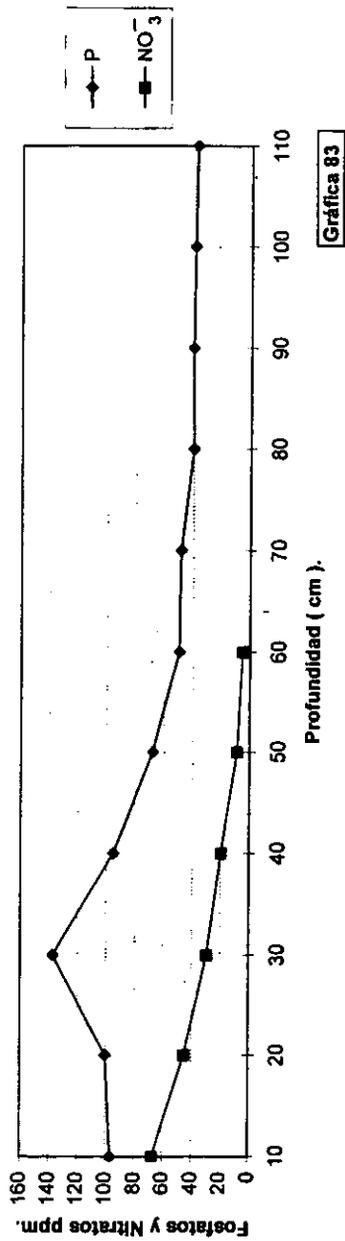
Gráfica 81

Aniones Solubles.

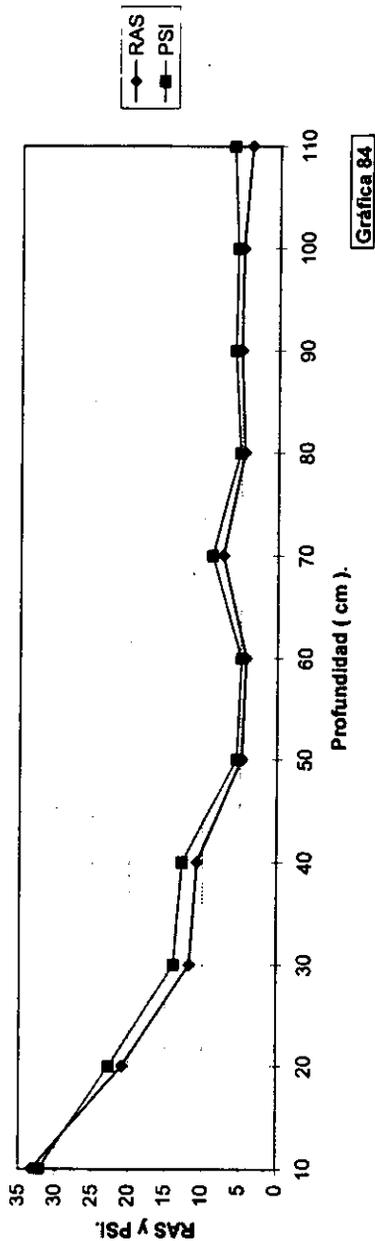


Gráfica 82

Relación de Fósforo y Nitratos.



Relación de RAS y PSI.



La calicata número 7 se excavó en una chinampa que se encontraba en trabajos de deshierbe y barbecho, con la finalidad de sembrar flores. Este terreno tiene una forma rectangular irregular de unos 90 metros de largo y 35 metros de ancho pertenece al Sr. Pedro Méndez; sin ahuejotes a su alrededor y con plantas compuestas y zacatillo sobre la chinampa.

Los apantles que rodean a la chinampa tienen el espejo de agua a unos 40 cm del borde de los mismos y con poco tule (tan solo en las partes cercanas a los bordes de la chinampa).

Presenta en **Tabla No. 13** un color en seco gris oscuro 10 YR 3 / 1 y un color en húmedo pardo oscuro 10YR 2/2 en todas las profundidades, una densidad aparente cercana a 0.5 Mg / m^3 , una densidad real de 2.0 Mg / m^3 (Gráfica 85), porosidad de 75 % (Gráfica 86), textura migajón arcillosa (Gráfica 87), pH mayor de 8.5 y de 9.0 en relación 1:5 y 1:10 con agua respectivamente (Gráfica 88), pH próximo a 8.0 con KCl 1N en relación 1:5 y 1:10 (Gráfica 89), 35 % de materia orgánica, 20 % de carbono (Gráfica 90), con aproximadamente 40 cmol / kg de suelo de calcio, 33 cmol / kg de suelo de magnesio, 20 cmol / kg de suelo de sodio y 2.5 cmol / kg de potasio, todos intercambiables (Gráfica 91), con una CICT de 70 cmol / kg de suelo (Gráfica 92).

En la **Tabla No. 14** se observa un pH del extracto de saturación menor a 8.5 de 0 a 10 cm y de 8.5 en los siguientes 20 cm (Gráfica 93), conductividades eléctricas mayores a 4 ds/m (Gráfica 94), con 50 cmol / kg de sodio, 4.0 cmol / kg de magnesio, 2.0 cmol / kg de calcio y por último 5.4 cmol / kg de 0 a 10 cm y de 2.0 de 10 a 30 cm de potasio soluble (Gráfica 95).

Con alrededor de 10 cmol / kg de cloruros, 25 cmol / kg de sulfatos, 4.0 cmol / kg de carbonatos y 6.5 cmol / kg de bicarbonatos (Gráfica 96).

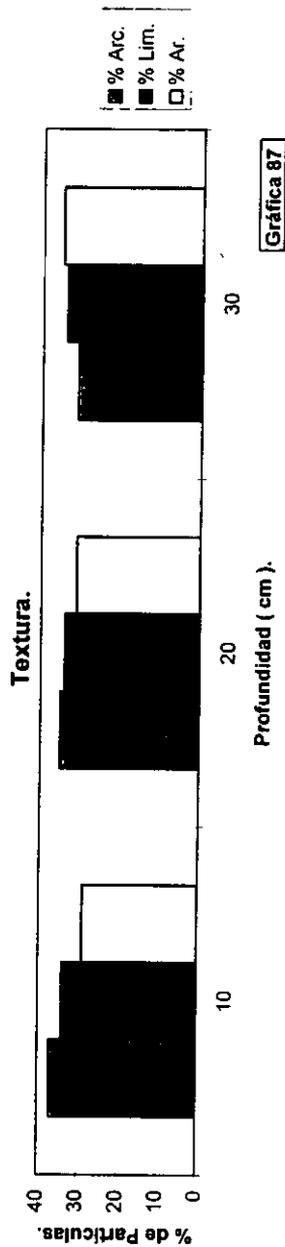
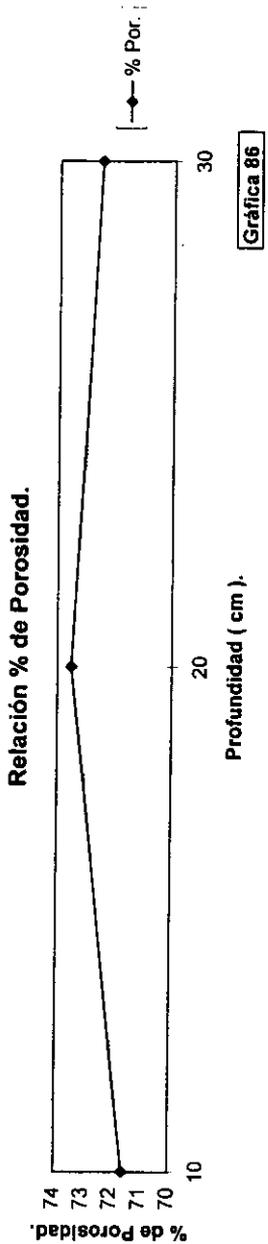
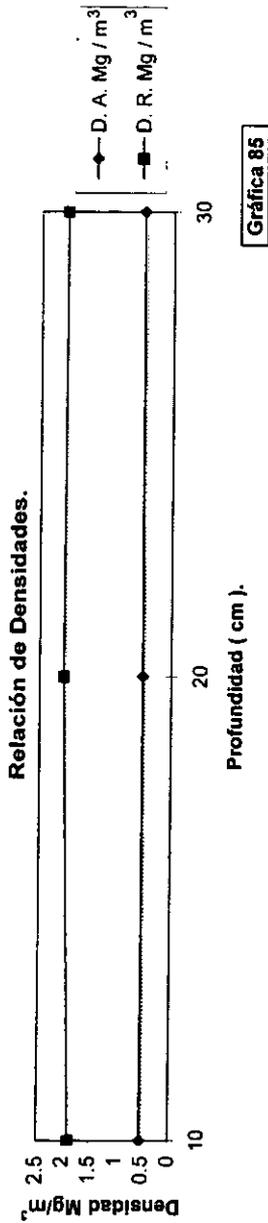
Con aproximadamente 100 ppm de fósforo asimilable y cerca de 11 ppm de nitratos (Gráfica 97) en esta calicata, RAS menor a 10 de 0 a 10 cm de profundidad y mayor de 10 en los siguientes 20 cm y con PSI menor a 15 % (Gráfica 98).

Tabla No. 13 Determinaciones físicas y químicas de la Calicata No. 7 de embarcadero Cuemanco, Xochimilco DF.

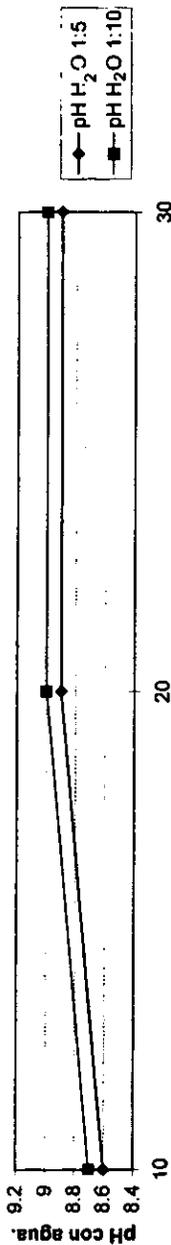
Profund. en cm.	Color seco.	Color húmedo	D. A. Mg m ³	D. R. Mg m ³	% Por.	% Are. Lim. Ar.	% H ₂ O 1:5	pH H ₂ O 1:10	pH KCl 1:5	pH KCl 1:10	% MO.	% C.	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na.	K.	CICT				
																		cmol / kg de suelo.			
0 - 10	10YR3/1 gris osc.	10YR2/2 pardo.	0.54	1.90	71.6	37	34	29	8.6	8.7	7.7	7.5	38.3	22.2	44	30	10.0	3.8	72.8		
10 - 20	10YR3/1 gris osc.	10YR2/2 pardo.	0.54	2.04	73.5	35	34	31	8.9	9.0	7.8	7.7	33.5	19.4	46	37	20.9	2.2	72.8		
20 - 30	10YR3/1 gris osc.	10YR2/2 pardo.	0.55	2.00	72.5	31	34	35	8.9	9.0	7.9	7.9	32.4	18.6	36	30	21.3	2.2	71.5		

Tabla No. 14 Determinaciones del extracto de pasta de saturación de la Calicata No. 7 de embarcadero Cuemanco, Xochimilco DF.

Profund. en cm.	pH	C.E. dS/m	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ⁻²	CO ₃ ⁻²	HCO ₃ ⁻	P	NO ₃ ⁻	RAS	PSI
0 - 10	8.4	11.5	2.2	4.0	45.2	5.4	11.4	24	5.2	7.2	162.5	19.3	8.1	9.6
10 - 20	8.5	11.5	2.0	4.4	64.3	1.7	10.2	33.3	2.8	8.2	103.2	11.9	11.4	13.4
20 - 30	8.5	11.7	2.0	4.3	63.0	1.2	10.0	34.8	3.0	8.0	100.8	11.6	11.2	13.3

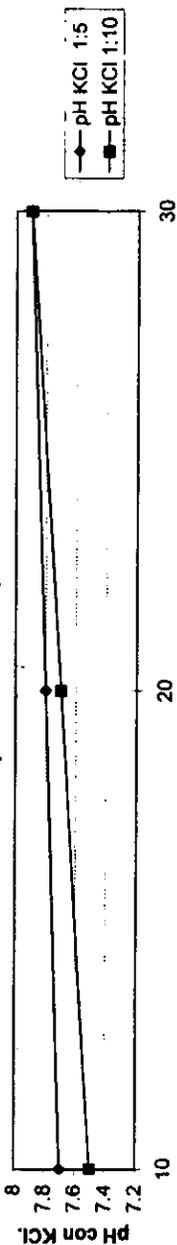


pH con agua 1:5, 1:10 .



