

223
24



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS
Departamento de Biología

"CONTAMINACION DE SUELOS EN ALGUNAS
CALICATAS EN SAN GREGORIO ATLAPULCO Y
SAN LUIS TLAXIALTEMALCO, D.F."

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
LICENCIADO EN BIOLOGIA
P R E S E N T A :
CLAUDIA VALLEJO ALBARRAN

DIRECTOR DE TESIS:
Nicolás Aguilera Herrera

México, D. F.

1992

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

C O N T E N I D O

1. INTRODUCCION	1
2. OBJETIVOS	4
3. ANTECEDENTES	
- Cuenca de México	5
- Las Chinampas	7
- Desecación y Contaminación del Lago de Xochimilco	9
- La Zona Chinampera en la actualidad	11
- San Gregorio Atlapulco	12
San Gregorio Atlapulco y su fundación	
Aspectos históricos sobre la Propiedad de la tierra	
Tipos de Propiedad	
San Luis Tlaxialtemalco	14
San Luis Tlaxialtemalco y su fundación	
Tipos de Propiedad	
La chinampería del lugar	
- Dinámica de Salinización	16
- Dinámica de Sodificación	19
Floculación y Dispersión de los coloides	
- Clasificación de los Suelos Sálinos y/o Sódicos	21
Suelos Salinos	
Suelos Sódicos	
Suelos Salino-Sódicos	
- Rehabilitación	25
- Efecto de las Sales Solubles sobre las Plantas	27
Sensibilidad a las sales	
- Tipos de Sales en los Suelos Salinos	31

4. DESCRIPCION GENERAL DE LA ZONA DE ESTUDIO	
- Localización	34
- Geología	36
- Fisiografía	38
- Hidrología	39
- Clima	42
- Vegetación	43
- Fauna	46
- Suelos	48
5. METODOS	
- Campo	49
- Laboratorio	50
6. RESULTADOS	52
7. DISCUSION	64
8. CONCLUSIONES	71
9. RECOMENDACIONES	73
10. REFERENCIAS	75

INTRODUCCION

Uno de los grandes problemas en la actualidad, es la contaminación ambiental causada en la mayoría de los casos por el gran desarrollo industrial no controlado por el hombre, degradándose el aire, agua y suelos, originando un paisaje deplorable en el cual los sistemas ecológicos están profundamente alterados.

Al llegar a sus casi siete siglos de existencia, la Ciudad de México se convirtió en una de las urbes más grandes del mundo. Con problemas de una metrópoli en formación, además de los típicos de la etapa de desarrollo que transitamos y aquellos originados por las características de su asentamiento: en el fondo de un valle cerrado, a más de 2200 msnm de altura, lo cual complica los problemas de contaminación, desalojo de agua y abastecimiento de agua potable (DDF, 1988).

La contaminación originada por las aguas residuales de las industrias que son vertidas a canales, ríos, estuarios, lagos y lagunas, provoca serias alteraciones en los ecosistemas al grado incluso de originar su destrucción.

Desde 1957, el lago de Xochimilco recibe una descarga de aguas residuales mal tratadas procedentes de la planta tratadora del Cerro de la Estrella, con el objeto de restituir el agua que fue extraída del lago desde 1909 para ser bombeada y abastecer la gran demanda de este líquido a la Ciudad de México. Este hecho aunado a factores naturales del lugar han originado la acumulación de sales y/o sodio tanto del agua de sus canales como del suelo de sus chinampas.

Desde el punto de vista de productividad, el ensalitramiento es un problema indeseable, ya que afecta los rendimientos de los cultivos; todos los suelos contienen sales, las cuales sólo se vuelven problema cuando alcanzan concentraciones que son intolerables para las plantas (Aceves, 1981).

Las condiciones de salinidad y sodicidad reducen considerablemente el valor agrícola y productividad de los suelos de las regiones afectadas por estos fenómenos, la presencia de las sales eleva la presión osmótica y dificulta e imposibilita en casos extremos, la absorción del agua por parte de las plantas. El sodio en exceso reduce la asimilabilidad de algunos nutrimentos y origina la pérdida de la estructura del suelo, ambas cualidades ocasionan serias restricciones en el desarrollo de los vegetales.

Los estudios de los suelos de chinampa, tienen especial interés ya que constituye una técnica de cultivo prehispánica única en el mundo, clara representación de las relaciones existentes entre el hombre-suelo-agua-planta.

La zona chinampera es modelo del ingenio mexicana que supo aprovechar y combinar con éxito las circunstancias de su entorno ecológico.

En éste sistema agrícola se emplean los lodos del fondo del lago, la vegetación acuática para el abonamiento del suelo, el agua para el riego, y los ahuejotes para la retención y delimitación del suelo (León, 1984).

Se han efectuado múltiples estudios en torno al conocimiento y problemática de estos suelos. Aguilera y Fuentes (1951) incursionan en el estudio de la mineralogía de estos suelos; García y Galicia (1988) abordan el estudio de los procesos de humificación de la materia orgánica de los suelos de Mixquic y Tláhuac (pueblos chinamperos por excelencia). Vega, aboca el tema de los metales pesados y microorganismos en aguas de canales. Ramos, realiza estudios sobre la contaminación de metales pesados en Xochimilco, San Gregorio, San Luis Tlaxialtemalco y Mixquic.

En la rehabilitación de estos suelos Reyes (1985) evaluó el uso de algunos mejoradores y láminas de lavado a nivel de invernadero con Raphanus sativus; Basurto (1985) utilizó yeso en el cultivo de Phaseolus vulgaris; Fernández (1989) prueba el uso del FeCl₃ y láminas de lavado en suelos de chinampas de Xochimilco; Bautista (1988) cultivó Crysantemum morifolium mediante su fertilización en invernadero. Galicia (1990) evaluó en campo el uso del yeso en el cultivo de Brassica oleracea en Tláhuac. Mercado, realiza estudios en la evaluación de diferentes abonos en el cultivo de Raphanus sativus y Lactuca sativa. Reyes (1991) evaluó el uso de láminas de lavado en el cultivo del rosal en suelos de Xochimilco; Sotelo, evalúa el uso de láminas de lavado y mejoradores biológicos a nivel de invernadero en suelos de Tláhuac.

En el diagnóstico de estos suelos Aguilera *et al.* han estudiado más de 120 sitios de reconocimiento (de los que forma parte el presente estudio) en los diferentes pueblos chinamperos, Xochimilco, San Gregorio Atlapulco, San Luis Tlaxialtemalco, Tláhuac y Mixquic, en los cuales se han observado grados de contaminación por sales y/o sodio diferenciales, así como algunos metales pesados.

Bautista (1988), menciona que en San Gregorio Atlapulco aún existen zonas en las que la contaminación no es extrema. Sánchez (1990) en un estudio edafológico realizado en esta zona, indica la presencia de suelos salino-sódicos, salinos y sin problemas de sales ó sodio.

El presente trabajo tiene como objetivo primordial evaluar el grado de contaminación por sales de los suelos de chinampa de San Gregorio Atlapulco, como una contribución al diagnóstico general de la zona y al conocimiento edafológico de la zona chinampera de San Luis Tlaxialtemalco.

OBJETIVOS

- Determinar las características físicas y químicas de algunos suelos de chinampas de San Luis Tlaxialtemalco y San Gregorio Atlapulco, Xochimilco.
- Evaluar el grado de contaminación por sales y/o sodio de los suelos de chinampa de San Luis Tlaxialtemalco y San Gregorio Atlapulco.
- Con los resultados obtenidos proponer posibles alternativas para la rehabilitación agrícola de estos suelos.

ANTECEDENTES

CUENCA DE MEXICO

El vulcanismo de la Cuenca de México ha sido interesante desde la formación misma de esta zona geográfica (Fig.1). Las rocas que la constituyen son principalmente volcánicas de 30, 20 y 15 millones de años, debido a fallas se hundieron y formaron la parte central de la cuenca que fue rellenada posteriormente con depósitos lacustres.

Al sur esta formada por rocas volcánicas mucho más jóvenes, como los volcanes de la Sierra Chichinautzin que tienen menos de 700 mil años. Esta Sierra divide la Cuenca de México y el Valle de Morelos, esta conformada por una serie de volcanes monogenéticos muy pequeños que normalmente tiene lapsos de vida muy cortos y sus productos han sido principalmente lavas o cenizas de caída libre (Martin del Pozo, 1985).

Inicialmente la Cuenca estaba abierta al río Balsas; en ella desaguaban una gran cantidad de ríos pequeños que bajaban de las tierras aledañas al Valle de México. Las aguas del mismo se comunicaban al Valle de Morelos y al Valle de Nautla, y de ahí con el resto de la Cuenca de Balsas (Fig.2).

Una de las ideas que se tiene sobre la formación del sur de la Cuenca de México es que su drenaje hacia el sur fue cerrado por la erupción de las lavas de los volcanes monogenéticos de la Sierra del Chichinautzin especialmente las del Xitle, de manera que las salidas de agua que antes bajaban hacia el sur en la Cuenca del Balsas se vió obturada, desembocándose las aguas en la propia cuenca que se transformó en una hoya hidrológica, cuenca cerrada o cuenca endorréica (Fig.3).

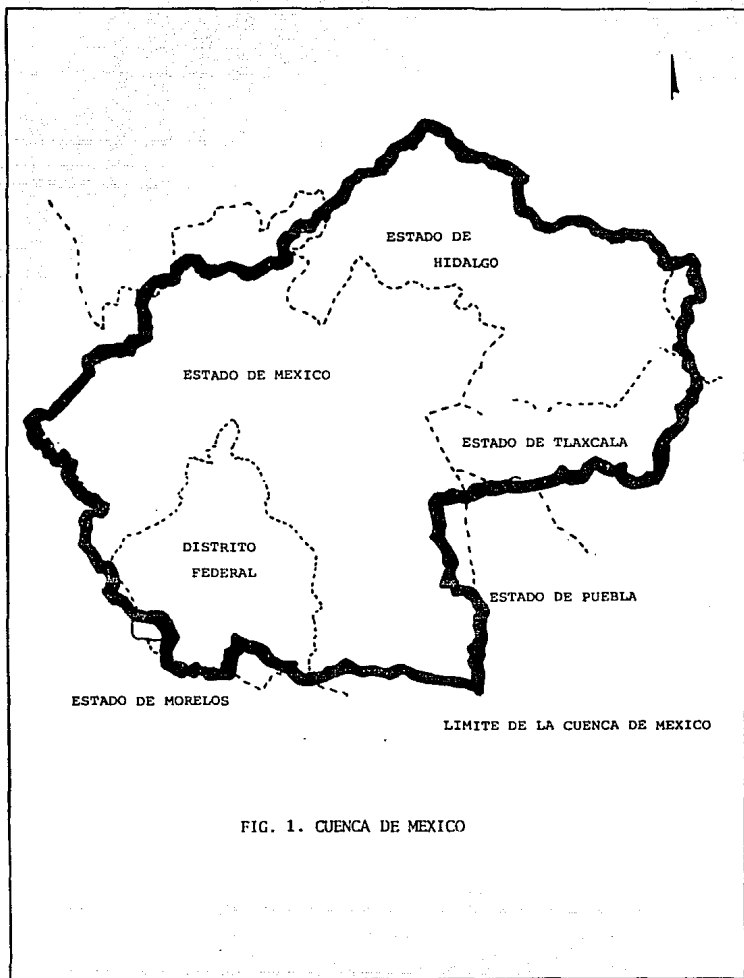


FIG. 1. CUENCA DE MEXICO

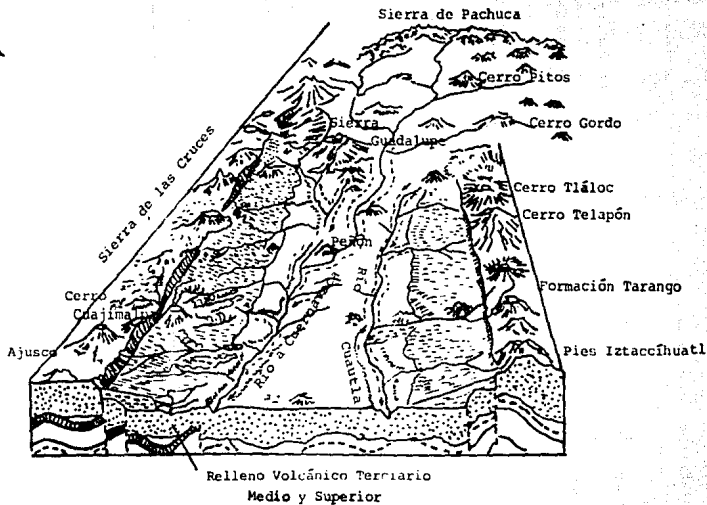


FIG. 2. HIDROLOGIA DEL VALLE DE MEXICO
EN EL TERCIARIO

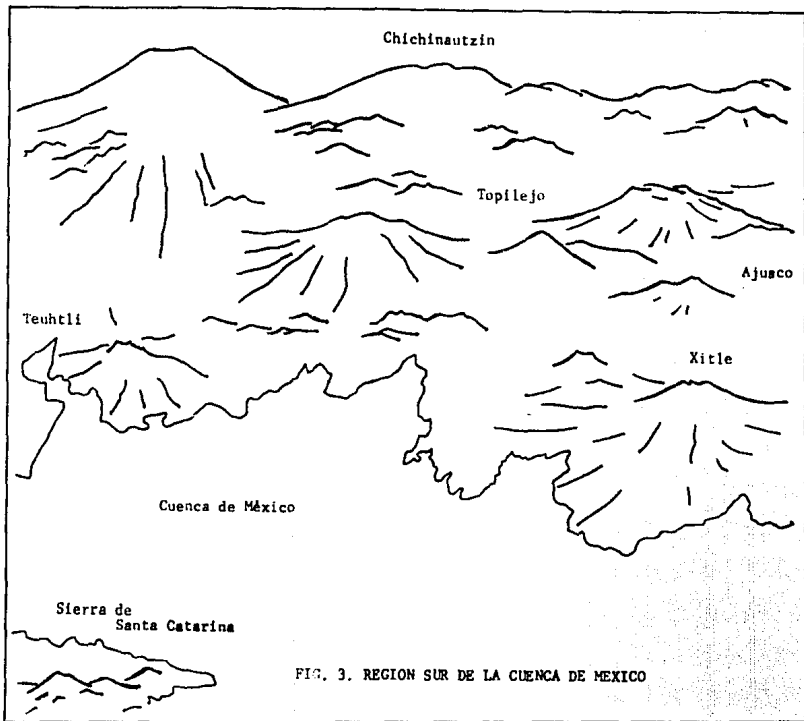


FIG. 3. REGION SUR DE LA CUENCA DE MEXICO

Durante muchos años al no existir una salida natural de desague se originó un gran lago en el centro del Valle de México, llamado por los aztecas el Lago de la Luna (Fig.4). Debido a posteriores alteraciones del régimen pluviométrico se produjo la disminución del nivel del lago dando origen a tres subcuencas: Zumpango, Xaltocan y San Cristobal hacia el norte, México-Texcoco hacia el centro y Chalco-Xochimilco hacia el sur (Fig.5).

De acuerdo con Martín del Pozo *op. cit.*, los fechamientos de erupción que se tienen del volcán Xitle datan desde hace 2,000 a 40,000 años aproximadamente, aunque esto no quiere decir que necesariamente no haya habido ninguna erupción fuera de las que están fechadas.

Geológicamente, la Cuenca de México comprende todas las corrientes lávicas, tobas, brechas y materiales clásticos, interestratificados depositados por agua, de composición andesítica o basáltica que descansan encima de la formación Cuernavaca o de unidades más antiguas en la parte sur de la cuenca.

Lago de Xochimilco

De aquel lago que caracterizó al gran Valle de México, hoy en día no queda más que sus restos, pequeños lagos aislados algunos ya prácticamente desecados como Xaltocan, San Cristobal, Chalco y otros como Zumpango, Texcoco y Xochimilco se encuentran en serios problemas de contaminación y desecación (Fig.6).

Fisiográficamente, la depresión de Xochimilco es una topografía de las que integran la planicie central que a su vez forma parte de la Cuenca de México, su geomorfología es coluvio-aluvial y lacustre, llanuras de acumulación levemente onduladas, pertenecientes a la formación Chichinautzin, con interestratificación de cenizas volcánicas pertenecientes al Plioceno.

Por los estudios arqueológicos más recientes, en la región Chalco-Xochimilco los habitantes del lago construyeron pequeñas plataformas en las partes poco profundas del lago para construir viviendas y parcelas de cultivo, a estas plataformas les llamaron "chinampas" (Jiménez-Osorio, *et al.* 1990).

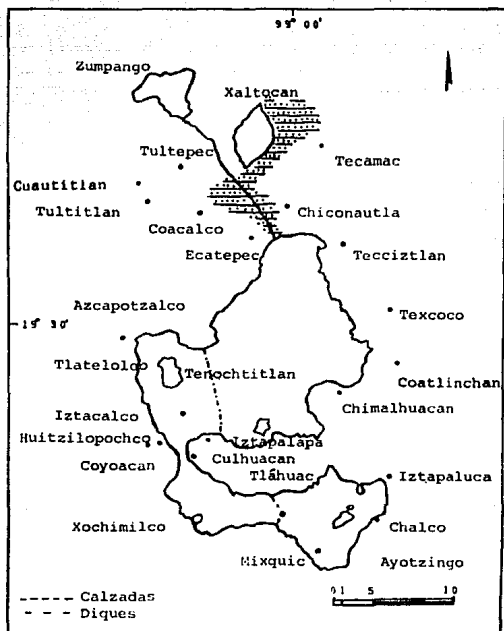


FIG. 4. AREA LACUSTRE DE LA CUENCA DE MEXICO (LAGO DE LA LUNA) Y ALGUNAS LOCALIDADES IMPORTANTES ALREDEDOR DEL SIGLO XV.

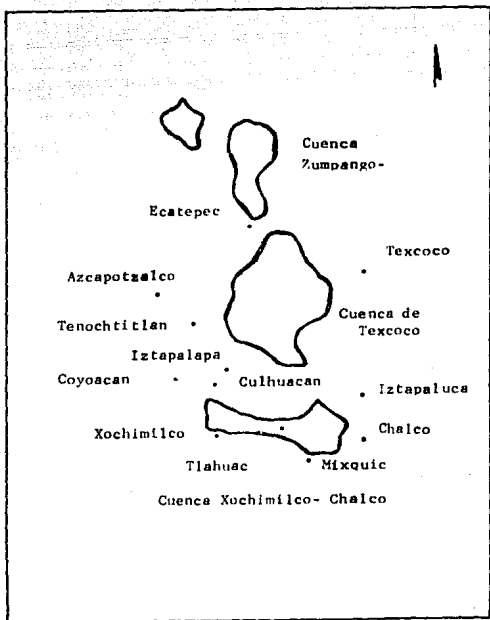


FIG. 5. AREA LACUSTRE DE LA CUENCA DE MEXICO ALREDEDOR DEL SIGLO XVIII.

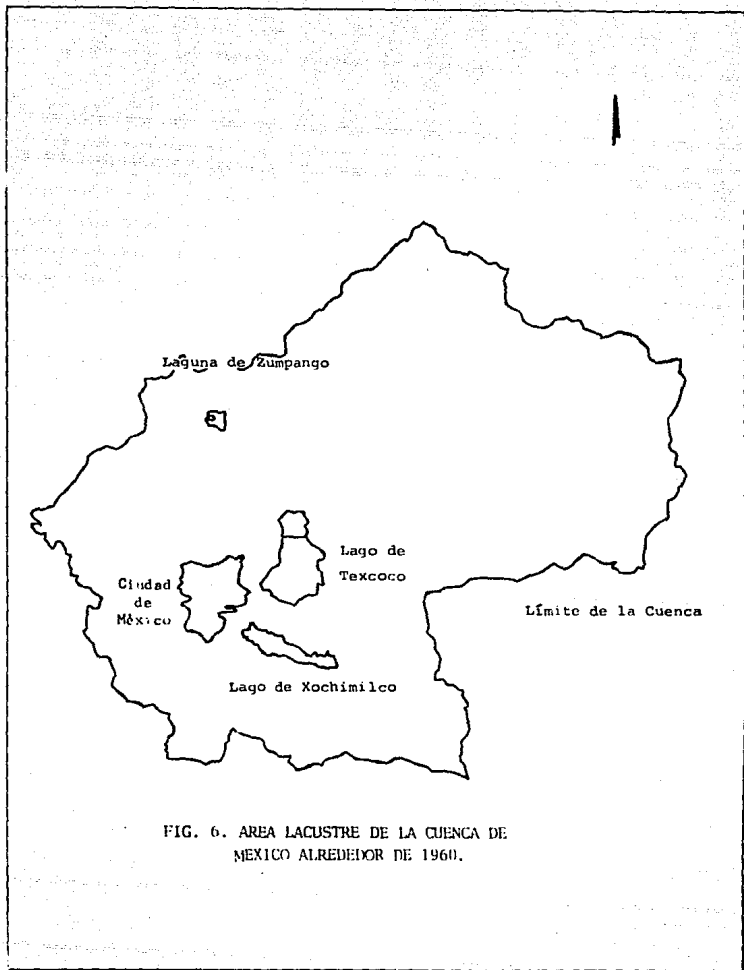


FIG. 6. AREA LACUSTRE DE LA CUENCA DE MEXICO ALREDEDOR DE 1960.

LAS CHINAMPAS

Las chinampas son una forma de agricultura prehispánica, estable, autosuficiente y única en el mundo que dió origen a un mayor desarrollo de las civilizaciones precolombinas (deriva del nahuatl chinamitl que significa "seto o cercas de cañas" y pan, "sobre"); son porciones de tierra rodeadas por lo menos de tres de sus lados por agua y cuya constitución fué de caracter manual. En el lago se marcaba inicialmente con estacas los extremos deseados de la chinampa para después entretelar capas con restos de plantas generalmente acuáticas e intercalarlas con limo o cieno que era extraído del fondo del lago hasta obtener el grosor deseado; una vez terminada esta curiosa labor eran sembrados a las orillas o bordes de la chinampas ahuejotes, con el fin de anclar y evitar perdida de material de la chinampa, ya que desarrollan potentes y ramificadas raíces (Fig.7). Una vez establecida la chinampa, como práctica agrícola complementaria se incorporaban continuamente materiales orgánicos tales como restos de la cosecha anterior, vegetación acuática, estiércoles y agualodo en el momento de la preparación del terreno. El chapinado y transplante también han sido labores muy importantes de la agricultura chinampera.

Según algunos especialistas las chinampas surgieron unos 200 años a.C en forma limitada; otros lo consideran como un fenómeno más tardío, y lo sitúan hacia el año 800 d.C. Lo que es un hecho es que el apogeo de la expansión de las chinampas tuvo lugar entre 1400 y 1600 d.C (Jiménez-Osorio, op.cit.).

Coe (1971), menciona que es probable que la construcción de las chinampas de Xochimilco haya sido realizada por los teotihuacanos ya que la orientación de la red de los canales de Xochimilco tiene mucha similitud con la orientación de las calles de la antigua Ciudad de Teotihuacán. Probablemente fueron planeadas y construidas hace aproximadamente 2,000 años.

Fragmentos de cerámica antigua y figurillas de arcilla han sido encontradas en las chinampas del lago de Xochimilco, las cuales datan de 600 y 900 años d.C., al parecer pertenecieron a la cultura teotihuacana.

Cualquiera que haya sido su origen, desde el punto de vista agrícola se trata del agroecosistema sostenible más diverso y productivo que se conoce hasta la fecha. Este sistema, el cual ha sido largamente practicado inicialmente en los márgenes del lago, fué uno de los métodos más intensivos y productivos que se hayan ideado. Proveyó a los aztecas de tierra para habitar y el primer excedente alimenticio que jamás habían conocido (Coe, op. cit.).

Desde la antigüedad las chinampas se caracterizaron por la elevada producción de gran variedad de especies tanto comestibles como florícolas, dando al lugar un colorido especial, que atrajo con el paso del tiempo, el interés de los turistas. Con la desecación y contaminación del lago a principios y mediados de siglo con el consecuente desequilibrio del sistema se dió también la disminución de las especies cultivadas, no obstante, aún la variedad de cultivos es elevada, Jiménez-Osorio *op.cit.* menciona que al menos 40 hortalizas diferentes son cultivadas actualmente, tales como rábano, espinaca, acelga, betabel, etc.

En la actualidad básicamente existen tres cultivos productivos importantes en la región chinampera: el maíz, las hortalizas y las flores. No hay duda que en términos económicos las hortalizas y las flores son los productos más importantes. Las hortalizas ocupan el 70% del total de ésta área y se producen principalmente en San Gregorio y Mixquic, mientras que las flores se cultivan principalmente en San Luis Tlaxialtemalco y el maíz en Xochimilco, Tetelco y Tláhuac. Sin embargo también existe en este medio la ganadería como una actividad complementaria en estos poblados (Jiménez-Osorio *op. cit.*).

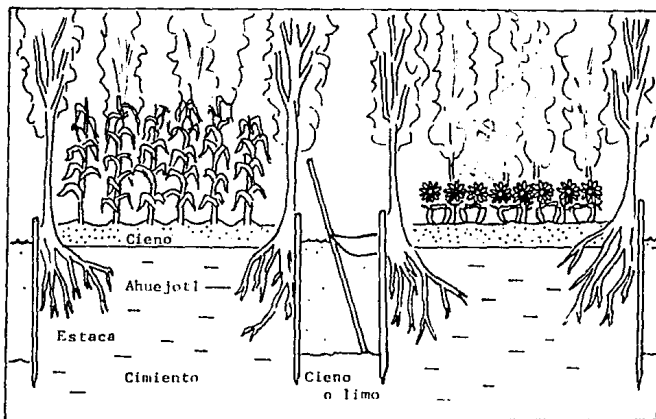


FIG.7. COMPONENTES DE UNA CHINAMPA

DESECACION Y CONTAMINACION DEL LAGO DE XOCHIMILCO

En la época prehispánica existió un sistema de diques, que permitió controlar el nivel del agua y evito inundaciones en tiempos de lluvias y así permito conservar el agua durante la temporada de sequía. Las obras hidráulicas (canales, albarradas y calzadas) sufrieron graves daños durante la conquista y toma de Tenochtitlán. Tenochcas y castellanos cegaron acequias o canales, inutilizaron calzadas, rompieron albarradas y quitaron puentes, como recursos de guerra. Tras la derrota y al decidir Cortés fundar la nueva ciudad en el mismo sitio que Tenochtitlan, se inició una nueva etapa en la historia de las chinampas (Jiménez-Osorio op.cit.).

Cuando llovía en exceso la ciudad frecuentemente sufría serias inundaciones, en 1607 debido a una gran inundación las autoridades virreinales iniciaron el desague artificial de la Cuenca con las obras de Huehuetoca, originando la desecación de Chalco y parte de Xochimilco.

El mayor impacto en el cambio de uso del suelo chinampero se originó desde principios de siglo y ha continuado al querer satisfacer las necesidades urbanas de abastecimiento de agua. Durante el porfiriato se inicia el proyecto para abastecer de agua a la Ciudad de México y se utiliza el agua de los manantiales. En 1940 se extraían 3,000 l/s de los manantiales de Xochimilco. En los cuarentas y cincuentas, los manantiales dejaron de alimentar a los canales y lagunas de la región. Las chinampas de Tulyehualco, Santa Cruz Acalpíxca y Nativitas casi desaparecieron y las de Xochimilco, San Luis Tlaxialtemalco, San Gregorio Atlapulco y Tláhuac se redujeron drásticamente al quedar sin agua. En 1957 ante las presiones de los chinamperos, el DDF decidió restituir parte del volúmen del agua extraída de los manantiales con la alimentación artificial de los canales, primero con los ríos de Churubusco y San Buenaventura, por el cauce abierto del Canal Nacional, y en 1959 con aguas negras tratadas de la planta de Aculco (Coyoacán). En 1971, la planta del Cerro de la Estrella aportó de agua residual a los canales de la región. Actualmente ingresan 700 l/s de agua y provienen de estas plantas, pero esto no ha compensado ni en cantidad ni en calidad, la pérdida sufrida por los chinamperos, por la extracción de agua de los manantiales (Jiménez-Osorio op.cit.).

