

00369

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO



FACULTAD DE CIENCIAS

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

RESPUESTA DE UN SUELO SALINO SODICO DE SAN LUIS TLAXIALTEMALCO, D. F., A LA APLICACION DE MEJORADORES BIOLOGICO, QUIMICO E HIDROTECNICO, A NIVEL INVERNADERO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADEMICO: MAESTRA EN CIENCIAS (EDAFOLOGIA)

P R E S E N T A :

ITALIA MERCADO SOTELO

DIRECTORA DE TESIS : DRA. NORMA EUGENIA GARCIA CALDERON

MEXICO, D. F.

1993

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.

## INDICE

	PAG.
RESUMEN	
I. INTRODUCCION	1
II. OBJETIVOS	3
III. REVISION DE LITERATURA	4
A. ANTECEDENTES HISTORICOS DE XCHIMILCO	4
1. Problemática del sistema chinampero	6
B. ASPECTOS GENERALES DE LA SALINIDAD Y/O SODICIDAD EN LOS SUELOS	9
1. Origen de la salinidad en los suelos	9
2. Clasificación de los suelos salinos y sódicos	12
a. Salinos	13
b. Sódicos	13
c. Salino sódicos	14
3. Efecto de la salinidad en las plantas	17
C. LA MATERIA ORGANICA COMO MEJORADOR BIOLÓGICO	19
1. La materia orgánica en el suelo	19
2. Utilización de los residuos orgánicos	21
D. MEJORADORES QUIMICOS EN LA RECUPERACION DE LOS SUELOS SODICOS	26
IV. DESCRIPCION DE LA ZONA DE ESTUDIO	31
A. Localización	31
B. Geología	31
C. Fisiografía	33
D. Hidrografía	33
E. Clima	35

F. Vegetación	35
G. Agricultura	35
H. Suelos	36
V. MATERIALES Y METODOS	37
A. Campo	37
B. Invernadero	37
C. Laboratorio	39
1. Variables de respuesta	39
2. Análisis físicos	42
3. Análisis químicos	42
a. Extracto de la pasta de saturación	43
4. Análisis químico foliar	44
VI. RESULTADOS Y DISCUSION	45
VII. CONCLUSIONES	103
VIII. RECOMENDACIONES	104
IX. BIBLIOGRAFIA	105
X . ANEXOS	115

INDICE DE CUADROS.

	PAG.
CUADRO 1. Superficie de las chinampas por poblados, (Fuente: Jiménez-Osornio, et al., 1990.	8
CUADRO 2. Coeficientes de energía, radios iónicos, valencias y secuencias de extracción (Fuente: Aceves 1979).	11
CUADRO 3. Tratamientos evaluados en el invernadero.	40
CUADRO 4. Resultados de los análisis físicos y químicos de la calicata no. 1, de San Luis Tlaxialtemalco, D.F.	52
CUADRO 5. Resultados de los análisis físicos y químicos de la calicata no. 2, de San Luis Tlaxialtemalco, D.F.	54
CUADRO 6. Resultados de los análisis físicos y químicos de la calicata no. 3, de San Luis Tlaxialtemalco, D.F.	56
CUADRO 7. Resultados de los análisis químicos del extracto de la pasta de saturación de la calicata no. 3, de San Luis Tlaxialtemalco, D.F.	58
CUADRO 8. Resultados de los análisis físicos y químicos de la calicata no. 4, de San Luis Tlaxialtemalco, D.F.	59
CUADRO 9. Resultados de los análisis químicos del extracto de la pasta de saturación de la calicata no. 4, de San Luis Tlaxialtemalco, D.F.	61
CUADRO 10. Resultados de los análisis químicos de la mueg	

	tra compuesta ( $a_0b_0c_0$ ) y los mejoradores biológicos.	66
CUADRO 11.	Resultados de los análisis físicos y químicos de los tratamientos probados en el invernadero.	67
CUADRO 12.	Resultados de los análisis químicos del extracto de la pasta de saturación de los tratamientos probados en el invernadero.	68
CUADRO 13.	Efecto de los tratamientos, sobre el rendimiento en peso seco del primer cultivo de <i>Raphanus sativus</i> var. <i>crunchy red</i> . Analizados con la prueba de Duncan ( $p > 0.01$ ).	73
CUADRO 14.	Efecto de los tratamientos, sobre el rendimiento en peso fresco del primer cultivo de <i>Raphanus sativus</i> var. <i>crunchy red</i> . Analizados con la prueba de Duncan ( $p > 0.01$ ).	74
CUADRO 15.	Efecto de los tratamientos, sobre el rendimiento en peso seco del cultivo de <i>Lactuca sativa</i> var. <i>white boston</i> . Analizados con la prueba de Duncan ( $p > 0.01$ ).	76
CUADRO 16.	Efecto de los tratamientos, sobre el rendimiento en peso fresco del cultivo de <i>Lactuca sativa</i> var. <i>white boston</i> . Analizados con la prueba de Duncan ( $p > 0.01$ ).	77
CUADRO 17.	Efecto de los tratamientos, sobre el rendimiento en peso seco del segundo cultivo de <i>Raphanus sativus</i> var. <i>crunchy red</i> . Analizados con la prueba de Duncan ( $p > 0.01$ ).	79

CUADRO 18. Efecto de los tratamientos, sobre el rendimiento en peso fresco del segundo cultivo de <i>Raphanus sativus</i> var. <i>crunchy red</i> . Analizados con la prueba de Duncan ( $p > 0.01$ ).	80
CUADRO 19. Resultados de los análisis químicos de carbono, nitrógeno y fósforo en los mejoradores biológicos, además del porcentaje de nitrógeno en el tejido vegetal de <i>Lactuca sativa</i> .	89
CUADRO 20. Estado inicial de los ácidos húmicos en los mejoradores biológicos y la muestra compuesta (0-20 cm).	90
CUADRO 21. Características finales de los ácidos húmicos, en los tratamientos probados en el invernadero.	92
CUADRO 22. Distribución del nitrógeno orgánico en la muestra compuesta (0-20 cm), de la calicata no. 3, de San Luis Tlaxialtemalco, D.F.	94
CUADRO 23. Distribución del carbono orgánico en la muestra compuesta (0-20 cm), de la calicata no. 3, de San Luis Tlaxialtemalco, D.F.	94
CUADRO 24. Resultados en porcentaje del análisis químico foliar de la primera cosecha de <i>Raphanus sativus</i> var. <i>crunchy red</i> .	100
CUADRO 25. Resultados en porcentaje del análisis químico foliar de la cosecha de <i>Lactuca sativa</i> var. <i>white boston</i> .	101
CUADRO 26. Resultados en porcentaje del análisis químico foliar de la segunda cosecha de <i>Raphanus sativus</i> var. <i>crunchy red</i> .	102

CUADRO 27. Valor nutritivo en porcentaje de diferentes hortalizas en México (Fuente: De Chávez et al., 1992).	118
CUADRO 28. Distribución al azar de las unidades experimentales en las cuatro repeticiones.	119

INDICE DE GRAFICAS.