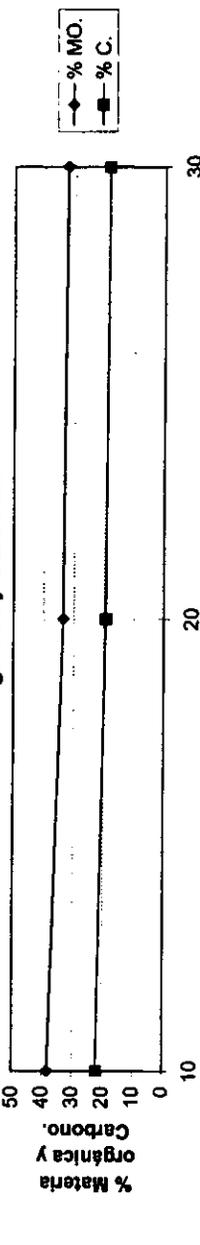
Gráfica 88.

pH con KCl 1:5, 1:10.



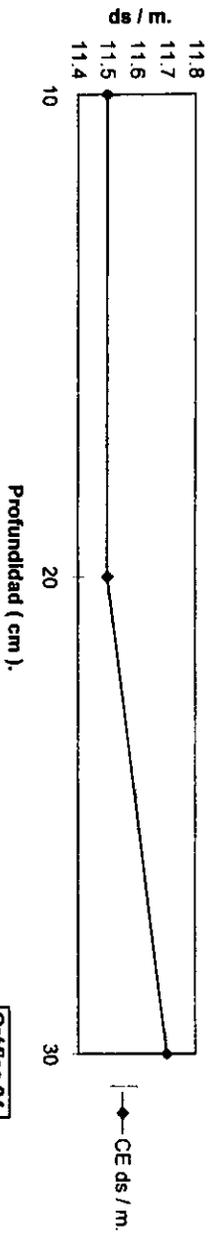
Gráfica 89.

Materia Orgánica y Carbono.



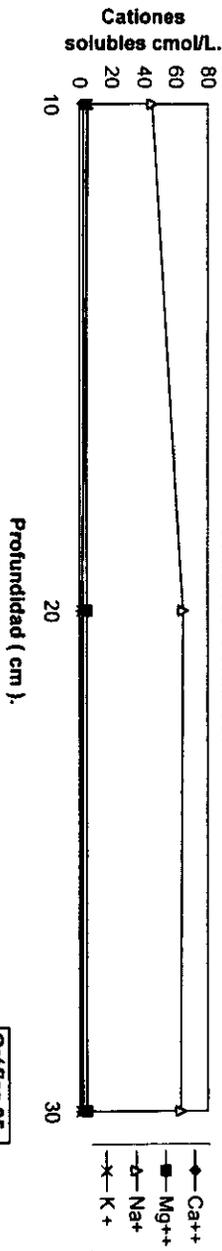
Gráfica 90.

Conductividad Eléctrica.



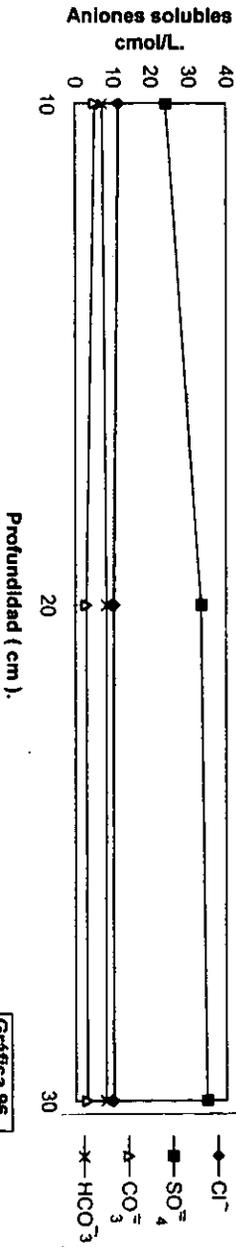
Gráfica 94

Cationes Solubles.



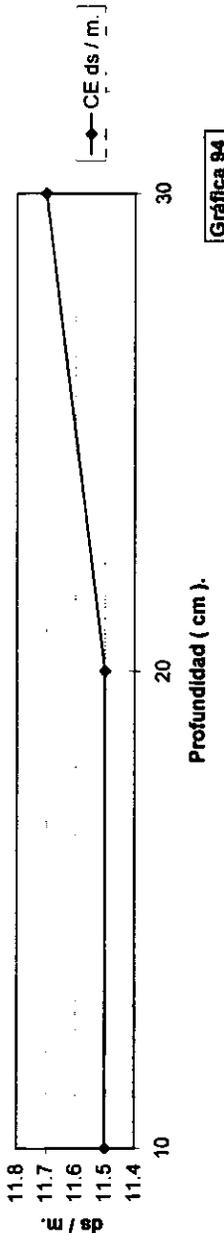
Gráfica 95

Aniones Solubles.

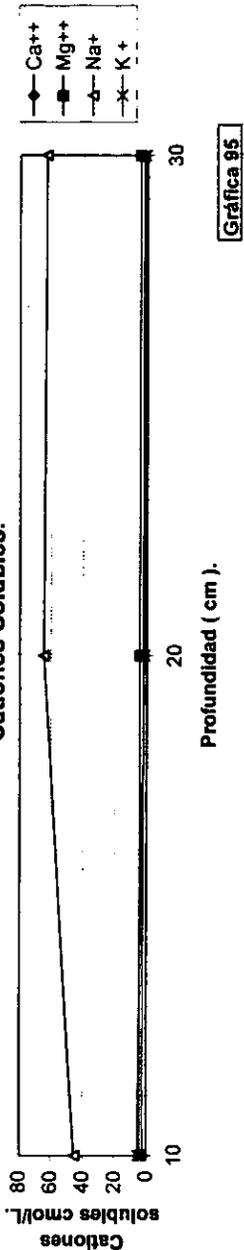


Gráfica 96

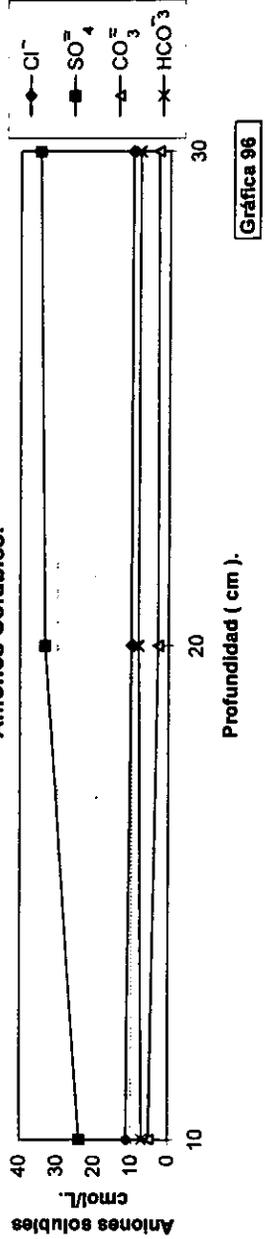
Conductividad Eléctrica.



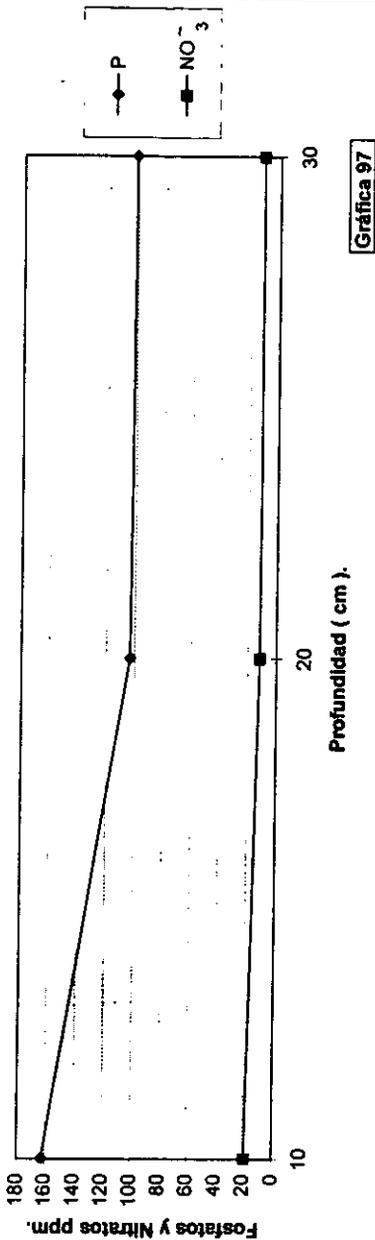
Cationes Solubles.



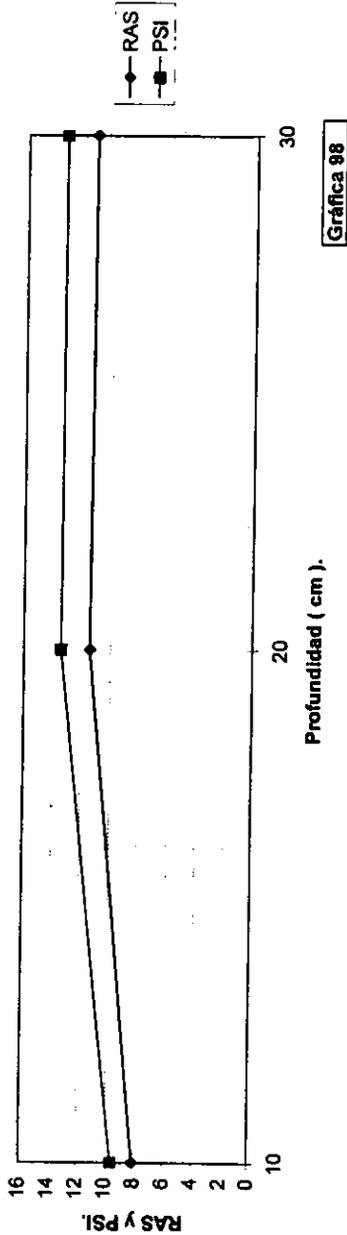
Aniones Solubles.



Relación de Fósforo y Nitratos.



Relación de RAS y PSI.



Por último la chinampa, donde se realizó la excavación de la calicata No. 8 también es propiedad del Sr. Pedro Méndez y se encontró con cultivo de Crisalia sp. y nomeolvides, ubicada a unos 60 metros de la chinampa anterior, con pocos ahuejotes y zacate en las orillas de la chinampa la cual está rodeada por un sólo canal o apantle que contenía el espejo de agua a unos 40 cm del borde del canal y poco tule.

En la **Tabla No. 15** se tiene un color en seco gris oscuro 10 YR 4/1 y negro 10 YR 2/1, una densidad aparente de 0.5 Mg / m^3 , densidad real de 2.0 Mg / m^3 (Gráfica 99), 75 % de espacio poroso (Gráfica 100), textura migajón arcillosa (Gráfica 101), pH con agua en relación 1:5 y 1:10 de 8.0 en los primeros 30 cm y de 7.0 en los siguientes 30 cm (Gráfica 102), pH de 8.0 hasta los 40 cm de profundidad y de 7.5 en los 20 cm restantes en relación 1:5 y 1:10 con KCl 1N (Gráfica 103), con un contenido de materia orgánica de 20 % en los 10 cm superficiales y de 12 % en el resto de la calicata, un contenido de carbono de un 11.8 % en los primeros 10 cm y de 7.0 % aproximadamente en todos los otros casos (Gráfica 104).

Presenta concentraciones cercanas a 40 cmol / kg de suelo de calcio, 25 cmol / kg de suelo de magnesio, menores de 13 cmol / kg de suelo de sodio y de 3.6 cmol / kg de suelo de potasio, todos intercambiables (Gráfica 105) y una CICT de aproximadamente 60 cmol / kg de suelo (Gráfica 106).

En la **Tabla No.16** se tienen valores promedio del extracto de la pasta de saturación que muestran pH menor a 8.5 en todas las profundidades (Gráfica 107), conductividades superiores de 4 ds / m (Gráfica 108), cerca de 3.0 cmol / kg de calcio soluble, 2.0 cmol / kg de magnesio soluble, más de 25 cmol / kg de sodio soluble y de 1.8 cmol / kg de potasio soluble (Gráfica 109).