La calidad del agua tratada que llega a los canales contienen compuestos orgánicos de lenta biodegradación, sales, bacterias y otros microorganismos patógenos. Esto ha provocado la salinización del suelo y pérdida de fertilidad, así como también ha contribuido a la presencia de plagas y enfermedades tanto de la flora como de la fauna, incluyendo al hombre (Jiménez-Osorio op.cit.).

La descompensación del régimen hidrológico que ha originado la desecación de gran parte del lago y la acumulación de sales y sodio ha encaminado a que la actividad agrícola del lugar vaya en decremento debido a la baja reutilización de sus producciones.

De esta manera la agricultura chinampera que durante tanto tiempo caracterizó al majestuoso lago de Xochimilco en la producción de gran variedad de hortalizas y flores hoy en día se encuentra seriamente amenazada ya que las condiciones de ensalitramiento originan serios problemas en el desarrollo de la mayoría de los vegetales.

LA ZONA CHINAMPERA EN LA ACTUALIDAD

Las delegaciones de Xochimilco y Tláhuac, incluyen a las áreas lacustres o ciénegas y de chinampas dentro de los límites de conservación ecológica en los que en teoría están severamente limitadas a las posibilidades de desarrollo urbano. En diciembre de 1988 se declara Xochimilco como Patrimonio Mundial de la Humanidad por lo que se tiene la obligación de proteger, conservar y rehabilitar estos sitios (Jiménez-Osorio *op.cit.*).

No obstante la gran urbe continúa devorando a pasos agigantados gran parte de los suelos eminentemente agrícolas. Se estima que la chinampería abarcó aproximadamente 20,000 has durante el siglo XV, en la actualidad la zona chinampera oscila entre las 2,297 has, de éstas sólo 1,070 has efectúan actividades agropecuarias, las cuáles se encuentran distribuidas aproximadamente de la siguiente manera:

Superficie de las chinampas por poblados (Jiménez-Osorio *et al.*, 1990).

Pueblo chinampero	Superficie de chinampas (Has)		
	Cultivadas	Abandonadas	Total
XOCHIMILCO	294.0	530.0	830
SAN GREGORIO A.	106.5	193.5	300
SAN LUIS T.	39.5	67.5	107
TLAHUAC	327.0	223.0	550
TETELCO	35.0	25.0	60
MIXQUIC	268.0	182.0	450
Total	1070.0	1,227.0	2,297

Recientemente el DDF, dentro de sus programas Parciales de Desarrollo Urbano, puso en marcha el "Plan de Rescate Ecológico de Xochimilco", cuyo fin primordial es acabar con la sobreexplotación de los mantos acuíferos, dotar a la región de aguas tratadas de mejor calidad, amortiguar el hundimiento del suelo y rehabilitar la zona chinampera, entre muchos otros.

SAN GREGORIO ATLAPULCO

San Gregorio Atlapulco y su fundación

A 473 años de su fundación San Gregorio Atlapulco es uno de los principales pueblos económicamente activos de Xochimilco. Según documentos antiguos fué formado por familias acolhuas provenientes de Tepetlapantlaca y Atapatraca que se establecieron en las faldas del Teutli a razón de huir del poder del emperador Azteca Moctezuma II (Chapa, 1957).

El término Acapulco o Atlapulco de acuerdo a diversos autores proviene del nahuatl Atlapulac o Atlahpol-co que deriva del "atlauntli" que significa barranca, "poloa" perderse y "co" lugar; Olaguibel lo interpreta como Atlapulco "donde se pierde el agua en la barranca". Por otro lado, Mendoza lo transcribe "como lugar de cañas en el lodo" y Juárez como "en el carrizal grande" ó "dentro o sobre el carrizal enmarañado" (Sandoval, 1981).

Atlapulco fonéticamente proviene de -atlapoctia- que significa hundir o zambullir algo, -atl- agua y -co- lugar, por lo que puede traducirse como "lugar que esta hundido dentro del agua". Al parecer esta es la interpretación más certera considerando el desarrollo del pueblo sobre la planicie lacustre, al pie de la desembocadura de la barranca entre el Teutli y la sierrita de Texcol-li.

Aspectos históricos sobre la Propiedad de la tierra

Al establecerse la Colonia en 1532 se otorga la posesión de las tierras a los indígenas naturales de la región, pero en el año de 1595 se arrendaron las tierras del Teutli al español Nicolás de Aguilera, iniciándose así en San Gregorio una serie de conflictos por la tenencia de la tierra. Este primer conflicto dura casi 3 siglos, ya que se soluciona hasta el año de 1823 (Santos citado por Sandoval, op.cit.).

En 1695 la gente de San Pedro Actopan, poblado cercano invaden parte de los límites de San Gregorio quien protestó de manera inmediata y ocasionó otro conflicto, con solución trece años más tarde.

Al paso del tiempo gran parte de las tierras de los naturales pasaron a manos del clero. En la región xochimilquense, no fué sino hasta después de la intervención francesa, la caída de Maximiliano y el triunfo de la República con Don Benito Juárez, de 1869 a 1872, cuando se sintieron los efectos de la Reforma.

Después de la Reforma, las tierras que pertenecían a la Iglesia, pasaron a manos de unos cuantos naturales de San Gregorio Atlapulco, iniciándose la existencia de pequeños terratenientes, lo que lejos de resolver el problema de tenencia de la tierra lo recrudece.

En 1923, se establece el derecho de propiedad indígena, como base y fundamento de las instituciones públicas, con lo que se resuelve un problema sobre la tenencia de la tierra de casi 500 años.

Tipos de Propiedad

Desde la antigüedad tres son las normas básicas de la tenencia de la tierra a saber:

tierras de propiedad comunal o ejidal: corresponden a los núcleos de población que constituyen la unidad política, territorial y social, se distinguen dos tipos fundamentales: altepetlalli o tierras pertenecientes al pueblo y calpullalli o tierras poseídas comunalmente con los integrantes de cada barrio.

tierras de propiedad pública: son aquellas destinadas al sostenimiento de los órganos de gobierno.

propiedad privada: son tierras patrimoniales de las cuales se puede disponer de ellas a voluntad del rentatario.

En Xochimilco la propiedad privada y ejidal se estima que son 7,665 ha, de las cuales 3,883 has son de pequeña propiedad y las restantes de tipo ejidal (Secretaría General de Desarrollo Urbano y Ecología. Comisión Coordinadora para el Desarrollo Agropecuario). San Gregorio Atlapulco y la cabecera delegacional cuenta con ejidos. En el área con ejidos existen 2,237 parcelas, además tiene 38,760 chinampas de diferentes extensiones (Bastida y Maciel, 1986).

Existe la pequeña propiedad en todos los pueblos que integran la delegación de Xochimilco, sin embargo la tenencia de la tierra es irregular. Muchos chinamperos se amparan con escrituras privadas, otros con la sólo posesión.

Se han expropiado áreas agrícolas de particulares y ejidales para fraccionamientos y obras públicas, se estima que el 80% de las chinampas y otras tierras de cultivo están abandonadas (Bastida y Maciel, op.cit.).

SAN LUIS TLAXIALTEMALCO

San Luis Tlaxialtemalco y su fundación

San Luis Tlaxialtemalco tiene su origen desde épocas prehispánicas cuando se iniciaron los asentamientos humanos indígenas alrededor del siglo II, cuando la tribu xochimilca vagaba en busca de un asentamiento definitivo (Rojas, 1983); sin embargo la fundación del poblado con este nombre se remonta al año 1663. El término Tlaxialtemalco, proviene del nahuatl tlaxiacatl que significa producir o fabricar algo, tlemaitl bracero y co lugar, es decir "lugar en donde se fabrican los braceros" que usaban en los adoratorios al dios Tláloc; otra acepción a este término es, "en donde esta el bracero de mano del juego de pelota consagrado al dios Tláloc".

San Luis Tlaxialtemalco fué uno de los nueve pueblos chinamperos por excelencia; en la actualidad forma parte de las cinco comunidades que cultivan las chinampas, junto con Xochimilco, San Gregorio Atlapulco, San Andres Mixquic y Tláhuac.

Las actividades productivas del lugar han cambiado notablemente en los últimos 30 años. Hasta 1947 la actividad dominante y casi la única, fué la agricultura (ya sea en el sistema chinampero o en el cultivo de temporal del cerro); pero con el descenso del agua de la zona chinampera iniciado en 1948 y posteriormente con la séquedad total de los canales de San Luis Tlaxialtemalco en 1957, se propició el desinterés de gran parte de los agricultores en la actividad chinampera con la búsqueda de nuevos ingresos para satisfacer su modus vivendi. Es así que la mayoría de los campesinos se ocuparon en el sector de servicios (barrenderos, jardineros y policías principalmente), o bien como empleados u obreros; dejando la actividad agrícola como labor eventual y complementaria.

De acuerdo al censo realizado por el D.D.F en 1974, la población del lugar asciende a 3,668 habitantes, de los cuales aproximadamente el 40% se dedica a la agricultura del lugar y el 60% de los jóvenes son estudiantes de primaria, secundaria y de universidad (Maier, 1979).

Tipos de Propiedad

En San Luis Tlaxialtemalco la tenencia de la tierra sume la forma de propiedad privada. No hubo reparto agrario debido a que no existieron grandes terratenientes en el poblado, ni mucha presión demográfica. La comunidad cuenta con 100 has aproximadamente de tierra agrícola; para su cultivo se dividen en pequeñas unidades que oscilan entre 500 m² y 3 has de tierra de chinampa o tierra del cerro (Maier, op.cit.).

Tradicionalmente la herencia de las tierras (incluyendo las chinampas) se dió en dos formas: las propiedades del padre pasaban a manos de los hijos y, la de la madre a manos de las hijas. En la actualidad este patrón tiene menor influencia, ahora las propiedades de los dos padres suelen repartirse entre todos los hijos.

La chinampería del lugar

El trabajo agrícola del lugar se ha dado en dos formas de organización; de modo individual-familiar y de forma patrón-jornalero. Debido a los escasos recursos económicos, la mayor parte de la población que todavía cultiva las chinampas, la explotan en forma individual-familiar (Maier, op.cit.).

Lo común es que uno de los miembros de la familia trabaje en el sector de servicios (para asegurar un ingreso a la familia) y los demás cultiven la chinampa. Una extensión de 300 m² requiere el trabajo de uno o dos campesinos, pero en época de siembra y cosecha toda la familia puede participar en las labores del campo. La mujer además, con frecuencia se desempeña como vendedora al llevar los productos de la chinampa al mercado.

En la forma patrón-jornalero, se contrata peones de manera eventual para trabajar la chinampa y se les paga un sueldo por jornal.

En San Luis Tlaxiátemalco el principal cultivo es el maíz, se siembra la variedad conocida por los lugareños como "chalqueño-chinampero". Anteriormente el cultivo del maíz se realizó en siembra en almacigo y trasplante en la chinampa, en la actualidad se hace en siembra directa, con barbechos, rastreos y surcados con frecuencia realizados con tractores de la Delegación. Antes el trabajo humano era la principal fuente de energía en la agricultura chinampera y se complementaba con animales de tiro; hoy es casi una agricultura mecanizada, que utiliza fertilizantes de los llamados químicos (Pérez, 1989).

En una sola chinampa se suelen sembrar escalonadamente varios cultivos, ya sea plantas u hortalizas. Es común ver chinampas con maíz para usos forrajeros y/o alimento directo de la población, así como asociado con uauhzontle, col, chile, apio o espinaca.

El segundo cultivo en importancia es el de las plantas de ornato, que antes se vendían en ramos pero a partir de los años 50's se efectúa en terrón, planta o chapín y más recientemente en bolsas de plástico como maceta. Las principales plantas que se cultivan son: mercadela, agazania, petunia, clavel, ester, chino, crisantemo, vara de San José, panalito, aretillo, rosa, alheli, nochebuena, pincel, ruda, yerbabuena, manzanilla, etc, plantas que en ocasiones han permitido tener transacciones de gran magnitud. También se cultivan hortalizas tales como, espinaca, acelga, cilantro, perejil, betabel, rabano, etc (Pérez, op. cit.).

DINAMICA DE LA SALINIZACION

Todos los suelos poseen sales, sin embargo cuando estas aumentan en concentración y restringen el desarrollo normal de los vegetales, se dice que se trata de un suelo salino (Aceves, 1981).

La presencia de sales eleva la presión osmótica del suelo y dificulta e imposibilita, en casos extremos, la absorción del agua por parte de las plantas.

El contenido de sales arriba del cual el crecimiento de las plantas es alterado, depende de ciertos factores, entre los cuales cabe mencionar la textura, la distribución de las sales en el perfil, la composición química de las sales y la especie vegetal (Allison, 1982). Kerney y Scofield (1936) consideran que por arriba de un 1% de sales en el suelo las plantas se ven afectadas desfavorablemente.

Las sales solubles más comunes y abundantes en la mayoría de los suelos las constituyen los aniones cloruros, sulfatos, carbonatos y bicarbonatos; los cationes calcio, magnesio, sodio y potasio son los más abundantes. Sin embargo existen suelos que contienen concentraciones considerables de nitratos y silicatos.

El origen de las sales son los minerales primarios, los cuales son liberados de las rocas que los contienen y éstos de la misma manera liberan a sus constituyentes mediante diversos procesos de intemperismo.

Fersman, citado por Pizarro (1978), dice que la secuencia de extracción de los iones en las rocas y minerales que los contienen, la velocidad de emigración y la capacidad de acumularse en las depresiones en forma de sales, son inversamente proporcionales al coeficiente de energía de sus iones.

Secuencia de extracción de los iones durante el intemperismo (Pizarro, 1978).

Aniones	Coef.de Energía	Cationes	Coef.de Energía
Cl y Br	0.23	Na	0.45
NO ₃	0.18	K	0.36
SO ₄	0.66	Ca	1.75
CO ₃	0.78	Mg	2.10
SiO ₃	2.75	Fe	5.15
		Al	4.25

De éste modo los cloruros, nitratos, sulfatos y carbonatos de iones alcalinos y alcalinotérreos son las sales que con más frecuencia se forman como consecuencia de los procesos intempéricos; la precipitación ocurre en orden inverso, por lo que el NaCl permanece más tiempo en las soluciones, debido a que es más soluble.

La composición mineralógica del suelo tiene un efecto importante en el comportamiento y la productividad del mismo. Los diferentes minerales de los suelos tienen influencia en la liberación de iones de su propia estructura y en la actividad química de los iones intercambiables. La velocidad de liberación de los iones para formar sales, aumenta cuando los minerales del suelo son más fuertemente intemperizados, los iones más solubles (mediante intemperización) son el Na⁺, K⁺, Mg⁺⁺, Cl⁻, SO₄⁼, HCO₃⁻, CO₃⁼ y NO₃⁻ en concentraciones que varían de 50 a 100 ppm.

El agua de mar es otra importante fuente de sales, principalmente en suelos costeros y en aquellos en los que el material parental lo constituyen depósitos marinos pertenecientes a períodos geológicos antiguos.

A veces las sales se mueven tierra adentro a consecuencia del transporte por la brisa, y se denominan sales cíclicas (Teakle, 1937). Estas sales son la fuente principal de Cl⁻ y SO₄⁼; conforme las masas de aire marítimo se mueven continente adentro, la disminución de la concentración de sales es exponencial, excepto en las zonas con fuertes variaciones topográficas. Se ha estimado que en México se puede acumular de 3 a 10 Kg de Cl⁻ /ha al año, provenientes del agua de lluvia. Las sales atmosféricas pueden contribuir con cantidades considerables de Cl⁻, Na⁺ y Mg⁺⁺ en áreas costeras (Aceves, op.cit.).

En los suelos salinos es más frecuente que las sales no se generan in situ, sino más bien son acarreadas de otras áreas que las contenían disueltas, en las aguas superficiales y/o subterráneas. El agua con sales asciende por capilaridad hasta la superficie de los suelos donde se evapora, y se acumulan, evento conocido como eluviación de sales.

La baja precipitación característica de las zonas áridas y semiáridas es un factor que favorece la acumulación de sales, ya que el volumen de agua de precipitación es insuficiente para lixiviar y transportar las sales solubles del suelo, frecuentemente en épocas de lluvia la escasa pero torrencial precipitación puede lixiviar parte de las sales hacia capas más profundas, sin embargo después de las lluvias, en épocas de sequía debido a la elevada temperatura se intensifica la evaporación y se transportan nuevamente las sales hacia la superficie del suelo que ocasionan con el paso del tiempo una mayor concentración; es por esto que las zonas más extensas de suelos salinos se sitúan bajo los climas áridos y semiáridos. No obstante también se localizan en zonas húmedas en donde el suelo ha estado expuesto al agua de mar o donde se le ha dado un mal uso.

En los deltas y en las partes bajas de las zonas costeras con influencia de las mareas, es en donde se presentan las mayores concentraciones de sales.

La salinización de los suelos involucra dos aspectos, el primero de ellos es referido a aquellos suelos salinos producto de eventos naturales, originados por un drenaje deficiente y como consecuencia de su topografía, geología y clima. La baja permeabilidad impide el libre movimiento del agua, una estructura desfavorable, presencia de estratos endurecidos o una textura pesada, son causas de un drenaje deficiente. También la salinización puede propiciarse por el mal uso e inadecuado manejo de las aguas de riego o incontrolada fertilización, creando extensas zonas de cultivo con problemas de baja producción, cuando estas son las causas de la salinización se dice que ésta es artificial; sin embargo cualquiera que sean sus causas estos suelos requieren de una práctica y técnicas de manejo adecuadas.

DINAMICA DE LA SODIFICACION

Los cationes adsorbidos a las partículas del suelo pueden intercambiarse libremente y de manera equivalente con los cationes contenidos en la solución del suelo (fenómeno conocido como intercambio catiónico), se establece una relación muy estrecha entre los cationes intercambiables y los solubles del suelo (Ca^{++} , Mg^{++} , Na^{+} , K^{+} , Al^{+++} , Fe^{++} , Fe^{+++} , H^{+} etc). El calcio y el magnesio son los principales cationes que se encuentran en la solución del suelo y en el complejo catiónico de los suelos. Cuando en los suelos se acumula un exceso de sales solubles, debido a la precipitación de los compuestos de calcio y magnesio, el sodio es el catión que predomina en la solución del suelo. Además a medida que la solución del suelo se concentra más a consecuencia de la evaporación del agua, los límites de solubilidad del sulfato y carbonato de calcio casi siempre se exceden, por lo cual se precipitan y causan el correspondiente aumento en las proporciones relativas del sodio. Bajo tales condiciones, una parte del calcio y del magnesio intercambiables son reemplazados por el sodio (Allison, *op.cit.*).

Cuando en el complejo de intercambio es adsorbido el sodio en mayor proporción que el calcio, magnesio y potasio, se dice que el suelo está sodificado y/o se trata de un suelo sódico. Este evento origina serios efectos desfavorables en algunas características físicas y químicas de los suelos, tales como baja permeabilidad, drenaje deficiente, estructura desfavorable, reacción del suelo muy alcalina, baja disponibilidad de nutrientes, que alteran de manera importante el crecimiento de los cultivos.

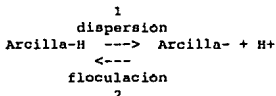
Las alteraciones físicas que originan la elevada proporción de Na^{+} son producto de la dispersión de los coloides (principalmente arcilla y materia orgánica) que destruye la estructura natural del suelo y bloquea los espacios porosos por donde se difunden el aire y agua del suelo, de este modo la permeabilidad se ve alterada desfavorablemente y comienzan los problemas de drenaje natural del suelo.

Floculación y Dispersión de los coloides

Los problemas que resultan de la acidez de los suelos son de naturaleza estrictamente química, sin embargo los suelos alcalinos crean tanto problemas químicos como físicos. Entre los físicos se involucra la dispersión de los coloides del suelo, aspecto muy importante en la permeabilidad de los mismos.

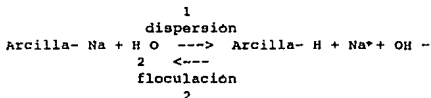
Los coloides en medios ácidos flocculan y en condiciones alcalinas se dispersan. La flocculación ocurre cuando las cargas de los coloides están neutralizadas, de modo que las partículas se aglomeran unas contra otras y constituyen un cemento que puede unir las partículas más gruesas, como limo o arena.

En cambio cuando las cargas no están neutralizadas se repelen y se produce la dispersión. Esquemáticamente se tiene:



En condiciones ácidas los H^+ saturan las cargas electronegativas de los coloides y los H^+ en la solución del suelo repelen la carga externa del complejo, ocasiona que los hidrogeniones adsorbidos se aplasten contra el coloide para una completa neutralización (sentido 2). Mientras que si aumentan los OH^- en la solución del suelo, el equilibrio se desplaza en el sentido 1, las arcillas quedan con carga negativa y se repelen unas contra otras, lo que impide que formen agregados y provoca la dispersión.

Cuando la solución del suelo contiene abundante Na^+ , el equilibrio se desplaza en el sentido 2. Disminuyen los iones OH^- , por lo que el pH no supera mucho al valor de 7 (Pizarro, op.cit.).



CLASIFICACION DE LOS SUELOS SALINOS Y/O SODICOS.

Según el Departamento de Salinidad de los Estados Unidos (USDA, 1982) se pueden reconocer tres tipos de suelos salinos y alcalinos con características y problemáticas muy particulares; los suelos con elevadas concentraciones de sales llamados salinos, los suelos con altos contenidos de sodio pero sin considerables concentraciones de sales solubles, referidos como suelos sódicos y aquellos que poseen elevadas concentraciones tanto de sales como de sodio, denominados como suelos salino-sódicos. A continuación se describen cada uno de ellos.

El Departamento de Salinidad de los Estados Unidos (USDA, 1982) reconoce los suelos con problemas de sales y/o sodio en base a las características de Conductividad Eléctrica (C.E), Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI) y Reacción del suelo (pH).

Denominación	C.E mmhos/cm *	PSI %	pH
Suelos salinos	> 4	< 15	7.3 - 8.5
Suelos sódicos	< 4	> 15	> 8.5
Suelos salino-sódicos	> 4	> 15	< 8.5

* a 25° C

Suelos Salinos

Se denomina suelos salinos a aquellos suelos que poseen (en la zona radicular) un elevado contenido de sales solubles. La salinidad expresada en términos de conductividad eléctrica (C.E), referida al extracto de saturación del suelo supera el valor de 4 mmhos/cm a 25°C , y el porcentaje de sodio intercambiable (PSI) es menor del 15%.

Las características químicas de los suelos quedan determinadas principalmente por la naturaleza y cantidad de sales presentes. Los suelos salinos casi siempre se encuentran floculados debido a la presencia de un exceso de sales y a la ausencia de

CLASIFICACION DE LOS SUELOS SALINOS Y/O SODICOS.

Según el Departamento de Salinidad de los Estados Unidos (USDA, 1982) se pueden reconocer tres tipos de suelos salinos y alcalinos con características y problemáticas muy particulares; los suelos con elevadas concentraciones de sales llamados salinos, los suelos con altos contenidos de sodio pero sin considerables concentraciones de sales solubles, referidos como suelos sódicos y aquellos que poseen elevadas concentraciones tanto de sales como de sodio, denominados como suelos salino-sódicos. A continuación se describen cada uno de ellos.

El Departamento de Salinidad de los Estados Unidos (USDA, 1982) reconoce los suelos con problemas de sales y/o sodio en base a las características de Conductividad Eléctrica (C.E), Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI) y Reacción del suelo (pH).

Denominación	C.E mmhos/cm *	PSI %	pH
Suelos Salinos	> 4	< 15	7.3 - 8.5
Suelos sódicos	< 4	> 15	> 8.5
Suelos Salino-Sódicos	> 4	> 15	< 8.5

* a 25° C

Suelos Salinos

Se denomina suelos salinos a aquellos suelos que poseen (en la zona radicular) un elevado contenido de sales solubles. La salinidad expresada en términos de conductividad eléctrica (C.E), referida al extracto de saturación del suelo supera el valor de 4 mmhos/cm a 25°C , y el porcentaje de sodio intercambiable (PSI) es menor del 15%.

Las características químicas de los suelos quedan determinadas principalmente por la naturaleza y cantidad de sales presentes. Los suelos salinos casi siempre se encuentran floculados debido a la presencia de un exceso de sales y a la ausencia de

concentraciones significantes de sodio intercambiable (Allison, op.cit.). Aceves (1981) menciona que la estructura del suelo no se ve afectada mientras el PSI sea menor del 7% .

En la mayoría de los casos el pH es menor de 8.5 debido a que en general, las sales tienen reacción neutra o ligeramente alcalina con valores que van desde 7.0 a 8.5.

En la solución del suelo el sodio rara vez representa más de la mitad de los cationes disueltos y por lo tanto, no es adsorbido en forma importante. Los aniones principales son los cloruros (Cl⁻) y sulfatos (SO₄⁼). Pueden presentarse pequeñas concentraciones de bicarbonatos, pero invariablemente los carbonatos solubles casi no se encuentran (Pizarro, op.cit.).

Bajo condiciones de escasa humedad, se pueden evidenciar costras de sales superficiales cuya tonalidad es clara, de ahí la denominación que se les ha dado de "alcali blanco".

Pizarro (1978), adoptó como límite para considerar a un suelo salino el valor de C.E de 2 mmhos/cm y con base a ello clasifica los suelos salinos como sigue:

Clasificación de los suelos salinos según Pizarro (1978).

Clase de salinidad	C.E mmhos/cm	Descripción
Ligeramente salinos	2-4	Rendimientos restringidos en cultivos sensibles.
Medianamente salinos	4-8	Rendimientos restringidos en la mayor parte de los cultivos.
Fuertemente salinos	8-16	Rendimientos satisfactorios sólo en cultivos tolerantes
Extremadamente salinos	>16	Muy pocos cultivos dan rendimientos satisfactorios

También menciona que de acuerdo con el tipo de sales presentes se pueden clasificar en: suelos salinos con sodio (con NaCl y Na₂SO₄, principalmente) y en suelos salinos con calcio y magnesio (donde el MgSO₄, MgCl₂, CaCl₂ y CaSO₄ son las sales más abundantes).

Suelos Sódicos

Son aquellos suelos bajos en contenido de sales, es así que la C.E del extracto de la pasta de saturación es menor a 4 mmhos/cm a 25°C, pero en los que el PSI es mayor del 15% debido a que el sodio ocupa un alto porcentaje en los sitios de intercambio. En la mayoría de los casos la reacción del suelo es mayor a 8.5 producto de las altas concentraciones de sodio soluble por la consiguiente formación de hidróxido de sodio en la solución del suelo.

En suelos sódificados, el catión sodio es el que predomina en la solución del suelo, mientras que el calcio y el magnesio, debido a su mayor adsorción, ocupan la máxima proporción de iones dentro del complejo de intercambio. Según USDA, hasta que el sodio no represente más de la mitad de los cationes en la solución, este catión no pasará a ocupar una proporción importante dentro del complejo de cambio. Sin embargo a medida que la solución del suelo se concentra, debido a la evaporación, algunas sales de muy baja solubilidad (como CaCO_3 , MgCO_3 y CaSO_4), precipitan. En estas condiciones la concentración de calcio y magnesio en la solución disminuye, desplazándose del complejo de cambio y son sustituidos por sodio, el cual, al aumentar su proporción relativa en la solución, pasa al complejo para conservar el equilibrio.

La reacción del suelo varía en función del PSI y a la presencia o ausencia de carbonatos y bicarbonatos; el primero varía de acuerdo al Na intercambiable y a la capacidad de intercambio catiónico. A pH muy elevado y en presencia de aniones carbonatos, los cationes calcio y magnesio precipitan, por lo que las soluciones de los suelos sódicos contienen pequeñas concentraciones de calcio y magnesio, y predomina el sodio (Pizarro, *op.cit.*). El sodio intercambiable puede ionizarse a hidróxido de sodio y reaccionar con el anhídrido carbónico produciendo bicarbonatos de sodio, que elevan marcadamente el pH.

El sodio intercambiable en un suelo sódico no salino puede tener una marcada influencia en sus propiedades físicas y químicas. En elevada concentración de sodio intercambiable, el pH del suelo aumenta hasta 10 y dispersa a las fracciones más finas del suelo (arcillas), estas pueden ser eluviadas e iluviadas a pocos centímetros de profundidad hasta constituir una estructura prismática o columnar de baja permeabilidad que ocasiona restricción en el crecimiento de las plantas.