	PAG.
GRAFICA 1. Representación de los análisis físicos y químicos de la calicata no. 1, de San Luis Tlaxialtemalco.	53
GRAFICA 2. Representación de los análisis físicos y químicos de la calicata no. 2, de San Luis Tlaxialtemalco.	55
GRAFICA 3. Representación de los análisis físicos y químicos de la calicata no. 3, de San Luis Tlaxialtemalco.	57
GRAFICA 4. Representación de los análisis físicos y químicos de la calicata no. 4, de San Luis Tlaxialtemalco.	60
GRAFICA 5. Efecto de los tratamientos sobre el rendimiento en peso seco del primer cultivo de <i>Raphanus sativus</i> var. <i>crunchy red</i> . Con la prueba de Duncan ( $p > 0.01$ ).	75
GRAFICA 6. Efecto de los tratamientos sobre el rendimiento	

	en peso seco de <i>Lactuca sativa</i> var. <i>crunchy red</i> Con la prueba de Duncan ( $p > 0.01$ ).	78
GRAFICA 7.	Efecto de los tratamientos, sobre el rendimiento to en peso seco del segundo cultivo de <i>Raphanus</i> <i>var. crunchy red</i> . Con la prueba de Duncan ( $p > 0.01$ ).	81
GRAFICA 8.	Espectros visibles de la composta y estiércol.	91
GRAFICA 9.	Espectros visibles de los tratamientos probados el invernadero.	93
GRAFICA 10.	Difractograma de la arcilla en polvo orientado de la muestra compuesta (0-20 cm) de la calicata no. 3, de San Luis Tlaxiátemalco.	95

#### INDICE DE FIGURAS.

PAG.

FIGURA 1.	Áreas lacustres y pueblos principales en el Valle de México, alrededor del año 1500 d.c. (Fuente: González, et al., 1990).	5
FIGURA 2.	Localización de los puntos de muestreo, de las chinampas de San Luis Tlaxiátemalco, D.F. (Fuente: Tesorería del Distrito Federal. Carta catastral, E-14-39-56 esc. 1:10,000).	32
FIGURA 3.	Representación de la zona fisiográfica de la planicie meridional de la Cuenca de México (Fuente: Mooser, 1963).	34

- FIGURA 4. Respuesta de *Lactuca sativa* var. *white boston*, al tratamiento con 120 ton  $\text{ha}^{-1}$  de estiércol ( $a_2$ ), sin ácido sulfúrico ( $b_0$ ) y la lámina de lavado ( $c_0$  y  $c_1$ ). 115
- FIGURA 5. Respuesta de *Lactuca sativa* var. *white boston*, al tratamiento con 120 ton  $\text{ha}^{-1}$  de estiércol ( $a_2$ ), primera dosis de ácido sulfúrico ( $b_1$ ) y la lámina de lavado ( $c_0$  y  $c_1$ ). 116
- FIGURA 6. Respuesta de *Lactuca sativa* var. *white boston*, al tratamiento con 120 ton  $\text{ha}^{-1}$  de estiércol ( $a_2$ ), máxima dosis de ácido sulfúrico ( $b_2$ ) y la lámina de lavado ( $c_0$  y  $c_1$ ), que correspondió al mejor tratamiento. 117
- FIGURA 7. Distribución de las unidades experimentales en el invernadero. 120

## RESUMEN.

Con base a las investigaciones desarrolladas en el Laboratorio de Edafología, de la Facultad de Ciencias UNAM, se colectaron algunos suelos representativos de la técnica de producción de chinampa en San Luis Tlaxialtemalco D.F., con una superficie de 107 ha de cultivo, de las cuales en el año de 1990, se cultivaron únicamente el 36.9 %.

Las propiedades físicas y químicas de los suelos muestreados, indicaron diferentes grados de salinidad y sodicidad; no obstante, es importante resaltar que estos niveles son menores a los determinados para Xochimilco, San Pedro Tláhuac y San Andrés Mixquic.

Por lo que San Luis Tlaxialtemalco podría tener mayores ventajas para su rehabilitación, sugiriendo así la utilización de tres mejoradores en condiciones de invernadero: a) químico (ácido sulfúrico); b) biológico (estiércol y composta); c) hidrotécnico (lámina de lavado), basado en un diseño experimental trifactorial con arreglo combinatorio y distribución completamente al azar, por 4 repeticiones.

Fue necesario realizar un segundo muestreo aleatorio simple, en la capa arable (0-20 cm) de la chinampa número 3, que se caracterizó por tener conductividad eléctrica (CE) de  $21.5 \text{ dS m}^{-1}$ , porcentaje de sodio intercambiable (PSI) de 48.23 y pH de 8.3, con lo que se clasificó como un suelo salino sódico.

El experimento se evaluó a partir de las siguientes variables de respuesta: propiedades físicas como químicas del suelo antes y después de aplicar los tratamientos; rendimiento en peso fresco y

seco de los tres cultivos indicadores; grado de complejidad de la materia orgánica de los mejoradores biológicos, además de los tratamientos evaluados; análisis químico foliar de los cultivos indicadores.

El ácido sulfúrico en forma individual aumentó la conductividad eléctrica (CE), así como la concentración de sulfatos en el extracto soluble, sin embargo redujo el PSI a valores de 8.80 y hasta 5.23  $\%$ . En contraste la lámina de lavado disminuyó los iones solubles, por lo que la CE llegó hasta valores de 2.7  $\text{dS m}^{-1}$ . Los mejoradores biológicos tuvieron un efecto amortiguador en el suelo, cuando se combinaron con el ácido sulfúrico.

El análisis de varianza (ANDEVA) y la prueba de Duncan del peso fresco y seco de las hortalizas, indicaron que el mayor nivel de significancia se observó con la lámina de lavado; el segundo nivel con la máxima dosis del ácido sulfúrico; el estiércol y la composta no fueron suficientes para originar cambios significativos importantes, en los rendimientos de los cultivos.

La muestra compuesta (0-20 cm) se caracterizó por tener un alto grado de humificación, por lo que respondió bien a los mejoradores biológicos (con menor condensación de los compuestos preliminares de los ácidos húmicos), que permitió la disponibilidad de nutrimentos a corto plazo, y la actividad de los microorganismos del suelo, con la liberación de algunos principales nutrimentos, como es el caso del nitrógeno, fósforo y potasio.