Con valores promedios de 30 cmol / kg de cloruros y sulfatos en los primeros 20 cm y 10 cmol / kg en las otras profundidades, 1.5 cmol / kg de carbonatos en toda la calicata, 2.0 meq / kg de bicarbonatos (Gráfica 110), 100 ppm de fósforo asimilable, 12 ppm de nitratos (Gráfica 111), RAS menor a 9.0 y PSI menor del 15 % (Gráfica 112).

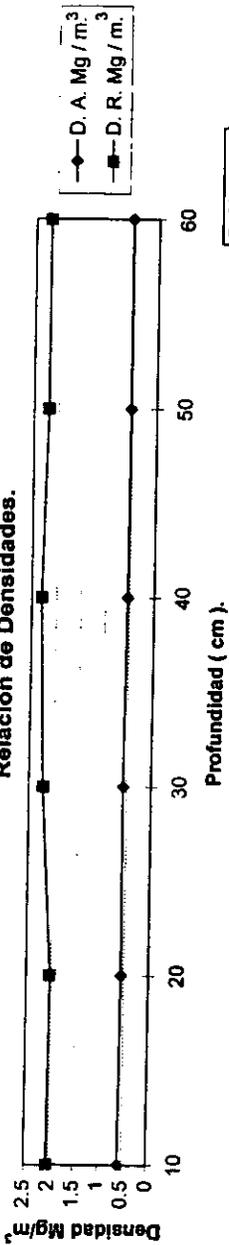
Tabla No. 15 Determinaciones físicas y químicas de la Calicata No. 8 de embarcadero Cuernanco, Xochimilco DF.

Profun. en cm.	Color seco.	Color húmedo	D. A. Mg m ³	D. R. Mgm ³	% Por.	% Are.	% Lim.	% Ar.	% H ₂ O 1:5	pH H ₂ O 1:5	pH KCl 1:10	pH KCl MO.	% C.	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na.	K.	ClCT		
																			cmol / kg de suelo.	
0 - 10	10YR4/1 gris osc.	10YR2/1 negro.	0.58	2.04	71.6	31	34	35	8.5	8.4	8.5	8.5	20.4	11.8	45	39	13.1	3.5	64.0	
10 - 20	10YR4/1 gris osc.	10YR2/1 negro.	0.56	2.02	72.3	37	34	29	8.3	8.2	7.8	7.7	12.1	7.0	46	22	14.8	2.9	64.0	
20 - 30	10YR4/1 gris osc.	10YR2/1 negro.	0.57	2.21	74.2	37	34	29	7.8	7.8	7.8	7.6	12.0	6.9	48	25	10.6	2.7	62.0	
30 - 40	10YR4/1 gris osc.	10YR2/1 negro.	0.54	2.3	76.5	37	32	31	7.2	7.8	7.8	7.6	12.1	7.0	38	20	9.2	2.4	61.2	
40 - 50	10YR4/1 gris osc.	10YR2/1 negro.	0.52	2.2	76.4	39	30	31	6.9	7.8	7.8	7.6	10.0	5.8	35	25	7.4	2.2	58.4	
50 - 60	10YR4/1 gris osc.	10YR2/1 negro.	0.52	2.2	76.4	39	30	31	6.9	7.6	7.6	7.5	10.4	6.0	32	23	7.2	2.5	58.0	

Tabla No. 16 Determinaciones del extracto de pasta de saturación de la Calicata No. 8 de embarcadero Cuernanco, Xochimilco DF.

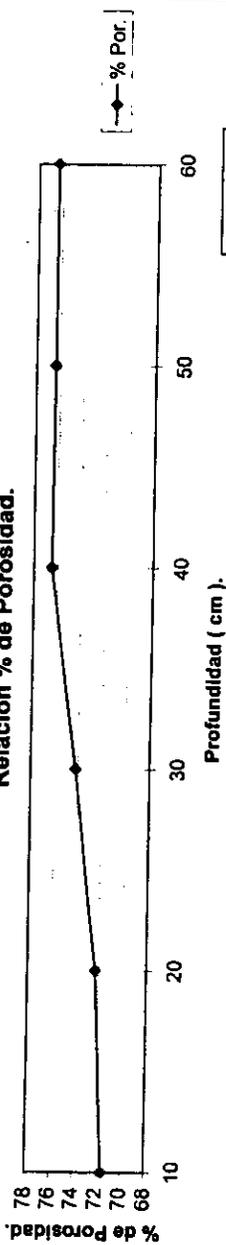
Profun. en cm.	pH	C.E. dS/m	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ⁻²	CO ₃ ⁻²	HCO ₃ ⁻	P	NO ₃ ⁻	RAS	PSI
0 - 10	8.4	8.2	3.6	2.6	27.8	2.1	16	46	2.0	2.4	128.5	16.3	4.9	5.7
10 - 20	8.2	9.4	2.4	2.4	43.5	2.1	42	20	1.2	2.2	85.2	16.0	8.9	10.6
20 - 30	8.2	5.2	2.6	2.2	35.2	2.0	44	21	1.2	1.9	99.4	16.3	7.2	8.6
30 - 40	8.2	4.4	2.0	1.8	24.3	1.2	40	8.5	1.0	1.4	100.1	10.3	5.6	6.5
40 - 50	8.1	4.4	2.6	1.6	22.6	1.3	29	7.9	1.0	1.8	96.8	8.6	4.9	5.7
50 - 60	7.9	4.2	2.2	1.0	17.4	1.2	36	3.6	1.0	1.0	90.5	7.5	4.4	5.0

Relación de Densidades.



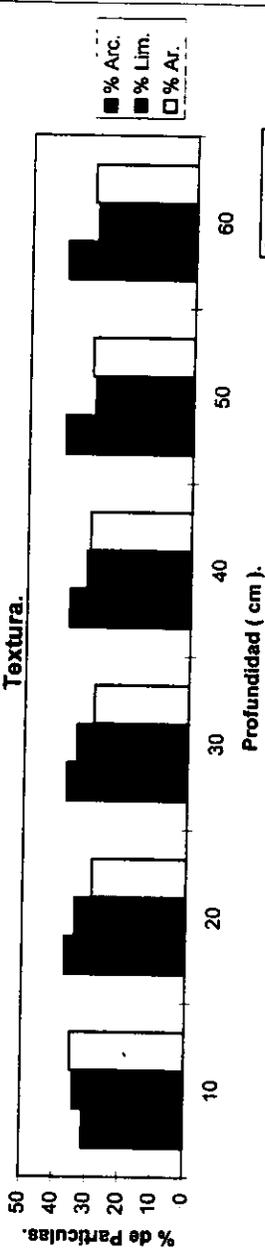
Gráfica 99

Relación % de Porosidad.



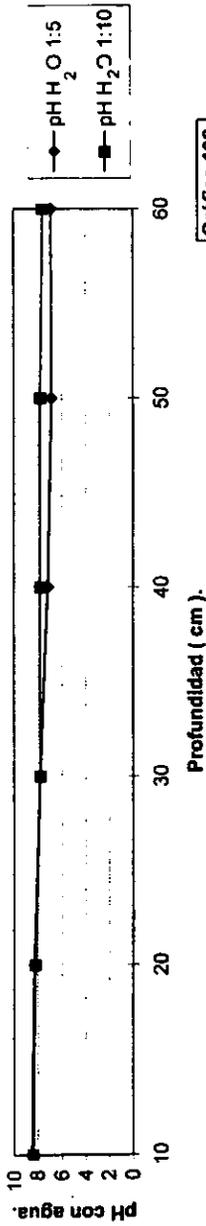
Gráfica 100

Textura.



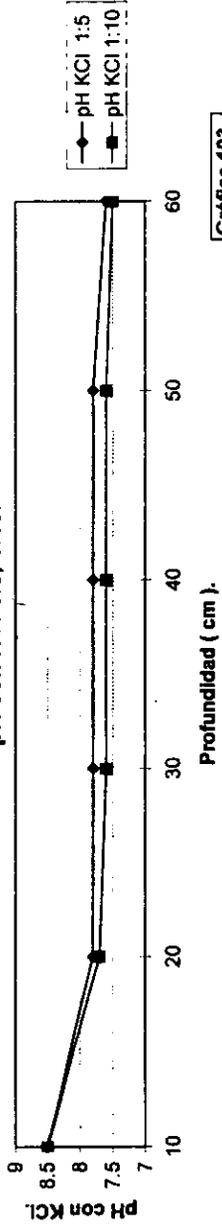
Gráfica 101

pH con agua 1:5, 1:10 .



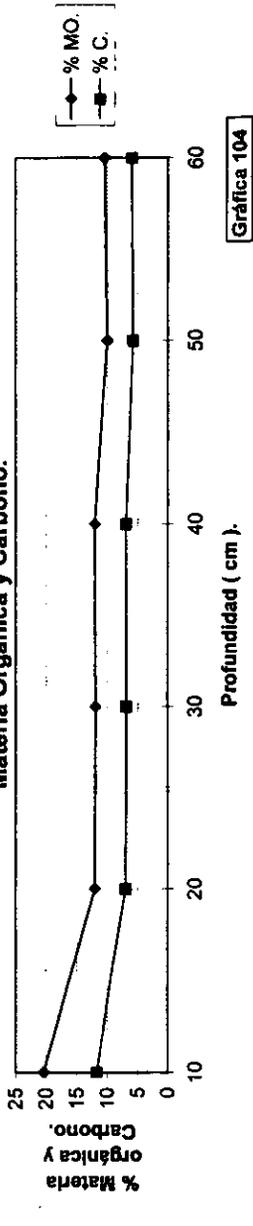
Gráfica 102

pH con KCl 1:5, 1:10.

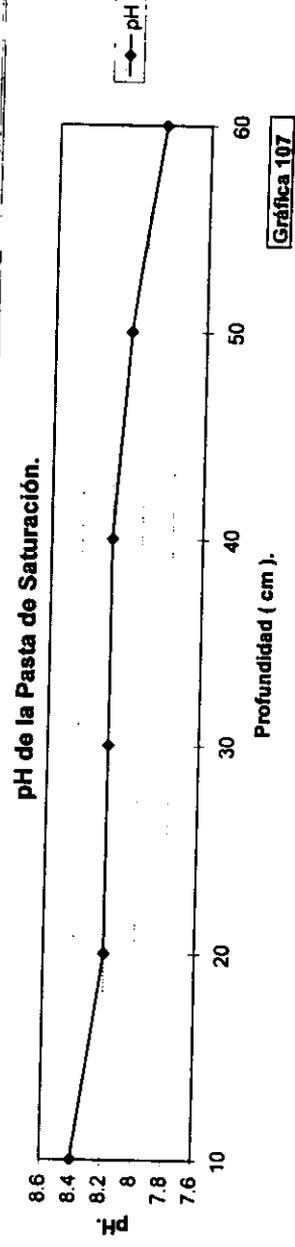
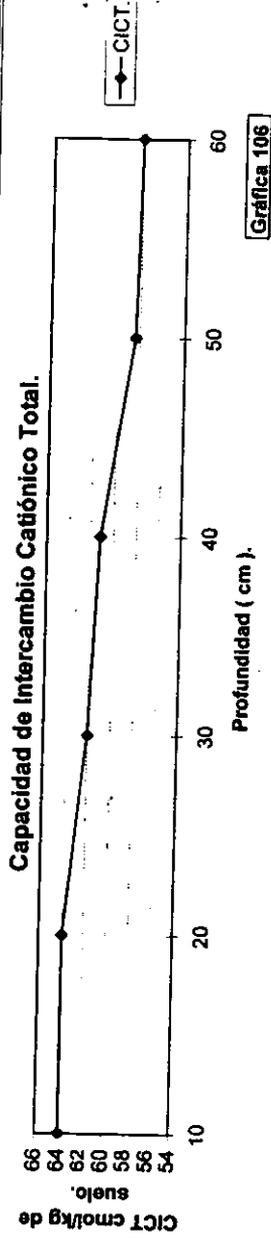
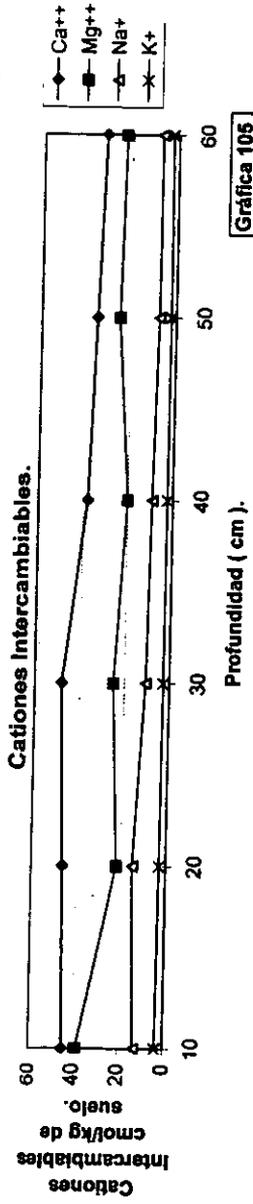


Gráfica 103

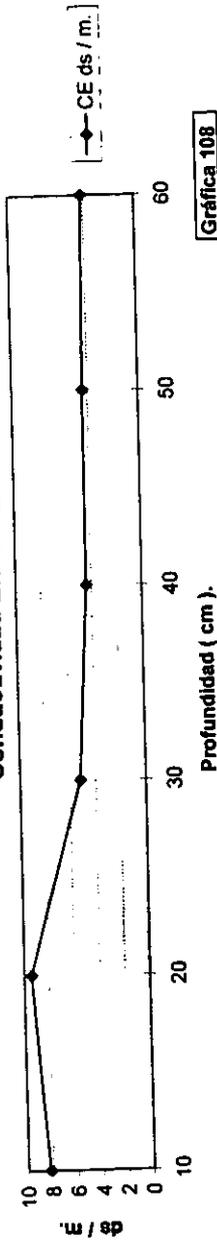
Materia Orgánica y Carbono.