Un elevado PSI afecta a las propiedades del suelo y no directamente a los cultivos, aunque indirectamente estos se vean perjudicados por el deterioro de ciertas propiedades como estructura y permeabilidad. En estos suelos la materia orgánica dispersa y suelta se deposita en la superficie debido a la evaporación, y causa así un ennegrecimiento que dio origen al término "alcali negro" (Allison, *op.cit.*).

De Sigmond, citado por Allison (1982), menciona que cuando un suelo típicamente sódico presenta pH de 6, se dice que se trata de un suelo sódico degradado, donde la reacción del suelo es resultado del hidrógeno intercambiable, pero presenta las características físicas de los suelos sódicos. Pizarro (1978) clasifica los suelos sódicos en base al PSI, tal como se observa a continuación.

Clasificación de los suelos con problemas de sodicidad, según Pizarro (1978).

Clase	PSI %	Producción de los cultivos %
Ligeramente sódicos	7-15	80-60
Medianamente sódicos	15-20	60-40
Fuertemente sódico	20-30	40-20
Extremadamente sódicos	>30	>20

Suelos Salinos- Sódicos

Estos suelos son resultado de procesos simultáneos de salinización y sodificación, como consecuencia tienen una elevada concentración de sales y sodio intercambiable (en la zona radicular) suficiente para causar problemas en el desarrollo de las plantas. Debido al contenido de sales los suelos se flocculan cuando las cargas de los coloides están neutralizadas; las moléculas se aglomeran unas contra otras y constituyendo un cemento que puede unir las partículas más gruesas, como limo o arena. Las sales influyen directamente en la estructura del suelo al provocar su cementación y formación de agregados.

Los valores de C.E superan los 4 mmhos/cm a 25°C en el extracto de la pasta de saturación, el sodio intercambiable (PSI) constituye más del 15% de los cationes en el complejo de cambio. La reacción del suelo en la mayoría de los casos es menor de 8.5, raramente es superior a este valor; sin embargo varía con el grado de salinidad y la presencia de $\text{CO}_3^{=}$ y HCO_3^{-} .

Con frecuencia el Na^+ soluble del suelo constituye hasta el 50% de los cationes, de esta manera tiene una gran capacidad para intercambiar al calcio y magnesio, que precipitan en el medio en forma de sulfatos o carbonatos, al mismo tiempo el calcio y el magnesio mantienen equilibrio entre ambas fases y se desadsorben dejando libres, sitios de intercambio que son ocupados por el ión Na^+ que se encuentra en exceso.

REHABILITACION

No existe un tratamiento patrón adaptable a todas las circunstancias de los suelos contaminados por sales y sodio, debido a la composición variable de los suelos, por lo que no es recomendable ningún tratamiento sin la previa evaluación física y química de los mismos.

En los suelos salinos es práctica suficiente la aplicación de láminas de lavado para la lixiviación y eliminación de las sales de la zona radicular. Las láminas de lavado consisten en un volumen de agua que se hace correr a través del suelo y extrae las sales de la solución. El éxito del lavado depende del drenaje y permeabilidad del mismo; el lavado eficiente de un suelo salino es posible sólo si éste es regularmente permeable al agua. La condición física del suelo, la naturaleza del subsuelo y la altura de la capa freática son factores que se les relacionan directamente.

Las láminas de lavado deben ser previamente calculadas con el fin de que el volumen de agua sea el adecuado (el suficiente para eliminar el exceso de sales de la superficie para un buen desarrollo de las plantas), pero no en exceso, debido a que es innecesario y eleva injustificadamente el costo de la práctica, sobre todo en aquellas áreas donde el agua es un factor limitante.

Siempre que las condiciones de drenaje del suelo y la cantidad de agua de riego o de lluvia sean satisfactorios, las sales se perderán y se establecerá paulatinamente un balance más favorable en el suelo.

En los suelos sódicos y salinos-sódicos, no es suficiente el lavado de los suelos, las medidas correctivas han de incluir la eliminación o cuando menos la disminución de las elevadas concentraciones de sodio intercambiable.

La eliminación del Na^+ del complejo de cambio se logra mediante la aplicación de mejoradores químicos que al hidrolizarse ocasionan la sustitución del Na^+ de los sitios de intercambio por un catión abundante en su constitución, generalmente Ca^{++} . De esta manera el Na^+ queda libre en la solución del suelo con la posibilidad de permanecer como ión soluble o en forma de diferentes sales en la solución del suelo, que se pueden eliminar mediante posteriores lavados del mismo (por riego).

En los suelos salino-sódicos, si no se induce el desplazamiento del Na^+ intercambiable por otro catión y se realizan lavados del suelo, se corre el riesgo de empeorar las condiciones desfavorables y originar problemas más graves, como su transformación en un suelo sódico. A medida que la concentración de

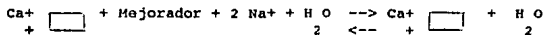
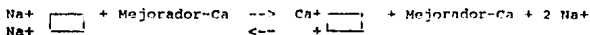
sales disminuye de la solución del suelo por la adición de las láminas de lavado, parte del sodio intercambiable se hidroliza para formar hidróxido de sodio una base muy fuerte que, a su vez con el CO₂ presente en la atmósfera del suelo puede formar Na₂CO₃. En cualquier caso el lavado de un suelo puede hacerlo mucho más alcalino (pH superior a 8.5); pero el sodio no es removido completamente del complejo de cambio, de ésta forma se transforma en un suelo sódico con todos los inconvenientes que éstos generan.

Entre los suelos con problemas de sales y sodio, los suelos sódicos son los más difíciles de mejorar o rehabilitar, la facilidad con que pueda lograrse tal objetivo depende de la textura. Ortega (1978), menciona que los suelos ligeros con baja capacidad de intercambio catiónico total y alta permeabilidad son más fáciles de mejorar que suelos pesados con alta capacidad de intercambio y baja permeabilidad.

La clase y cantidad del agente químico que debe usarse como mejorador para el desplazamiento del Na⁺, depende del contenido de Ca⁺⁺ y pH del suelo, del tiempo o rapidez con que se desee desplazar el sodio y el costo del mejorador por unidad de calcio soluble que done este al suelo. Los agentes químicos que frecuentemente se usan como enmiendas para desplazar al sodio son de tres tipos (Ortega, op.cit.):

1. Sales calcicas solubles, tales como cloruro de calcio (CaCl₂) y yeso (CaSO₄·2 H₂O).
2. Acidos o sales que forman acidos, como el azufre (S), acido sulfurico (H₂SO₄), sulfato ferroso (FeSO₄), sulfato de aluminio (Al₂(SO₄)₃) y cal azufre o polisulfuro de calcio (S₅Ca).
3. Sales calcicas de baja solubilidad, como la dolomita (CaMg (CO₃)₂) y caliza (CaCO₃).

La reacción química que ocurre es similar a:



Además de la aplicación de mejoras químicas y técnicas de lavado como solución definitiva de la salinidad y sodicidad de los suelos existe una serie de prácticas agrícolas que ayudan a disminuir los efectos nocivos de las sales, tales como abonamiento, elección de cultivos tolerantes a sales y volteo del suelo.

EFFECTO DE LAS SALES SOLUBLES SOBRE LAS PLANTAS

Las sales solubles crean efectos desfavorables sobre la presión osmótica vegetal; la magnitud de este efecto varía con la naturaleza y concentración de las sales, así como entre las diferentes especies vegetales.

La sintomatología vegetal describe disminución de la talla normal, clorosis y posteriormente marchitamiento; estos dos últimos se provocan por desajustes en la presión osmótica. Altas concentraciones de solutos en el medio elevan la presión osmótica por arriba de lo que normalmente soportan las plantas, en consecuencia la planta invierte una mayor energía, para poder absorber agua del medio, hasta que llega un momento en que ya no puede absorberla, aunque el medio este saturado. A consecuencia de que el medio tiene una mayor concentración de solutos que su plasma celular, por ósmosis tiende a salir agua por la raíz (clorosis y marchitamiento), lo que concentran y eleva la presión osmótica del plasma celular.

Para justificar el menor desarrollo de las plantas que crecen bajo condiciones de salinidad, se sabe que existen dos mecanismos principales mediante los cuales las plantas experimentan un aumento en biomasa o crecimiento, dicho proceso esta regido por la división celular y/ó por el crecimiento celular.

El crecimiento celular sólo es posible cuando la pared celular es plástica y flexible característica de las células jóvenes y contrario a lo que se observa en las células adultas, que han perdido ambas cualidades por la formación de la pared secundaria (que se caracteriza por ser rígida), por lo tanto el crecimiento continuo sólo es posible si el número de células aumenta. De este modo se considera que el principal mecanismo de crecimiento que determina el desarrollo vegetal es la división celular.

Aceves (1981), menciona la hipótesis de que las plantas bajo condiciones de salinidad no crecen ya que la división celular se ve afectada y la pared celular pierde prematuramente su plasticidad debido a que las sales propician la aparición de lignina y pectatos que dan rigidez e impiden el crecimiento. Esto trae como consecuencia que las plantas tengan menos células y además de tamaño reducido, menor área foliar y como consecuencia una menor área fotosintética.

Para comprobar esta hipótesis se ha realizado en la Universidad de Chapingo, Méx. múltiples experimentos en el cultivo del trigo, del cual se infirió que efectivamente el contenido excesivo de sales afecta a los dos mecanismos de crecimiento vía engrosamiento prematuro de las paredes celulares por el aumento de lignina, además sugieren que el efecto de las sales sobre la planta es irreversible y depende de factores tales como tiempo en que ha estado expuesta a sales y tolerancia o grado al cual las plantas pueden desarrollarse bajo condiciones de salinidad sin que se afecte la producción de las cosechas.

De acuerdo a Ortega (1978), existen evidencias para pensar que el efecto de las sales sobre las plantas no esta en función únicamente de la presión osmótica, aunque ésta es causa suficiente para ocasionar bajas muy importantes en los rendimientos de los cultivos, sin embargo ciertas sales confieren efectos adicionales también desfavorables; tal es el caso de la exclusión de Ca^{++} celular cuando el Mg^{++} o sales que lo contengan se encuentra en elevadas concentraciones.

El Na^+ en exceso es otro ejemplo de los efectos adicionales que causan ciertas sales o iones, en este caso aún no es claro el mecanismo de acción, pero ya se sabe que induce deficiencias o antagonismo con otros cationes como el Ca^{++} y Mg^{++} . Además un exceso de Na^+ trae consigo elevados valores de pH que originan la precipitación de algunos elementos, como el Ca y Mg solubles en forma de carbonatos.

Además, la alcalinidad trae consigo problemas en la asimilabilidad de otros elementos como el P, Fe, Mn, Zn y B en cuyo caso disminuyen sus solubilidades y también precipitan en diferentes formas no asimilables para las plantas. De éste modo, el Na^+ puede afectar directa o indirectamente el crecimiento vegetal, y le da características físicas desfavorables al suelo.

El exceso de sales sobre las plantas (glicófitas) es un factor de preocupación, sobre todo las que son cultivadas con fines económicos, no así para aquellas que poseen características de halofitismo, en cuyo caso adaptativamente han desarrollado diferentes mecanismos para tolerar condiciones de estres debido a los hábitats salinos y fuertemente salinos.

La regulación osmótica del agua es fácilmente conseguida por la acumulación de sal en las células vegetales. Si la célula puede mantener procesos químicos y fisiológicos en presencia de altas concentraciones de sales, la planta tendrá éxito en un ambiente salino. William, 1975 y Flower et. al 1977 citado por Reyes, (1985).

Las características fisiológicas más importantes que permiten a las halófitas vivir en habitats salinos son: su capacidad para desarrollar altas presiones osmóticas en el jugo celular, que contrarresta la presión osmótica de las soluciones del suelo; su capacidad de acumular y regular gran cantidad de sales en el jugo de sus tejidos, además, tienen protoplasma resistentes a la acumulación de sodio y han desarrollado mecanismos para eliminar las sales directamente (Aceves, op.cit.).

Entre las halófitas, las hay quienes son capaces de mantener un plasma muy salino que les permite elevar su presión osmótica, como *Salicornia herbacea*; otras acumulan ácidos orgánicos para contrarrestar el efecto nocivo del Na^+ al ser inmovilizado por ellos, como *Salsola soda*, también las hay quienes poseen glándulas que acumulan y después excretan las sales a través de las hojas, como lo hacen múltiples arbustos de desierto y *Artriplex* spp.

Otro mecanismo por el que las sales afectan el desarrollo de las plantas es la toxicidad de las sales o de algunos iones, frecuentemente se identifica en forma indirecta por el cambio en las cantidades de ciertas sustancias presentes en las células o cambios ocurridos en ciertos procesos.

Parece que la toxicidad de las sales no es debida al efecto directo de sus iones, sino a que estas inducen alteraciones en el metabolismo y ocasionan acumulación de productos tóxicos; como el algodón que acumula elevadas concentraciones de NH_4 , debido a alteraciones en el metabolismo del N. Otras como el tabaco y maíz acumulan aminoácidos tóxicos como la leucina, alanina y tirosina (Aceves, op.cit.).

Sensibilidad a las sales

Se ha observado de manera experimental que el efecto salino sobre las plantas es variable en relación a la etapa de desarrollo, y más aún entre las diferentes especies. Algunas plantas son sumamente sensibles en la etapa de germinación y menos en su etapa vegetativa y de fructificación, en otras opera de manera contraria. El conocimiento hasta donde sea posible de la sensibilidad a las sales de la planta a cultivar, en sus diferentes etapas de desarrollo es una herramienta que hay que tomar en consideración para la planeación de los máximos rendimientos.

Bajo condiciones de salinidad, uno de los principales problemas es obtener un porcentaje de germinación adecuado, este factor debe tenerse siempre en cuenta ya que si el porcentaje de germinación es bajo, el cultivo puede fracasar.

Niveles moderados de sales en el suelo retardan la germinación sin afectar el porcentaje de la misma, pero concentraciones elevadas retardan la germinación y además afectan notablemente el porcentaje de emergencia, dependiendo del cultivo (Aceves, op.cit.).

A menudo la germinación se ve afectada porque las sales se acumulan en la capa superficial (evapotranspiración) del suelo y las semillas pueden estar expuestas a concentraciones varias veces mayores a las que se encuentran en la zona de las raíces en etapas posteriores de desarrollo (Allison, op.cit.).

En relación a la tolerancia entre diferentes cultivos, Allison (1982) clasifica algunos hortalizas, frutales y cultivos de interés en función de su capacidad para tolerar diferentes concentraciones de sales solubles. Dentro de cada grupo la tolerancia es decreciente al orden de aparición. Los valores de la conductividad eléctrica (C.E) superior e inferior representan la salinidad en la cual es de esperarse una disminución de un 50% en los rendimientos, en comparación con los rendimientos esperados en suelos normales.

Tolerancia relativa de los cultivos a las sales (Allison, 1982).

	Muy Tolerantes	Medianamente tolerantes	Poco tolerantes
F R U T A L E S	Palma datilera	Granada Higuera Olivo vid Melón	Peral Manzano Naranja Toronja Ciruelo Almendro Albaricoque Melocotón Fresa Limón Aguacato
H O R T A L I Z A S	12 mmhos/cm Remolacha Esparrago Espinaca	10 mmhos/cm Jitomate Col Pimiento Coliflor Lechuga Maíz dulce Papa Zanahoria Cebolla Chicharo Pepino	4 mmhos/cm Rábano Apio Ejote
I C N U T L E T N I S V I O V S O S	10 mmhos/cm 16 mmhos/cm Cebada Remolacha azucarera Algodón	4 mmhos/cm 10 mmhos/cm Centeno Trigo Avena Arroz Sorgo Maíz Linaza Girasol Higuerilla	3 mmhos/cm 4 mmhos/cm Alubias
	10 mmhos/cm	6 mmhos/cm	

Debido a la importancia económica que reviste el estudio de las plantas cultivadas en relación con su tolerancia a la salinidad, los investigadores en todo el mundo han tratado en primer término, de encontrar las plantas más tolerantes a las sales y actualmente se hacen esfuerzos serios en el área del mejoramiento genético para lograr obtener plantas que produzcan cosechas económicamente factibles en suelos con problemas de ensaltramiento (Aceves, op.cit.).

TIPOS DE SALES EN LOS SUELOS SALINOS

Según Aceves (1981), las sales más importantes en relación con los suelos salinos son; el $MgSO_4$ sulfato de magnesio, Na_2SO_4 sulfato de sodio, $NaCl$ cloruro de sodio, Na_2CO_3 carbonato de sodio y $MgCl_2$ cloruro de magnesio, en ese orden de importancia.

El efecto que causan las sales sobre las plantas, esta en función de su naturaleza y concentración. Las sales que poseen una alta solubilidad son más perjudiciales, ya que generan soluciones del suelo muy concentradas. La baja solubilidad de las sales origina precipitación rápida en el medio y no da opción a que la solución del suelo este muy concentrada, contrario a lo ocurrido con aquellas de elevada solubilidad que alcanzan concentraciones muy elevadas antes de precipitar.

La concentración de las sales en la solución del suelo es un factor de gran impacto en los suelos, ya que mientras mayor es la concentración de sales, mayor es el efecto desfavorable sobre los vegetales.

La toxicidad de las sales varía en gran medida a razón de su solubilidad (y ésta a su vez de la temperatura), las sales más nocivas son aquellas que poseen elevadas solubilidades. A continuación se muestran los valores de solubilidad de algunas sales importantes.

Solubilidad de algunas sales, según Pizarro (1978).

Sal	Solubilidad (g/l)
Na NO ₃	686 *
Na Cl	318
Na ₂ SO ₄	185 *
Na ₂ CO ₃	213 *
Na HCO ₃	93 *
Mg Cl ₂	353
Mg SO ₄	262
K NO ₃	279 *
Ca CO ₃	0.013
Ca SO ₄	2.04

* solubilidad a 20°C

En algunas sales la solubilidad varía notoriamente con el aumento de la temperatura, como en el caso del Na₂SO₄; a 20°C su solubilidad es de 185 g/l, a 30°C aumenta a casi el doble 373 g/l y a 40°C se maximiza a 430 g/l. Otras como el NaCl no varían con la temperatura.

Entre las sales más frecuentes de los suelos salinos, las hay altamente tóxicas aún en pequeñas concentraciones y menos tóxicas, sin embargo en altas concentraciones pueden crear características físicas en el suelo nada deseables para la agricultura, tales como capas endurecidas u horizontes fuertemente cementados, que imposibilitan el desarrollo de los cultivos por la baja permeabilidad y gran compactación.

Los carbonatos de calcio, carbonatos de magnesio y sulfatos de calcio, caracterizados por ser sales poco solubles, son muy frecuentes en suelos de zonas áridas y semiáridas formando horizontes cálcicos y petrocálcicos.

Las sales como el sulfato de magnesio, sulfato de sodio, cloruro de magnesio, carbonato de sodio y cloruro de sodio aún en bajas concentraciones producen graves estragos en la agricultura, por lo que se les considera como altamente tóxicas para los cultivos.

Por ejemplo el cloruro de sodio y carbonato de sodio a bajas concentraciones del orden de 0.1% y de 0.05 a 0.1%, respectivamente ocasionan serias disminuciones en los rendimientos de los cultivos. Suelos con un 2 a 5% de cloruro de sodio son prácticamente improductivos.

Solubilidad de algunas sales, según Pizarro (1978).

Sal	Solubilidad (g/l)
Na NO ₃	686 *
Na Cl	318
Na ₂ SO ₄	185 *
Na ₂ CO ₃	213 *
Na HCO ₃	93 *
Mg Cl ₂	353
Mg SO ₄	262
K NO ₃	279 *
Ca CO ₃	0.013
Ca SO ₄	2.04

* solubilidad a 20°C

En algunas sales la solubilidad varía notoriamente con el aumento de la temperatura, como en el caso del Na₂SO₄; a 20°C su solubilidad es de 185 g/l, a 30°C aumenta a casi el doble 373 g/l y a 40°C se maximiza a 430 g/l. Otras como el NaCl no varían con la temperatura.

Entre las sales más frecuentes de los suelos salinos, las hay altamente tóxicas aún en pequeñas concentraciones y menos tóxicas, sin embargo en altas concentraciones pueden crear características físicas en el suelo nada deseables para la agricultura, tales como capas endurecidas u horizontes fuertemente cementados, que imposibilitan el desarrollo de los cultivos por la baja permeabilidad y gran compactación.

Los carbonatos de calcio, carbonatos de magnesio y sulfatos de calcio, caracterizados por ser sales poco solubles, son muy frecuentes en suelos de zonas áridas y semiáridas formando horizontes cálcicos y petrocálcicos.

Las sales como el sulfato de magnesio, sulfato de sodio, cloruro de magnesio, carbonato de sodio y cloruro de sodio aún en bajas concentraciones producen graves estragos en la agricultura, por lo que se les considera como altamente tóxicas para los cultivos.

Por ejemplo el cloruro de sodio y carbonato de sodio a bajas concentraciones del orden de 0.1% y de 0.05 a 0.1%, respectivamente ocasionan serias disminuciones en los rendimientos de los cultivos. Suelos con un 2 a 5% de cloruro de sodio son prácticamente improductivos.

El carbonato de sodio al hidrolizarse provoca elevada alcalinidad en el suelo y altera además las condiciones físicas del mismo, llega a producir un pH de hasta 12 y pérdida de la estructura del suelo por la dispersión de las arcillas.

Los nitratos son sales muy solubles, de mayor toxicidad que los cloruros, sin embargo no se acumulan en grandes cantidades en los suelos, rara vez superan concentraciones del 0.05 % .

DESCRIPCION DE LA ZONA DE ESTUDIO

LOCALIZACION

El área de estudio del presente trabajo se localiza en la zona chinampera que corresponde al pueblo de San Gregorio Atlapulco localizado a los $99^{\circ} 03' 42''$ longitud oeste y los $19^{\circ} 15' 27''$ latitud Norte y San Luis Tlaxialtemalco, situado al este del primero con las coordenadas geográficas $99^{\circ} 02' 14''$ longitud oeste y $19^{\circ} 15' 68''$ latitud norte.

San Luis Tlaxialtemalco y San Gregorio Atlapulco se encuentran comprendidos políticamente dentro de la Delegación Xochimilco, situada en la región sureste del Distrito Federal (Fig.8).

La Delegación Xochimilco se sitúa geográficamente entre los meridianos $88^{\circ} 09' 04''$ y $99^{\circ} 00' 02''$ de longitud oeste y los paralelos $19^{\circ} 17' 35''$ y $19^{\circ} 08' 57''$ de latitud norte. A una altitud aproximada de 2240 msnm. Sus límites son al norte y oeste con la delegación de Tlalpan, el sur con la Delegación Milpa Alta y este con la Delegación Tláhuac.

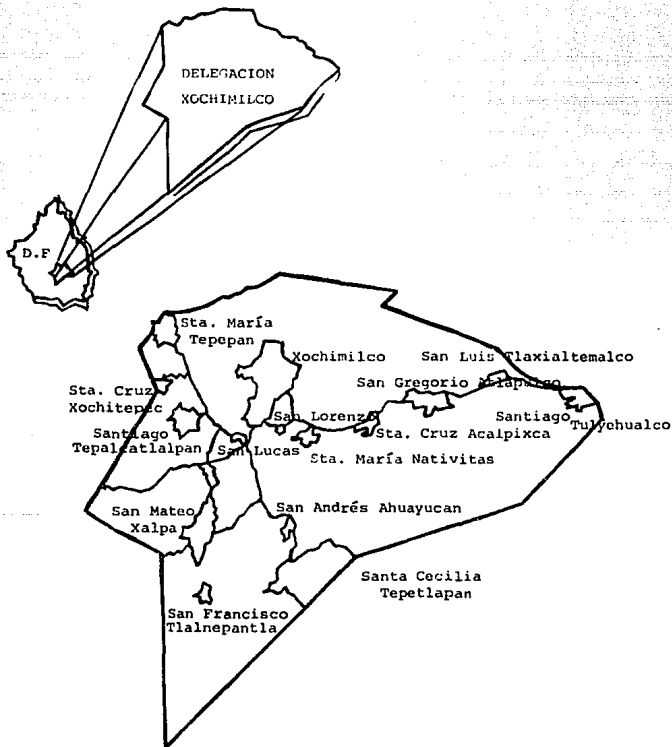


FIG. 8. DELEGACION DE XOCHIMILCO, D.F. Y SUS POBLADOS MAS IMPORTANTES.

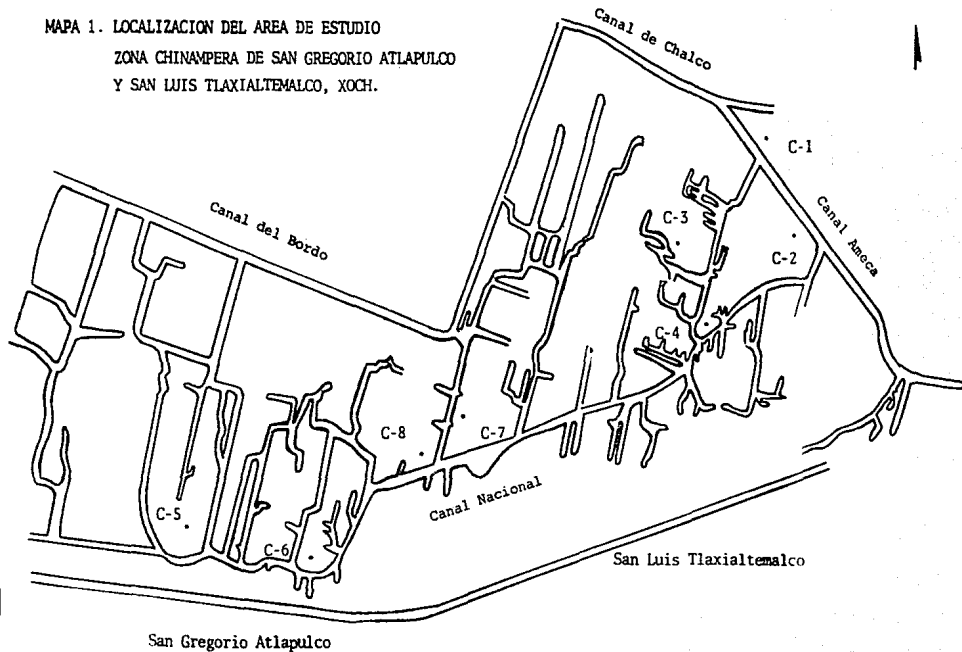
Xochimilco cuenta con 14 pueblos y la cabecera delegacional que se extienden hacia la parte este, sur y oeste de la delegación y son los siguientes: Santa María Tepepan, Santa Cruz Xochitepec, Santiago Tepelcatlapan, San Lucas, San Mateo Xalpa, San Francisco Tlalnepantla, Santa Cecilia Tepetlapan, San Andrés Ahuayuca, San Lorenzo Atemoaya, Santa María Nativitas, Santa Cruz Acalpixca, San Gregorio Atlapulco, San Luis Tlaxialtemalco y Santiago Tulyehualco. De éstos, los cinco últimos han sido pueblos chinamperos desde épocas precoloniales (Fig.8).

La zona chinampera de Xochimilco se localiza en lo que fué el Lago Chalco-Xochimilco, al noreste de la delegación de Xochimilco. Actualmente el lago lo constituyen una serie de canales que rodean a las chinampas. El área chinampera tenía una superficie original de 21 000 has ahora cuenta con aproximadamente 800 has de las cuales más del 50 % ya no son cultivadas (Balanzario, 1982).

Las chinampas que fueron estudiadas en San Gregorio se localizan hacia el noreste del pueblo y se sitúan en el paraje Nacmayopa, Tlapechicali y Sin Nombre. El tamaño de las chinampas así como la actividad agrícola que en ellas se practica es variable. Se observan chinampas para fines florícolas y hortícolas, también las hay sin cultivos y con pasto.

Dos de las chinampas analizadas de San Luis Tlaxialtemalco se localizan a las orillas del Canal Ameca y las restantes sobre un canal perpendicular a este (Mapa 1). En ellas se cultivan maíz Zea mays, apio Apium graveolens, acelgas Beta vulgaris, romeritos Suaeda torreyana y espinacas Spinacea oleracea principalmente.

MAPA 1. LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO
ZONA CHINAMPERA DE SAN GREGORIO ATLAPULCO
Y SAN LUIS TLAXIALTEMALCO, XOCH.



• C = Calicata

GEOLOGIA

La zona de estudio forma parte del Eje Neovolcánico. Ubicado entre los paralelos 19° y 21° latitud norte y abarca aproximadamente 950 km de extensión.