El análisis químico foliar, indicó que los mejoradores presentaron un efecto favorable en la disminución del sodio y la absorción de nutrimentos esenciales, aunque los niveles estuvieron en función

de los requerimientos de cada cultivo, *Raphanus sativus* var. *crunchy red* respondió mejor a la composta.

## I. INTRODUCCION.

En México desde 1940 hasta 1970 se obtuvo un incremento en la producción de alimentos, fenómeno que provocó una disminución paulatina de las importaciones, a pesar de haberse dado un aumento poblacional en éste período. A partir de 1968, comenzó a cambiar la situación ya que disminuyó el ritmo de producción y la disponibilidad de alimentos, con lo que fue necesario obtenerlos mediante importaciones. Para 1971, la adquisición de algunos productos (leguminosas, oleaginosas y cereales) tendían a elevarse; en ese año fue necesario importar 207,000 ton de cereales, en 1972 aumentó a 837,000 y en 1973 a 1,800,000 (Ramírez, et al., 1975). Actualmente puede considerarse al país deficiente en la producción de alimentos, puesto que faltan los productos básicos. Además para la mayoría de la población mexicana la adquisición de alimentos dejó de ser accesible, en tanto que las tierras fértiles se destinan a la industria y a los asentamientos urbanos, olvidandose de las necesidades alimentarias del país.

En el área metropolitana, las tierras de cultivo han disminuido rápidamente, no obstante Xochimilco, San Pedro Tláhuac, así como otras zonas de la Cuenca de México, se han resistido a desaparecer por completo, sin embargo están presentando una situación difícil, resultado del deterioro de los ecosistemas y el descenso en la productividad de los suelos.

La problemática de la zona chinampera puede resumirse de la siguiente manera: desecación de los lagos, sobreexplotación de los mantos acuíferos, restitución con aguas mal tratadas y acumulación de sales y/o sodio en los suelos.

Los dos primeros puntos han traído como consecuencia los hundimientos diferenciales en algunos sitios de la Cuenca, la salinidad y sodicidad alteran las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, que afectan el desarrollo normal de la vegetación y de los microorganismos.

En la actualidad, dado el valor histórico de la zona chinampera, diferentes instituciones nacionales e internacionales han puesto interés en rescatarla. La FAO-UNESCO en 1987 la declaró patrimonio cultural de la humanidad; en 1989 el Departamento del Distrito Federal estableció el plan de rescate ecológico de Xochimilco. En tanto que instituciones educativas han desarrollado investigaciones históricas, técnicas y científicas.

Así mismo el Laboratorio de Edafología, de la Facultad de Ciencias, U.N.A.M., ha contribuido con una serie de estudios para establecer la metodología para la rehabilitación de la zona chinampera, con base a estas investigaciones, se demostró que su total incorporación a actividades agrícolas, comerciales, turísticas es redituable y autosuficiente.

El presente estudio pretende contribuir al diagnóstico edáfico de San Luis Tlaxialtemalco, D.F., en relación a sus niveles de salinidad y sodicidad; además de proponer la utilización de diferentes mejoradores para su rehabilitación.

## II. OBJETIVOS.

1. Determinar las propiedades físicas y químicas de cuatro calicatas de la chinampería de San Luis Tlaxiátemalco, D.F.
2. Evaluar la respuesta de un suelo salino sódico, a la aplicación de mejoradores químico, biológico y lámina de lavado, con base al rendimiento en peso fresco y seco de tres cultivos indicadores rábano-lechuga-rábano.
3. Determinar las propiedades físicas y químicas del suelo, después de aplicar los diferentes tratamientos.
4. Caracterizar el carbono orgánico de la fracción húmica de, los tratamientos con mejor respuesta significativa.
5. Determinar la eficiencia de los mejoradores con respecto a la absorción de nutrimentos, mediante el análisis químico foliar de los tres cultivos indicadores.

### III. REVISION DE LITERATURA.

#### A. ANTECEDENTES HISTORICOS DE XOCHIMILCO.

El origen de la Cuenca de México, se caracterizó por la gran actividad volcánica que presentó desde hace 15 a 30 millones de años, las fallas geológicas (Chapala-Acambay y Humboldt) causaron hundimientos en la parte central (véase figuras 1 y 2).

Posteriormente la formación de la Sierra del Chichinautzin hace 700 mil años, impidió el drenaje natural de la Cuenca del Balsas; de manera que el agua se depositó dentro de la misma, formando un lago llamado por los aztecas, el Lago de la Luna (Mooser, 1963).

En épocas de sequía se dividía y formaban seis lagos: Zumpango, Xaltocan, Texcoco, México, Xochimilco y Chalco, que a su vez fueron importantes por la diversidad en flora y fauna (Jiménez-Osornio, et al., 1990).

El lago de Texcoco al oriente y el de México al occidente estaban divididos por la albarrada de Netzahualcoyotl; los de Xochimilco y Chalco localizados al sur de la Cuenca contenían agua dulce, debido al aporte constante de los manantiales y el drenaje superficial la zona (Rojas y Pérez, 1985).

La región de Chalco-Xochimilco albergó a cazadores, pescadores y recolectores hace aproximadamente 22,000 años, según los testimonios de herramientas, encontradas alrededor del cerro Tlapacoya. Al mismo tiempo indican que existieron poblados ribereños desde hace 6,000 años, desarrollando así la técnica del Tlatel (plataforma elevada para basamentar la vivienda rústica) y