Gráfica 104

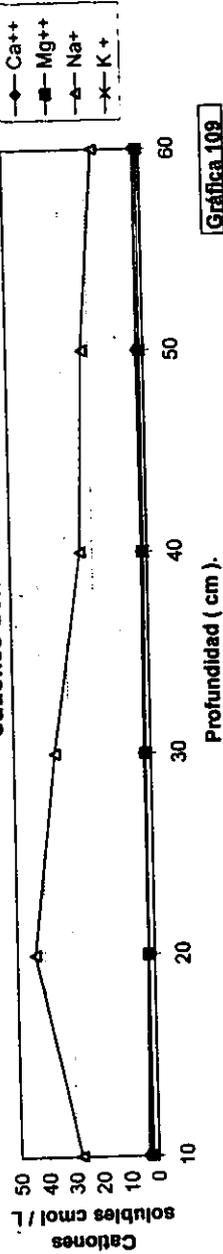


Conductividad Eléctrica.



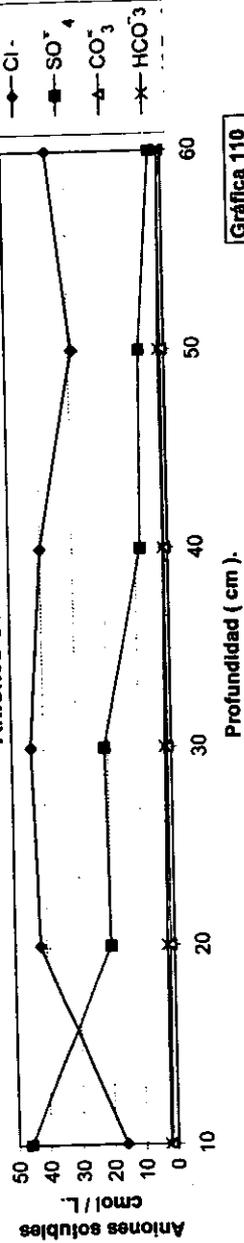
Gráfica 108

Cationes Solubles.



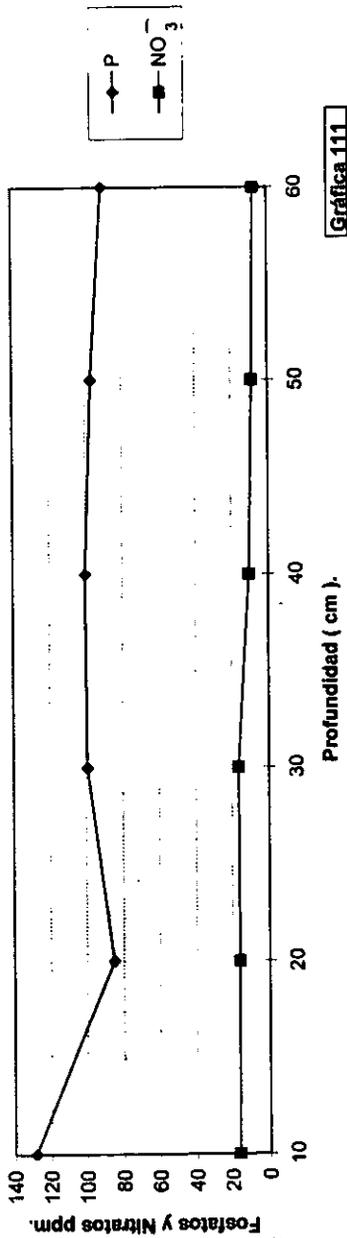
Gráfica 109

Aniones Solubles.

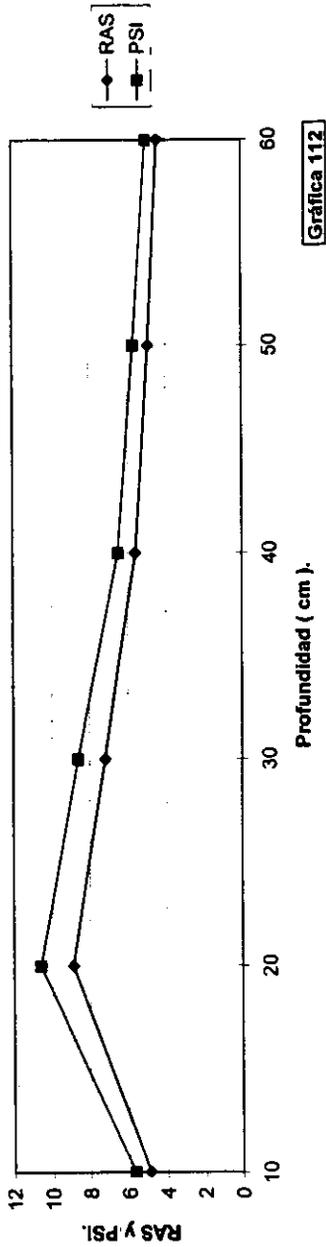


Gráfica 110

Relación de Fósforo y Nitratos.



Relación de RAS y PSI.



• VII Discusión.

Los colores reportados para el presente trabajo fueron tonalidades grises (en seco) 10YR 3/1, 10YR 4/1, 10YR 5/1 y 10 YR 6/1 y pardas (en húmedo) 10YR 3/2, 10YR 2/2, 10YR 2/1. Debido a los altos contenidos de materia orgánica de aproximadamente 30 %, tal como lo indica *Richie, 1972 citado por Bigham, et al 1993*, pigmentando el suelo de tonalidades oscuras por la acumulación de ácidos húmicos al tener baja reflectancia, de aproximadamente 2 % (*Franzmeier, et al 1983 citado por Bigman, op. cit.*). Además de contribuir a la pigmentación oscura del suelo, el material ígneo basáltico del que proviene el mismo, los óxidos de hierro y las sales acumuladas que se encuentren presentes (*Foth, 1978*); una vez que estos suelos se formaron de acarreo de material ígneo, como cenizas y material piroclástico, así como de feldespatos, componentes ferromagnesianos y pómez (*Galicia op. cit.; López, 1981; Vela, op. cit.*).

Los valores de las densidades aparentes se encuentran entre los 0.3 y 0.5 Mg / m³ para las calicatas de San Nicolás Tetelco y de 0.5 Mg / m³ en las de Xochimilco. Hay una tendencia a la disminución de la densidad aparente al aumentar la profundidad, excepto de las calicatas pertenecientes a la Delegación de Xochimilco; tal vez debido a que no fueron tan profundas, como las otras calicatas por lo que no fue posible ver su progresión.

Las densidades aparentes en estos suelos corresponden a densidades calculadas para suelos orgánicos que están dentro de un rango de 0.4 y 0.6 Mg / m³, conteniendo una gran cantidad de espacio poroso; el cual disminuye al aumentar la densidad de los suelos (*Foth, op. cit.*).

Las densidades reales o densidad de la partícula se aproximan a 2.0 Mg / m³; a pesar de las variaciones encontradas en todo lo largo de la calicata 6, desde los 140 a los 200 cm de profundidad y para la calicata 4 con densidades menores de 1.7 Mg / m³; debido al alto contenido de materia orgánica, ya que ocupa mucho volumen y su peso es menor que el material mineral (*Ortiz y Ortiz, op. cit.*) y a la textura media presente en estos suelos, la cual tiene un alto porcentaje de espacio poroso (*Foth, op. cit.*), incluyendo altos contenidos de minerales ligeros que también contribuye a los valores menores a 2.65 Mg / m³.

Las texturas determinadas se encuentran clasificadas como migajón arcilloso, migajón arcillo arenoso y francas, predomina la primera de ellas con proporciones aproximadas de 30 % de arcillas, 30 % de limos y 40 % de arenas que coinciden con el mapa esquemático de la FAO y con otros trabajos reportados en la zona chinampera como lo son:

Fernández, op. cit.; Galicia, op. cit.; Ibáñez, op. cit.; Medina, op. cit. y Vela, op. cit.

Ya que estos suelos son producto de acarreo fluvial de material piroclástico, arenas intermedias y de arcillas altamente hidratadas de relación 2:1 de tipo montmorillonita (*Aguilera y Fuentes, op. cit.*), que se expanden al humedecerse y se contraen al secarse, además de contener grandes cantidades de cationes básicos, principalmente Ca^{++} , Mg^{++} y un pH alcalino. (*Ortiz y Ortiz, op. cit.*)

Los pH con agua en relación 1:5 y 1:10 son alcalinos entre 8.5 y 9.0, en las muestras superficiales, para disminuir su valor al aumentar la profundidad, hasta encontrarse cercano a la neutralidad en las capas inferiores de las calicatas, excepto de las calicatas número 3 y la número 5, las cuales tienen un pH neutro y ligeramente ácido en los primeros 20 cm, para después aumentar hacia valores básicos hasta los 80 - 90 cm y continuar con una disminución del pH a valores ácidos, cercano a 6.7, a mayor profundidad.

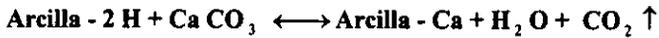
Los pH ligeramente ácidos corresponden a las muestras con mayor contenido en materia orgánica y menor cantidad de Ca^{++} y Mg^{++} ; ya que los grupos carboxilos, fenólicos e imídicos de la materia orgánica disocian H^+ , al igual que los coloides arcillosos lo disocian de los grupos OH^- de los bordes del mineral (cargas dependientes del pH) (*Porta, op. cit.*).

El pH del suelo no es solo el reflejo de la cantidad de iones H^+ , sino el comportamiento de las sales formadas en la solución del suelo, que provienen de la sustitución de los cationes intercambiables por los iones H^+ provenientes del agua; entonces no es difícil comprender que ha menor cantidad de cationes básicos intercambiables presentes y más iones H^+ de la materia orgánica el pH es más ácido, tal como ocurre en estos suelos (*Ortiz y Ortiz, op. cit.*).

Los pH alcalinos fueron encontrados en las muestras con mayor contenido de cationes básicos, principalmente Na^+ intercambiable, desplazado por el H^+ del agua, el

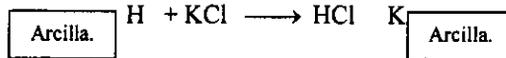
cual reacciona con los OH⁻ (hidroxilos) del agua (mantenidos en la solución del suelo) y forma una base fuerte (NaOH), modificando la reacción del suelo hacia un pH alcalino (*Ortiz y Ortiz op. cit.*). Aunado a la presencia de Ca⁺⁺ y Mg⁺⁺ que también forman bases fuertes incrementando el pH del suelo (*Tan, 1994*).