El Eje presenta una gran cantidad de estructuras extrusivas como calderas, conos ígneos secundarios y restos de cuellos volcánicos. Toda esta gran provincia volcánica, aunque a veces discontinua, constituye una de las masas más extensas de Norte América.

Su petrología es muy heterogénea, se encuentran secuencias de rocas andesíticas, riolitas y basaltos en este orden de antigüedad (López, 1981).

El Eje Neovolcánico es una cadena montañosa compuesta totalmente de lavas y materiales piroclásticos de aluvión y origen lacustre del Terciario y Cuaternario.

Su pleno desarrollo lo alcanzó durante el Plioceno (Cuaternario) dió lugar a importantes moles de rocas volcánicas de más de 5,000 metros de altura como son los volcanes del Popocatepetl, Ixtaccihuatl y el Pico de Orizaba.

La actividad volcánica del Eje se centró a lo largo de grandes fracturas con dirección noreste-suroeste y noroeste-sureste, lo que explica el aspecto bien definido de la cadena volcánica en la que se puede diferenciar el Nevado de Toluca, la Sierra de las Cruces y la Sierra Nevada que separan geográficamente los Valles de México, Toluca y Puebla (Fig.9).

La zona lacustre Xochimilco-Chalco tiene influencia al noroeste con la Sierra de las Cruces, al sur con la Sierra Chichinautzin y este con la Sierra Nevada.

La Sierra de las Cruces separa la Cuenca de México de la de Toluca y la Sierra Chichinautzin separa al Valle de Morelos. En la parte sur (al pie del Ajusco) se localiza el volcán Xitle (muy conocido por haber destruido en parte, con un derrame de lava, el poblado de Cuicuilco, erupción fechada con el método de C-14 con una edad de 2,422 años. Libby, 1952, citado por Mooser et al., 1958). El derrame del Xitle probablemente es el más reciente del Valle de México (Fig.10).

Al sur de este se pueden reconocer los alineamientos que corresponden a la Sierra del Chichinautzin, aquí la actividad volcánica es del Cuaternario.

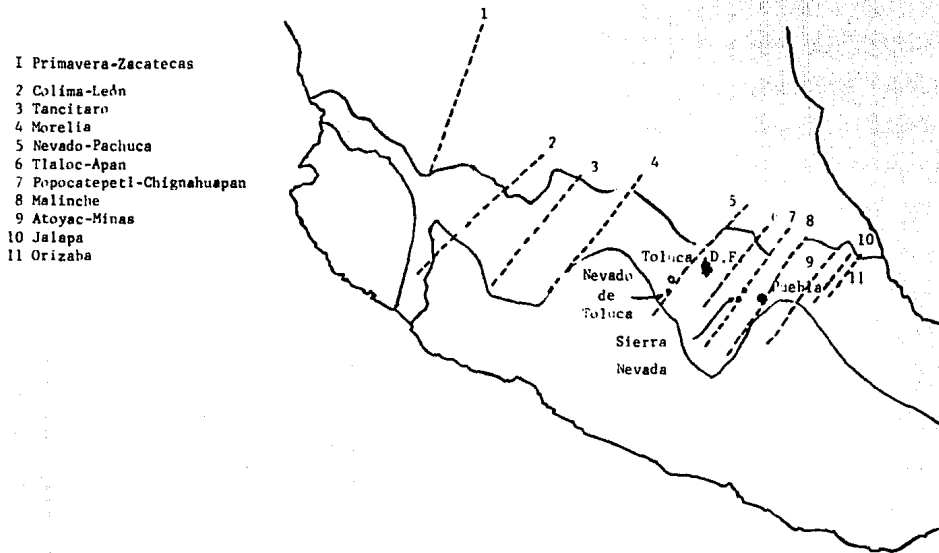


FIG. 9. POSIBLES FRACTURAS DIAGONALES EN EL EJE NEOVOLCANICO.

La Sierra Nevada ubicada entre el Valle de México y el de Puebla esta formada de norte a sur por el Cerro Tláloc (4120 m), el Iztaccíhuatl (5320 m) y el Popocatepetl con una altura de 5,542 m (Fig.10). Estos volcanes se formaron al finalizar el Plioceno; el más reciente es el Popocatepetl que aún tiene una leve actividad de fumarólas observables en el cráter. Con pomez, cenizas y derrames recientes confirman su actividad.

Según Mooser (1961), en el Valle de México pueden evidenciarse 3 períodos geológicos cuyas unidades litológicas se describen a continuación:

- Terciario Medio, representado por la Sierra de Xochitepec, al suroeste de Xochimilco. Esta constituida por rocas volcánicas terciarias andesíticas y basaltos.

- Terciario Superior, esta representado por la Sierra Santa Catarina, al noreste de la Delegación, es una serie de conos formados esencialmente por potentes acumulaciones de material piroclástico, principalmente arena, ceniza, y pequeñas interdigitaciones de derrames lávicos basálticos.

- Cuaternario Superior, representado en la parte sur de la delegación Xochimilco por la Sierra Chichinautzin. Constituida por potentes derrames basálticos, arenas y cenizas provenientes de conos volcánicos.

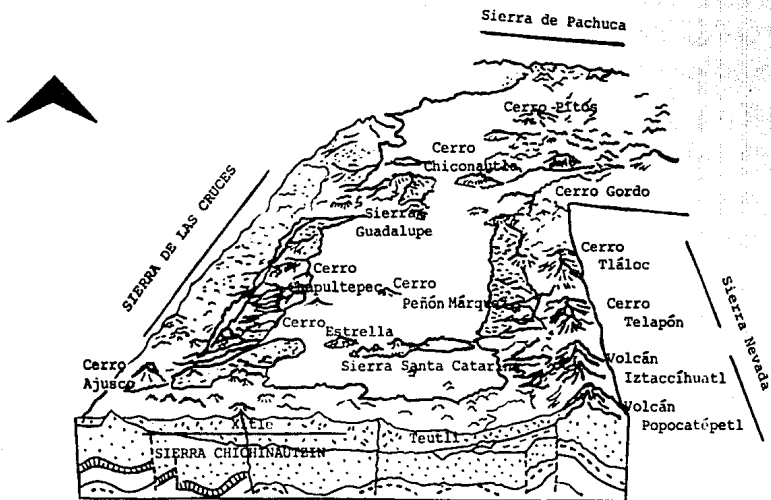


FIG.10. ELIVACIONES IMPORTANTES DE LA CUENCA DE MEXICO.

FISIOGRAFIA

La Delegación de Xochimilco, como parte del Distrito Federal, se sitúa dentro de la zona fisiográfica Planicie Meridional de la Cuenca México a una altitud de 2240 m, sus límites son al norte con la Sierra de Guadalupe y la Sierra de Patlachique, al sur la Sierra Chichinautzin y Cuautzin, al este la Sierra Nevada y al oeste la Sierra de las Cruces (Fig.11).

La extensión territorial de la Delegación presenta una ligera inclinación de sur a norte originada por las estribaciones de la Sierra Chichinautzin con quien limita en la zona sur.

La parte orográfica de la Delegación la constituye una serie de accidentes geográficos que se desarrollan unos con otros y constituyen la faja que rodea la parte sur de la Delegación desde el Cuatzin hasta la Sierra del Ajusco, en cuyas estribaciones se localizan pequeñas cañadas y barrancas poco profundas cuyos acarreo fluviales descienden a las partes bajas de la planicie y constituyen la llanura aluvial o lacustre, área en donde se extienden las chinampas (Fig.12).

El aspecto orográfico y topográfico de Xochimilco es de suma importancia, porque contribuye a formar parte del factor principal que da base a su agricultura, ganadería e industrias que son el medio de vida de la zona (Acevedo, 1972).

Desde el punto de vista orográfico se contemplan en Xochimilco numerosos cerros como: Teutli (2712m), Tlamacaxco (2660m), Teoca (2650m), Tochuca (2550m), Tzompole (2250m) y Tlamapa (2550m) que se localiza al sur de la delegación en la zona media boreal de la Sierra del Ajusco (3930m). Hacia el oeste se localizan los cerros de Tehuanpaltepec (2841m), La Cantero (2805m), Tetequilo (2600m), y Xochitepec (2495m); Los cerros de la Noria (2250m), Xilotepec (2300m) y Moyoyepec (2263m) (Mendoza, 1961).



FIG. 11. PLANICIE MERIDIONAL DE LA CUENCA DE MEXICO.

Sierra de Santa Catarina

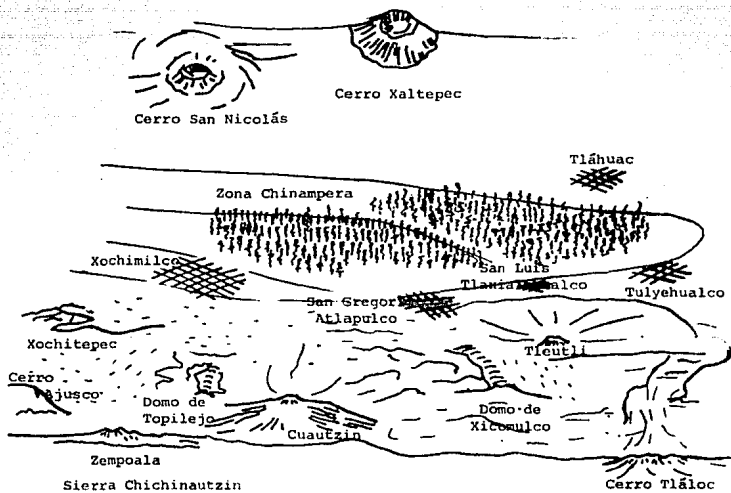


FIG.12. TOPOGRAFIA DE LA REGION SURESTE DE LA CUENCA DE MEXICO.

HIDROLOGÍA

Origen de la Cuenca del Valle de México y Lago de Xochimilco.

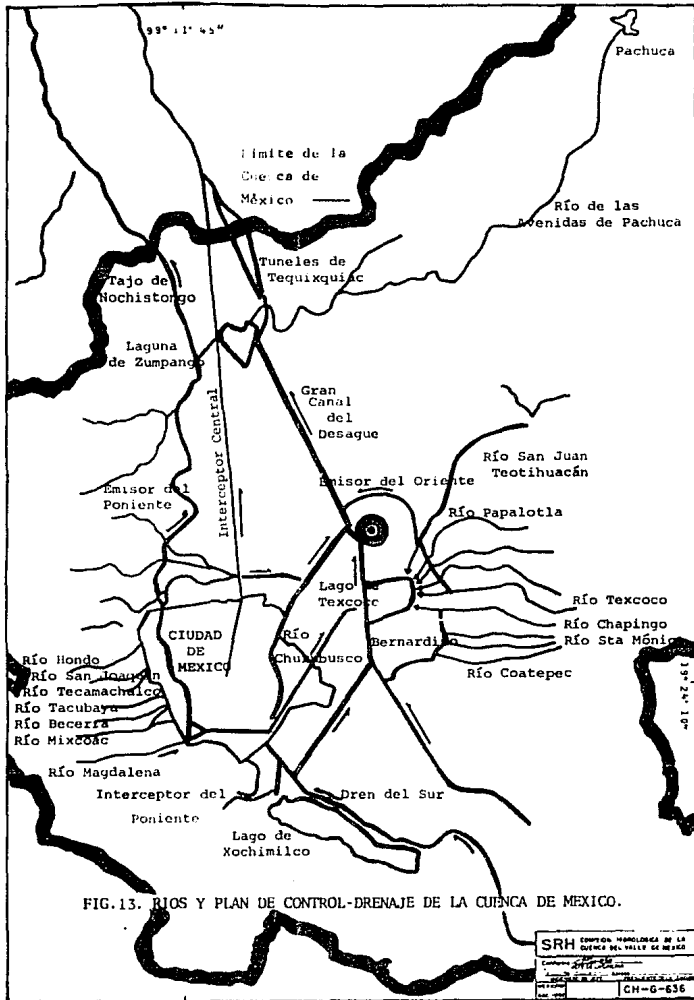
De acuerdo con estudios geológicos, hace aproximadamente 5 millones de años se originaron grandes dislocaciones en la corteza terrestre que dieron origen a un fuerte hundimiento en la Cuenca del Valle de México seguidas de lluvias torrenciales aisladas con una larga época de sequía, motivaron el deslave de las laderas de la Sierra Nevada situada al este, la Sierra de las Cruces al oeste y en menor grado al norte del valle, depositándose los materiales arrastrados al pie de ellas en forma de extensos abanicos.

Durante una larga época, el curso de las aguas siguió dos sistemas de valle: rumbo a Cuernavaca y hacia Cuautla, confluente en la corriente representada ahora por el río Amacuzac (Fig.2). Cuando se inició la última época de actividad volcánica cuya característica esencial fue basalto, las corrientes lávicas y materiales clásticos acumulados al sur obturaron las dos salidas de la cuenca transformándose esta en una cuenca hidrológica cerrada o endorreica que no permite los procesos normales de degradación de descargas residuales que recibe (Fig.10). Debido a esta obturación las cargas de las corrientes al no encontrar salida dieron origen en un principio a un gran lago en el centro del Valle de México, pero debido a posteriores alteraciones del régimen pluviométrico se produjo la disminución del nivel del lago dando origen a tres subcuencas: Zumpango, Xaltocan y San Cristóbal hacia el norte, México-Tezcoco hacia el centro y Chalco-Xochimilco hacia el sur (Fig.5).

De aquel majestuoso lago que caracterizó al gran Valle de México, hoy en día no queda más que sus restos, pequeños lagos aislados algunos ya prácticamente desecados como Xaltocan, San Cristóbal, Chalco y otros como Zumpango; Tezcoco y Xochimilco se encuentran en serios problemas de contaminación y desecación a pesar de los numerosos ríos que confluyen en la cuenca (Fig.13).

Lago de Xochimilco.

El exlago de Xochimilco tiene una forma irregular, alargado de oriente a poniente con más de 11 km de largo, 2 de ancho y con una área total de 2,200 has. aproximadamente. Se sitúa en el extremo sur del Valle de México y limita con la Sierra Nevada y la Sierra del Chichinautzin.



En la actualidad lo constituyen una serie de canales de 189 Km aproximadamente que rodean a las chinampas. Entre los principales canales se tienen: el canal de Chalco, Cuemanco, Nacional, Caltongo, San Cristobal, el Bordo, Japón, Apatlaco, Tlicuili, y Tlilac entre otros.

En sí, la Delegación de Xochimilco casi no cuenta con corrientes de agua pero su importancia hidrológica es notable debido a la gran cantidad de canales que limitan a sus famosas chinampas. Sin embargo existen pequeños ríos pluviales que son de temporal y por lo tanto de corrientes intermitentes que bajan de las estribaciones de las serranías colindantes.

Otro aspecto que contribuyó a la importancia hidrológica de Xochimilco, fueron sus innumerables manantiales de agua potable, quienes eran la principal fuente reguladora del nivel del lago de Xochimilco; generalmente se localizaban al pie de las innumerables colinas de la parte sur y sureste, algunos de ellos se mencionan a continuación: los manantiales de Nativitas, La Noria o San Juan Tzomonolco, San Luis Tlaxialtemalco, El Niño, Xaltocan, San Gregorio Atlapulco, San Juan Acuezcocomac, Santa Cruz Acalpixca y Santiago Tulyehualco entre otros.

En la actualidad los manantiales que abastecían al lago se han secado y el nivel del agua de los canales ha bajado de manera alarmante debido a la captación del agua de sus manantiales que se llevó a cabo desde 1909, mediante la construcción del acueducto Xochimilco-México para atender las necesidades de la Ciudad de México, que desde entonces carecía de un buen servicio de agua potable. En consecuencia la agricultura chinampera padece serias restricciones en cuanto a este importante recurso.

Se empezó a bombear una cantidad de 2.4 m³/seg de agua y produjo una baja considerable en el nivel de hidrológico, es entonces cuando empieza la decadencia del hermoso lago ya convertido en centro turístico.

A razón de las continuas protestas de los agricultores de la zona se redujo el bombeo de agua a 1.6 m³/seg, sin embargo se continua con la construcción de obras de captación de agua mediante pozos profundos y un acueducto para seguir reabasteciendo a la gran urbe metropolitana. Con ello se origina tal descompensación del régimen hidrológico del lago que se produjo una segufa casi total de los canales de la zona chinampera de San Luis Tlaxialtemalco.

Con la finalidad de restituir el volumen de agua bombeada hacia la ciudad, se vertió al lago aguas seminegras extraídas del río Churubusco a través del Canal Nacional; desde 1958 se aporta al lago un volumen de 400 m³/seg de aguas residuales mal tratadas provenientes de la planta de tratamiento de aguas del Cerro de la Estrella, en Iztapalapa. En 1967 el aporte de aguas residuales se amplió a 1,250 m³/seg.

Aún con los supuestos esfuerzos encaminados para el mantenimiento del régimen hidrológico del lago, no se logró recuperar el antiguo nivel del agua que desde los aztecas fué el proveedor de verduras y flores que convirtieron a Xochimilco en el principal centro de producción agrícola de la región.

Desde 1975 la red de canales se ha visto más seriamente afectada por el descenso del agua, los principales manantiales que los abastecían como San Luis Tlaxialtemalco, Santa Cruz Acalpixca, Nativitas y la Noria, fueron entubados para la ciudad de México.

Otro factor que contribuyó al desecamiento del lago son las instalaciones de la pista olímpica de canotaje Virgilio Uribe (construida en 1967), debido a que se han producido asentamientos en el subsuelo que han propiciado que las aguas del lago se consuman inevitablemente. Efecto similar ocasionó en los últimos años la perforación de más de 100 pozos a orillas de la zona, han provocado la apertura de grietas hacia donde se desplaza el agua y que hace descender el nivel del lago (Bastida y Maciel, op.cit.).

Desde 1986 funciona un colector de aguas negras que beneficia a 12 mil habitantes al captar y conducir las aguas negras generadas de Nativitas, Santa Cruz Acalpixca, San Gregorio Atlapulco y San Luis Tlaxialtemalco. Anteriormente se descargaban en el lago y ocasionaron la contaminación del mismo, ahora estas aguas son llevadas a la laguna de oxidación de San Luis Tlaxialtemalco (Bastida y Maciel, op.cit.).

CLIMA

Proximo a la zona de estudio se encuentran las estaciones climatológicas Xochimilco y San Gregorio ubicadas en las coordenadas geográficas 19°16'latitud Norte y 99°06'longitud Oeste y 19°26'latitud Norte y 99° 03'longitud Oeste, respectivamente .

García (1988), indica que Xochimilco presenta un clima subtipo Cb(w2)(w)(1')w''y San Gregorio Cb(w1)(w)(1)g ; ambos comprendidos dentro del clima C(w), es decir templado subhúmedo con lluvias en verano.

Según las características de este clima, es el más seco de los templados subhúmedos. La temperatura del mes más frío oscila entre -3 y 18°C; la precipitación del mes más húmedo es mayor de diez veces la del mes más seco, cuya precipitación es menor de 40mm, y la precipitación media anual es mayor de 500mm y menor de 1740mm.

De acuerdo a las nuevas modificaciones de García (1988), la designación Cb indica, una temperatura media anual entre 12° y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3° y 18°C y temperatura del mes más caliente menor a 22°C.

Casi 5/6 partes de la lluvia anual cae durante los seis meses de mayo a octubre (con mayor precipitación en junio, julio, agosto y septiembre). Se presenta un déficit hídrico de noviembre al mes de abril, siendo más severo en enero, febrero y marzo (Fig. 14 y 15).

Las heladas son fuertes y frecuentes en los meses de diciembre, enero y febrero, (su número ha llegado a alcanzar de 50 a 75 heladas al año) terminan con los vientos alisios que llegan del noreste. Al parecer son producto de invasiones de masa de aire frío provenientes de la Sierra Chichinautzin (Bastida y Maciel, op.cit.).

ESTACION CLIMATICA XOCHIMILCO

Altitud 2240 m

Temperatura Media Anual 15.9°C

Precipitación Anual 1096.8 mm

Clima Cb (w2) (w) (i') w''

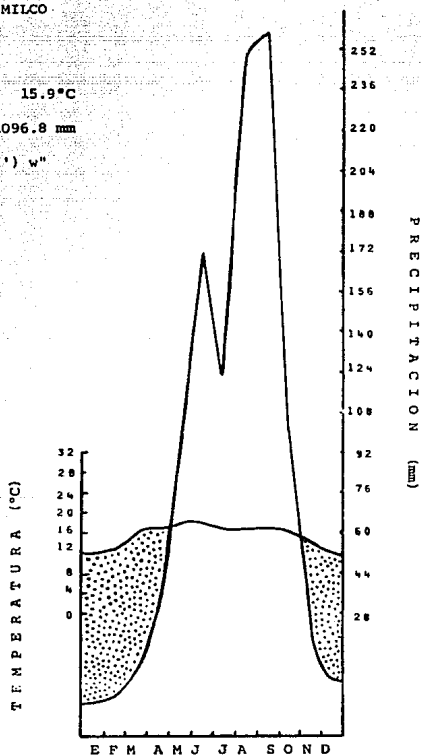


FIG.14. GRAFICA OMBROTERMICA ESTACION XOCHIMILCO, XOCH.

ESTACION CLIMATICA SAN GREGORIO

Altitud 2200 m

Temperatura Media Anual 16°C

Precipitación Anual 737.8 mm

Clima Cb (w1) (w) (i') g

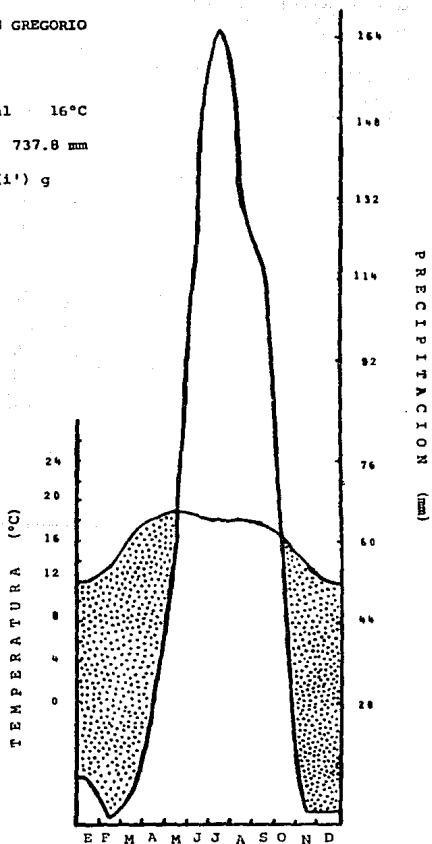


FIG.15. GRAFICA OMBROTERMICA ESTACION SAN GREGORIO, XOCH.

VEGETACION

En las zonas de mayor altitud de la Delegación, se desarrolla una vegetación de bosque mixto de pinos Pinus spp., cedros Cupressus spp., encinos Quercus spp., madroños Arbustus spp., tepozanes Buddleia cordata, eucaliptos Eucalyptus spp. y ahuehuetes Taxodium mucronatum. Los más abundantes son cedros y madroños.

En los lomerios se observan capulines Prunus capuli, aguacates Persea americana, duraznos Prunus persica, pirules Schinus molle, y cítricos Citrus spp., entre otros.

En la zona lacustre, sembrados a las orillas de las chinampas se encuentra el árbol típico chinampero conocido como ahuejote Salix bonplandiana y Salix humboldtiana.

En las chinampas se encuentran diferentes zacates entre los cuales se mencionan; el zacate robusto Echinochloa sp., zacate pata de gallo Cynodon dactylon, zacate criollo Hordeum adscendens, carrizos Gynerium sagittatum.

También se han establecido algunas halófitas tales como: Distichlis spicata, Heliotropium curassavicum, Suaeda diffusa y Datura stramonium entre otras. Entre la gran variedad de especies cultivadas se encuentran: el maíz Zea mays, la acelga Beta vulgaris var. cicla, el betabel Beta vulgaris var. crassa, los romeritos Suaeda torreyana, la coliflor Brassica oleracea var. botrytis, la col Brassica oleracea var. capitata, el brócoli Brassica oleracea var. cauliflora, la espinaca Spinacea oleracea, la zanahoria Daucus carota, los rábanos Raphanus sativus, el apio Apium graveolens, el cilantro Coriandrum sativum, la calabaza Cucurbita pepo, el chilacayote Cucurbita ficifolia, la lechuga Lactuca sativa, el jitomate Lycopersicum esculentum, la alegría o amaranto Amaranthus hypocondriacus, el alhelí Mathiola incana y el cempaxochitl Tagetes erecta. También se desarrollan los quintoniles o quelites Chenopodium sp., el chile Capsicum annum, el tomate Physalis ixocarpa, la manzanilla Matricharia chamomilla, la hierba buena Mentha sativa y el epazote Chenopodium ambrosioides entre otras.

En la vegetación acuática entre las especies más importantes por el tamaño de su población y biomasa se encuentran el lirio acuático, Eichhornia crassipes (huachinango, jacinto o lirio de agua), Limnobium stoloniferum, Wolffia columbiana (chilacastle, chilicastle o lentejilla) y Lemna gibba (chichicastle, chicastle o lentejilla). Se encuentran también, aunque en menor abundancia tules, Typha dominguensis y Typha latifolia (tule ancho, masa de agua o espadañas), Scirpus americanus (tule esquinado o zhalcaltule).

Novelo y Gallegos (1988) reconocen cuatro tipos de ambientes ecológicos acuáticos dentro del sistema de chinampas: acalotes, apantles, ciénagas y lagunas. Estos ambientes presentan marcadas diferencias en cuanto a sus características ambientales y en la flora que sostienen.

Acalotes. Así se les denomina a los canales principales con una anchura aproximada de 20 m o más, están sometidos a una constante perturbación debido al frecuente dragado para azolvamiento y control del lirio acuático o huachinango. En ellos se desarrollan gran variedad de hidrófitas libremente flotadoras tales como Eichhornia crassipes, amocillo o tepalacate Hydromystria laevigata, chilacastle o chichicastle Lemna gibba, Spirodela polyrrhiza, chilicastle o lentejilla Wolffia columbiana. En los alrededores más húmedos de las chinampas Hydrocotyle ranunculoides, Hydrocotyle verticillata y cebollin o tortuguilla Lilaeopsis schaffneriana mientras que en los más secos se encuentran especies ruderales como altamisa Ambrosia cumanensis, Cynodon dactylon, Chenopodium fremonti, Chenopodium mexicanum, carricillo Hordeum jubatum, paletarea Plantago major, chilillo hembra Polygonum lapathifolium, chilillo Polygonum persicarioides, vinagrera o lengua de vaca Rumex crispus, cimarrona o lengua de vaca Rumex obtusifolius.

En los canales que no se dragan se favorece el desarrollo de el achorizo Ceratophyllum demersum y Ceratophyllum muricatum, apatla o ninfa Nymphaea mexicana y alpatle, corbata o granza Potamogeton pectinatus.

Apantles. Frecuentemente se les denomina con este nombre a los canales de 1 a 2 m de ancho que se localizan entre una chinampa y otra, el movimiento del agua de los canalillos es casi nulo por la acumulación de grandes cantidades de detritus (materiales de naturaleza orgánica), que proviene de la propia descomposición de la vegetación acuática que ahí se desarrolla.

En ellos es donde se encuentra la mayor diversidad de plantas acuáticas; pueden encontrarse especies como el lirio acuático Eichhornia crassipes, el tepalacate o amocillo Hydromystria laevigata, el chicastle o aclasole Lemna gibba y chilacastle o chichicastle Wolffia columbiana; entre sus bordes Berula erecta, Bidens aurea, Hydrocotyle ranunculoides, Hydrocotyle verticillata, Jaegeria bellidiflora, cebollin o tortuguilla Lilaeopsis schaffneriana, achilillo Polygonum amphibium, chilillo hembra Polygonum apatifolium, chilillo Polygonum persicarioides y zhcaltule o zacate cuadrado Scirpus americanus entre otros.