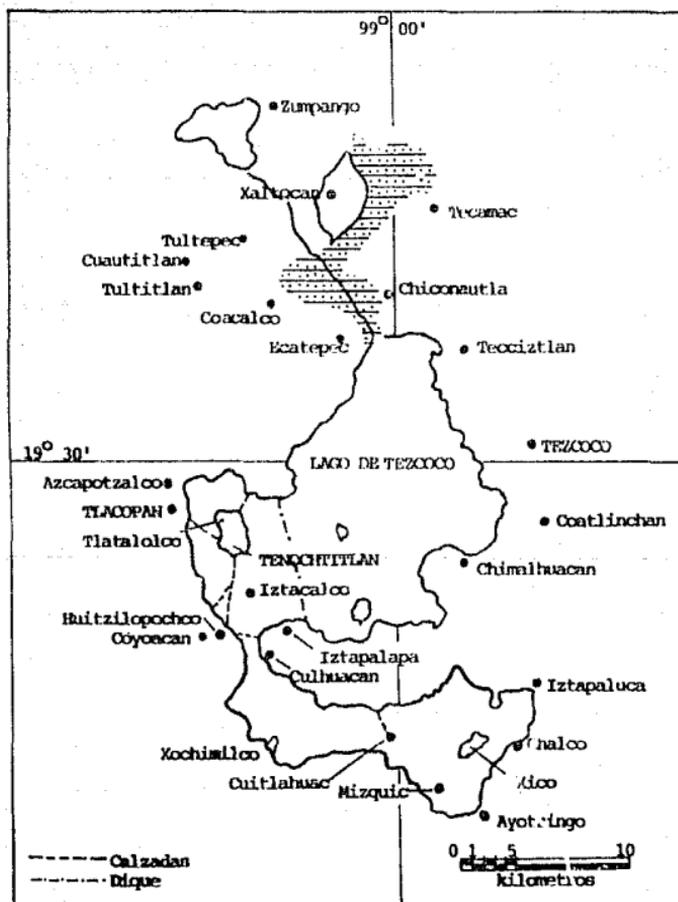


FIGURA 1. AREAS LACUSTRES Y PUEBLOS PRINCIPALES EN EL VALLE DE MEXICO ALREDEDOR DEL AÑO DE 1500 D.C. (FUENTE: GONZALEZ ET AL., 1990).

posteriormente la chinampa (parcela elevada artificialmente sobre fondo lodoso).

Xochimilco fue fundado por una de las siete tribus nahuatlacas, entre el siglo X y XII, el Códice Ramírez señala que fue la primera tribu en arribar a la Cuenca de México, salieron de Aquilazco, en el año de 820 d.C., fundando Xochimilco en el año 989 d.C. y absorbiendo culturalmente a los pueblos de las riberas de los lagos (González, 1990).

En el año 1325 d.C. llegaron los Mexicas y adoptaron la técnica de producción de chinampa, ya practicado por los Xochimilcas, como una forma de extender su territorio para desarrollar sus actividades agrícolas. Los excedentes generados de producción permitieron mantener la clase militarista, comenzando así su predominio. Los Xochimilcas fueron derrotados por los aztecas, e incorporados a su estado en el siglo XV; en esta época existió el mayor desarrollo e importancia económica de las chinampas (Sandoval, 1979).

Así el sistema chinampero se ha considerado como el agroecosistema tradicional por excelencia de Mesoamérica, que demostró tener una producción sostenida con un mínimo de deterioro del ambiente (Jiménez-Osornio, op. cit.).

#### **1. Problemática del sistema chinampero.**

En Tenochtitlan desde la época prehispánica, existieron problemas del desbordamiento de los lagos Texcoco y Xochimilco, creando la necesidad de controlar los niveles de los mismos, mediante la construcción de diques y albardadas (Mooser op. cit.).

Sin embargo, en la conquista y toma de Tenochtitlan, los españoles para lograr vencer a los aztecas destruyeron el sistema hidráulico existente, cegaron las acequias, inutilizando calzadas y puentes. En 1607, las autoridades virreinales ordenaron el cierre de la compuerta de Mexicaltzingo e impidieron la entrada de las corrientes por el sur. Además de iniciarse el desagüe artificial de los lagos de Chalco y parte de Xochimilco, a partir de las obras de Huehuetoca con la excavación de grandes drenes que se concentraron en el Canal de Garay, en el lago de Texcoco y finalmente al Canal del Desagüe.

En el siglo XIX se desviaron los ríos, San Juan de Dios, Churubusco y La Piedad nuevamente al Canal del Desagüe. A finales del siglo pasado aumentó la salida, con el tunel de Tequisquiac y en 1945 con la última ampliación de la obra (Mooser op. cit.)

Durante el porfiriato se inició el proyecto para abastecer de agua a la Ciudad de México, utilizando los manantiales del sureste de la Cuenca.

En el año de 1957 ante las presiones de los chinamperos, el DDF restituyó parte del volumen de agua extraída de los manantiales, mediante la alimentación artificial de los canales, primero con los ríos de Churubusco y San Buena Ventura por el cauce abierto del Canal Nacional, en 1959 a partir de aguas tratadas de la planta de Aculco, Coyoacán y en 1971 con la obtención de la planta tratadora del Cerro de la Estrella.

En el siglo XVI la región chinampera abarcaba 9,500 ha aproximadamente, el área actual de chinampas es de 2,297 ha, las cuales conservan su potencial productivo, pero únicamente se

cultivan 1,070 ha. Son seis los pueblos que conforman la actual zona chinampera: Xochimilco, San Gregorio Atlapulco, San Luis Tlaxialtemalco, San Pedro Tláhuac, San Andrés Mixquic y Tetelco (Jiménez-Osornio, op. cit.).

CUADRO 1. SUPERFICIE DE LAS CHINAMPAS POR POBLADOS\*

POBLADO CHINAMPERO	SUPERFICIE DE CHINAMPAS (HA)		TOTAL
	CULTIVADAS	ABANDONADAS	
XOCHIMILCO	294.0	530.0	830
SAN GREGORIO ATLAPULCO	106.5	193.5	300
SAN LUIS TLAXIALTEMALCO	39.5	67.5	107
TLAHUAC	327.0	223.0	550
MIXQUIC	35.0	25.0	60
TETELCO	268.0	182.0	450
TOTAL	1,070.0	1,227.0	2,297

\* FUENTE: Jiménez-Osornio, et al., 1990.

La ganadería ha existido como actividad complementaria, en donde la producción es destinada al autoconsumo, utilizando residuos de cosechas y vegetación que crece en forma natural para mantener al ganado (Maier, 1979).

La región de Xochimilco fue por excelencia productora de hortalizas y ornamentales, que abasteció importantemente a la Ciudad de México hasta la década de los 40's. Actualmente se siguen realizando actividades hortícolas a nivel familiar y comercial en mercados locales y distantes por lo que representan fuentes de ingreso a considerar.

En algunas áreas los rendimientos son insatisfactorios para el productor, por lo que se ha intentado utilizar plantas tolerantes a la salinidad con valores nutritivos adecuados, como es el caso del

romerito, sin embargo su comercialización es restringida durante el año, además que el consumidor busca diversidad en su alimentación. En 1987, Xochimilco y el centro histórico de la Ciudad de México se incorporaron a la lista de bienes del patrimonio cultural de la humanidad por la FAO-UNESCO, para aminorar el deterioro ecológico y productivo que ha presentado la zona chinampera y sus alrededores en los últimos años.