Manifestándose éstos suelos en estudio como alcalinos, a pesar de estar en una zona húmeda, debido al poco lavado de las sales presentes, al encontrarse en una zona de drenaje deficiente; por lo que los cationes básicos saturan el complejo de intercambio y al ser sustituidos forman sales tales como CaCO₃, Na₂CO₃, elevando el pH entre 7 y 9, tal como se muestra en el esquema siguiente:



(*Tan, op. cit.*).

Los valores del pH valorados con una solución de KCl 1N en las mismas relaciones de 1:5 y 1:10, en todos los casos se mostraron un poco más ácidos que los pH cuantificados con agua, debido a la reacción del KCl con los grupos H⁺ desplazados del complejo de intercambio como se muestra en el siguiente esquema, lo cual forma un ácido fuerte:



Originándose así una fuerte reacción ácida gracias al intercambio catiónico de los H⁺ que se pone de manifiesto (acidez activa) (*Ortiz y Ortiz, op. cit.*), con una variación de 0.5 ó 1.0 unidad de los pH valorados con agua en la misma relación (*Porta, op. cit.*).

El contenido de materia orgánica de estos suelos se cuantificó entre 30 y 12 %, y disminuye al aumentar la profundidad de la calicata.

Las variaciones entre los contenidos de la materia orgánica de las diferentes calicatas, y aún dentro de la misma, se deben al proceso de construcción y al manejo de cada chinampa que está basado en la deposición progresiva de plantas acuáticas, restos de la cosecha anterior, más la adición de lodos del fondo de los canales que la rodean (*West y Armilla, op. cit.*).

Además se debe contemplar el momento del muestreo y el manejo de la chinampa; así por ejemplo en la calicata 3 tenemos un alto contenido de materia orgánica en los primeros 30 cm, debido que al momento del muestreo la chinampa estaba en un periodo de preparación para la siembra; por lo que se le había incorporado estiércol y restos vegetales a su parte superficial.

Por otro lado el contenido elevado de materia orgánica en muestras de mayor profundidad de 30 cm (donde no llega el arado), a pesar del tiempo transcurrido desde la aplicación de los restos vegetales al suelo; se debe a las condiciones de anaerobiosis, exceso de humedad y a la protección dada a la materia orgánica por las arcillas al absorber las enzimas encargadas de su descomposición. Así las moléculas orgánicas presentes en el suelo están parcialmente protegidas de la acción microbiana, aumentando la cantidad de materia orgánica en el suelo (Foth, *op. cit.*) al formarse complejos organometálicos entre el humus y las arcillas expansibles (Porta, *op. cit.*).

El mayor contenido de calcio y de magnesio intercambiables en estas calicatas, se relaciona con el material geológico de origen ígneo presente en la zona que mediante el intemperismo se libera éstos y otros elementos; los cuales se asocian a las arcillas y componentes orgánicos (materia orgánica humificada) (Porta, *op. cit.*) y por la mayor facilidad con la que el NH_4^+ desplaza a los cationes divalentes con respecto de los monovalentes (Black, *op. cit.*). Sumándosele a lo anterior la selectividad de adsorción de los diferentes cationes (Porta, *op. cit.*) y al grado de hidratación de cada catión con lo que su reemplazo es en menor grado que para los átomos de mayor radio atómico, cumpliéndose la lista litotrófica de Hofmeister (Foth, *op. cit.*).

Las bajas concentraciones de potasio intercambiable, con respecto de los otros cationes intercambiables de estos suelos, se encuentra asociado a la posible presencia de arcillas de tipo 2:1 (Porta, *op. cit.*), además de ser menor la abundancia de este catión en la corteza terrestre que es apenas del 2.5 %, la cual es menor que la de los otros tres cationes intercambiables cuantificados (calcio, magnesio y sodio), (Aceves, *op. cit.*), incluyéndose el hecho de tener el potasio un coeficiente de energía menor que el sodio, según la serie litotrófica, por lo que queda en solución (Fassbender, 1975), acumulándose por evaporación en las capas superficiales de las calicatas, tal como se observa en estos suelos,

viéndose sometido a la lixiviación, además de que la compactación y la gran cantidad de humedad también provocan el aumento de la concentración de calcio y magnesio y disminuye la concentración del potasio.

La acumulación de sodio intercambiable en las capas superficiales se debe al regadío con aguas bajas en concentraciones de calcio y con un contenido mayor de carbonatos y bicarbonatos de calcio y magnesio, promoviendo bajo estas condiciones el reemplazo del calcio y del magnesio de los sitios de intercambio, dando lugar a la dispersión de los coloides (*Galicia, op. cit.*); gracias a la modificación de la estructura de los tactoides en los agregados del suelo, al crearse una deficiencia electrostática negativa, lo cual los dispersa por repulsión (*Porta, op. cit.*).

La acumulación de sodio soluble y otros cationes (conformando diversas sales) en las capas superficiales se debe a la alta evapotranspiración que sobrepasa a la precipitación pluvial entre los meses de marzo y mayo (*Vela, op. cit.*).

Encontrando las menores concentraciones de este catión en las calicatas de Xochimilco; a pesar del manto freático elevado, tal vez debido a la mejor calidad del agua usada para el riego; ya que la zona de muestreo está dentro de una porción correspondiente a las chinampas en recuperación del Plan de Rescate Ecológico de Xochimilco.

La capacidad de intercambio catiónico total con los valores más altos, alrededor de 50 cmol / kg de suelo, está asociadas a las muestras con mayor contenido de materia orgánica y arcillas; al ofrecer sitios de intercambio por medio de la disociación de los grupos carboxilos, fenólicos e imídicos de la materia orgánica y de los grupos hidroxilos de las aristas de las arcillas (*Singer y Munns, 1945*).

En los casos con altas capacidades de intercambio catiónico y bajos contenidos de materia orgánica, se deben a la naturaleza de la materia orgánica humificada o no, que pueden variar de un sitio a otro en esta zona, debido al manejo de las chinampas; por que al variar el tipo de materia orgánica se aportan diferentes grupos funcionales, los cuales como se sabe tienen diferentes capacidades de ionización (*Ortiz y Ortiz, op. cit.*), Ya que dichas disociaciones están en función del pH del suelo, y estas cargas dependientes del pH de las sustancias húmicas modifican muchas reacciones químicas, tales como la adsorción de

cationes, formación de complejos organometálicos, quelación de metales y por supuesto su interacción con las arcillas (*Tan, 1975 citado por Tan, op. cit.*).

Además de contemplar el hecho de que existe materia orgánica en estado no humificado, reduciendo los sitios de intercambio, por que en el proceso de humificación hay una alteración de los grupos no cambiables metoxilos (O - CH₃) de la lignina a grupos cambiables carboxilos, así el material humificado ofrece muchas veces más sitios de intercambio catiónico que el material no humificado de residuos vegetales incorporados al suelo. (*Foth, op. cit.*).

Los pH del extracto de la pasta de saturación, que varían entre 7.1 y 9.4, presentan en algunos casos pH mayores de 8.5 relacionado con la presencia de altas concentraciones de carbonatos (12 cmol / kg), y en otros casos pH menores a 8.5, asociado a bajas concentraciones de 5.0 a 1.0 cmol / kg, por que los bicarbonatos presentes interactúan con los cationes solubles, que están dominados por el Na⁺, para formar diferentes sales en la solución del suelo como NaHCO₃, que alteran el pH de la solución del suelo mediante su hidrólisis:



(*Porta, op. cit.*).

Lo cual da como resultado una base fuerte que aumenta el pH entre 8.5 y 10 (*Foth, op. cit.*).

Las conductividades eléctricas que varían a lo largo de todos las calicatas, tienden a disminuir al aumentar la profundidad, lo cual también sucede con las concentraciones de los cationes solubles. Así los valores más altos de las conductividades eléctricas están en las muestras con mayor concentración de sodio soluble y / o cloruros o sulfatos; ya que la conductividad eléctrica es un parámetro indirecto que indica la concentración de sales contenidas en el suelo, por que la electricidad se mueve mayormente en la solución por la forma de movimiento iónico, una vez que el agua tiene una pobre conductividad en estado puro; considerándose así la existencia de una proporcionalidad entre el contenido de sales y la conductividad eléctrica al medir la resistencia en el suelo (*Singer y Munns, op. cit.; Ruiz y Ortega, 1979*).

El catión soluble dominante es el sodio en todas las calicatas revisadas en el presente trabajo, se encuentra más concentrado en las capas superficiales (entre los 40 y 80 cm iniciales), debiendo su acumulación al riego de las chinampas con agua de mala calidad y la alta evapotranspiración (en los meses de marzo a mayo), concentrando el sodio y las sales que se forman en las primeras capas de la chinampa. Para ir disminuyendo la concentración del sodio al aumentar la profundidad.

La mayor concentración del sodio soluble; con respecto del calcio, magnesio y potasio soluble al contrario de lo ocurrido en los cationes intercambiables; se debe al grado de hidratación que alcanzan dichos cationes, por que los cationes de menor radio atómico se hidratan más, con lo que es más sencilla su extracción al agrandar la distancia de interacción entre éstos iones y la porción sólida del complejo coloidal disminuyendo las fuerzas electrostáticas que los unen, invirtiéndose la serie litotrófica de Hofmeister (en cuanto a la facilidad para ser extraídos en la solución del suelo) (*Foth, op. cit.*).

Por otro lado las bajas concentraciones de calcio y magnesio soluble coinciden con las muestras con contenidos de bicarbonatos y carbonatos titulables, tal como lo prevé la teoría (*Ruiz y Ortega op. cit.*).

Los sulfatos y / o cloruros dominan en todas las calicatas, debido a que la acumulación de éstos iones se incrementa con la disminución de su coeficiente de energía (*Fassbender, 1975 citado por Aceves, op. cit.*) y está relacionado con los ciclos continentales de distribución de las sales en los suelos, al acumularse dichos cationes, en zonas interiores sin de drenaje de los continentes y a la contaminación con agua de mala calidad (*Ortega, 1993*).

En los suelos con una conductividad eléctrica menor de 10 ds / m, la concentración de los aniones solubles totales son aproximadamente el valor de la conductividad eléctrica multiplicada por 10 (*Ruiz y Ortega, op. cit.*), tal como ocurre para los casos de estas calicatas.

Las concentraciones menores de 5 cmol / kg de bicarbonatos se relacionan con un pH menor de 8.5 y con concentraciones mayores de 5 cmol / kg con un pH mayor de 8.5; tal como ya se indicó anteriormente; ya que las sales bicarbonatadas tienen gran influencia sobre el pH (*Allison, op. cit.*).

Es necesario hacer énfasis en que las concentraciones de estos aniones disminuyen con la profundidad y que en los casos en que existe un pH mayor de 8.5 y se tienen presentes menos de 5 cmol / kg de bicarbonatos, se encuentran concentraciones considerables de cloruros y / o de sulfatos; los cuales forman otras sales, tales como NaCl, Na_2SO_4 o MgSO_4 que pueden alterar la reacción del suelo.

El origen de estos aniones se puede explicar apartir de la meteorización de basaltos, lavas volcánicas y cenizas volcánicas al reaccionar con aguas naturales y ácido carbónico (Ortega, *op cit*).

La concentración de nitratos, que varían entre 8.6 y 67.8 ppm, van descendiendo en su concentración al ir aumentando la profundidad por el efecto de desnitrificación que ocurre bajo condiciones anaeróbicas, tanto en suelos saturados con agua como en suelos bien drenados, dentro de los agregados; al saturarse el suelo con agua que sube por efecto de capilaridad desde la napa freática. Tanto así, que la cantidad de nitratos en los suelos de Xochimilco es menor que los encontrados en suelos de San Nicolás Tetelco, una vez que las chinampas muestreadas en Xochimilco se encontraron con la napa freática muy elevada al momento del muestreo (Foth, *op. cit.*).

En lo referente al fósforo asimilable que tiene un aumento progresivo en las concentraciones alrededor de 80 ppm hasta los 80 cm de profundidad aproximadamente, después disminuye a mayor profundidad (con 40 ppm). Su comportamiento se debe al efecto del pH sobre la disponibilidad de estos aniones, ya que el pH va disminuyendo al aumentar la profundidad.