Ciénagas. Se localizan en las áreas más bajas del lago donde ocurren con frecuencia inundaciones de las chinampas, alternan con períodos de desecación; la constante acumulación de plantas acuáticas ocasiona la formación de áreas anegadas. Las plantas

que comunmente se encuentran en estos ambientes pertenecen a distintas formas de vida, dependiendo de la profundidad y movilidad del agua, de este modo pueden existir libres flotadoras como el papatla o atlacuetzon Nymphaea mexicana, hidrófitas emergentes como el jaboncillo o junco Eleocharis macrostachya, el cebollin o tortuguilla Lilaeopsis schaffneriana y el zhacaltule o zacate cuadrado Scirpus americanus. Como especies asociadas a ellas frecuentemente se encuentran, el berro de hoja Berula erecta, el tepalacate o paraguítas Hydrocotyle ranunculoides, el malacate o paraguítas Hydrocotyle verticillata, el achilillo Polygonum amphibium, el chilillo hembra Polygonum lapathifolium y el chilillo Polygonum persicarioides, hidrófitas libremente flotadoras como el amocillo o tepalacate Hydromystria laevigata, aclasole, chicastle o chichicastle Lemna gibba y chilicastle o lentejilla Wolffia columbiana.

Cuando baja el nivel del agua se establecen especies tolerantes como: carricillo Hordeum jubatum, Paspalum humboldtianum, Polygonum acre, chilillo Polygonum persicarioides, lengua de vaca o vinagrera Rumex crispus y lengua de vaca o cimarrona Rumex obtusifolius y algunas especies asociadas a ellas como el cebollin o tortuguilla Lilaeopsis schaffneriana y el zhacaltule o zacate cuadrado Scirpus americanus.

Lagunas. Son claros de mediana extensión originadas por el cruce de dos o más canales principales, su dragado es muy frecuente de manera que casi no se alcanzan ha desarrollar plantas acuáticas; pero en ocasiones se han visto en ellas corbata, granza o alpatle Potamogeton pectinatus y achorizo Ceratophyllum demersum.

FAUNA

A principios del presente siglo predominaban en abundancia en la parte montañosa de la Delegación ardillas, armadillos, cacomixtles, comadrejas, conejos, coyotes, gatomontes, tigrillos, tlacoches, tejones, tuzas, venados y zorrillos entre otros, en la actualidad muchas de estas especies han desaparecido principalmente por la tala inmoderada de los bosques (Santos, 1972).

En las chinampas y ciénagas del lago, abundaban toda clase de palmípedos volátiles entre las que destacan agachonas, gallavetas, gallinitas de agua, garzas blancas, garzas grises, patos reales, tortolas y chichicuilotos que en su mayoría han desaparecido. Entre las aves canoras destacan clarines, zenzontles, jilgueros, mirlos, huítlacoques, gorriones o pardales, etc. (Santos, op. cit.).

Hernández y Meléndez (1986) en un recorrido realizado en la Ciénega Grande, Ciénega Chica, Cuemanco y San Gregorio Atlapulco, observaron 70 especies de aves de las que se pueden mencionar: zambullidores, patos, garzas, chichicuilotos, playeros, gallavetas, gavilanes, halcones, mosqueritos o papamoscas, golondrinas, pájaros carpinteros y gorriones entre otros. Así mismo registran 160 especies en 36 familias; de éstas, 63 especies son exclusivamente acuáticas, 38 sólo se reproducen en esta región y las restantes son migratorias.

El número de especies de aves silvestres registradas en el mundo es de 8,904, de éstas, se registran en México aproximadamente 1,600 especies; Juárez (1986), menciona que en el Valle de México existen aproximadamente 217 especies de aves de las cuales 144 son terrestres y 73 son aves acuáticas. En la región chinampera de Xochimilco y Tláhuac, Leyva, (1985) menciona la existencia de 106 especies de aves, de las cuales 28 son acuáticas y 78 son aves terrestres. Lo que representa el 1.1% de las especies de aves del mundo, el 10.6% de las de México y el 48.8% de las del Valle de México.

Entre las aves domésticas de la región destacan: gallinas, gualojolotes, patos, gansos, palomas, pericos, tórtolas, codornices, etc. mientras que entre las silvestres hay águilas, aguilillas, gavilanes, zopilotes, tecolotes y lechuzas entre otros (Santos, op. cit.).

El ganado vacuno, caballo, lanar, caprino, porcino y asnar son fomentadas en toda la región, aún dentro de la zona chinampera.

Entre los réptiles se encuentran la víbora de cascabel, cincuate, chironeras, culebras, camaleones, lagartijas grises y de collar llamados tecuixe. Entre los artrópodos se encuentran gran variedad de cienpies, arácnidos, moscas y mosquitos, chapulines, grillos, gorgojos, abejorros, mariposas, abejas y avispas entre otros. En las aguas de los canales abundan acociles, ajolotes, almejas, carpas negras, plateadas y rojas, así como pescado blanco (Santos, op. cit.).

SUELOS

La gran actividad volcánica que ha afectado nuestro país ha cubierto aproximadamente una tercera parte del territorio nacional con materiales que son producto del vulcanismo, los que a su vez han sido transportados por las aguas y la acción eólica hacia muy extensas regiones del país (Saules, 1986).

En la Delegación de Xochimilco existen suelos de origen volcánico y de origen aluvial lacustre. Los primeros se localizan en toda la parte sur de la Delegación, colindan con las serranías del Chichinautzin y Ajusco-Cuatzin; tradicionalmente han sido llamadas "tierras altas", se caracterizan por ser de textura migajon-arenosa, presentar colores que van de pardo a negro, de reacción de suelo ligeramente alcalina, son pobres en materia orgánica, sales solubles, N y P; en general son ricos en Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, y K⁺.

Acevedo, citado por Reyes op.cit. menciona que los suelos de las partes altas de Xochimilco se formaron a consecuencia de la intemperización de la roca madre constituida principalmente por materiales de origen volcánico. Estos suelos (migajón arenosos) frecuentemente están expuestos a la erosión debido a la tala inmoderada de sus bosques.

Los suelos de origen aluvial lacustre se localizan en las zonas más bajas de la región y constituyen la llanura producto del acarreo y depósito de materiales intemperizados de las partes altas colindantes. El acarreo de materiales se acentúa por la inclinación sur-norte que existe en la zona.

En la llanura lacustre se localiza la zona chinampera que desde épocas prehispánicas dieron gran colorido al lago de Xochimilco.

Los suelos que forman las chinampas en la zona lacustre son de origen antrópico por lo que se les considera Antroposoles (Aguilera, 1987).

Aguilera et al., desde 1987 a la fecha ha realizado varios informes anuales de trabajo al CONACYT sobre diferentes proyectos de rehabilitación de suelos de chinampas y su relación con las plantas cultivadas.

Estos suelos presentan colores que van del pardo claro al negro, su textura es predominantemente arcillosa o franca, el pH es alcalino, son ricos en materia orgánica, N, P y K. También se han detectado altas concentraciones de sales solubles y sodio, por lo que se les ha considerado según USDA como suelos salinos, y salino-sódicos.

METODOS

CAMPO

Se colectó muestras de suelo de 8 calicatas, cuatro de ellas se realizaron en la zona chinampera de San Luis Tlaxialtemalco y las restantes en San Gregorio Atlapulco.

Las muestras fueron tomadas cada 10 cm de profundidad hasta encontrar la napa freática. Cada muestra consistió en un volúmen aproximado de 2 kg de suelo el cual fué colocado en bolsas de plástico con los datos de campo correspondientes. La profundidad de las calicatas fué variable (de 70 a 150 cm), lo que hizo un total de 92 muestras de suelo.

El suelo se secó al aire y se tamizó empleando una malla del número 10 (0.2 mm). El material fué trasladado al Laboratorio de Investigación de Edafología de la Facultad de Ciencias. UNAM, para iniciar la etapa de análisis físico y químico del suelo.

LABORATORIO

A las diferentes muestras de suelo se le realizó las determinaciones fisico-químicas siguientes:

Análisis físicos

- Color en seco y húmedo por el método Munsell (1954).
- Densidad Aparente por el método de la Probeta (Baver, 1956).
- Densidad Real por el método del Picnómetro (Baver, 1956).
- Determinación de Porcentaje de Porosidad.
- Textura por el método del Hidrómetro de Bouyoucos (1951).

Análisis químicos

- Potencial de Hidrógeno (pH) o Reacción del suelo por el método del Potenciómetro. Determinación en agua destilada y solución salina (KCl 1N, pH 7) en relación 1:5 y 1:10.
- Materia Orgánica por el método de Walkley y Black, modificado por Walkley (1947).
- Calcio y Magnesio Intercambiables por el método de extracción con Acetato de amonio (1N, pH 7) y valoración por el método del Versenato (EDTA 0.02N) (Cheng y Bray, 1951).
- Sodio y Potasio Intercambiables por el método de extracción con Acetato de amonio (1N, pH 7) y espectrofluorimetría (Jackson, 1970).
- Capacidad de Intercambio Catiónico Total por el método de centrifugación, saturando con CaCl_2 (1N, pH 7), lavando con Alcohol etílico al 96% y eluyendo con NaCl (1N, pH 7). La valoración se realizó con Versenato (EDTA 0.02N) y Negro de Ericromo "T" (Jackson, 1970).
- Pastas de Saturación. La extracción de la solución del suelo se realizó mediante filtración.
- Conductividad Eléctrica de la solución del suelo mediante un Puente de Conductividad (Jackson, 1970).

- Potencial de Hidrógeno (pH) del extracto de la solución del suelo por el método potenciométrico.
- Calcio y Magnesio Solubles por el método volumétrico, titulación por el método del Versenato (EDTA 0.02 N) (Cheng y Bray, 1951).
- Sodio y Potasio Solubles por Espectroflamometría (Jackson, 1970).
- Cloruros por el método de Mohr (1949). Se utilizó Nitrato de plata (0.01 N) e indicador Dicromato de potasio (5 %).
- Sulfatos por gravimetría en forma de Sulfato de bario (Bower y Huss, 1948).
- Carbonatos y Bicarbonatos por el método volumétrico (Reite meier, 1943). Se utilizó HCl (0.01 N), Fenoftaleína y Anaranjado de metilo.
- Porciento de Sodio Intercambiable (PSI). Relación Capacidad de Intercambio Catiónico Total y Sodio Intercambiable.

RESULTADOS

CALICATA 1. " San Luis Tlaxialtemalco " (Profundidad 0-100 cm)

El color del suelo en seco a lo largo de la Calicata es gris 10 YR 6/1, se observa también gris 10 YR 5/1 en la profundidad 90-100 cm. En húmedo el color es negro 10 YR 2/1 (Cuadro 1).

La clase textural en la superficie es migajón-limoso, pero domina a lo largo de la calicata la textura arcillosa, excepto en de los 70 a 80 y 90 a 100 cm donde es franca.

La densidad aparente (D.A) varía entre 0.3 y 0.5 g/cc; disminuye con la profundidad hasta los 80 cm en donde presenta un valor de 0.34 g/cc y aumenta ligeramente en los siguientes 20 cm. La densidad real (D.R) fluctúa a lo largo de toda la calicata y presenta valores que van de 1.4 a 2.1 g/cc. La porosidad (P) es muy alta y varía de 66.3 a 81.7 % .

El pH es alcalino en la superficie y ligeramente ácido a mayor profundidad, los valores van de 8.9 a 6.5 . Con agua destilada (relación 1:10) los valores oscilan entre 8.9 y 7.5, con KCl (relación 1:10) varían de 8.5 a 6.5 .

La materia orgánica (M.O) presenta valores que van de 9.5 a 38.1 % . En la superficie tiene un valor de 9.5 % y aumenta ligeramente con la profundidad hasta los 60 cm, donde alcanza un 18.2 % ; en los siguientes 30 cm disminuye ligeramente, de los 90 a 100 cm se registra un 38.1 % , valor más alto registrado en la calicata.

Con respecto a los cationes intercambiables, el catión Ca^{++} tiene valores que van de 42.5 a 22.1 meq/100 g de suelo. El valor más alto se encuentra en la superficie y disminuye gradualmente con la profundidad hasta los 80 cm donde se observa el mínimo valor, en los siguientes 20 cm aumenta hasta 31.5 meq/100g. El catión Mg^{++} con valores de 26.0 meq/100 g en la superficie, disminuye a 17.0 meq/100 g de los 30 a 40 cm, y aumenta para volver a disminuir en los 50 cm posteriores; el valor más alto se observa a la profundidad de 90 a 100 cm y alcanza un valor de 48.5 meq/100 g.

El Na^+ intercambiable varía de 21.7 a 5.4 meq/100 g, disminuye con la profundidad con un comportamiento muy similar al observado en el pH (Gráfica 1). En relación al K^+ se observa que disminuye de 1.2 meq/100 g en la profundidad de 0 a 10 cm a 0.1 meq/l de los 60 a 70 cm, después aumenta gradualmente hasta 0.8 meq/100 g.

La capacidad de intercambio catiónico total (CICT) es alta. En la superficie se registra un valor de 52.5 meq/100 g y aumenta hasta 62.6 meq/100 g de 50 a 60 cm, disminuye en los subsiguientes 30 cm y aumenta en la profundidad de 90 a 100 cm donde toma un valor de 93.5 meq/100 g, el máximo valor observado. La variación de la CICT y el porcentaje de materia orgánica es muy semejante a lo largo de la calicata (Gráfica 1).

Se registra un porcentaje de sodio intercambiable (PSI) muy alto, en la superficie es de 41.3% y disminuye al aumentar la profundidad hasta 7.4% .

En el extracto de las pastas de saturación, el pH de la solución del suelo disminuye con la profundidad de 8.3 a 7.5. La conductividad eléctrica (CE) en la superficie fué de 14.3 mmhos/cm a 25 C, en las subsiguientes profundidades disminuye gradualmente hasta tomar un valor de 1.6 mmhos/cm de los 80 a 90 cm (Cuadro 2).

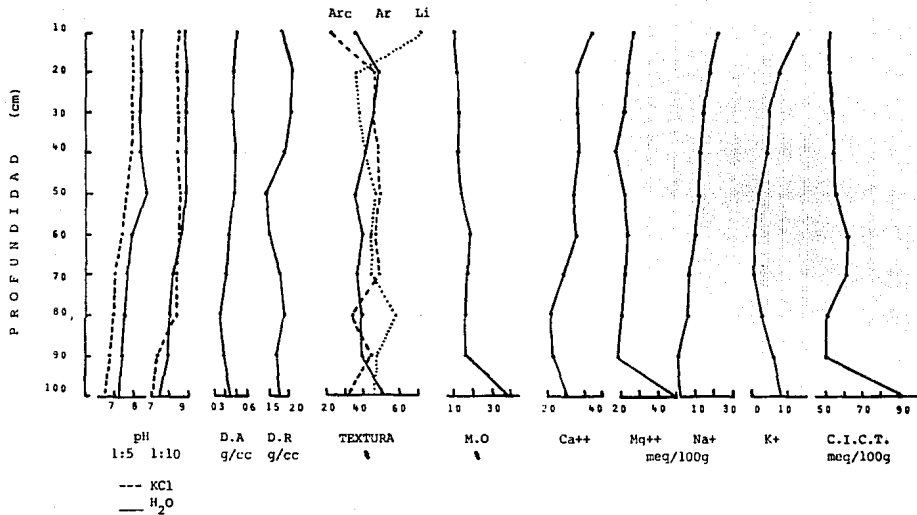
El Ca^{++} soluble varía de 22.0 a 3.0 meq/l; el Mg^{++} de 58.5 a 2.3 meq/l, el Na^+ disminuye de 106.0 a 9.0 meq/l y el K^+ de 1.3 a 0.1 meq/l. En todos los casos los valores mayores se observan a los 20 cm superficiales y disminuyen al aumentar la profundidad.

Con respecto a los aniones solubles, se tiene que los cloruros (Cl^-) varían de 66.0 a 12.0 meq/l, los sulfatos ($\text{SO}_4^{=}$) entre 121.6 y 6.0 meq/l. Los carbonatos ($\text{CO}_3^{=}$) fluctúan entre 7.0 y 1.0, mientras que los bicarbonatos (HCO_3^-) lo hicieron entre 9.0 y 3.0 meq/l (Cuadro 2, Gráfica 2).

Cuadro 1. Resultados de los Análisis Físico - Químicos de la Calicata 1.
San Luis Tlaxiualtemalco.

Profundidad cm	Color		Textura			D.A g/cc	D.R.	P %	pH			M.O %	Ca ⁺⁺ Mg ⁺⁺ Na ⁺ K ⁺ meq/100 g				CICR	PSI %	
	Seco	Húmedo	%Ar	%Li	%Arc				Agua 1:5	1:10	KCl 1:5		1:10						
0-10	10YR 6/1 Gris	10YR 2/1 Negro	25.6	62.0	12.4	0.50	1.83	72.5	8.5	8.8	8.0	8.5	9.5	42.5	26.0	21.7	1.2	52.5	41.3
10-20	10YR 6/1 Gris	10YR 2/1 Negro	37.6	26.0	36.4	0.48	2.10	77.0	8.5	8.9	8.0	8.4	10.8	35.7	23.0	17.2	0.7	52.3	32.8
20-30	10YR 6/1 Gris	10YR 2/1 Negro	35.6	29.0	36.4	0.48	2.08	76.5	8.5	8.9	8.0	8.5	11.7	35.7	21.0	14.7	0.5	53.1	27.6
30-40	10YR 6/1 Gris	10YR 2/1 Negro	31.6	30.0	38.4	0.50	1.91	73.6	8.5	8.9	8.0	8.4	11.0	36.8	17.0	12.0	0.4	54.6	21.9
40-50	10YR 6/1 Gris	10YR 2/1 Negro	25.6	36.0	38.4	0.48	1.44	66.3	8.7	8.9	7.7	8.5	12.7	33.6	21.0	10.9	0.2	55.2	19.7
50-60	10YR 6/1 Gris	10YR 2/1 Negro	29.2	34.4	36.4	0.43	1.49	71.1	8.1	8.6	7.5	8.5	18.2	35.7	23.5	9.8	0.1	62.6	15.6
60-70	10YR 6/1 Gris	10YR 2/1 Negro	27.2	34.2	38.6	0.41	1.82	77.4	7.8	8.2	7.1	8.4	17.4	29.4	22.0	7.8	0.1	61.7	12.6
70-80	10YR 6/1 Gris	10YR 2/1 Negro	29.6	48.0	22.4	0.34	1.90	81.7	7.6	8.0	7.0	8.4	16.4	22.1	20.0	7.8	0.3	50.2	15.5
80-90	10YR 6/1 Gris	10YR 2/1 Negro	29.2	36.8	34.0	0.37	1.71	78.2	7.4	7.9	6.8	7.4	16.0	23.1	18.0	5.4	0.6	50.2	10.7
90-100	10YR 5/1 Gris	10YR 2/1 Negro	41.2	36.4	22.4	0.43	1.83	76.3	7.2	7.5	6.5	7.0	38.1	31.5	48.5	6.0	0.8	93.4	7.4

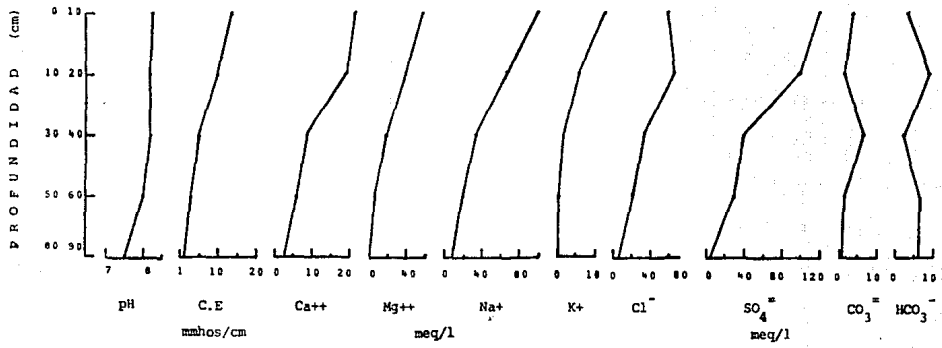
GRAFICA 1. RESULTADOS DE LOS ANALISIS FISICO-QUIMICOS DE LA CALICATA 1. SAN LUIS TLAXIALTEMALCO.



CUADRO 2. RESULTADOS DE LOS ANALISIS QUIMICOS DE LAS PASTAS DE SATURACION DE LA CALICATA 1.
SAN LUIS TLAXIALTEMALCO.

Prof. cm	pH	C.E mmhos/cm	Ca ⁺⁺ _____	Mg ⁺⁺ _____	Na ⁺ _____	K ⁺ _____	Cl ⁻ _____	SO ₄ ⁼ _____	CO ₃ ⁼ _____	HCO ₃ ⁻ _____
			meq/ l		meq/ l		meq/ l		meq/ l	
0 - 10	8.3	14.3	22.0	58.5	106.0	1.3	60.0	121.6	4.0	4.0
10 - 20	8.2	10.3	19.8	42.9	73.4	0.6	66.0	101.9	2.0	9.0
30 - 40	8.2	5.1	9.1	18.2	36.7	0.2	35.0	39.4	7.0	3.0
50 - 60	8.0	3.1	5.7	8.4	20.9	0.1	22.0	30.8	2.0	7.0
80 - 90	7.5	1.6	3.0	2.3	9.0	0.1	12.0	6.0	1.0	6.0

GRAFICA 2. RESULTADOS DE LOS ANALISIS QUIMICOS DE LAS PASTAS DE SATURACION DE LA CALICATA 1.
SAN LUIS TLAXIALTEMALCO.



CALICATA 2. " San Luis Tlaxiataltemalco "
(Profundidad 0-100 cm)

El color del suelo en seco es gris 10YR 6/1, 10YR 5/1 y gris oscuro 10YR 4/1. En húmedo el color es negro 10YR 2/1 (Cuadro 3).

La textura es migajón-arcillosa de la superficie a los 70cm; de los 70 a 80 cm es migajón-arenosa, de los 80 a 90 cm franca y de los 90 a 100 cm arcilla.

La densidad aparente en la superficie presenta un valor de 0.57 g/cc y disminuye hasta 0.27 g/cc. La densidad real varía de 2.15 a 1.53 g/cc, su comportamiento a través de la calicata es muy irregular. La porosidad presenta porcentajes mayores al 70 %, fluctúa entre 70.5 y 85.0 % .

El pH con agua (relación 1:10) varía de fuertemente alcalino en la superficie a ligeramente ácido a mayor profundidad, registrándose los valores máximo y mínimo de 9.3 y 6.9 respectivamente. Con KCl los valores van de 8.5 a 6.5, presenta un comportamiento similar al pH con agua (Gráfica 3).

Los porcentajes de materia orgánica fluctúan de 10.6 a 42.6, los valores más altos se observan de los 60 a 90 cm.

El Ca++ intercambiable varía de 21.0 a 48.3 meq/100 g. El Mg++ fluctúa de 42.0 a 16.0 meq/100 g, los valores más altos se encuentran de los 70 a 90 cm ; la tendencia es muy similar a lo observado en la materia orgánica y calcio intercambiable (Gráfica 3).

El Na+ y K+ presentan valores que van de 15.2 a 4.3 y de 7.0 a 1.5 meq/100 g respectivamente. En el caso del Na+ los valores disminuyen gradualmente con la profundidad, mientras que para el K+ disminuye de 7.0 a 1.5 de la superficie a los 50 cm y aumenta en las subsecuentes profundidades hasta alcanzar un valor de 6 meq/100 g.

La C.E de la pasta de saturación varió de 7.3 a 2.4 mmhos/cm, los valores más altos se encuentran en la superficie. El pH de la solución del suelo varía con la profundidad de 8.4 a 8.3.

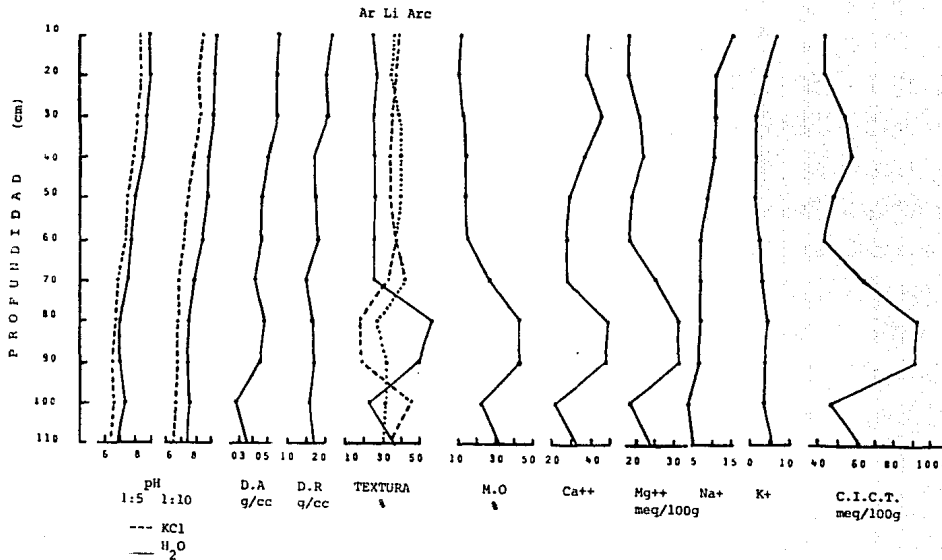
El Ca++ soluble varía de 12.9 a 4.0 meq/l, el Mg++ de 16.0 a 8.7, el Na+ de 64.1 a 1.4 y el K+ de 0.6 a 0.1 meq/l; todos los cationes tienen valores más altos en la superficie.

Entre los aniones solubles, los cloruros oscilaron de 44.0 a 14.0 meq/l; los sulfatos de 123.3 a 13.7; los carbonatos de 5.0 a 2.0 y los bicarbonatos de 7.5 a 5.5 meq/l. En todos los casos, excepto en los bicarbonatos las concentraciones más altas se observan en la profundidad de 0 a 10 cm (Cuadro 4, Gráfica 4).

Cuadro 3. Resultado de los Análisis Físico - Químicos de la Calicata 2.
San Luis Tlaxiátemalco.

Profundidad cm	Color		Textura			Γ.A g/cc	D.P g/cc	P %	pH		M.O %		Ca ⁺⁺ meq/100 g	Mg ⁺⁺ meq/100 g	Na ⁺ meq/100 g	K ⁺ meq/100 g	CICP	FSI %	
	Seco	húmedo	%Ar	%Li	%Arc				Agua 1:5	KCl 1:10	1:5	1:10							
0 - 10	10YR 5/1 Gris	10YR 2/1 Negro	25.1	35.8	39.1	0.57	2.15	73.6	8.9	9.3	8.3	8.5	10.6	38.9	16.0	15.2	7.0	43.8	34.7
10 - 20	10YR 5/1 Gris	10YR 2/1 Negro	27.2	35.2	37.6	0.55	2.02	72.5	9.0	9.2	8.3	8.2	10.3	38.9	16.0	10.9	4.3	44.2	24.6
20 - 30	10YR 6/1 Gris	10YR 2/1 Negro	25.2	39.2	35.2	0.55	2.07	73.3	8.8	9.1	8.1	8.3	12.7	46.2	22.0	11.4	1.8	53.2	21.4
30 - 40	10YR 6/1 Gris	10YR 2/1 Negro	25.6	40.0	34.4	0.50	1.70	70.5	8.4	8.8	7.9	7.9	14.2	37.8	24.0	10.3	1.5	57.2	18.0
40 - 50	10YR 6/1 Gris	10YR 2/1 Negro	25.8	39.8	34.4	0.46	1.75	73.4	8.0	8.7	7.5	7.5	14.5	29.4	18.5	8.9	1.5	47.2	18.8
50 - 60	10YR 6/1 Gris	10YR 2/1 Negro	25.2	37.6	37.2	0.45	1.80	74.9	7.8	8.4	7.3	7.2	14.8	27.8	16.5	7.1	2.3	43.4	16.3
60 - 70	10YR 6/1 Gris	10YR 2/1 Negro	25.2	41.6	35.2	0.41	1.53	72.8	7.4	7.9	6.8	6.9	25.9	27.8	29.6	7.1	3.3	64.6	10.9
70 - 80	10YR 5/1 Gris	10YR 2/1 Negro	55.2	27.6	17.2	0.47	1.71	72.6	7.0	7.5	6.7	6.9	42.6	48.3	42.0	7.1	4.5	93.8	7.6
80 - 90	10YR 4/1 Gris	10YR 2/1 Negro	49.2	32.0	18.8	0.43	1.72	74.9	7.0	7.4	6.5	6.7	42.6	48.3	42.0	6.5	4.3	91.6	7.0
90 - 100	10YR 6/1 Gris	10YR 2/1 Negro	23.2	31.8	45.0	0.27	1.56	82.3	7.3	7.5	6.6	6.6	21.8	21.0	17.0	4.3	3.5	46.2	9.1
100 - 110	10YR 5/1 Gris	10YR 2/1 Negro	36.4	30.0	33.6	0.36	1.70	85.0	6.9	7.3	6.3	6.5	32.0	32.6	27.0	4.9	6.0	62.9	7.8

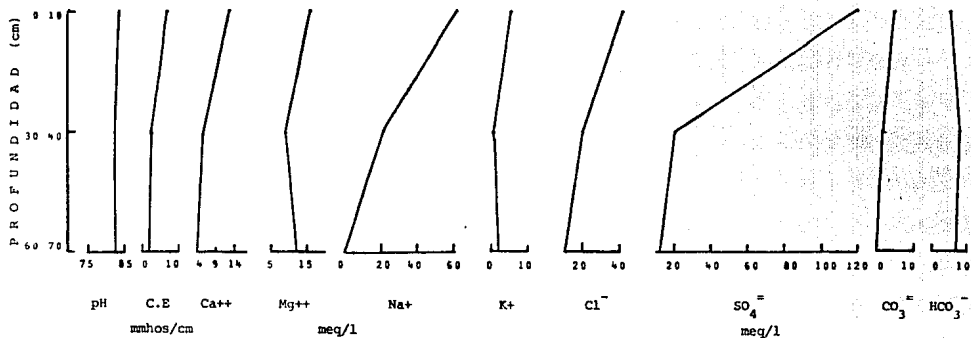
GRAFICA 3. RESULTADOS DE LOS ANALISIS FISICO-QUIMICOS DE LA CALICATA 2. SAN LUIS TLAXIATEMALCO.