Con base a lo anterior, en 1989 se crea "El plan de rescate ecológico de Xochimilco" impulsado por el DDF los objetivos son: mejorar la calidad del agua de las plantas tratadoras, propiciar la recarga de los acuíferos, así como prevenir los hundimientos diferenciales y la construcción de lagunas de regulación para disminuir los riesgos de inundación (Vera, 1991).

La zona chinampera además de ser importante desde el punto de vista histórico, es un agroecosistema que proporciona fuentes de ingreso a la población, esto mediante la producción agrícola, turismo y recreación.

## **B. ASPECTOS GENERALES DE LA SALINIDAD Y SODICIDAD DEL SUELO.**

### **1. ORIGEN DE LA SALINIDAD EN LOS SUELOS.**

Normalmente los problemas de salinidad como los de sodicidad se presentan en regiones áridas y semiáridas, en donde la precipitación anual es insuficiente para lixiviar las sales de la superficie del suelo, las cuales afectan el desarrollo normal de la vegetación; éste problema puede originarse también en regiones húmedas o subhúmedas en terrenos cercanos al mar, o cuando existen

restricciones en el drenaje, por estructura desfavorable o textura fina.

En México se estimaron 4,500,000 ha de riego, de las cuales 1,000,000 ha tienen problemas de salinidad, desconociendo la extensión en áreas de temporal (Ortega, 1981).

Las sales pueden acumularse en el suelo por la intemperización del material parental que incluye la hidrólisis, hidratación, oxidación, reducción, carbonatación y solución. Los iones  $\text{HCO}_3^-$  se forman de la solución del  $\text{CO}_2$  en el agua, el cual puede ser de origen atmosférico o biológico, formando un activo agente químico que libera cantidades apreciables de cationes (Fassbender, 1982).

Para explicar la velocidad de migración y la acumulación de ics iones en el suelo, Feresman, 1975 (citado por Aceves, 1979) establece una secuencia de extracción, en donde la movilidad de las sales aumenta cuando disminuye el coeficiente de energía de los iones, así como cuando disminuye el radio iónico y la valencia. Los procesos de precipitación y acumulación de las sales ocurren en orden inverso a la movilidad, ya que se precipitan primero las sales formadas por iones con coeficientes de energía alta; quedando en solución los iones con bajo coeficiente de energía como son los  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{-2}$ ,  $\text{Na}^+$  y  $\text{K}^+$ , considerados como los más perjudiciales.

El sulfato de magnesio ( $\text{MgSO}_4$ ) tiene una elevada solubilidad (262 gr  $\text{lt}^{-1}$ ) por lo que es una de las más perjudiciales en el suelo.

En lo que se refiere al sulfato de sodio ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ), su toxicidad es de dos a tres veces mayor que la anterior, la solubilidad varía con la temperatura, a  $0^\circ\text{C}$  es de 45 gr  $\text{lt}^{-1}$  y a  $50^\circ\text{C}$  de 415 gr  $\text{lt}^{-1}$ . Al bajar la temperatura, precipita formando la mirabilita ( $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10$

H<sub>2</sub>O), la cual no puede ser lavada por las lluvias; en la siguiente estación cálida es deshidratada, originando un polvo blanco llamado tenardita (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).

El cloruro de sodio (NaCl), además de las dos anteriores es la más frecuente en los suelos salinos, su solubilidad es de 316 gr lt<sup>-1</sup> por lo que su toxicidad es elevada.

La solubilidad del carbonato de sodio (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), está en función de la temperatura, a 0°C es de 70 gr lt<sup>-1</sup> y a 50°C de 429 gr lt<sup>-1</sup>.

CUADRO 2. COEFICIENTES DE ENERGIA, RADIO IONICOS, VALENCIAS Y SECUENCIAS DE EXTRACCION\*.

SECUENCIA DE EXTRACCION	IONES	COEFICIENTES DE ENERGIA	RADIO IONICO <sup>o</sup> Å	VALENCIA
I	Cl <sup>-1</sup>	0.23	1.81	-1
	NO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	0.18	-	-1
	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	0.66	-	-2
	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	0.78	-	-2
II	Na <sup>+1</sup>	0.45	0.95	+1
	K <sup>+1</sup>	0.36	1.33	+1
	Ca <sup>+2</sup>	1.75	0.99	+2
	Mg <sup>+2</sup>	2.10	0.66	+2
III	Si <sup>+4</sup>	2.75	-	-2
IV	Fe <sup>+3</sup>	5.15	0.70	+3
	Al <sup>+3</sup>	4.25	0.50	+3

\*FUENTE: Feresman, 1975 (Citado por Aceves, 1979).

Como resultado de su hidrólisis provoca una fuerte alcalinidad a pH cercanos a 12. Los porcentajes de 0.05 a 0.1 % ocasionan la dispersión de las arcillas con pérdida de la estructura del suelo y la permeabilidad. Con 0.1 % de NaCl las plantas empiezan a tener problemas y con 2 a 5 % los suelos se vuelven improductivos.

El cloruro de magnesio ( $MgCl_2$ ) tiene una solubilidad de 353 gr  $lt^{-1}$ , es higroscópico por lo que se disuelve fácilmente con el vapor de agua de la atmósfera, formando una solución salina y concentrada.

El carbonato de magnesio ( $MgCO_3$ ) se acumula en el suelo cuando las aguas alcalinas se aproximan a la superficie y se exponen a la evapotranspiración, originando horizontes fuertemente cementados, impermeables para las raíces, aunque más soluble que el carbonato de calcio (Pizarro, 1978).

Otro mecanismo de acumulación de las sales en el suelo, es por la atmósfera que se encuentra sobre los océanos, ésta contiene partículas ricas en sales ( $Na^+$ ,  $Cl^-$  y  $Mg^{++}$ ) de un tamaño que va de 0.1 a 24.0 micras, permitiendo que sean transportadas fácilmente por el viento, hasta alcanzar distancias que varían de 36 a 165 Km a partir de las costas (Aceves op. cit.).

A partir de las perforaciones con fines de irrigación, se liberan los antiguos depósitos marinos con altos contenidos de sales, que son distribuidas en los suelos que reciben riego.

Las áreas planas y bajas aún en regiones áridas pueden presentar mantos freáticos cercanos a la superficie del suelo, el agua puede desplazarse por capilaridad hacia los estratos superficiales, en donde se evapora y quedan acumuladas las sales.

## **2. Clasificación de los suelos salinos y sódicos.**

La terminología que se aplica a los suelos afectados por sales y sodio varía de un país a otro, por lo que es necesario una clasificación que unifique el conocimiento. La más utilizada en la

literatura, es la propuesta por el Laboratorio de Salinidad del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica. Los parámetros para caracterizar éstos suelos, son la conductividad eléctrica (CE) del extracto de la pasta de saturación, que indica los efectos que puede causar a las plantas, la otra propiedad para la clasificación es el Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI), provee un índice de dispersión de las partículas del suelo (Bear, 1973).