Lo anterior se basa en el hecho que la mayor disponibilidad del fósforo (en forma de H_2PO_4^-) se encuentra a un pH entre 6 y 7, pero si el pH es mayor de 7 se transforma en $\text{HPO}_4^- + \text{H}_2\text{O}$ al colocar más grupos OH^- disponibles en el suelo para la nutrición de las plantas (Foth, *op. cit.*).

Aunándose a lo anterior la alta fijación que presentan los suelos con texturas finas, debido a la acción de las arcillas, al contener superficies anfóteras, capaces de ligar a iones fosfatos y silicatos, no dejándolos en solución al absorberlos sobre su superficie atravesando la doble capa difusa y reaccionando con ellos químicamente; gracias a la

absorción específica de estos aniones en la capa de Stern (*Grahame, 1974 citado por Guadalix y Pardo, 1991*).

Así su comportamiento, de acumulación en las partes cercanas al metro de profundidad, se deba a la lixiviación de éste anión en la época de lluvias, por un lado, y a la ascensión de las sales fosfatadas y otras, en la época de secas, debido a la alta evapotranspiración del lugar, que es más alta que la precipitación pluvial en los meses de Marzo a Mayo.

Las altas concentraciones de fósforo en estos suelos tienen su origen en las concentraciones elevadas de detergentes, vertidos en los canales de origen doméstico local, que contienen el agua de los canales, empleada como agua de riego; las cuales no son recomendadas para este uso de acuerdo al análisis efectuado por *Galicia, op. cit.*, al clasificarlas de una calidad no óptima para el riego.

Las diferencias entre dos zonas muestreadas, en referencia de los fosfatos, se debe a los diferentes tratamientos que realiza la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica del Gobierno del Distrito Federal sobre las aguas que se vierten en la zona chinampera ya que para el caso de las plantas tratadoras de San Juan Ixtayopan la cantidad de fosfatos es de aproximadamente 14.75 mg / l, al cumplir con un tratamiento secundario; una vez que el agua tratada se emplea para uso agrícola, para vegetales que se consumen cocidos, riego de forrajes y pasturas, uso recreativo sin contacto, de riego de jardines, camellones, deportivos y consumo industrial (*DGCOH, 1997*).

Y para el caso de la planta tratadora del Cerro de la Estrella la cantidad de fosfatos reportada en los efluentes es de 3.9 mg / l, al cumplir con un tratamiento terciario; ya que su empleo es de uso de riego para vegetales que se consumen en crudo y cocido, riego de pasturas y forrajes, reuso en abrevaderos y vida silvestre, canales expuestos, uso recreativo con contacto y sin él, riego de jardines, camellones, reuso en lagos expuestos y de uso industrial (*DGCOH, op. cit.*). Mismos que sí bien no son el único aporte de fosfatos, en estos suelos, sí es importante su participación en el proceso de acumulación de algunas de las sales que se puedan formar, además del tiempo que se tiene reincorporando aguas residuales a la zona chinampera.

Aunándose a lo anterior el empleo de fertilizantes fosfatados en la agricultura de la zona, principalmente en las calicatas de Xochimilco (López, 1998).

La acumulación del fósforo en las partes cercanas al metro de profundidad se debe a la lixiviación de este anión en la época de lluvias, por un lado, y a la ascensión de las sales fosfatadas y otras en la época de secas, debido a la alta evapotranspiración de la zona de estudio que es más alta que la precipitación pluvial en los meses de marzo y mayo, como ya se mencionó.

• VIII Conclusiones.

1.- Tomando en cuenta que las características físicas y químicas de los primeros 40 cm de profundidad del suelos, son las de mayor impacto sobre un cultivo y siguiendo los criterios para clasificar suelos con problemas de salinidad, los suelos analizados por este trabajo son:

Salinos: En las calicatas 5, 7 y 8 (las dos últimas ubicadas en el embarcadero de Cuernavaca en la delegación de Xochimilco).

Sódicos: En las calicatas 1, 2 y 4 (todas ubicadas en San Nicolás Tetelco en la delegación de Tláhuac).

Salino – sódicos: En las calicatas 3 y 6 (también ubicadas en San Nicolás Tetelco).

2.- Se tiene mayor grado de salinidad de las calicatas pertenecientes a la localidad de San Nicolás Tetelco, en la superficie (en los primeros 40 cm), que de las dos calicatas de Xochimilco, si se comparan las conductividades eléctricas.

Aunándosele la alta concentración de sodio soluble en las capas superficiales de las calicatas de Tetelco y en mucho menor grado en las calicatas de Xochimilco.

Lo cual se debe al tipo de agua con la que se riegan las distintas zonas y por la cantidad que se utiliza en el riego una vez que en Tetelco los apantles tienen el espejo de agua a un metro o metro y medio, que al aunarse con la alta evapotranspiración, saliniza el suelo al elevar las sales desde los mantos freáticos.

3.- Las propiedades físicas de las calicatas analizadas son, de forma resumida:

Aunándose a lo anterior el empleo de fertilizantes fosfatados en la agricultura de la zona, principalmente en las calicatas de Xochimilco (López, 1998).

La acumulación del fósforo en las partes cercanas al metro de profundidad se debe a la lixiviación de este anión en la época de lluvias, por un lado, y a la ascensión de las sales fosfatadas y otras en la época de secas, debido a la alta evapotranspiración de la zona de estudio que es más alta que la precipitación pluvial en los meses de marzo y mayo, como ya se mencionó.

• VIII Conclusiones.

1.- Tomando en cuenta que las características físicas y químicas de los primeros 40 cm de profundidad del suelos, son las de mayor impacto sobre un cultivo y siguiendo los criterios para clasificar suelos con problemas de salinidad, los suelos analizados por este trabajo son:

Salinos: En las calicatas 5, 7 y 8 (las dos últimas ubicadas en el embarcadero de Cuernanco en la delegación de Xochimilco).

Sódicos: En las calicatas 1, 2 y 4 (todas ubicadas en san Nicolás Tetelco en la delegación de Tláhuac).

Salino – sódicos: En las calicatas 3 y 6 (también ubicadas en San Nicolás Tetelco).

2.-Se tiene mayor grado de salinidad de las calicatas pertenecientes a la localidad de San Nicolás Tetelco, en la superficie (en los primeros 40 cm), que de las dos calicatas de Xochimilco, si se comparan las conductividades eléctricas.

Aunándosele la alta concentración de sodio soluble en las capas superficiales de las calicatas de Tetelco y en mucho menor grado en las calicatas de Xochimilco.

Lo cual se debe al tipo de agua con la que se riegan las distintas zonas y por la cantidad que se utiliza en el riego una vez que en Tetelco los apantles tienen el espejo de agua a un metro o metro y medio, que al aunarse con la alta evapotranspiración, saliniza el suelo al elevar las sales desde los mantos freáticos.

3.- Las propiedades físicas de las calicatas analizadas son, de forma resumida:

Colores grises en seco, colores pardos en húmedo, con densidades aparentes entre 0.3 y 0.5 Mg/ m³, densidades reales cercanas a 2.0 Mg/ m³, porosidad aproximadamente del 70 % y texturas medias de migajón arcilloso o arenoso y francas.

4.- Las propiedades químicas de las calicatas del presente trabajo tienen las siguientes particularidades:
pH, en solución de agua en relación 1:5 y 1:10, entre 8.5 y 9.0 con una tendencia a disminuir al aumentar la profundidad; con contenidos de materia orgánica entre 12 y 30 %, los cuales disminuyen al aumentar la profundidad; entre 20 y 70 cmol/kg de calcio y magnesio intercambiables, los cuales dominan el complejo de intercambio de estos suelo, concentraciones entre 6 y 30 cmol/kg de sodio intercambiable, sobresaliendo los primeros 10 cm de la calicata 6 con 65 cmol/kg; concentraciones menores de 3.8 cmol/kg de potasio intercambiable, a excepción de la calicata 5 que contiene aproximadamente 10 cmol/kg de éste ion intercambiable en todas las muestras analizadas y con una CICT alrededor de 60 cmol/kg.

5.- Los análisis de la pasta de saturación de las calicatas muestran un pH entre 7.6 y 9.4, con conductividades mayores a 4 dS/m en las calicatas con mayores concentraciones de sodio soluble, cloruros y/o sulfatos, concentraciones menores de 20 cmol/kg de calcio y magnesio solubles, donde la calicata 6 es la única con concentraciones por arriba de 20 cmol/kg en los primeros 30 cm de profundidad; concentraciones entre 20 y 70 cmol/kg de sodio soluble, exceptuando a las calicatas 4, 5 y 6 con concentraciones por arriba de 100 cmol/kg hasta los 60 cm de profundidad; concentraciones de 10 cmol/kg de potasio soluble.

En cuanto a los aniones presentan entre 20 y 70 cmol/kg de cloruros solubles, con altas concentraciones en los primeros 30 cm de las calicatas 5 y 6 con aproximadamente 100 cmol/kg; entre 10 y 50 cmol/kg de sulfatos, con concentraciones hasta de 645 cmol/kg en las calicatas 5 y 6 en los primeros 30 cm; entre 2.0 y 12 cmol/kg de bicarbonatos y carbonatos, relacionándose concentraciones mayores de 5 cmol/kg con pH mayores a 8.5; con concentraciones altas de fósforo asimilable entre 35 y 160 cmol/kg, mostrando a las calicatas 7 y 8 con los contenidos más altos de éste anión y entre 10 y 60 cmol/kg de nitratos, con una tendencia a disminuir al aumentar la profundidad y con menores concentraciones en las calicatas de Xochimilco.

Las muestras de las calicatas con concentraciones elevadas de sodio y bajas concentraciones de calcio y magnesio están sobre el 15 %.

6.-A pesar de la saturación de agua presente en suelos de Xochimilco, la menor cantidad de sales y de sodio soluble se debe a una mejor calidad de agua al recibir un tratamiento terciario, por el uso tanto agrícola y recreativo que tiene, lo cual no ocurre con las aguas de la zona chinampera de San Nicolás Tetelco, ya que se reciben un tratamiento secundario; añadiéndose el tiempo de introducción de aguas tratadas en las diferentes partes de la zona chinampera. Así los suelos de Xochimilco se encuentran en recuperación proponiéndose para la agricultura florícola principalmente.

• IX Bibliografía.

- Acevedo, L.S. 1972. Monografía histórica de Xochimilco. Ed. DDF. Mex. 20 - 25 pp.
- Aceves, N.L. 1979. Los terrenos ensalitrados y métodos para su recuperación. UACH. Tex. Edo. Mex., Mex. 3 - 25, 45 - 203 pp.
- Aguilera, H.N. y Fuentes, C.E. 1951. Estudio físico químico y electromicroscópico de la fracción arcilla de 2 micrones de suelos de Xochimilco. Biol. Rev. de la Soc. Mex. de Hist. Nat. Tomo XII. No. 2: 101 - 118 pp.
- Allison, L.E.; Richards, L.A. et al 1982. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salino - sódicos. USDA. Limusa. Mex. 1 - 88 pp.
- Araujo, M.A. 1987. Estudio geofísico del cono volcánico de Xico municipio de Chalco, Estado de México. Tesis Lic. Biol. Fac. Ciencias. UNAM. 24 - 27 pp.
- Baver, L.D. y Gardenier, W.H. 1980. Física de suelos. Ed. Omega. Barcelona España. 200 - 205 pp.
- Becerril, R.G. y Díaz, L.I.F. 1993. Las chinampas de San Gregorio Atlapulco, Xochimilco DF. Tesis Lic. Biol. Fac. Ciencias. UNAM. 4 - 14, 21, 79 pp.
- Bigham, J.M. y Ciolkosz, E.J. 1993. Soil color. Soil Sci. Soc. Amer. Inc. Madison. Wisconsin. USA. 73 - 76, 87 - 88 pp.
- Black, L.A.; Clark, P.E.; Evans, D.D.; White, J.A.; Enswinger, L.E. 1965. Methods of soil analysis. Part I and II. Agronomy No. 9. Inc. Publisher Madison. Wisconsin. USA 374 - 390, 849 - 1400 pp.
- Bouyoucus, G.W. 1951. Directions for marking mechanical analysis of soil by hidrometer method. Soil Sci. 42: 25 - 35 pp.
- Bower, C.A. y Huss, R.B. 1948. Rapid conducmetric method for estimating gypsum in soil. Soil Sci. 66: 199 - 204 pp.
- Bower, C.A. y Wilcox, L.V. 1965. Methods of soil analysis American Society of Agronomy. Inc. Publisher Wis. USA. 304 - 307 pp.
- Cheng, K.L. y Bray, R.N. 1951. Determination of calcium and magnesium in soil and plant material. Soil Sci. 72 : 449 - 458 pp.
- Coe, D.M. 1971. Las chinampas de México. Depto. Economía agrícola. UACH. Tex. Edo. Mex. Mex. (Traducción al español de Scientific American 260 : 90 - 96).