CUADRO 4. RESULTADOS DE LOS ANALISIS QUIMICOS DE LAS PASTAS DE SATURACION DE LA CALICATA 2.
SAN LUIS TLAXIATEMALCO.

Prof. cm	pH	C.E mmhos/cm	Ca ⁺⁺ ————— meq/ l —————	Mg ⁺⁺ ————— meq/ l —————	Na ⁺ ————— meq/ l —————	K ⁺ ————— meq/ l —————	Cl ⁻ ————— meq/ l —————	SO ₄ ⁼ ————— meq/ l —————	CO ₃ ⁼ ————— meq/ l —————	HCO ₃ ⁻ ————— meq/ l —————
0 - 10	8.4	7.3	12.9	16.0	64.1	0.6	44.0	123.3	5.0	5.5
30 - 40		3.2	6.1	8.7	23.6	0.1	21.0	18.8	2.0	7.5
60 - 70	8.3	2.4	4.0	12.0	1.4	0.2	14.0	13.7	0.0	7.0

GRAFICA 4. RESULTADOS DE LOS ANALISIS QUIMICOS DE LAS PASTAS DE SATURACION DE LA CALICATA 2.
SAN LUIS TLAXIALTEMALCO.



CALICATA 3. - San Luis Tlaxialtemalco -
(Profundidad 0-80 cm)

En esta calicata se observan tres colores en seco: gris 10YR 5/1 y 6/1, y gris oscuro 10YR 4/1. El color que predomina es el 10YR 5/1, se observa en los 40 cm más superficiales, en los 30 cm siguientes es 10YR 6/1 y de los 70 a 80 cm es 10YR 4/1. El color en húmedo a lo largo de toda la calicata es negro 10YR 2/1 (Cuadro 5).

Con respecto a la textura, el suelo de 0 a 10 cm es migajón limoso, de los 10 a 40 cm y 50 a 70 es migajón arcilloso, de 40 a 50 cm es arcilla y franco de los 70 a 80 cm.

La densidad aparente va de 0.58 a 0.36 g/cc. Los valores más altos están en la superficie y disminuyen con la profundidad, excepto de 60 a 70 y 70 a 80 cm, donde tienen valores de 0.58 y 0.53 g/cc respectivamente. La densidad real varía a través de la calicata entre 1.61 y 2.13 g/cc, los valores más altos se registran en las profundidades 60-70 y 70-80 cm. La porosidad fluctúa de 65.0 a 79.8 % .

El pH es alcalino y va de 9.4 a 7.2, en la profundidad de 0 a 10 cm el pH con agua es de 8.6 y 8.9 en la relación 1:5 y 1:10 respectivamente, de 10 a 20 cm se encuentran los valores más altos y disminuyen al aumentar la profundidad. Con KCl los valores más altos se registraron en los 20 cm superficiales con valores de 8.5 y 8.6, y descienden hasta 7.2 y 7.3 en las relaciones 1:5 y 1:10, respectivamente.

El porcentaje de materia orgánica fluctúa a lo largo de la calicata de 12.2 a 15.7 % .

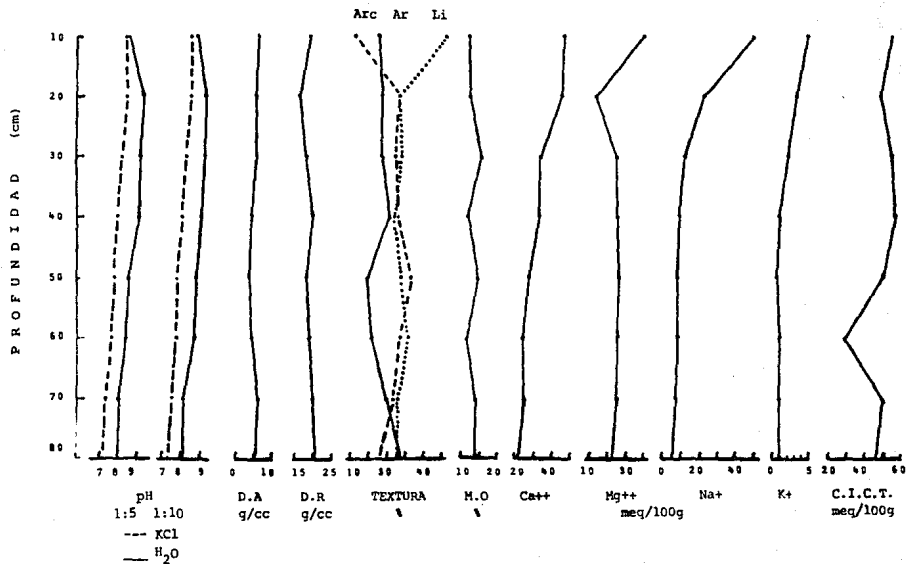
Con respecto a los cationes intercambiables, el Ca⁺⁺ van de 46.0 a 22.0 meq/100 g ; para el Mg⁺⁺ de 39.5 a 13.5 meq/100 g, el Na⁺ de 48.9 a 5.4 meq/ 100 g y el K⁺ de 4.4 a 0.6 meq/ 100 g. En todos los casos los valores más altos se observan en los primeros 10 centímetros superficiales y disminuyen en forma gradual con la profundidad (Gráfica 5).

Las pastas de saturación mostraron lo siguiente; el pH de la solución del suelo varía entre 8.3 y 9.0, los valores más altos se mantienen de los 10 a 50 cm. La C.E en la superficie fué de 37.0 mmhos/cm (valor bastante alto) y disminuye hasta 1.0 mmhos/cm a 25°C (Cuadro 6).

El Ca⁺⁺ soluble fluctúa entre 2.8 y 8.0 meq/l su comportamiento es muy irregular a través de la calicata; el Mg⁺⁺ soluble disminuye de 130.0 a 3.8 meq/l; el Na⁺ es bastante alto, disminuye de 321.7 a 0.8 meq/l. El K⁺ soluble fluctúa entre 0.1 y 2.6 meq/l.

Los cloruros varían de 40.0 a 12 meq/l; los sulfatos de 189.4 a 2.6 meq/l. Los carbonatos registran valores de 2.0 meq/l en la profundidad de 10 a 20, 20 a 30 y 40 a 50 cm, los bicarbonatos fluctúan a lo largo de la calicata entre 7 y 13 meq/l. En todos las profundidades el anión predominante es el sulfato (Cuadro 6, Gráfica 6).

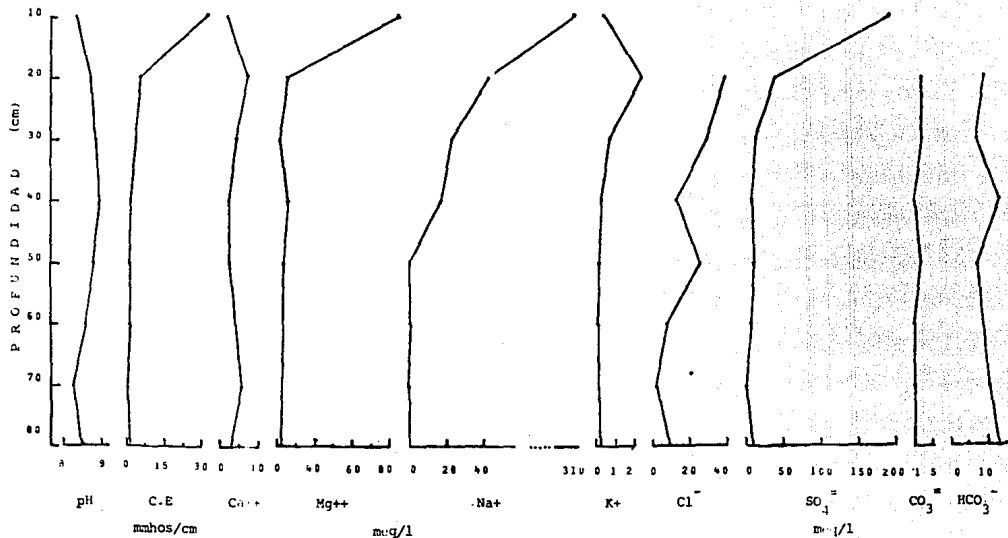
GRAFICA 5. RESULTADOS DE LOS ANALISIS FISICO-QUIMICOS DE LA CALICATA 3. SAN LUIS TLAXIALTEMALCO.



CUADRO 6. RESULTADOS DE LOS ANALISIS QUIMICOS DE LAS PASTAS DE SATURACION DE LA CALICATA 3.
SAN LUIS TLAXIALTEMALCO.

Prof. cm	pH	C.E mmhos/cm	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ⁼	CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁻
			meq/l						meq/ l	
0 - 10	8.4	37.0	3.0	130.0	321.7	0.6	-	189.4	-	-
10 - 20	8.8	6.5	8.0	14.0	43.6	2.6	40.0	40.3	2.0	9.0
20 - 30	8.9	3.1	5.0	6.0	24.3	0.8	31.0	16.3	2.0	7.0
30 - 40	9.0	2.3	3.0	14.0	18.6	0.3	14.0	9.4	0.0	13.0
40 - 50	8.8	2.0	2.8	6.9	1.5	0.2	26.0	10.3	2.0	7.0
50 - 60	8.6	1.3	-	-	1.1	0.1	-	8.6	-	-
60 - 70	8.3	1.0	5.7	-	0.8	0.1	12.0	2.6	0.0	10.0
70 - 80	8.5	1.3	2.8	3.8	0.9	0.2	12.0	9.4	0.0	13.0

GRAFICA 6. RESULTADOS DE LOS ANALISIS QUIMICOS DE LAS PASTAS DE SATURACION DE LA CALICATA 3.
SAN LUIS TLAXIALTEMALCO.



CALICATA 4. "San Luis Tlaxialtamalco"
(Profundidad 0-90 cm)

El color del suelo en seco en los 50 cm superficiales es gris 10YR 5/1, de los 50 a 60 cm es gris 10YR 6/1, y de los 60 a 90 cm es gris claro 10YR 7/1. En húmedo de la superficie a los 60 cm el color es negro 10 YR 2/1 y gris muy oscuro 10 YR 3/1 de los 60 a 90 cm (Cuadro 7).

Se observan tres clases texturales: en los primeros 20 cm es migajón limoso, de los 20 a 50 es migajón-arcilloso y de los 50 a 90 cm es arcilla.

La densidad aparente varía de 0.57 g/cc en la superficie a 0.26 g/cc en la capa de suelo de color gris claro (80-90 cm). La densidad real se mantiene muy homogénea con valores de 2 g/cc. La porosidad es muy alta y aumenta con la profundidad de 71.6 a 85.0 % .

El pH con agua es alcalino y varía entre 9.2 y 8.1. Los valores más altos se encuentran de los 40 a 50 cm. Con KCl los valores oscilan de 7.1 a 7.9, en relación 1:5 se mantienen de la superficie hasta los 60 cm alrededor de 7.7, y disminuyen con la profundidad hasta 7.1. En relación 1:10 se observa un comportamiento muy similar, pero ligeramente mayores (Gráfica 7).

La materia orgánica varía de 11.2 a 6.3 %, los valores más altos se tienen en los primeros 50 centímetros.

El Ca⁺⁺ intercambiable varía de 38.5 a 16.5 meq/100g, el Mg⁺⁺ de 23.9 a 8.7 meq/100 g; al igual que el Ca⁺⁺ los valores más altos se presentan de los 0 a 20 cm.

El Na⁺ intercambiable va de 17.7 a 4.8 meq/ 100 g, el K⁺ entre 3.5 y 0.9 meq/ 100g, para estos dos cationes los valores más altos están en la superficie y descienden con la profundidad.

La CICT varía de 51.9 a 30.0 meq/ 100 g, se comporta muy semejante con la materia orgánica y los cationes intercambiables (Gráfica 7).

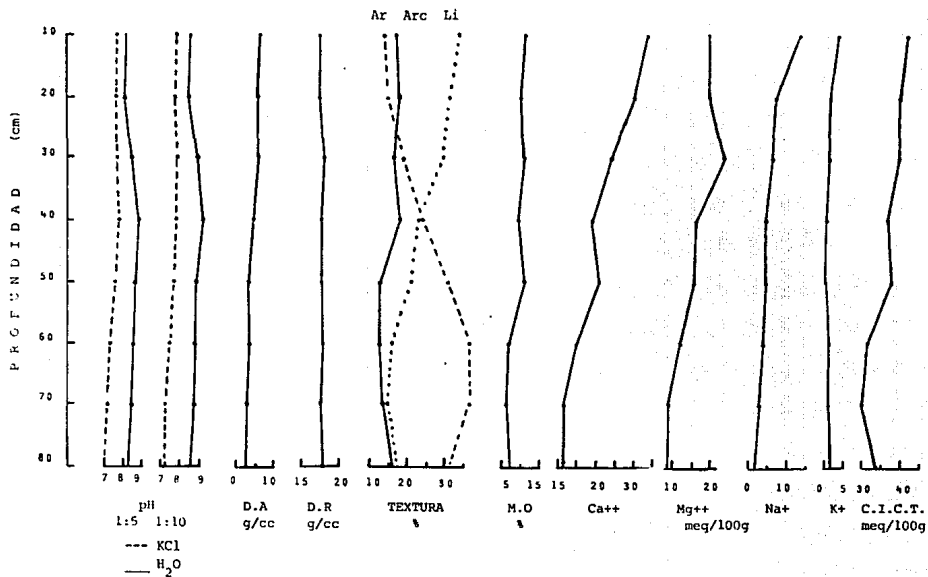
En las pastas de saturación, el pH de la solución del suelo para la profundidad de 20 a 30 cm es de 8.5 y C.E de 3.3 mmhos/cm y disminuyen al aumentar la profundidad (Cuadro 8). La pasta de saturación de la profundidad 0-10 cm no fué posible realizarla sin embargo se puede suponer que los valores de pH y C.E son superiores a los antes mencionados.

El Ca^{++} soluble varía de 6.0 a 0.9 meq/l de los 20 a 90 cm; el Mg^{++} oscila de 31.5 a 1.3 meq/l; el Na^+ de 21.7 a 0.5 meq/l y el K^+ de 0.5 a 0.2 meq/l.

Los cloruros oscilan de 17.0 a 7.0 meq/l, el valor más alto se encuentra de los 20 a 30 cm; los sulfatos disminuyen de 19.7 a 5.1 meq/l conforme aumenta la profundidad.

No se registró presencia de carbonatos (por el método volumétrico Reitemeier, 1943), no así de bicarbonatos que presentan valores de 7.0 a 2.5 meq/l (Cuadro 8, Gráfica 8).

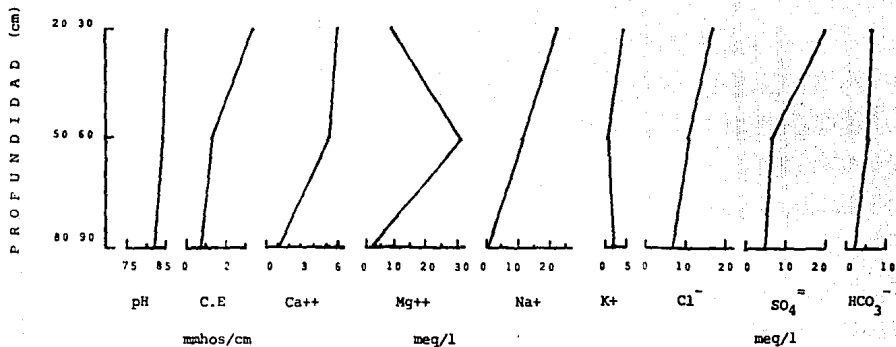
GRAFICA 7. RESULTADOS DE LOS ANALISIS FISICO-QUIMICOS DE LA CALICATA 4. SAN LUIS TLAXIALTEMALCO.



CUADRO 8. RESULTADOS DE LOS ANALISIS QUIMICOS DE LAS PASTAS DE SATURACION DE LA CALICATA 4.
SAN LUIS TLAXIALTEMALCO.

Prof. cm	pH	C.E mmhos/cm	Ca ⁺⁺ _____	Mg ⁺⁺ _____ meq/ l	Na ⁺ _____	K ⁺ _____	Cl ⁻ _____	SO ₄ ⁼ _____ meq/ l	CO ₃ ⁼ _____	HCO ₃ ⁻ _____
20 - 30	8.5	3.3	6.0	9.0	21.7	0.5	17.0	19.7	0.0	7.0
50 - 60	8.4	1.3	5.0	31.5	9.4	0.1	11.0	6.8	0.0	6.0
80 - 90	8.2	0.7	0.9	1.3	0.5	0.2	7.0	5.1	0.0	2.5

GRAFICA 8. RESULTADOS DE LOS ANALISIS QUIMICOS DE LAS PASTAS DE SATURACION DE LA CALICATA 4.
SAN LUIS TLAXIALTEMALCO.



CALICATA 5. " San Gregorio Atlapulco "
(Profundidad 0-150 cm)

Se observan tres colores en seco; gris pardusco 10YR 6/2 en los primeros 40 cm y de los 60 a 70 cm, pardo pálido 10YR 6/3 de los 40 a 60 cm, y gris 10YR 5/1 de los 70 a 150 cm. En húmedo se observan también 3 colores; gris muy oscuro 10YR 3/1, pardo muy oscuro 10YR 2/2 y negro 10YR 2/1, respectivamente (Cuadro 9).

La textura que predomina es migajón arcillo-limoso, hay también migajón arcilloso en la profundidad de 80 a 90 cm.

La densidad aparente varía de 0.69 a 0.54 g/cc, desciende ligeramente al aumentar la profundidad. La densidad real se mantiene muy homogénea entre valores de 1.98 y 2.19 g/cc. El espacio poroso es muy alto y oscila entre 66.2 y 74.3 %

El pH es ligeramente alcalino y ligeramente ácido con valores de 7.6 y 6.4. Con agua se mantiene en el rango de 7.6 a 7.0. Con KCl los valores varían de 6.8 a 6.4; en ambos casos los valores fluctúan ligeramente con la profundidad.

La materia orgánica presenta valores de 5.4 a 15.3%, los valores más altos se encuentran de los 110 a 130 cm de profundidad.

El Ca⁺⁺ intercambiable varía entre 26.4 y 31.9 meq/ 100 g, el Mg⁺⁺ entre 8.1 y 22.8 meq/ 100 g y el K⁺ entre 1.7 y 4.9 meq/l. El Na⁺ aumenta con la profundidad de 2.3 a 5.0 meq/ 100 g. Como se observa en la Gráfica 9 las concentraciones más altas de éstos cationes se registran en las profundidades 110 a 150 cm.

Los valores de CICT varía entre 41.4 y 48.4 meq/ 100 g y se mantienen muy homogéneos a lo largo de la calicata.

En las pastas de saturación, la solución del suelo presentan un pH alcalino, los valores se mantienen en un rango de 8.0 a 8.9 (Cuadro 10).

La C.E en la superficie presenta un valor de 1.8 y aumenta con la profundidad hasta un valor de 4.9 registrado de los 80 a 90 cm y disminuye hasta 3.5 de los 100 a 110 cm.

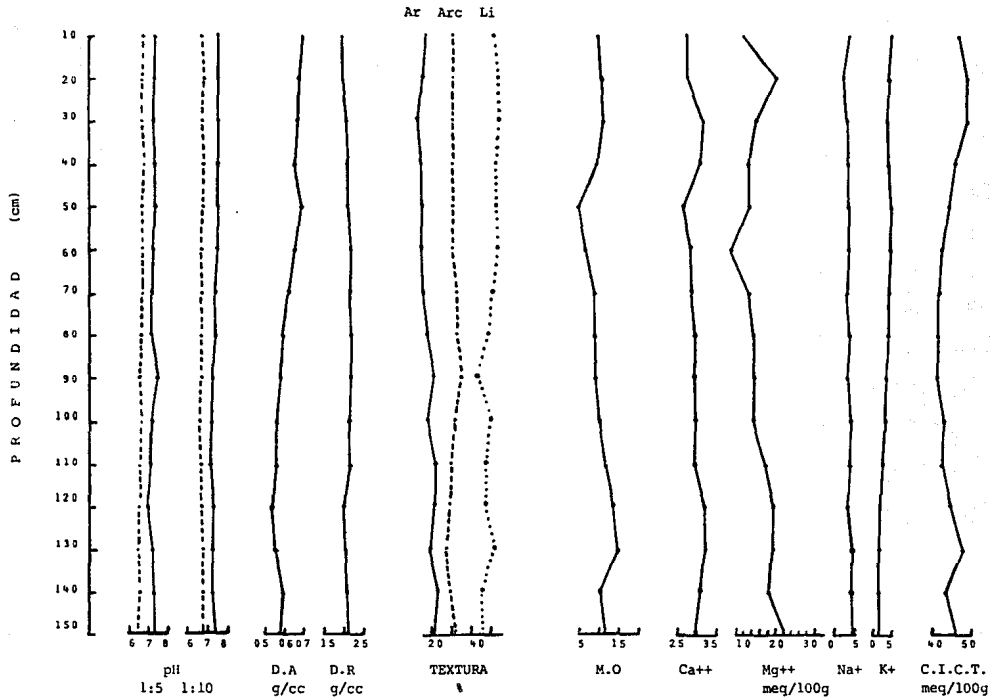
Entre los cationes solubles el Mg⁺⁺ varía entre 14.0 y 102.8 meq/l; el Ca⁺⁺ fluctúa entre 8.6 y 20 meq/l, el Na⁺ entre 8.7 y 17.4 y finalmente el K⁺ entre 3.5 y 1.8 meq/l. Para los tres últimos el mayor valor registrado está en la profundidad de 80 a 90 cm.

En el caso de los aniones los cloruros variaron entre 12 y 23 meq/l, los sulfatos entre 14.6 y 40.3 meq/ l, en ambos casos los mayores valores registrados fueron en la profundidad de 100 a 110 cm. No se registró presencia de carbonatos (por el método volumétrico Reitemeier, 1943), mientras que los bicarbonatos oscilaron entre 4.0 y 6.0 meq/l (Cuadro 10, Gráfica 10).

Cuadro 9. Resultados de los Análisis Físico - Químicos de la Calicata 5.
San Gregorio Atlapulco.

Profundidad cm	Color		Textura			D.A	D.R	P	pH		M.O	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	CICT	PSI		
	Seco	Húmedo	%Ar	%Li	%Arc				Agua	KCl									
							g/cc		1:5 1:10				meq/100 g						
0 - 10	10YR 6/2 Gris pardusco	10YR 3/1 Gris muy oscuro	17.2	52.0 Migajón arcillo-limoso	30.8	0.69	2.04	66.2	7.4	7.6	6.8	6.8	10.2	27.5	17.4	3.9	4.9	46.4	8.4
10 - 20	10YR 6/2 Gris pardusco	10YR 3/1 Gris muy oscuro	15.2	54.0 Migajón arcillo-limoso	30.8	0.68	2.04	66.6	7.4	7.6	6.7	6.9	10.8	27.5	19.7	2.3	4.0	48.4	4.7
20 - 30	10YR 6/2 Gris pardusco	10YR 3/1 Gris muy oscuro	13.2	55.4 Migajón arcillo-limoso	31.4	0.67	2.06	67.6	7.3	7.6	6.7	6.8	11.0	31.9	15.3	3.4	3.7	48.4	7.0
30 - 40	10YR 6/2 Gris pardusco	10YR 3/1 Gris muy oscuro	15.4	53.2 Migajón arcillo-limoso	31.4	0.66	2.08	67.9	7.4	7.6	6.8	6.9	9.5	30.8	13.3	3.7	4.0	45.6	6.1
40 - 50	10YR 6/3 Pardo pálido	10YR 2/2 Pardo muy oscuro	15.6	53.2 Migajón arcillo-limoso	31.2	0.69	2.12	67.3	7.4	7.6	6.7	6.8	5.4	26.4	13.5	3.5	4.4	-	-
50 - 60	10YR 6/3 Pardo pálido	10YR 2/2 Pardo muy oscuro	14.8	54.0 Migajón arcillo-limoso	31.2	0.66	2.15	68.9	7.3	7.5	6.7	6.7	6.5	28.6	8.1	3.7	5.3	42.6	8.6
60 - 70	10YR 6/2 Gris pardusco	10YR 3/1 Gris muy oscuro	15.8	51.0 Migajón arcillo-limoso	33.2	0.62	2.15	70.9	7.2	7.4	6.7	6.7	8.8	28.6	13.4	3.3	4.1	41.4	7.9
70 - 80	10YR 5/1 Gris	10YR 2/1 Negro	17.8	49.0 Migajón arcillo-limoso	33.2	0.59	2.17	72.6	7.2	7.4	6.6	6.7	8.9	29.7	14.4	3.9	4.0	41.4	9.4

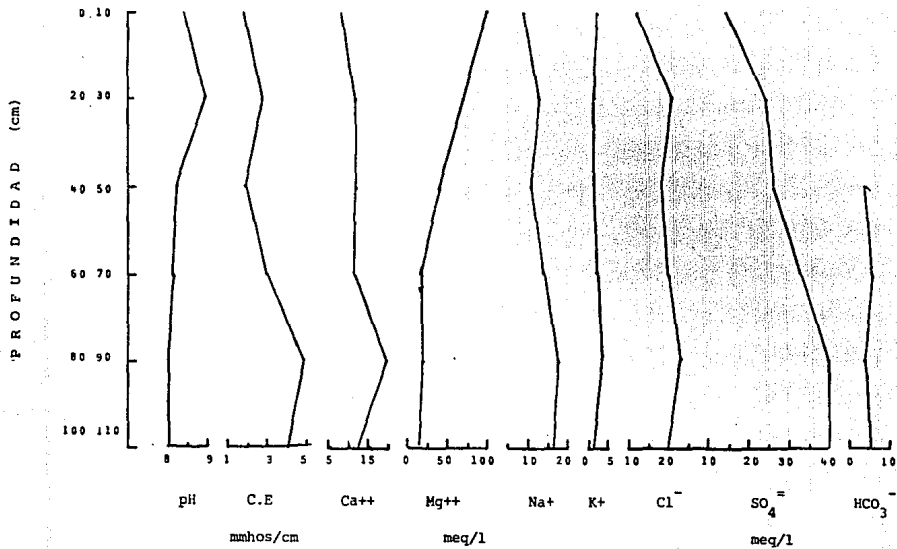
GRAFICA 9. RESULTADOS DE LOS ANALISIS FISICO-QUIMICOS DE LA CALICATA 5. SAN GREGORIO ATILAPULCO.



CUADRO 10. RESULTADOS DE LOS ANALISIS QUIMICOS DE LAS PASTAS DE SATURACION DE LA CALICATA 5 .
SAN GREGORIO ATLAPULCO.