#### **a. Salinos.**

Tienen una costra superficial de sales blancas, en especial en la temporada seca cuando el movimiento de humedad es ascendente, acompañado por sales disueltas.

La CE de los extractos de saturación es menor de  $4 \text{ dS m}^{-1}$ , el PSI es menor de 15, generalmente el pH es menor de 8.5, ya que las sales tienen reacción neutra o ligeramente alcalina.

El sodio difícilmente constituye más de 50% de los cationes solubles y por tanto no es adsorbido en forma importante, los contenidos de calcio y magnesio solubles son variables, el potasio es un constituyente menor. Los aniones principales son cloruros, sulfatos y en ocasiones nitratos. Los suelos se encuentran floculados debido al exceso de sales y a la baja concentración de sodio (Aguilera, 1989 y Richards, 1985).

#### **b. Sódicos.**

Tienen un PSI mayor que 15 y la CE es menor de  $4 \text{ dS m}^{-1}$ , su pH varía de 8.5 a 10; en los suelos altamente sódicos parte de la materia orgánica puede disolverse y concentrarse en la superficie,

debido a la evaporación del agua, lo que da un color negro al suelo y consistencia quebradiza.

La arcilla saturada con sodio puede dispersarse y desplazarse hacia abajo desarrollando un horizonte  $E_{Na}$ , de baja permeabilidad con estructura prismática o columnar, reduciendo el espacio poroso y en consecuencia el movimiento de agua y aire.

Los aniones son en mayor proporción cloruros, sulfatos, bicarbonatos y en pequeñas cantidades carbonatos.

Los carbonatos y bicarbonatos de sodio pueden formar la trona ( $Na_2CO_3 \cdot NaHCO_3 \cdot 2H_2O$ ), que se encuentra en manchones lustrosos con altos contenidos de sodio, tan dispersos que no absorben el agua fácilmente (Aguilera, op. cit., Gupta, et al., 1984 y Pizarro, op. cit.).

En la investigación de Park y O'Connor, 1980 se determinó a nivel de laboratorio la permeabilidad de cuatro suelos que variaron en textura (arenosos a arcillosos), aplicaron láminas de lavado con agua sódica y establecieron que disminuía significativamente la permeabilidad consecuencia de la dispersión de los coloides. Los suelos arenosos fueron los menos afectados, por lo que podría recomendarse su riego con aguas sódicas siempre y cuando no existan mejores condiciones.

### c. Salino sódicos.

El extracto de saturación tiene una CE mayor de  $4 \text{ dS m}^{-1}$ , el PSI mayor de 15 y el pH puede ser menor de 8.5, en donde las partículas permanecen floculadas. Cuando la concentración de las sales

disminuye en la solución las partículas se floculan (Bresler, 1982 y Richards, 1985).

### 3. Efecto de la salinidad en las plantas.

Las sales en la solución del suelo afectan a las plantas a través de dos mecanismos: mediante el aumento de la presión osmótica y por su efecto tóxico.

La solución de los suelos salinos presenta una disminución en su potencial osmótico, como consecuencia de la alta concentración de los solutos, el potencial del agua en los tejidos de la raíz es mayor, por lo cual la planta se somete a un déficit hídrico similar al que existe en condiciones de sequía.

La concentración de las sales solubles durante el período de sequía, puede ser tan elevada que es capaz de extraer el agua total de las plantas (exósmosis). La mayoría de la vegetación tiene un sistema radicular con membranas semipermeables que permite pasar el agua y regular los excesos de sales (Ortega, op. cit. y Ortiz, 1987).

La planta realiza un ajuste osmótico, que consiste en mantener un gradiente favorable en sus células, mediante absorción de agua del suelo, utilizando energía que normalmente se requiere para la división y el crecimiento celular, por lo que la planta presenta achaparramiento y concentraciones altas de lignina. El follaje es verde-azul oscuro, la apariencia azulosa es el resultado de una cubierta cerosa en las hojas y el color oscuro se debe al incremento de la clorofila por unidad de superficie (Aceves, op. cit. y Richards, op. cit.).

Al estudiar la respuesta de *Phaseolus vulgaris* var. *brittle wax*, a diferentes niveles de salinidad en condiciones de campo; se estableció que el rendimiento en materia seca por planta y la transpiración fueron retardados por la disminución en la producción de área foliar (Meiri y Poljakoff, 1970).

En los suelos salinos, la germinación y la emergencia de las plántulas son los factores críticos en el desarrollo vegetal; en la germinación las etapas más sensibles a la salinidad son: a) heterotrófica, en donde se inhibe la imbibición; b) autotróficas, cuando se inicia la fotosíntesis y se hace necesario obtener nutrimentos del suelo, que van acompañados con las sales y en ocasiones provocan toxicidad a la planta (Aceves op. cit.).

Así mismo, las costras superficiales de sales representan un impedimento para la emergencia de las plántulas, siendo la causa principal que se obtengan producciones bajas (Bresler op. cit.).

Cuando los suelos tienen pH elevados limitan la disponibilidad y asimilabilidad de diversos nutrimentos especialmente, el nitrógeno hierro, manganeso, cinc, fósforo, calcio y magnesio (Millar, 1979).

Muchas plantas son sensibles a iones específicos, los cuales causan disturbios en el metabolismo; el sodio afecta a la vegetación directa e indirectamente, en este último caso produce alteraciones físicas y químicas en las propiedades del suelo, que se mencionaron con anterioridad. El efecto directo del sodio se refleja en la reducción del crecimiento y producción de necrosis a nivel de raíz y tallo; las acumulaciones excesivas de cloruros afectan a los tejidos meristemáticos y necrosis en los márgenes foliares, al mismo tiempo queman los márgenes foliares. El bicarbonato causa

desbalances nutricionales, siendo capaz de elevar el pH y reducir la asimilabilidad de algunos nutrimentos (Ortega, op. cit. y Ortíz, op. cit.).

Al realizar un estudio en invernadero, se comprobó que un cultivo de melón *Cucumis melo* tuvo un efecto negativo al regarse con agua salina, en el número de frutos y área foliar (Meiri y Plaut, 1981).

#### 4. Métodos de recuperación para los suelos salino y/o sódicos.

Durante mucho tiempo el hombre decidió abandonar los suelos que contenían sales y sodio, marchándose a otras áreas con mejores condiciones. No obstante, en la actualidad es casi imposible encontrar nuevas tierras para cultivo, debido a que se encuentran ya ocupadas o su uso no es recomendable para la explotación agrícola.