- Departamento del Distrito Federal / Secretaría General de Desarrollo Urbano y Ecología 1988. Programa de Reordenación Urbana y Protección Ecológica del DF. del DDF. México. 6 - 28 pp.
- Departamento del Distrito Federal / Comisión Coordinadora para el Desarrollo Rural (COCODER). 1990. Aspectos físicos y cartografía base. Estudio Técnico. Programa de Recuperación y Restauración Ecológica de la Sierra de Santa Catarina. México. 6- 8 pp.
- Delegación Tláhuac. 1991. Subdelegación de desarrollo rural y organización vecinal. Informe de avances en la concertación de recursos Pronasol con participación campesina, dentro del programa de rehabilitación agraria en Tláhuac. Mex.
- Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica del Gobierno del Distrito Federal (DGCOH). 1997. Hidráulica Urbana. Rev. No. 2. 2- 19 pp.
- Dixon, J.B. and Weed, S.B. 1989. Minerals in soil environments. Chapter 6. Carbonate, halide and sulfide minerals. Second Edition. Soil Society of American Book series. Madison. Wisconsin. USA. 279 - 323 pp.
- Fassbender, H.W. 1975. Química de suelos, con énfasis en suelos de América Latina. Instituto de Ciencias Agrícolas de la OEA. Ed. II CA. Costa Rica. 397 p.
- Fernández, Q.C.M. 1988. Manejo y recuperación de suelos salino - sódicos en chinampas de Xochimilco, D.F. Tesis. Lic. Biol. Fac. Ciencias. UNAM. 9 - 25 pp.
- Flores, V.C. 1990. Las chinampas futuro de la producción agrícola en Mex. Rescate 10: 5 - 11 pp.
- Foth, H.D. 1978. Fundamentals of soil science. John Willey and Son. Inc. University of Michigan State. USA. 30 - 315 pp.
- Franzmeier, D.F. y Steinhard, G.C. 1983. Color patterns and water levels in some Indiana soils. Sci. Soc. Amer. J. 47: 1196 - 1202 pp.
- Galicia, P.M.S. 1990. Efecto de un mejorador mineral en suelos de chinampa de Tláhuac, DF; cultivando *Brassica oleracea*, variedad *cauliflora*. Tesis. Maestría. Fac. Ciencias. UNAM. 1 - 35 pp.
- García, E. 1988. Modificación al sistema de clasificación climática de Köeppen. UNAM. Mex. 103 - 104 pp.
- González, F.M. 1971. Historia de México. Ed. Limusa. Mex. 30 - 38 pp.

- González, M.A. 1990. Xochimilco, la salvación de las aguas. CIECSA. Mex. 53 pp.
- Grahame, D.C. 1947. The electrical double layer and theory of electrocapillarity. Chem. Rev. 41: 441 - 501 pp.
- Guadalix, M.E. y Pardo M.T. 1991. Reacción del anión fosfato en suelos de carga variable. Inst. Edaf. y Biol. Veg. de Madrid. CSIC. Madrid. España. 5 - 39 pp.
- Hodgson, J.M. 1987. Muestreo y descripción de suelos. Ed. Reverté. Barcelona. España. 12 - 14, 105 - 116 pp.
- Ibañez, H.A. 1993. Efecto de algunos mejoradores biológicos nuevos en suelos de chinampas de Tláhuac, DF con problemas de salinidad y sodicidad en cultivos de Spinacea oleracea variedad hibrido cascade. Tesis Lic. Biol. Fac. Ciencias. UNAM. 41- 48, 61 - 63 pp.
- INEGI, 1993. Cuadernos estadísticos por delegación del DF - Tláhuac. 3 - 15 pp.
- Jackson, L.M. 1982. Análisis químicos de suelos. Ed. Omega. Barcelona. España. 91-98, 122 - 126, 166 - 170, 190 - 197 y 282 - 284 pp.
- Jiménez - Osornio, J.J.; Rojas, R.T.; Delamo, R.S. y Gómez, P.A. 1990. Presente, pasado y futuro de las chinampas - sostenibilidad Maya - Vol. I. Mex. 23 - 34 pp.
- López, A.L.C. 1998. Comunicación personal. Directora técnica del Plan Lago.
- López, R.E. 1981. Geología de México. Tomo II. Inst. de Geol. UNAM. Mex. 30 - 34 pp.
- López, S. y Reyes, Y. 1990. Historia de un lago. Rescate 5: 14 - 15 pp.
- Mainer, E. 1979. Chinampa Tropical. Centro de Ecodesarrollo. INIREB. Mex. 18-33 pp.
- Medina, V.J. 1993. Estudio edafológico de una chinampa de San Luis Tlaxialtemalco, Xochimilco, DF y de algunos terrenos colindantes con la delegación de Tláhuac. Tesis. Lic. Biol. Fac. Ciencias. UNAM. Mex. 7 - 45 pp.
- Mercado, S. I. 1993. Respuesta de un suelo salino sódico de San Luis Tlaxialtemalco, DF a la aplicación de mejoradores biológico, químico e hidrotécnico a nivel invernadero. Tesis Maestría. Fac. Ciencias. UNAM. 4 - 16 , 30 - 35 pp.
- Moncada, O. 1976. Uso del suelo en el sudeste del DF. Tesis. Lic. Fac. Filosofía y Letras. UNAM. Mex. 10 - 12 pp.
- Mooser, F. 1961. La Cuenca del Valle de México. Mesas redondas para el Valle de Mex. 12 - 16 de Nov. Inst. Mex. de Rec. Nat. Renov. Mex. 3 - 148 pp.

- Mooser, F. 1963. Historia tectónica de la Cuenca del valle de México. Ed. Boletín de la Asoc. Mex. de Geólogos Petroleros. Vol. XV. Mex. 4 - 27 pp.
- Munsell 1954. Munsell soil color chart. Baltimore, Maryland. USA.
- Novelo, R.A. y Gallegos, M.M. 1988. Estudio de flora y vegetación acuática relacionada con el sistema de chinampas en el sudeste del Valle de México. *Biótica*. 13(2):121-129 pp.
- Olsen, F. 1954. Estimation of available phosphorus in soil by extractions with sodium bicarbonate. USDA. No. 939: 630 - 632 pp.
- Ortega, M.E. 1993. Causas del ensalitramiento y su efecto sobre los suelos. Tomo I y II. Colegio de postgraduados de UACH. Centro de Hidrociencias. Área de suelos salinos y sódicos. Tex. Edo. Mex. Mex. 3 y 12 pp.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación FAO UNESCO 1987. Apoyo de emergencia a la zona lacustre de Xochimilco - Tláhuac. Roma - Italia.
- Ortiz, O.M. 1992. Distribución y extensión de los suelos afectados por sales en México y el Mundo. Departamento de suelos. UACH. Tex. Edo. Mex. Mex. 6 - 34 pp.
- Ortiz, V.B. y Ortiz, S.C. 1990. Edafología. Depto. de suelos. UACH. Tex. Edo. Mex. Mex. 5 - 390 pp.
- Palerm, A y Wolf, T. 1973. Obras hidráulicas prehispánicas en el sistema lacustre del Valle de México. Sep. INAH. Mex. 27 - 102 pp.
- Pizarro, F. 1978. Drenaje agrícola y recuperación de suelos salino. Agrícola española. Madrid. España. 78 - 98 pp.
- Porta, C. J.; López, A.M. y Roquero, L. C. 1994. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Mundi Prensa. Madrid. España. 97 - 112, 117- 161, 167 - 198, 203 - 222, 225 - 237, 250 - 271, 431 - 450, 471 - 477 y 645 - 678 pp.
- Quiroz, M.J.C. 1994. Descripción de la situación de los árboles y arbustos de alineación de las Delegaciones de Milpa Alta, Tláhuac y Xochimilco, DF. Tesis Lic. Biol. Fac. Ciencias. UNAM. 10 - 32 pp.
- Reiteimeir, R.F. 1974. A critique of estimating soil solution concentration from the electrical conductivity of saturated soil. *Soil Sci.* 61: 281 - 293 pp.

- Reyes, O.L. 1992. Respuesta del desarrollo del rosal a la adición de mejoradores orgánicos y láminas de lavado en un suelo de chinampa. Tesis Maestría. Fac. Ciencias. UNAM. Mex. 1-14, 19-39, 59-137 pp.
- Richie, J.T. 1972. Water movement in undisturbed swelling clay. Soil Sci. Amer. Proc. 36: 874 - 879 pp.
- Rojas, R.T. 1983. La agricultura chinampera. Cuadernos universitarios, serie agronomía No. 7 UACH. Tex. Edo. Mex. Mex. 200 - 229 pp.
- Roller, E.M. y Mckaing, N. 1939. Some critical studies of the phenoldisulfonic acid method for the determination of nitrates. Soil Sci. 47: 397 - 407 pp.
- Ruiz, B.A. y Ortega, T.E. 1979. Prácticas de laboratorio de química de suelos. Depto. de suelos. UACH. Tex. Edo. Mex. Mex. 5 - 70 pp.
- Sánchez, S.L. 1989. Algunos estudios edafológicos en San Gregorio Atlapulco, Xochimilco, DF. Tesis Lic. Biol. Fac. Ciencias UNAM. Mex. 4- 8, 10 - 18, 28 - 30 pp.
- Santa María, 1912. Las chinampas en el Distrito Federal. La agricultura chinampera. Compilación histórica. UACH. Edo. Mex. Mex. 46 - 60 pp.
- SARH, 1972. Estudio agrológico de la zona lacustre de Xochimilco y Tláhuac. Mex. 20 - 36 pp.
- SARH, 1979. Estudio agrológico detallado del proyecto de riego de Chalco, Edo. Mex. Subsecretaría de Agrología. Mex. 10 - 36 pp.
- SARH, 1983. Estudio agrológico especial de los módulos agropecuarios de Tláhuac, DF. Tomo I. Memoria técnica. 21 - 22 pp.
- SARH, 1984. Jerarquización de los principales Distritos de riego afectados por sales. Mex. 120 pp.
- Schollenberger, C.J. y Simon, R.H. 1945. Determination of exchange capacity and exchangeable bases in soil - ammonium acetato method. Soil Sci. 59: 17 - 25 pp.
- Singer, J.M. y Munns, N.D. 1945. Soils an Introduction. Mac Millan Publishing. N.Y. USA. 45 - 70 pp.
- Szabolcs, I. 1989. Salt affected soil. CRC Press. Boca Ratón. Costa Rica. 30 - 46 pp.
- Tan, K.H. 1994. Enviromental soil science. Marcel Derkel Inc. University of Georgia. N.Y. USA. 93 - 95 pp.

- Tan, K.H.; Mundgal, V.G. y Leonard, R.T. 1975. Absortion of poulltry litter extracts by soil and clay. *Env. Sci y Techno.* 9: 132 - 135 pp.
- Tanji, K.K. 1990. Agricultural salinity assesment and management. American Society of civil engineers. N.Y. USA. 48 - 59 pp.
- Teakle, L.J.H. 1937. The relation between the lowering of the piezometric surface and the rate and duration of discharge of a well using ground - water storage. *American Geophysic Union Trans.* 16: 519 - 524 pp.
- Vallejo, A.C. 1992. Contaminación de suelos de algunas calicatas de San Gregorio Atlapulco y San Luis Tlaxialtemalco, Xochimilco, DF. Tesis. Lic. Biol. Fac. Ciencias UNAM. Mex. 5 - 11, 16 - 24, 52 - 63 pp.
- Vela, C.G. 1996. Alternativas del uso de suelo en la zona lacustre de Tláhuac, DF. Tesis de Maestría Fac. Ciencias. UNAM. Mex. 3- 5, 8 - 26 pp.
- Walkey, A. and Black, I.A. 1947. An examination of the degthareff method for determining soil organic and a proposed modification of chromic acid tritation method. *Soil Sci.* 37: 29 - 38 pp.
- West, R. y Armilla, P. 1950. Las chinampas de México poesía y realidad de los jardines flotantes. *Cuadernos americanos.* D.F. Mex. 50: 165 - 182 pp.
- Wolfer F.J. 1976. La Cuenca geográfica, en memorias de las obras del sistema de drenaje profundo del DF. DDF. Vol. 1. Mex. 41-78 pp.