Prof. cm	pH	C.E mmhos/cm	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺ meq/ l	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ⁼ meq/ l	CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁻
0 - 10	8.4	1.8	8.6	102.8	8.7	2.6	12.0	14.6	-	-
20 - 30	8.9	2.7	12.0	-	13.3	1.8	21.0	24.0	-	-
40 - 50	8.2	1.9	12.0	37.7	10.6	1.8	18.0	25.7	0.0	4.0
60 - 70	8.1	3.0	12.0	19.0	13.8	2.7	20.0	-	0.0	6.0
80 - 90	8.0	4.9	20.0	24.0	17.4	3.5	23.0	40.3	0.0	4.0
100 - 110	8.0	3.5	13.0	14.0	16.8	2.2	20.0	40.3	0.0	5.0

GRAFICA 10. RESULTADOS DE LOS ANALISIS QUIMICOS DE LAS PASTAS DE SATURACION DE LA CALICATA 5.
SAN GREGORIO ATLAPULCO.



CALICATA 6. - San Gregorio Atlapulco -
(Profundidad 0-140 cm)

El color varía a lo largo de toda la calicata, hay seis colores en seco: gris 10YR 5/1 en los 30 cm más superficiales y de los 100 a 130 cm, gris pardusco claro 10YR 6/2 de los 30 a 60 cm, gris claro 10YR 7/2 de los 60 a 70 cm, gris claro 10YR 7/1 de los 70 a 90 cm, gris 10YR 6/1 de los 90 a 100 y de los 130 a 140 cm el color es pardo grisáceo 10YR 4/2.

El color en húmedo es negro 10YR 2/1 en los primeros 30 cm así como, de los 90 a 140 cm; gris muy oscuro 10YR 3/1 de los 30 a 60 y de los 70 a 90 cm; pardo muy oscuro 10YR 2/2 de los 60 a 70 cm, y negro 10YR 2/1 de los 90 a 140 cm (Cuadro 11).

La textura predominante es migajón-limoso, aunque también hay migajón-arcilloso en la profundidad de 20 a 30 cm y migajón arcillo-limoso de los 60 a 70 cm.

La densidad aparente fluctúan en un rango que va de 0.67 a 0.27 g/cc, los valores más altos se encuentran en la superficie y disminuyen con la profundidad hasta los 70 y 90 cm cuya densidad es de 0.28 y 0.27 respectivamente, estos corresponden a la capa de color gris claro 10YR 7/1.

La densidad real varía de 1.82 a 2.07 g/cc, sin embargo la mayoría de las profundidades registran ligeras variaciones alrededor de 2.0 g/cc . Los valores de porosidad oscilan entre 67.8 y 86.3 %.

En la superficie se observa un pH ácido que oscila entre 5.1 y 5.3, posteriormente los valores se van haciendo mayores hasta presentar ligera alcalinidad, de 7.9 (1:10 con agua) y 7.7 (1:10 con KCl) de los 30 a 50 cm y disminuyen con la profundidad hasta 6.3 y 7.1, reacción del suelo ligeramente ácida y cercana a la neutralidad.

La materia orgánica varía a lo largo de la calicata entre 27 y 9.5 %, los mas altos porcentajes son registrados en las profundidades de 0 a 10 y de 10 a 20 cm en donde alcanza un 20 % y las profundidades de 120 a 130 y 130 a 140 cm donde tiene un 24.9 y 27 %, respectivamente.

Con respecto a los cationes de cambio el Ca++ presenta valores en un rango de 13.0 a 44.0 meq/ 100g, el Mg++ de 10.0 a 27.0 meq/100g, ambos cationes presentan tendencia muy similar a la observada en la materia orgánica (Gráfica 11).

El Na⁺ fluctúa en un rango de 18.5 y 8.2 meq/100g, los valores más altos están de 20 a 30 y de los 60 a 70 cm. El K⁺ varía de 0.2 a 1.3 meq/ 100 g, estos disminuyen con la profundidad.

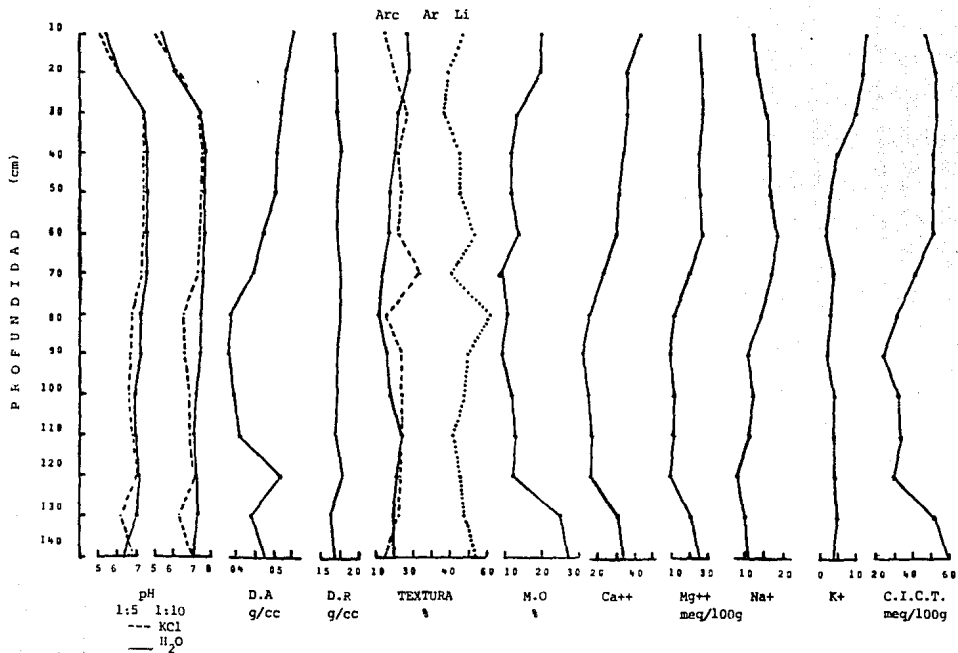
La CICT presenta valores entre 25.0 y 60.0 meq/ 100 g, los valores más altos se observan en la profundidad de 120 a 130 y de 130 a 140 cm donde se registran 54.2 y 60.0 meq/ 100 g, respectivamente.

El PSI varió entre 19 y 45.37 % . En la superficie se registró un valor de 26.26% ; en la gráfica 11 se observa que presenta una tendencia muy similar a la del Na⁺ intercambiable.

En las pastas de saturación, el pH de la solución del suelo presenta valores de 6.7 a 8.1. La C.E. disminuye de 10 a 2.9 mmhos/cm. El Ca⁺⁺ soluble disminuye de 39.9 a 4.0 meq/l; el Mg⁺⁺ mantuvo valores muy altos de 102.6 a 22.0 meq/l, el Na⁺ varía entre 69.1 y 20.9 y el K⁺ de 2.3 disminuye a 0.1 meq/l (Cuadro 12).

Entre los aniones solubles, los cloruros varían de 23.0 a 8.1 meq/l, los sulfatos de 75.4 a 21.4 meq/l. Para los carbonatos en la profundidad de 40 a 50 y de 70 a 80 cm se registraron valores de 2.0 y 4.0 meq/l, respectivamente. Los bicarbonatos oscilaron entre 7.0 y 2.5 meq/l. Tanto los cationes como los aniones disminuyen con la profundidad. (Gráfica 12).

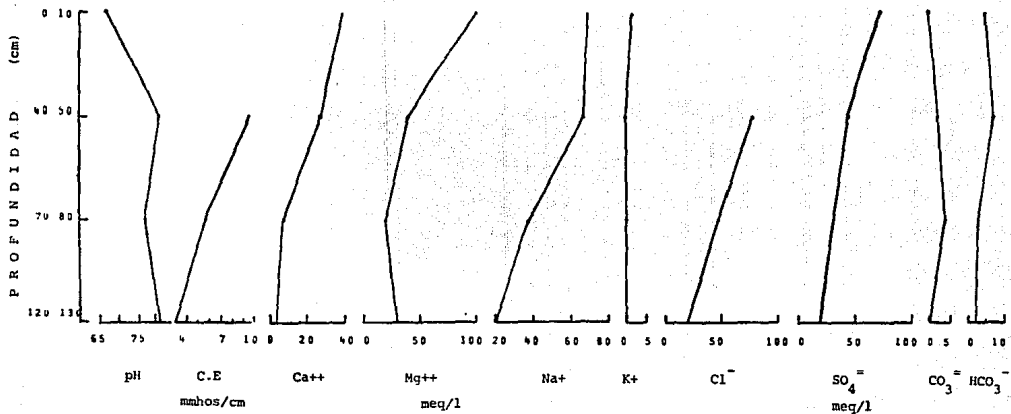
GRAFICA 11. RESULTADOS DE LOS ANALISIS FISICO-QUIMICOS DE LA CALICATA 6. SAN GREGORIO ATLAPULCO.



CUADRO 12. RESULTADOS DE LOS ANALISIS QUIMICOS DE LAS PASTAS DE SATURACION DE LA CALICATA 6.
SAN GREGORIO ATLAPULCO.

Prof. cm	pH	C.E mmhos/cm	Ca ⁺⁺ _____	Mg ⁺⁺ _____	Na ⁺ _____	K ⁺ _____	Cl ⁻ _____	SO ₄ ⁼ _____	CO ₃ ⁼ _____	HCO ₃ ⁻ _____
			meq/l				meq/l			
0 - 10	6.7	-	39.9	102.6	69.	2.3	-	75.4	0.0	5.0
40 - 50	8.1	10.0	27.5	40.8	67.0	0.2	81.0	-	2.0	7.0
70 - 80	7.7	5.5	8.7	22.0	37.9	0.1	46.0	44.5	4.0	3.0
120 - 130	8.1	2.9	4.0	33.0	20.9	0.1	23.0	21.4	0.0	2.5

GRAFICA 12. RESULTADOS DE LOS ANALISIS QUIMICOS DE LAS PASTAS DE SATURACION DE LA CALICATA 6.
SAN GREGORIO ATLAPULCO.



CALICATA 7. " San Gregorio Atlapulco "
(Profundidad 0-80 cm)

El color del suelo en seco es gris 10YR 5/1 y pardo grisáceo 10YR 5/2; el primero es el que predomina y el pardo grisáceo se observa sólo de los 30 a 60 cm. El color en húmedo es negro 10YR 2/1 y gris muy oscuro 10YR 3/1 (Cuadro 13).

La textura es migajón-arcillosa principalmente, hay también migajón-limosa en la profundidad de 40 a 50 cm y franca de los 50 a 60 cm.

Los valores de densidad aparente varían en un rango que va de 0.39 a 0.61 g/cc, mientras que la densidad real varía de 1.48 a 2.10 g/cc. La porosidad es muy alta y varía de 68.3 a 78.2 %.

El pH con agua es alcalino y fluctúa entre 9.8 y 8.0 y con KCl de 9.3 a 7.6. Los valores descienden con la profundidad, excepto el pH con agua (en relación 1:10) que aumenta a 9.8 en la profundidad de 30 a 40 cm.

La materia orgánica varía entre 12.2 y 21.8 %. Los contenidos son ligeramente mayores al aumentar la profundidad, excepto de los 20 a 40 cm.

Los cationes intercambiables presentan los siguientes rangos: el Ca⁺⁺ disminuye de 48.4 a 26.4 meq/100 g, el Mg⁺⁺ de 46.4 a 31.4, el Na⁺ de 63.1 a 15.2 y el K⁺ de 4.3 a 0.5 meq/100 g. Los valores más altos se observan en la superficie.

Con respecto a la CICT los valores van de 58.2 meq/100g a 70.1 meq/ 100g ; de 50 a 80 cm la CICT es más alta y coincide con el mayor porcentaje de materia orgánica (Cuadro 13, Gráfica 13).

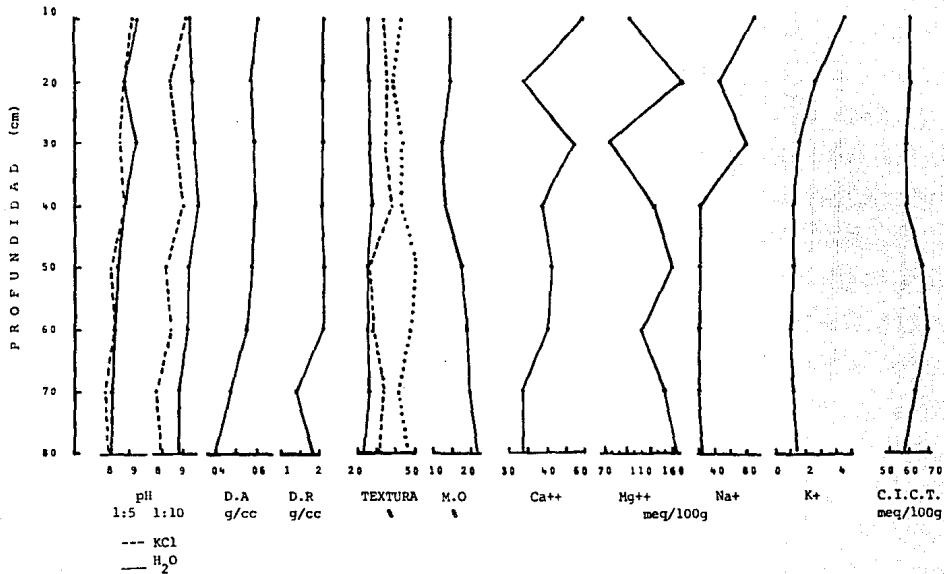
El pH del extracto de las pastas de saturación del suelo, muestran valores alcalinos y muy alcalinos, con valores de 8.2 a 9.0 (Cuadro 14). La C.E varía de 41.0 a 5.0 mmhos/cm, el valor más alto que se registró fue en la superficie.

El Ca⁺⁺ soluble varía de 40.0 a 7.0 meq/l, el K⁺ de 3.9 a 0.5 meq/l; en ambos las concentraciones más altas se observan en los primeros 20 cm.

Los valores de Na⁺ y Mg⁺⁺ solubles son muy altos en la superficie, alcanzan los 429.4 y 260.0 meq/l respectivamente; al aumentar la profundidad disminuyen hasta 35.3 y 16.5 meq/l.

Entre los aniones solubles, los cloruros varían de 1350.0 a 28.0 meq/l, los sulfatos de 247.6 a 40.3, los carbonatos de 4.0 a 2.0 y los bicarbonatos de 16.0 a 10 meq/l. Igual que el Ca⁺⁺ y Mg⁺⁺ solubles, los cloruros y sulfatos muestran una tendencia similar (Gráfica 14).

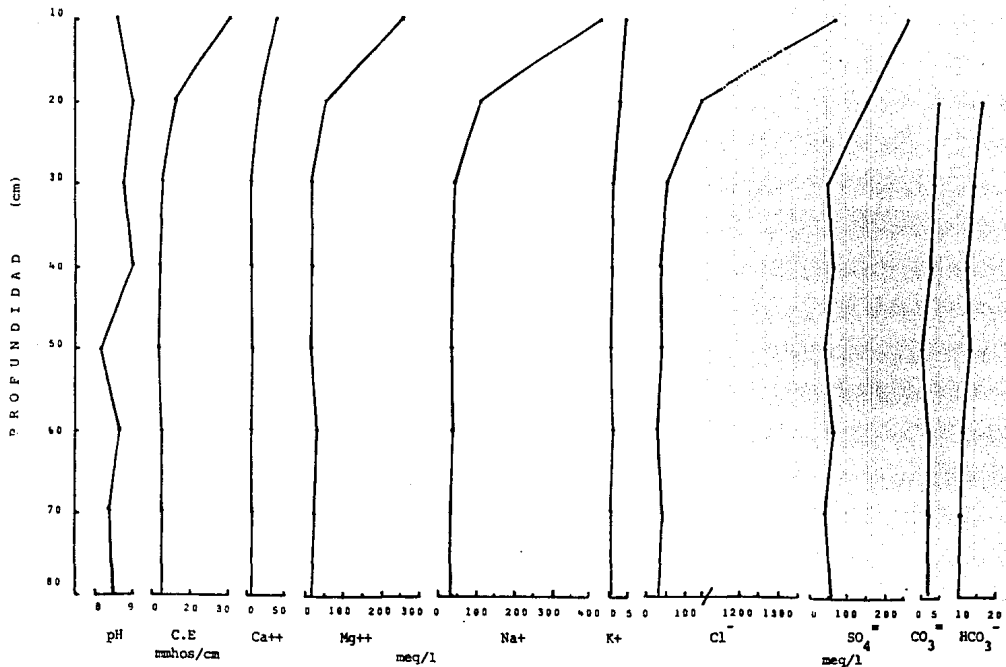
GRAFICA 13. RESULTADOS DE LOS ANALISIS FISICO-QUIMICOS DE LA CALICATA 7. SAN GREGORIO ATLAPULCO.



CUADRO 14. RESULTADOS DE LOS ANALISIS QUIMICOS DE LAS PASTAS DE SATURACION DE LA CALICATA 7.
SAN GREGORIO ATLAPULCO.

Prof. cm	pH	C.E mhos/cm	Ca ⁺⁺ ----- meq/ l	Mg ⁺⁺ ----- meq/ l	Na ⁺ ----- meq/ l	K ⁺ ----- meq/ l	Cl ⁻ ----- meq/ l	SO ₄ ⁼ ----- meq/ l	CO ₃ ⁼ ----- meq/ l	HCO ₃ ⁻ ----- meq/ l
0 - 10	8.6	41.0	40.0	260.0	429.4	3.9	1350.0	247.6	-	-
10 - 20	9.0	13.0	18.0	54.0	115.7	2.4	140.0	-	4.0	16.0
20 - 30	8.8	6.2	8.0	21.0	48.9	0.8	47.0	46.3	-	-
30 - 40	9.0	5.1	8.0	23.0	40.2	0.5	35.0	60.8	2.0	12.0
40 - 50	8.2	5.1	11.0	16.5	35.8	0.6	37.0	40.3	0.0	13.0
50 - 60	8.7	6.2	9.0	31.0	40.2	0.7	28.0	64.3	2.0	11.0
60 - 70	8.4	5.8	7.0	24.0	35.8	0.5	40.0	44.5	-	-
70 - 80	8.5	5.0	7.5	21.8	35.3	0.5	37.0	61.7	2.0	10.0

GRAFICA 14. RESULTADOS DE LOS ANALISIS QUIMICOS DE LAS PASTAS DE SATURACION DE LA CALICATA 7.
SAN GREGORIO ATLAPULCO.



CALICATA 8. " San Gregorio Atlapulco "
(Profundidad 0-70 cm.)

El color que predomina en seco es gris 10YR 5/1, hay también 10 YR 6/1 en la profundidad de 30 a 40 cm. En húmedo el suelo es de color negro 10 YR 2/1 (Cuadro 15).

La textura del suelo es migajón arcillosa de la superficie hasta los 40 cm, de los 40 a 50 cm es franca, y arcillosa de los 50 a 70 cm de profundidad.

La densidad aparente varía de 0.59 a 0.46 g/cc. Los valores de la densidad real se mantienen constantes a lo largo de la calicata oscilando entre 1.9 y 2.1 g/cc (Gráfica 15). La porosidad es muy alta y aumenta con la profundidad de 69.3 a 78.4 %.

Los valores de pH con agua son alcalinos y varían de 8.8 a 9.6 y con KCl de 7.4 a 8.2 con KCl. En la superficie el pH es de 9.0 con agua y de 7.9 con KCl (ambos en relación 1:10).

La materia orgánica va de 16.7 a 10.4 %, el porcentaje más alto se encuentra en la superficie y el menor a la profundidad de 40 a 50 cm.

En relación a los cationes intercambiables, el Ca⁺⁺ varía de 63.0 a 27.0 meq/100 g, el Mg⁺⁺ de 10 a 25 meq/100 g. El valor más bajo para el Mg⁺⁺ esta en la profundidad de 0 a 20 cm, al contrario del Na⁺ que tiene los valores más altos en la superficie y disminuye de 19.0 a 2.2 meq/100 g. El K⁺ varía entre 2.4 a 0.2 meq/100 g.

La CICT varía entre 60.1 y 48.7 meq/100 g, hay una ligera tendencia a disminuir con la profundidad (Gráfica 15).

En las pastas de saturación se observa un pH alcalino que fluctúa entre 8.9 a 8.4 (Cuadro 16).

La C.E en la superficie es de 7.5 mmhos/cm, y disminuye hasta 1.8 mmhos/cm a la profundidad de 60 a 70 cm.

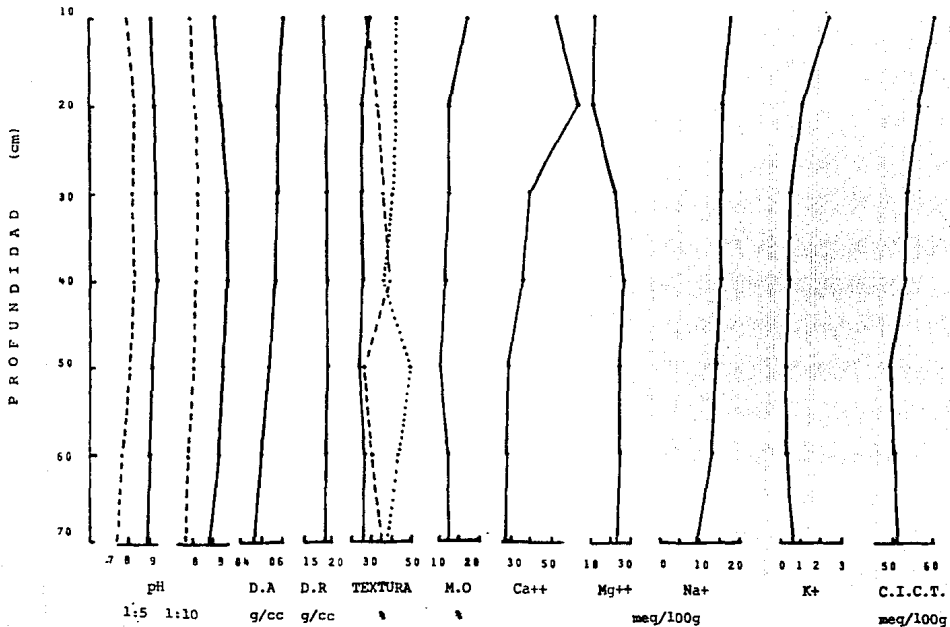
El Ca⁺⁺ soluble varía entre 13.0 y 2.0 meq/l, el Mg⁺⁺ entre 16.0 y 6.0, el Na⁺ entre 56.1 y 17.9 meq/l, el K⁺ entre 2.0 y 0.1 meq/l.

Los cloruros disminuyen de 46.0 a 17.0 meq/l, los sulfatos de 73.7 a 5.1, los bicarbonatos de 14.0 a 6.0 meq/l. En el caso de los carbonatos no se detectó su presencia excepto en la superficie donde tiene un de valor de 2.0 meq/l (Cuadro 16, Gráfica 16).

Cuadro 15. Resultados de los Análisis Físicos - Químicos de la Calicata 8.
San Gregorio Atlapulco.

Profundidad cm	Color		Textura			D.A g/cc	D.R	P %	pH:		M.O		Ca ⁺⁺ Mg ⁺⁺ Na ⁺ K ⁺ meq/100 g				CICL	PSI	
	Seco	Húmedo	%Ar	%Li	%Arc				Agua 1:5	1:10	KCl 1:5	1:10							
0 - 10	10YR 5/1 Gris	10YR 2/1 Negro	28.8	42.0	29.2	0.59	1.92	69.3	9.0	9.0	7.9	7.8	16.7	52.0	11.0	19.0	2.4	60.0	31.6
10 - 20	10YR 5/1 Gris	10YR 2/1 Negro	24.8	42.0	33.2	0.57	2.10	73.3	9.2	9.3	8.2	8.1	12.5	63.0	10.0	14.7	1.0	55.7	26.4
20 - 30	10YR 5/1 Gris	10YR 2/1 Negro	24.6	40.0	35.4	0.57	2.17	73.4	9.3	9.6	8.1	8.2	12.0	39.0	21.0	13.6	0.4	52.9	25.7
30 - 40	10YR 6/1 Gris	10YR 2/1 Negro	25.2	36.0	38.8	0.56	2.17	74.2	9.3	9.6	8.2	8.1	11.1	35.0	25.0	13.6	0.3	52.7	25.8
40 - 50	10YR 5/1 Gris	10YR 2/1 Negro	24.0	49.8	26.2	0.53	2.18	75.5	9.1	9.4	8.0	8.0	10.4	27.0	23.0	10.9	0.2	48.7	22.3
50 - 60	10YR 5/1 Gris	10YR 2/1 Negro	26.0	43.4	30.6	0.49	2.07	75.9	9.0	9.2	7.6	7.7	11.8	27.0	23.0	9.5	0.2	50.2	18.9
60 - 70	10YR 5/1	10YR 2/1	26.4	38.0	35.6	0.46	2.16	78.4	8.9	8.8	7.4	7.6	11.7	27.0	22.0	2.2	0.6	51.2	4.2

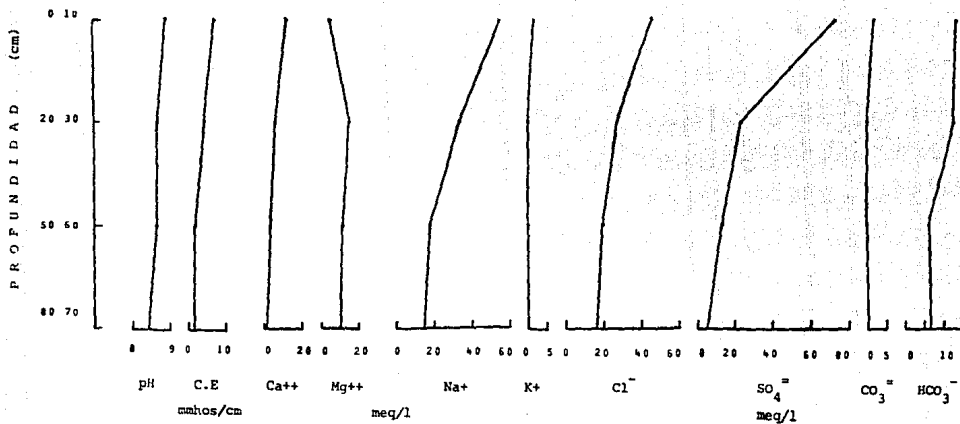
GRAFICA 15. RESULTADOS DE LOS ANALISIS FISICO-QUIMICOS DE LA CALICATA 8. SAN GREGORIO ATLAPULCO.



CUADRO 16. RESULTADOS DE LOS ANALISIS QUIMICOS DE LAS PASTAS DE SATURACION DE LA CALICATA 8 .
SAN GREGORIO ATLAPULCO.

Prof. cm	pH	C.E mmhos/cm	Ca ⁺⁺ _____	Mg ⁺⁺ _____ meq/ l	Na ⁺ _____	K ⁺ _____	Cl ⁻ _____	SO ₄ ⁼ _____ meq/ l	CO ₃ ⁼ _____	HCO ₃ ⁻ _____
0 - 10	8.9	7.5	13.0	6.0	56.1	2.0	46.0	73.7	2.0	14.0
20 - 30	8.7	4.3	7.0	16.0	34.6	0.1	28.0	23.3	0.0	13.0
50 - 60	8.6	2.3	4.0	12.0	17.9	0.3	20.0	13.7	0.0	6.0
60 - 70	8.4	1.8	2.0	10.0	15.5	0.8	17.0	5.1	0.0	6.5

GRAFICA 16. RESULTADOS DE LOS ANALISIS QUIMICOS DE LAS PASTAS DE SATURACION DE LA CALICATA 8.
SAN GREGORIO ATLAPULCO.



DISCUSION

Los análisis realizados en cuatro chinampas que pertenecen a San Luis Tlaxialtemalco muestran que estos suelos presentan en seco tonalidades de gris, principalmente 10YR 6/1 y/6 10YR 5/1. Algunas calicatas son muy homogéneas en color (como la Calicata 1), otras presentan ligeras variaciones (Calicata 3), aunque también las hay con mayor diferenciación entre profundidades, como en la Calicata 4, donde se diferencia una capa gris claro o blanca que contrasta con el resto de la calicata. Esta capa se encuentra a la profundidad de 60 a 90 cm y su color en seco es 10YR 7/1.

Estas diferencias de color a lo largo de la calicata, y entre las calicatas son consecuencia de las labores de depositación irregular tanto en tiempo como en la naturaleza de los materiales orgánicos y agualodo que se extrae del fondo de los canales. Los materiales orgánicos que con frecuencia se adicionan son abonos verdes (como el lirio, otras plantas acuáticas y restos de la cosecha anterior) así como estiércoles. De lo que no es difícil deducir que las tonalidades oscuras del suelo sean debidas a la naturaleza orgánica de estos suelos antrópicos.