Para ello, es necesario encontrar soluciones que eviten el abandono y disminuyan estos problemas, elevando la productividad de los suelos. Aceves op. cit., menciona que cualquier suelo con problemas de ensalitramiento sin importar su grado de afectación, puede ser recuperado siempre y cuando exista el recurso agua.

Existen diferentes métodos para su recuperación, entre los más conocidos se tienen los físicos, eléctricos, hidrotécnicos, químicos y biológicos, que tienen como objetivo principal mejorar la permeabilidad del suelo y propiciar el desplazamiento del sodio en el complejo de cambio.

Los métodos físicos, facilitan el paso libre de agua a través del suelo, consisten en dar un tratamiento mecánico mediante el subsoleo, arado profundo, aplicación de arena e inversión del

perfil el último se hace con el propósito de romper capas endurecidas de carbonatos y sulfatos.

El uso de métodos eléctricos, tienen como objetivo el colocar un campo a las partículas coloidales (carga electrostática negativa) hacia el polo positivo, en lo que se refiere a los cationes solubles se dirigen al polo negativo. A nivel experimental se ha demostrado que es posible recuperar los suelos bajo éstas condiciones a partir de la energía eléctrica, aunque su aplicación a gran escala es incosteable (Olguín, 1969).

En lo que respecta a los métodos biológicos, consisten en la incorporación de materia orgánica a los suelos en forma de estiércoles, abonos verdes, residuos de cosechas y compostas entre otros.

Los mejoradores químicos, son sustancias que se agregan al suelo para propiciar el intercambio catiónico del sodio por el calcio, flocular a los coloides, con el uso de sales cálcicas de alta y baja solubilidad, así como también ácidos o formadores de ácidos.

La necesidad de lavado puede definirse como la fracción de agua de riego que debe percolarse a través de la zona de raíces, la disolución y transporte de las sales permite controlar la salinidad a un nivel determinado (Pizarro op. cit. y Withers, 1986).

Al realizar lavados en suelos salinos del estado de California, USA, por Bigger y Nielsen, 1962 reportaron que la aplicación de la lámina de lavado está en función de la concentración de sales y la velocidad de infiltración en relación al tamaño de los poros, dejando secar periódicamente el suelo entre lavados, aumentaron la velocidad de infiltración.

### C. LA MATERIA ORGANICA COMO MEJORADOR BIOLOGICO.

#### 1. La materia orgánica en el suelo.

La materia orgánica en el suelo se forma y acumula por incorporación de residuos vegetales a nivel de rizósfera y de la caída de las hojas, frutos, corteza de los fustes, así como aquella incorporada por los cadáveres microbianos y productos de descomposición de la macro, meso y microfauna (Aguilera op. cit.).

La materia orgánica como sistema dinámico, está regulada por dos procesos: la mineralización y la humificación.

En la mineralización existe una destrucción mecánica y física de los restos vegetales y animales, para después producirse la incorporación de los nutrimentos al suelo, en donde los microorganismos tienen un papel fundamental por medio de su actividad enzimática en los ciclos biogeoquímicos del carbono, nitrógeno, azufre, fósforo, calcio y magnesio entre otros; transformando los elementos orgánicos en formas inorgánicas de fácil asimilación.

Los productos de estas actividades pueden ser clasificadas en tres categorías: a) energía utilizada por los microorganismos o liberada en forma de calor, b) productos finales simples y c) formación de humus (Buckman, 1977).

La materia orgánica no húmica constituye a corto plazo fuente de alimento y energía para los microorganismos y plantas superiores; en cambio las sustancias húmicas generan a largo plazo, efectos tales como el mantenimiento de una buena estructura del suelo, alta retención de humedad y mayor fertilidad de los suelos, ya que pueden actuar como almacén de nutrimentos (Fassbender op. cit.).

Se llama humificación, al conjunto de transformaciones biofísicoquímicas que conducen a la formación de compuestos orgánicos de naturaleza coloidal, alto peso molecular, amorfos y de coloración pardo oscura.

A partir de la mineralización se forman compuestos simples (aminoácidos, azúcares, fenoles) que son fácilmente disponibles, sin embargo sólo una parte se deposita en el suelo. Inmediatamente los microorganismos integran estas sustancias a su metabolismo los cuales realizan su resíntesis originando compuestos aromáticos y polímeros complejos, oligosacáridos (sacarosa, maltosa y lactosa), polisacáridos (almidón, celulosa, hemicelulosa), lignina (derivados de fenilpropano) y proteínas entre otros. Todos estos compuestos se incorporan al suelo por excreciones, secreciones o cuando los microorganismos mueren (Kononova, 1982).

En relación al efecto de la materia orgánica sobre el crecimiento vegetal, se establece que proporciona energía y nutrimentos a los microorganismos que participan activamente en la mineralización y humificación, eleva la disponibilidad de los fosfatos en los suelos altamente ácidos, a través de la liberación de ácidos orgánicos, oxalatos y lactatos, que producen quelatación del hierro y aluminio, dejando libres a los fosfatos (Stevenson, 1982).

El humus tiene un efecto evidente sobre la estructura del suelo, se ha demostrado que altos niveles de humus, aumentan la permeabilidad del aire y el agua, los microorganismos sintetizan polisacáridos que son capaces de formar agregados en el suelo (Ibarra, 1970).

La erosión del suelo puede ser controlada por el humus, al permitir la agregación de las partículas, el agua puede percolarse a través

de los poros sin afectar la estructura. Al mismo tiempo el mantillo reduce el impacto de la lluvia y permite la filtración del agua lentamente (Tamhane op. cit.).

## 2. Utilización de los residuos orgánicos.

El uso racional de los abonos orgánicos en México, reviste gran importancia por constituir una fuente de nutrimentos para los cultivos. Los residuos orgánicos que se pueden manejar en el país, provienen de: estiércol, composta de basura y/o desechos industriales, residuos de cosechas, abonos verdes y aguas negras, las cuales pueden alcanzar un valor nutritivo adecuado (Fernández, 1982).

La cantidad de la aplicación de los abonos orgánicos varía en relación al cultivo, suelo, estación y tipo de abono, basados en los siguientes criterios: a) cantidad de nutrimentos, que podrá ser utilizada por los cultivos; b) cantidad que no perjudique la germinación de las semillas y su desarrollo; c) cantidad que físicamente puede depositarse e incorporarse al suelo (FAO, 1979).

Normalmente el estiércol de bovino tiene concentraciones bajas de nutrimentos, aunque con mayor disponibilidad; mejora la velocidad de infiltración, conductividad hidráulica, retención de humedad y disminución de la densidad aparente, con aumento de la aereación para las raíces (Stewart, 1982).