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

Apéndice 1 Índice de Cuadros.

	Pag.	
Cuadro No. 1	Distribución actual de chinampas en la zona lacustre de Xochimilco y Chalco.	13
Cuadro No. 2	Características químicas de los suelos salino y salino - sódicos.	16
Cuadro No. 3	Principales minerales evaporíticos del suelo.	17
Cuadro No. 4	Plantas tolerantes a diferentes grados de salinidad.	24

Apéndice 2 Índice de figuras.

	Pag.	
Figura 1	Orografía de la Cuenca del Valle de México.	8
Figura 2	Delimitación de la Cuenca del Valle de México.	8
Figura 3	Estructura de una chinampa.	11
Figura 4	Obras hidráulicas prehispánicas en el "Lago de la Luna".	12
Figura 5	Esquema sobre la erosión.	17
Figura 6	Mapa de los suelos afectados por sales en la República Mexicana.	19
Figura 7	Esquema de la ubicación de la Delegación de Tláhuac en la República Mexicana.	26
Figura 8	Litología de la zona lacustre de la Delegación de Tláhuac.	29
Figura 9	Climograma de la Delegación de Tláhuac.	30
Figura 10	Ubicación de las calicatas de San Nicolás Tetelco en Tláhuac.	33
Figura 11	Ubicación de las calicatas del embarcadero de Cuemanco en Xochimilco.	33

Apéndice 3 Índice de gráficas.

- 1.- Gráfica de la densidad aparente y real de la calicata No. 1.
- 2.- Gráfica de % de porosidad de la calicata No. 1.
- 3.- Gráfica de texturas de la calicata No. 1.
- 4.- Gráfica de pH con agua, relaciones 1:5 y 1:10 de la calicata No. 1.
- 5.- Gráfica de pH con KCl, relación 1:5 y 1:10 de la calicata No. 1.
- 6.- Gráfica de materia orgánica y carbono de la calicata No. 1.
- 7.- Gráfica de cationes intercambiables de la calicata No. 1.
- 8.- Gráfica de capacidad de intercambio catiónico de la calicata No. 1.
- 9.- Gráfica de pH de la pasta de saturación de la calicata No. 1.
- 10.- Gráfica de conductividades eléctricas de la calicata No. 1.
- 11.- Gráfica de cationes solubles de la calicata No. 1.
- 12.- Gráfica de aniones solubles de la calicata No. 1.
- 13.- Gráfica de contenidos de fósforo y nitratos de la calicata No. 1.
- 14.- Gráfica de RAS y PSI de la calicata No. 1.
- 15.- Gráfica de la densidad aparente y real de la calicata No. 2.
- 16.- Gráfica de % de porosidad de la calicata No. 2.
- 17.- Gráfica de texturas de la calicata No. 2.
- 18.- Gráfica de pH con agua, relaciones 1:5 y 1:10 de la calicata No. 2.
- 19.- Gráfica de pH con KCl, relación 1:5 y 1:10 de la calicata No. 2.
- 20.- Gráfica de materia orgánica y carbono de la calicata No. 2.
- 21.- Gráfica de cationes intercambiables de la calicata No. 2.
- 22.- Gráfica de capacidad de intercambio catiónico de la calicata No. 2.

- 23.- Gráfica de pH de la pasta de saturación de la calicata No. 2.
- 24.- Gráfica de conductividades eléctricas de la calicata No. 2.
- 25.- Gráfica de cationes solubles de la calicata No. 2.
- 26.- Gráfica de aniones solubles de la calicata No. 2.
- 27.- Gráfica de contenidos de fósforo y nitratos de la calicata No. 2.
- 28.- Gráfica de RAS y PSI de la calicata No. 2.
- 29.- Gráfica de la densidad aparente y real de la calicata No. 3.
- 30.- Gráfica de % de porosidad de la calicata No. 3.
- 31.- Gráfica de texturas de la calicata No. 3.
- 32.- Gráfica de pH con agua, relaciones 1:5 y 1:10 de la calicata No. 3.
- 33.- Gráfica de pH con KCl, relación 1:5 y 1:10 de la calicata No. 3.
- 34.- Gráfica de materia orgánica y carbono de la calicata No. 3.
- 35.- Gráfica de cationes intercambiables de la calicata No. 3.
- 36.- Gráfica de capacidad de intercambio catiónico de la calicata No. 3.
- 37.- Gráfica de pH de la pasta de saturación de la calicata No. 3.
- 38.- Gráfica de conductividades eléctricas de la calicata No. 3.
- 39.- Gráfica de cationes solubles de la calicata No. 3.
- 40.- Gráfica de aniones solubles de la calicata No. 3.
- 41.- Gráfica de contenidos de fósforo y nitratos de la calicata No. 3.
- 42.- Gráfica de RAS y PSI de la calicata No. 3.
- 43.- Gráfica de la densidad aparente y real de la calicata No. 4.
- 44.- Gráfica de % de porosidad de la calicata No. 4.
- 45.- Gráfica de texturas de la calicata No. 4.

- 46.- Gráfica de pH con agua, relaciones 1:5 y 1:10 de la calicata No. 4.
- 47.- Gráfica de pH con KCl, relación 1:5 y 1:10 de la calicata No. 4.
- 48.- Gráfica de materia orgánica y carbono de la calicata No. 4.
- 49.- Gráfica de cationes intercambiables de la calicata No. 4.
- 50.- Gráfica de capacidad de intercambio catiónico de la calicata No. 4.
- 51.- Gráfica de pH de la pasta de saturación de la calicata No. 4.
- 52.- Gráfica de conductividades eléctricas de la calicata No. 4.
- 53.- Gráfica de cationes solubles de la calicata No. 4.
- 54.- Gráfica de aniones solubles de la calicata No. 4.
- 55.- Gráfica de contenidos de fósforo y nitratos de la calicata No. 4.
- 56.- Gráfica de RAS y PSI de la calicata No. 4.
- 57.- Gráfica de la densidad aparente y real de la calicata No. 5.
- 58.- Gráfica de % de porosidad de la calicata No. 5.
- 59.- Gráfica de texturas de la calicata No. 5.
- 60.- Gráfica de pH con agua, relaciones 1:5 y 1:10 de la calicata No. 5.
- 61.- Gráfica de pH con KCl, relación 1:5 y 1:10 de la calicata No. 5.
- 62.- Gráfica de materia orgánica y carbono de la calicata No. 5.
- 63.- Gráfica de cationes intercambiables de la calicata No. 5.
- 64.- Gráfica de capacidad de intercambio catiónico de la calicata No. 5.
- 65.- Gráfica de pH de la pasta de saturación de la calicata No. 5.
- 66.- Gráfica de conductividades eléctricas de la calicata No. 5.
- 67.- Gráfica de cationes solubles de la calicata No. 5.
- 68.- Gráfica de aniones solubles de la calicata No. 5.

- 69.- Gráfica de contenidos de fósforo y nitratos de la calicata No. 5.
- 70.- Gráfica de RAS y PSI de la calicata No. 5.
- 71.- Gráfica de la densidad aparente y real de la calicata No. 6.
- 72.- Gráfica de % de porosidad de la calicata No. 6.
- 73.- Gráfica de texturas de la calicata No. 6.
- 74.- Gráfica de pH con agua, relaciones 1:5 y 1:10 de la calicata No. 6.
- 75.- Gráfica de pH con KCl, relación 1:5 y 1:10 de la calicata No. 6.
- 76.- Gráfica de materia orgánica y carbono de la calicata No. 6.
- 77.- Gráfica de cationes intercambiables de la calicata No. 6.
- 78.- Gráfica de capacidad de intercambio catiónico de la calicata No. 6.
- 79.- Gráfica de pH de la pasta de saturación de la calicata No. 6.
- 80.- Gráfica de conductividades eléctricas de la calicata No. 6.
- 81.- Gráfica de cationes solubles de la calicata No. 6.
- 82.- Gráfica de aniones solubles de la calicata No. 6.
- 83.- Gráfica de contenidos de fósforo y nitratos de la calicata No. 6.
- 84.- Gráfica de RAS y PSI de la calicata No. 6.
- 85.- Gráfica de la densidad aparente y real de la calicata No. 7.
- 86.- Gráfica de % de porosidad de la calicata No. 7.
- 87.- Gráfica de texturas de la calicata No. 7.
- 88.- Gráfica de pH con agua, relaciones 1:5 y 1:10 de la calicata No. 7.
- 89.- Gráfica de pH con KCl, relación 1:5 y 1:10 de la calicata No. 7.
- 90.- Gráfica de materia orgánica y carbono de la calicata No. 7.
- 91.- Gráfica de cationes intercambiables de la calicata No. 7.

- 92.- Gráfica de capacidad de intercambio catiónico de la calicata No. 7.
- 93.- Gráfica de pH de la pasta de saturación de la calicata No. 7.
- 94.- Gráfica de conductividades eléctricas de la calicata No. 7.
- 95.- Gráfica de cationes solubles de la calicata No. 7.
- 96.- Gráfica de aniones solubles de la calicata No. 7.
- 97.- Gráfica de contenidos de fósforo y nitratos de la calicata No. 7.
- 98.- Gráfica de RAS y PSI de la calicata No. 7.
- 99.- Gráfica de la densidad aparente y real de la calicata No. 8.
- 100.- Gráfica de % de porosidad de la calicata No. 8.
- 101.- Gráfica de texturas de la calicata No. 8.
- 102.- Gráfica de pH con agua, relaciones 1:5 y 1:10 de la calicata No. 8.
- 103.- Gráfica de pH con KCl, relación 1:5 y 1:10 de la calicata No. 8.
- 104.- Gráfica de materia orgánica y carbono de la calicata No. 8.
- 105.- Gráfica de cationes intercambiables de la calicata No. 8.
- 106.- Gráfica de capacidad de intercambio catiónico de la calicata No. 8.
- 107.- Gráfica de pH de la pasta de saturación de la calicata No. 8.
- 108.- Gráfica de conductividades eléctricas de la calicata No. 8.
- 109.- Gráfica de cationes solubles de la calicata No. 8.
- 110.- Gráfica de aniones solubles de la calicata No. 8.
- 111.- Gráfica de contenidos de fósforo y nitratos de la calicata No. 8.
- 112.- Gráfica de RAS y PSI de la calicata No. 8.

Apéndice 4 Índice de tablas.

- **Tabla No. 1 .- Resultados de los análisis físicos y algunos químicos de la calicata No. 1.**
- **Tabla No. 2.- Resultados de los análisis del extracto de la pasta de saturación de la calicata No. 1.**
- **Tabla No. 3 .- Resultados de los análisis físicos y algunos químicos de la calicata No. 2.**
- **Tabla No. 4.- Resultados de los análisis del extracto de la pasta de saturación de la calicata No. 2.**
- **Tabla No. 5.- Resultados de los análisis físicos y algunos químicos de la calicata No. 3.**
- **Tabla No. 6.- Resultados de los análisis del extracto de la pasta de saturación de la calicata No. 3.**
- **Tabla No. 7 .- Resultados de los análisis físicos y algunos químicos de la calicata No. 4.**
- **Tabla No. 8.- Resultados de los análisis del extracto de la pasta de saturación de la calicata No. 4.**
- **Tabla No. 9 .- Resultados de los análisis físicos y algunos químicos de la calicata No. 5.**
- **Tabla No. 10.- Resultados de los análisis del extracto de la pasta de saturación de la calicata No. 5.**
- **Tabla No. 11 .- Resultados de los análisis físicos y algunos químicos de la calicata No. 6.**

- **Tabla No. 12.- Resultados de los análisis del extracto de la pasta de saturación de la calicata No. 6.**
- **Tabla No. 13 .- Resultados de los análisis físicos y algunos químicos de la calicata No. 7.**
- **Tabla No. 14.- Resultados de los análisis del extracto de la pasta de saturación de la calicata No. 7.**
- **Tabla No. 15 .- Resultados de los análisis físicos y algunos químicos de la calicata No. 8.**
- **Tabla No. 16.- Resultados de los análisis del extracto de la pasta de saturación de la calicata No. 8.**