Las densidades aparentes son bajas (menores a 1 g/cc) tiene valores entre 0.26 y 0.58 g/cc. Las densidades reales son también bajas y oscilan entre 1.4 y 2.1 g/cc. Al relacionar ambas densidades se obtienen porcentajes altos de porosidad, en la mayoría de los casos mayor del 70% ; esta es otra característica muy positiva desde el punto de vista de fertilidad de estos suelos y es conferida principalmente por los altos contenidos de materia orgánica, además de la influencia que tiene la textura.

La textura a lo largo de las diferentes calicatas es migajón limosa, migajón arcillosa, arcilla, franca y migajón arenosa. Los contenidos de arena entre y a lo largo de las calicatas oscilaron entre 19.2 y 55.6%, los limos entre 19.6 y 62.4 % y las arcillas entre 12.4 y 63.4% .

La textura predominante es migajón arcillosa, sin embargo en la superficie en general es migajón limosa (cuyos porcentajes de limos oscilan entre 53 y 62%) a consecuencia de la frecuente adición de agualodo o material que se extrae del fondo de los canales, actividad que se desarrolla tradicionalmente.

Con menor frecuencia la textura es franca y arcilla, en la mayoría de las veces se presentan a mayor profundidad, la franca después de los 70 cm (como en la Calicatas 1, 2 y 3) y la textura arcilla después de los 40 cm (como en la Calicata 3, 2 y 4). Es probable que los mayores contenidos de arcilla se encuentren a mayor profundidad a consecuencia de su transporte con el agua de riego dado la elevada porosidad de estos suelos. La textura migajón arenosa sólo se registró en una ocasión (Calicata 2) a la profundidad de 70 a 80 cm, presenta un 55.2% de arena.

El pH que se registró en los primeros 30 centímetros es alcalino, alcanza valores de 9.3 con agua y 8.6 con solución salina; en todas las chinampas se observó una marcada tendencia a disminuir al aumentar la profundidad, esto se debe a la acumulación de las sales que no alcanzan a ser lavadas por la lluvia y/o por el agua de los canales que se adiciona al momento del riego de las chinampas y, por efecto de capilaridad ascienden hasta la superficie donde frecuentemente afloran y forman costras de color pardo y blancas, esto fue corroborado con la determinación de C.E.

Los porcentajes de materia orgánica son muy altos, se mantienen en un rango de 6.3 a 42.6 %, en la mayoría de los casos los contenidos oscilaron entre 10 y 20%. Esta propiedad química le confiere cualidades potencialmente muy fértiles a estos suelos; tales como, adecuado abastecimiento de nutrimentos y alta capacidad de intercambio catiónico.

Los valores de CICT son altos y varían entre 30 y 93.5 meq/100 g; presentan un comportamiento muy similar al porcentaje de materia orgánica ya que esta fracción coloidal del suelo es de suma importancia en los eventos de intercambio catiónico y fertilidad del suelo.

En relación a los cationes intercambiables se tienen contenidos altos de Ca⁺⁺, Mg⁺⁺ y K⁺; en el caso del Ca⁺⁺ los resultados mostraron valores entre 48.3 y 16.5 meq/100g de suelo. El Mg⁺⁺ varía entre 39.5 y 8.7 y el K⁺ alcanza valores de hasta 7 meq/100g. En las gráficas se aprecia una tendencia muy común con la materia orgánica, debido a la alta capacidad de adsorción de esta fracción del suelo.

Por otro lado los contenidos de Na^+ intercambiable en los primeros centímetros superficiales son muy elevados los cuales oscilan entre 48.9 y 13.6 meq/100g, en todas las calicatas los cationes disminuyen al aumentar la profundidad.

En las cuatro calicatas se observó que el Ca^{++} es el ión más abundante, le continúa el Mg^{++} y el Na^+ . Sin embargo los valores registrados de PSI son mayores del 15 % y varían entre 90.2 y 26.2% ; los valores más altos están en la superficie, lo que nos indica que estos suelos presentan fuertes problemas de sodicidad (fuerte y extrema sodicidad).

El pH de la solución del suelo (extracto de las pastas de saturación) en las diferentes calicatas es alcalino hay valores de hasta 9.0. En general los valores más altos están en la superficie y varían de 8.3 a 8.5. Esta característica es debida a los altos contenidos de Na^+ en el suelo. La C.E en la superficie varía de 37.0 a 7.3 mmhos/cm (a 25°C).

La C.E en las cuatro calicatas fué mayor de 4 mmhos/cm (valor máximo recomendable para el buen desarrollo vegetal de la mayoría de los cultivos, USDA. 1982). En la Calicata 1, la C.E de la profundidad de 0 a 10 fue de 14.3 mmhos/cm; en la Calicata 2 fué de 7.3 y en la 3 de 37.0 mmhos/cm. En todos los casos los valores disminuyen al aumentar la profundidad. En la Calicata 4 en la profundidad de 20 a 30 cm se registró una C.E de 3.3 mmhos/cm, es probable que a la profundidad de 0 a 10 cm se registre un valor superior a 4 mmhos/cm. De esta manera observamos que los suelos de las cuatro chinampas tienen problemas de salinidad y sodicidad.

Según USDA se trata de suelos salino-sódicos. De acuerdo a Pizarro 1978, el suelo de la Calicata 1 es fuertemente salino y extremadamente sódico, el de la Calicata 2 presenta problemas de mediana salinidad y extrema sodicidad. La Calicata 3 se trata de un suelo extremadamente salino sódico; la Calicata 4 denotó características de ligera a mediana salinidad y extrema sodicidad.

Es probable que las diferencias en el contenido de sales entre las calicatas sean debidas principalmente al manejo diferente que se les ha venido dando a cada chinampa y a la diferente altura (con respecto a la napa freática) que tienen.

El Ca^{++} que se registra en las calicatas disminuye de 22 a 0.9 meq/l, el Mg^{++} entre 130 y 0.9 meq/l, el Na^+ entre 321 y 21.7 meq/l y el K^+ entre 1.3 y 0.1 meq/l. En todos los casos se observa la misma tendencia que la C.E. A diferencia de los cationes intercambiables, el Na^+ soluble es el catión de mayor concentración en la solución del suelo, le continúa el Mg^{++} , Ca^{++} y K^+ .

En relación a los aniones solubles se registró que : los Cl- varían de 66 a 7 meq/l, los SO₄= de 189.4 a 2.6 meq/l. Los CO₃= tienen valores de hasta 7.0 meq/l, sin embargo en la mayoría de las profundidades no se detectó su presencia. Los HCO₃- varían de 9 a 2.5 meq/l. Las máximas concentraciones se registran en la superficie de cada calicata, lo que confirma la acumulación de sales en la superficie.

Los aniones más abundantes son los sulfatos, le continúan los cloruros, bicarbonatos y finalmente los carbonatos. Relacionando los cationes y aniones solubles se puede deducir que las sales más abundantes en estos suelos de chinampa son los sulfatos de sodio, sulfato de magnesio, cloruro de sodio y cloruro de magnesio, principalmente.

En relación a los suelos de las chinampas de San Gregorio Atlapulco se tuvo lo siguiente; el color del suelo en seco es muy heterogéneo, y varía en pardo grisáceo 10YR 4/2, gris 10YR 5/1, gris 10YR 6/1, gris pardusco 10YR 6/2, pardo pálido 10YR 6/3 y gris claro 10YR 7/1. En las calicatas el color dominante es el gris pardusco 10YR 6/2 y gris 10YR 5/1 como en las Calicatas 5 y 6, respectivamente. Las Calicatas 7 y 8 son las más homogéneas y predomina el color gris 10YR5/1.

Los contenidos de materia orgánica son altos y varían de 5.4 a 21.8%; en la mayoría de los casos se mantuvo entre 10 y 15% .

Las densidades aparentes son muy bajas, se registran valores de 0.27 a 0.69 g/cc; en la mayoría de las muestras osciló alrededor de 0.6 g/cc. La densidad real se mantiene entre 1.8 y 2.18 g/cc. La alta porosidad de estos suelos fluctúa entre 66 y 86%. Los valores más bajos de densidad se registraron en la Calicata 6 y coinciden con la capa gris claro o blanca (10YR 7/1) observada también en la Calicata 4, cuyo valor es de 0.27 g/cc y 1.8 g/cc.

Con respecto a la textura la fracción que domina es el limo y oscila entre 38.4 y 72.0 %; la fracción arcilla varía entre 14.6 y 38.8% y la arena entre 13.2 y 28.8%. Las texturas que se registran son las siguientes: migajón limosa, migajón arcillo limosa, migajón arcillosa, franca y arcilla. En algunas calicatas la textura dominante es la migajón arcillo-limoso como en la Calicata 5 y en otras es migajón limosa como la Calicata 6. En las Calicatas 7 y 8 la textura más común entre las profundidades es la migajón arcillosa; la franco-arcillosa y arcilla se registran a mayor profundidad.

De los cationes intercambiables el Ca⁺⁺ es el más abundante excepto en la Calicata 7; le continua el Mg⁺⁺, Na⁺ y K⁺. El Ca⁺⁺ varía entre 63 y 13 meq/100 g, el Mg⁺⁺ de 46 a 8.1, el Na⁺ de 63 a 2.2 y el K⁺ de 4.9 a 0.6 meq/100g. En la Calicata 7 el Na⁺ es el más abundante y registra las concentraciones más altas (varía de 63.1 a 16.3 meq/100 g) al igual que el Mg⁺⁺ que osciló entre 46.4 y 32.4 meq/100g, le continuo el Ca⁺⁺ y posteriormente el K⁺.

La reacción del suelo en las diferentes calicatas es muy variable, las hay ligeramente ácidas, neutras o ligeramente alcalinas y muy alcalinas. Del mismo modo las concentraciones de cationes y aniones solubles entre calicatas es muy variable, en algunas el Mg++ es el más abundante, en otras lo es el Na+. En todos los casos el Ca++ y K+ ocuparon el tercer y cuarto sitio en abundancia.

Los valores de Ca++ soluble registrados fluctúan entre 40 y 2 meq/l, el Mg++ entre 260 y 6, el Na+ oscila entre 429.4 y 2.3 y el K+ entre 3.9 y 0.1 meq/l. Entre los aniones, los cloruros y sulfatos tienen un amplio rango; los sulfatos varían entre 247.6 y 5.1 meq/l y los cloruros entre 1350 y 23 meq/l; los bicarbonatos se mantienen entre 16 y 2.5 meq/l. No se detectaron carbonatos, excepto en la Calicata 1 donde hay valores muy bajos de 4 a 2 meq/l.

El pH en la Calicata 6 presenta características ligeramente ácidas en la superficie y aumentan a ligeramente alcalinas con la profundidad. El pH registrado en la superficie varía de 5.1 a 5.5 y aumento con la profundidad hasta 7.9. El comportamiento es muy similar al Na+ intercambiable. La C.E. mostró problemas de fuerte salinidad, el valor más superficial se registró a la profundidad de 40 a 50 cm y alcanza un valor de 10 mmhos/cm (no fué posible la determinación en los centímetro superiores, sin embargo se puede inferir que la C.E. fuese superior a los 10 mmhos/cm). El PSI oscila a lo largo de la calicata entre 18.2 y 45.6 %, en la superficie es de 26.3 %.

De los cationes solubles el Mg++ esta en mayor concentración, le continua el Na+, el Ca++ y el K+, en ese orden de abundancia. Entre los aniones los cloruros y sulfatos son los más abundantes y en mucho menor proporción los bicarbonatos y carbonatos. De lo anterior se puede inferir la posible predominancia de sales del tipo del cloruro de sodio, cloruro de magnesio y sulfato de magnesio lo que explica los valores de pH ligeramente ácidos y ligeramente alcalinos observados en la superficie.

La Calicata 5 presenta reacción del suelo de ligeramente ácida a ligeramente alcalina, a lo largo de la calicata disminuye de 6.8 (KCl) y 7.6 (Agua) valor en la superficie, hasta 6.4 y 7.3 registrado a mayor profundidad (140-150 cm). El PSI oscila de 10.8 a 4.7 %; en la superficie se registra un valor de 8.4 %, lo que nos indica que esta chinampa aparentemente no presenta problemas de sodicidad.

La C.E. del extracto de la pasta de saturación en la superficie no excede los 4 mmhos/cm (en la superficie alcanzó un valor de 1.8 mmhos/cm). Al relacionar esto con los aspectos anteriores se observa que la Calicata 5 no presenta problemas de salinidad ni sodicidad, por lo que se considera (según USDA) como un suelo normal.

Sin embargo hay que tener cuidado en el uso y manejo de este suelo, pues puede transformarse en un suelo sódico. Al considerar el PSI de la superficie (8.4%) según Pizarro (1978) este suelo puede clasificarse como un suelo ligeramente sódico. Es probable que esta condición este dada por el frecuente lavado de las sales ocasionado por los extensivos volúmenes de agua que se aplican en el momento del riego, ya que los mayores contenidos de Na^+ solubles, cloruros y sulfatos se presentan a mayor profundidad, tal y como sucede con los valores de la C.E. . Por otro lado el Na^+ intercambiable solo presenta ligeras variaciones al aumentar la profundidad, el Na^+ no ha sido removido significativamente de la superficie de la chinampa con la sola aplicación del agua de riego. De continuar con los lavados del suelo (riego) sin la previa remoción del Na^+ (mediante el uso de algún mejorador) este suelo corre el riesgo a mediano y largo plazo de sodificarse aún más.

De los cationes solubles el Mg^{++} es el más abundante, le sigue el Ca^{++} , Na^+ y K^+ , mientras que los aniones los sulfatos son los de mayor concentración varían entre 40.3 y 14.6 meq/l, le continúan los cloruros con valores de 12 a 23 meq/l; en todas las determinaciones los valores que se registran son los más bajos entre las diferentes calicatas. Esto puede ser debido a que la chinampa es alta con respecto al nivel freático lo que podría influir en la menor posibilidad de que las sales afloren en la superficie ya que tienen que recorrer una mayor longitud a través del suelo, llegando a la superficie en menor concentración.

La Calicata 7 y 8 son fuertemente alcalinas, alcanzan valores de 8.0 a 9.8 y de 8.8 a 9.6 , respectivamente. Entre los cationes intercambiables el Ca^{++} y el Mg^{++} son los más abundantes; sin embargo en ambas calicatas los PSI exceden al 15%. En la Calicata 7 alcanzó un valor de 41.1 y en la Calicata 8, 31.6%, lo que nos indica que ambas calicatas presentan problemas de sodicidad.

La Calicata 7 registró una C.E en la superficie igual a 41 mmhos/cm y disminuye con la profundidad hasta 5.0 mmhos/cm. El Na^+ soluble presenta concentraciones muy altas de hasta 429.4 meq/l, el Mg^{++} varía de 260 meq/l a 16.5 meq/l, el Ca^{++} de 40 a 7.0 y el K^+ de 3.9 a 0.5 meq/l. Entre los aniones solubles los cloruros son extremadamente altos, los valores ascendieron hasta los 1350 meq/l. Los sulfatos le precedieron en abundancia y disminuyen de 247.6 a 40.3 meq/l. Los bicarbonatos se presentan en mucho menor concentración y varían de 16 a 10 meq/l. En esta calicata las concentraciones son las más altas registradas.

Por otro lado la Calicata 8 presentó C.E menores que la calicata anterior pero superiores a 4 mmhos/cm, los valores disminuyeron de 7.5 a 1,7 mmhos/cm.

Entre los cationes solubles se observa similar tendencia en cuanto a dominancia de los mismos, aunque se presentan concentraciones mucho menores que la Calicata 8, sin embargo aún los valores tienden a ser elevados. Entre los aniones solubles, los sulfatos disminuyen de 73.7 a 5.1 meq/l, los cloruros oscilan entre 46.0 y 17.0 meq/l. Los bicarbonatos fluctúan entre 14 y 6 meq/l .

De acuerdo a los resultados obtenidos podemos observar que los suelos de ambas calicatas presentan fuertes problemas de contaminación por sales y sodio, y se consideran como suelos salino-sódicos, aunque los efectos nocivos son más fuertes en la Calicata 7.

CONCLUSIONES

Después de los análisis físicos y químicos efectuados a los suelos de San Luis Tlaxialtemalco y San Gregorio Atlapulco se concluye lo siguiente:

Los suelos de chinampa desde el punto de vista de fertilidad son suelos potencialmente muy aptos para la agricultura, ya que presentan características muy favorables para el desarrollo vegetal, tales como textura adecuadas, altos contenidos de materia orgánica, alta porosidad, adecuados niveles de Ca^{++} , Mg^{++} y K^+ , alta capacidad de intercambio catiónico, sin embargo hay diferentes problemas de contaminación de sales y sodio que contrarrestan su calidad y rendimientos de sus cosechas.

Los resultados obtenidos de las chinampas de San Luis Tlaxialtemalco indican que se trata de suelos salino-sódicos. En todos los casos la C.E. y el PSI en la superficie fue superior a los 4 mmhos/cm y 15% respectivamente, valores establecidos por la USDA como límites para la consideración de los suelos con problemas de salinidad y sodicidad. Entre las calicatas la C.E. varió de 7.3 a 37.0 mmhos/cm a 25°C y el PSI osciló entre 26.2 y 90.2 %.

De acuerdo a Pizarro (1978), la calicata 1 que tiene C.E en la superficie de 14.3 mmhos/cm y PSI de 41.3% presenta problemas de fuerte salinidad y extrema sodicidad; la calicata 2 con C.E de 7.3 mmhos/cm y PSI de 43.7% tiene mediana salinidad y extrema sodicidad; la calicata 3 con C.E de 37.0 mmhos/cm y PSI de 90.2% presenta extrema salinidad y sodicidad, y la calicata 4 con C.E mayor de 3.3 mmhos/cm y PSI de 26.6% problemas de ligera salinidad y fuerte sodicidad.

Las sales solubles más abundantes son los sulfatos, le continúan los cloruros y en menor proporción los bicarbonatos y carbonatos. Entre los cationes el Na^+ y Mg^{++} son los más abundantes, por lo que es muy posible altas concentraciones de Na_2SO_4 , $MgSO_4$, $NaCl$ y $MgCl_2$, sales sumamente nocivas para los cultivos.

En relación a los suelos de chinampa de San Gregorio Atlapulco se tiene que los hay sin problemas y con diferentes grados de contaminación salina y/o sódica, en función del uso y manejo que se les da a las mismas.

Según USDA (1983) el suelo de la calicata 5 es un suelo normal. La calicata 6, 7 y 8 se clasifican como suelos salino-sódicos. El suelo de la calicata 7 es el más seriamente afectado de todas las chinampas analizadas.

De acuerdo a Pizarro (1978) el suelo de la calicata 5 con C.E de 1.8 mmhos/cm y PSI de 8.4% se clasifica como ligeramente sódico, el de la calicata 6 con C.E mayor a 10 mmhos/cm y PSI de 26.3% como fuertemente salino y sódico, la calicata 7 con 41.1 mmhos/cm y PSI de 41.0% como extremadamente salino y sódico y la calicata 8 con C.E de 7.5 mmhos/cm y PSI de 31.6% como medianamente salino y extremadamente sódico.

Entre los cationes solubles el Na^+ y el Mg^{++} son los que registran las concentraciones más elevadas; entre los aniones, los cloruros fueron los más abundantes, le continuaron los sulfatos, y en mucho menor proporción los bicarbonatos. No se detectaron carbonatos excepto en la calicata 6, cuyos contenidos fueron muy bajos.

RECOMENDACIONES

En la actualidad los suelos de chinampa han reducido su calidad agrícola, debido a que son suelos salinos y/o sódicos; esto se ha convertido en un problema para la mayoría de las chinampas. En las chinampas de estudio se recomienda la aplicación de mejoradores minerales, orgánicos o biológicos que promuevan el desplazamiento del sodio del suelo, así como láminas de lavado que eliminen el exceso de sales y sodio solubles.

Debido a que se observan problemas de contaminación en diferentes grados (habiendo chinampas con ligera, mediana, fuerte y extrema salinidad, así como fuerte y extrema sodicidad) es conveniente previo a efectuar cualquier labor para su rehabilitación el conocer las características químicas y físicas del suelo, con el fin de diagnosticar la metodología más conveniente para su rehabilitación. Este aspecto es de gran importancia, ya que un mal diagnóstico sin el reconocimiento del suelo puede originar problemas más severos a los ya existentes. Este es el caso de la chinampa de la Calicata 5 considerado como un suelo normal (pero con características ligeramente sódicas). El constante riego ocasiona el transporte de sales hacia zonas más profundas y evita con esto su acumulación, pero, sin la remoción del sodio de las partículas de suelo. Esta actividad de manera frecuente y con el aporte continuo del sodio en las aguas de los canales, puede ser la causa de la ligera sodicidad que este suelo presenta. Es conveniente (además del lavado de suelo) la aplicación de algún mejorador para remover el sodio del suelo y evitar su sodificación ya que la sodicidad origina problemas más graves que la salinidad.

Debido al deficiente drenaje natural del Lago, existe un inconveniente en el uso de los mejoradores y láminas de lavado: las sales y sodio que se desplazan del suelo de las chinampas son vertidas hacia el agua de los canales colindantes, aumentando a largo plazo su concentración en el acuífero, con la posibilidad de que después de algún tiempo retornen nuevamente al suelo creando problemas mayores. Por lo anterior es necesario fomentar el estudio para el conocimiento de mejoradores que contrarresten el efecto de las sales y sodio, pero que no originen efectos residuales a mediano y largo plazo.

El mejoramiento de la calidad del agua que se vierte al Lago de Xochimilco es un factor de gran importancia para mejorar potencialmente los suelos de chinampa.

10 REFERENCIAS

- Acevedo, L.S. 1972. Monografía histórica de Xochimilco. D.D.F. México.
- Aceves, N.L. 1981. Los terrenos ensalitrados y los métodos para su recuperación. Universidad Autónoma de Chapingo. México.
- Aguilera, H.N. 1989. Tratado de Edafología de México. Tomo I. Fac. de Ciencias. UNAM. México.
- Aguilera, H.N. et al. 1987-1991. Rehabilitación de suelos de chinampa y sus relaciones con las plantas cultivadas. I,II II, IV y V Informes de Trabajo al CONACYT. Fac. Ciencias. UNAM. México.
- Aguilera, H.N. y Fuentes, C.E. 1951. Estudio físico-químico y electromicroscópico de la fracción de arcilla de los micrones de algunos suelos de Xochimilco. Sociedad Mexicana de Historia Natural. Tomo XII 144: 10-144 pp.
- Allison, L.E. et al. 1982. Diagnóstico y rehabilitación de suelos Salino-Sódicos. USDA. Limusa. México.
- Bastida, A. y Maciel, I. 1986. Estudio Físico y Económico-Social de Xochimilco. Tesis Maestría en Ciencias. Fac. Filosofía y Letras. UNAM. México.
- Carta Urbana Delegación Xochimilco. 1986-87. Dirección General de Reordenación Urbana y Protección Ecológica. México.
- Chapa, S. 1957. San Gregorio Atlapulco, Xochimilco, D.F. Quetzalcoatl. México.

Chapman, D.H. y Parker, P. 1981. Métodos de análisis para suelo, plantas y aguas. Trillas. México.

Coe, D.M. 1971. Las Chinampas de México. (Traducción de José A. Turriza Z.) Depto. Economía Agrícola. ENA, UACH. México.

Domínguez, R.V.I. y Aguilera, H.N. 1984. Metodología de análisis físico-químico de suelos. Lab.de Inv. de Edafología. Fac. Ciencias. UNAM. México.

Fernández, L.A. 1975. San Gregorio Atlapulco Xochimilco, D.F., Informe Final de Servicio Social Interdisciplinario. UAM. México.

Galicia, P. Ma. del S. 1990. Efecto de un mejorador mineral en suelos de chinampa de Tláhuac, D.F., cultivando Brassica oleracea variedad cauliflora. Tesis Maestría en Ciencias. Fac. Ciencias. UNAM. México.

García, E. 1988. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. México.

Hernández, R.C. y Meléndez, H.A. 1986. Hombre y su ambiente. Informe Final de Servicio Social. UAM. México.

Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables. 1963. Mesas Redondas sobre Problemas del Valle de México. Ediciones del Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables. México.

Jackson, L.M. 1982. Análisis químico de suelos. Omega. Barcelona.

Jiménez-Osorio, J.J; Rojas, R.T; Del Amo, R.S; Gómez Pompa, A. 1990. Presente, Pasado y Futuro de las chinampas. Sostenibilidad Maya. Vol 1. México.

Juárez, C. 1986. Guía para la identificación de aves del sistema chinampero de las Delegaciones de Xochimilco y Tláhuac, D.F. Lab. de Invertebrados Terrestres. Fac. Ciencias. UNAM. México.

López, R.E. 1981. Geología de México. Tomo III. 2a Edición. Instituto de Geología. UNAM. México.

Maier, E. 1979. Chinampa Tropical. Centro de Ecodesarrollo. México.

Martin del Pozo, A.L. 1985. La formación geológica en el Valle de México. Radio UNAM. Dirección General de Proyectos Académicos. México.

Mendoza, R.M. 1961. Estudio geográfico de la Delegación Xochimilco. Tesis de Maestría. Fac. Filosofía y Letras. UNAM. México.

Mooser, F. 1961. Informe sobre la geología de la Cuenca del Valle de México y Zonas Colindantes. Sría. Rec. Hidráulicos. Comisión Hidrológica de la Cuenca del Valle de México. México.

Munsell Color Company. 1975. Munsell soil color chart. Baltimore Maryland. USA.

Novelo, R.A. y Gallegos, M.M. 1988. Estudio de la Flora y Vegetación Acuática relacionada con el sistema de Chinampas en el Sureste del Valle de México. Biotica, 13 (2): 121-129 pp. México.

Ortega, R. 1986. Las chinampas en Xochimilco, Presente, Pasado y Futuro. Biología. Vol.15 No.14 1985-1986.

Ortega, T.E. 1978. Química de Suelos. Departamento de Suelos. UACH. México.

Pérez, E.J. 1989. La agricultura de chinampas en el pueblo de San Luis Tlaxialtemalco, Xochimilco. Ponencia presentada en el " Foro de Consulta para la modernización del campo en el D.F ". Marzo, 1989. SARH Nativitas, Xoch.

Pizarro, F. 1978. Drenaje agrícola y recuperación de suelos salinos. Agrícola Española. Madrid.

Ramos, C.P.J. 1990. Estudio edafológico de algunas chinampas de San Gregorio Atlapulco, Xochimilco. Tesis Licenciatura. Fac. Ciencias. UNAM. México.

Reyes, J.I. 1985. Efecto de mejoradores químicos en suelos sódico-salinos del Ejido Cienega Grande, Xochimilco, D.F., a nivel de invernadero. Tesis de Maestría en Ciencias. Fac. Ciencias. UNAM. México.

Reyes, J.I. 1990. Suelos salino-sódicos de Xochimilco y su posible recuperación, por medio de mejoradores químicos y lavado. Primer Simposio Nacional sobre Degradación de Suelos. Inst. Geología. UNAM. México.

Reyes, O.A.L. y García, C.N.E. 1990. Respuesta del rosal a láminas de lavado y mejoradores orgánicos en un suelo salino. Primer Simposio Nacional sobre Degradación de Suelos. Inst. Geología. UNAM. México.

Rojas, R.T. 1983. La agricultura chinampera. Cuadernos Universitarios Serie Agronomía No.7. UACH. México.

Sandoval, G.A. 1981. Diagnóstico de Salud de San Gregorio Atlapulco. Dirección General de Salud Pública. México.

Saules, G.R. 1986. Estudio de algunas características físicas y químicas del suelo, en relación al cultivo de soya inoculada con *Rhizobium japonicum* en Santa Cruz Acalpíxca, Xochimilco. Tesis Licenciatura. Fac. Química. UNAM. México.

Trejo, C.A. 1984. Estudios edafológicos del Ejido Grande Xochimilco. Tesis de Licenciatura. Fac. Ciencias. UNAM. México.

Velázquez, M.C.L. y Ortiz, O.M. 1990. Comparación de los mejoradores del grupo del cloruro de calcio con sus equivalentes del grupo del sulfato de calcio para la recuperación de suelos salinos. Primer Simposio Nacional sobre Degradación del Suelo. Inst. Geología. UNAM. México.