Inbar et al., 1990 evaluaron el composteo con estiércol de bovino y observaron que las muestras doblaron los niveles de sustancias húmicas (SH), los ácidos húmicos (AH) se incrementaron de 184 a 457 g kg<sup>-1</sup> la fracción fúlvica (AF) no varió durante el composteo siendo de 80-100 g kg<sup>-1</sup> finalmente la fracción no húmica (FNH)

permaneció en 107 a 170 g kg<sup>-1</sup>. Durante el proceso existió una relación exponencial con el tiempo de composteo y la relación de C/N. Los AF y FNH partieron de bajos pesos moleculares y aumentaron hasta los primeros 40 días. En cambio los AH permanecieron constantes después de 90 días y la aromaticidad cercana al 40 %, el contenido de lignina fue de 60 %. Los datos con RMN del <sup>13</sup>C se correlacionaron bien con los resultados obtenidos con IR, ambos indicaron que la composición parcial de los AH fue por tejidos vegetales, los cuales retenían sus estructuras químicas, identificando ligninas, carbohidratos, grupos estructurales con largas cadenas alifáticas.

La eficiencia de los abonos verdes, se refleja en el aumento del nitrógeno y fósforo en el suelo, al igual que el mejoramiento en la estructura (Bin, 1983). El humus formado de la descomposición de los abonos verdes, se mezcla con los coloides inorgánicos del suelo y da origen a complejos organominerales, constituyendo el material más importante para la base de la fertilidad.

Se encontró que la aplicación de estiércol a razón de 123 ton ha<sup>-1</sup> a un suelo sódico con manchones aceitosa, aumentó casi el triple de la agregación del suelo superficial y la velocidad de infiltración, Bower, et al., 1963 (citado por Richards, 1985). Los datos indican que la materia orgánica mejora e impide el deterioro de las propiedades físicas del suelo, además de su utilización como material energético para los microorganismos.

En un experimento realizado en Bushland, Texas se cultivó maíz destinado al ensilaje, obteniendo altos rendimientos con la 22 ton ha<sup>-1</sup> de estiércol de bovino; las dosis de 224 ton ha<sup>-1</sup>

de estiércol, redujeron la producción de materia seca; en el segundo año del estudio, no obstante la dosis de 896 ton/ha bajó la producción a cero (Stewart, 1982).

Al investigar el efecto de las fracciones húmicas de composta y andisoles en el peso seco de maíz H-32, observaron que las dosis de 24 y 48 mg kg<sup>-1</sup> de AH de composta fueron los de mejor respuesta y en segundo lugar 12 y 48 mg kg<sup>-1</sup> de AH del undisol. Con ambas fuentes existió una disminución en el tamaño y rendimiento de las plantas con la dosis de 90 mg kg<sup>-1</sup> de AH; en general las dosis altas de AH causaron un aumento en los porcentajes de N, P, y K, aunque el calcio en ningún caso fue mayor que el testigo (García y Aguilera, 1980).

Al aplicar 0, 22, 67, 134 y 268 ton ha<sup>-1</sup> de residuos orgánicos a una parcela experimental durante cuatro años consecutivos, señalaron que los tratamientos con las mayores dosis tuvieron un efecto significativo en la retención de humedad, disminución de la densidad aparente; la evaporación disminuyó favorablemente con las dosis de 134 y 268 ton ha<sup>-1</sup> y finalmente los contenidos de materia orgánica aumentaron en forma significativa (Unger y Stewart, 1974). Es importante resaltar, que los residuos orgánicos además de participar como fuentes de nutrimentos, son utilizados para disminuir y/o evitar daños causados por las sales y el sodio en el suelo.

Se encontró que los suelos orgánicos-humíferos y turbosos con cantidades apreciables de sodio intercambiable, tenían buenas condiciones físicas, por lo que Campell y Richards, 1950 (citados

por Richards, 1985) demostraron el efecto benéfico de la materia orgánica, al aplicarla a suelos sódicos.

La salinidad del suelo frecuentemente puede ser reducida en zonas áridas, realizando prácticas culturales, que consisten en conservar la humedad del suelo. Sandoval, et al., 1973, observaron que en verano, al permanecer las hojas en la superficie disminuyeron significativamente las sales de la rizósfera. Este beneficio se acentuó con la combinación de los residuos de cosecha durante el verano e invierno.

Patcharapreecha, et al., 1990 utilizaron carbonato de calcio, sulfato de calcio, composta, aceite crudo, vainas y paja de arroz, para la recuperación de un suelo salino sódico en condiciones de campo. La composta fue el tratamiento más efectivo, seguido por la paja del arroz, que a la vez participaron en la formación de agregados; las fuentes de calcio incrementaron la capacidad amortiguadora del suelo, pero no tuvieron un efecto favorable como mejorador. El aceite crudo y las vainas del arroz presentaron fluctuaciones en el pH durante la estación seca y húmeda del experimento, la composta tuvo un efecto supresivo sobre la dispersión de las arcillas, en cambio las vainas de arroz y el aceite lo estimularon.

En la actualidad existe un gran interés por conocer la respuesta de los suelos, salinos y/o sódicos de chinampa, a la aplicación de diferentes fuentes de materia orgánica y aumentar los niveles de nutrimentos, pero sobre todo por su capacidad de enmienda.

A partir de tres suelos de chinampa en condiciones de baja, media y alta productividad, García et al., 1990 extrajeron ácidos húmicos

por el método de Kononova, evaluando el grado de humificación con el espectro visible y el umbral de coagulación, establecieron una mayor humificación en la chinampa con mayor productividad y en las muestras superficiales.

Mercado, et al., 1992 estudiaron la materia orgánica en suelos de chinampa, observaron que en la mayoría de los casos dominan los AH sobre los AF, lo que indicó una mayor estabilidad de esta fracción orgánica. Una muestra superficial (0-10 cm) y otra cercana al nivel freático (170-180 cm) se estudiaron por espectrometría de infrarrojo y masas, para ambas muestras se registraron bandas de absorción en la región de  $3400\text{ cm}^{-1}$ , enlaces H de los grupos OH;  $2920\text{ cm}^{-1}$  ligaduras C-H alifáticos;  $1720\text{ cm}^{-1}$  ligaduras C=O de grupos COOH y C=O cetónicos; en  $1620\text{ cm}^{-1}$  cadenas H de C=O (cetónicos y aromáticos) procedentes de quinonas, C=C aromáticos. En el caso de la muestra superficial no se detectó la banda de  $1620\text{ cm}^{-1}$ , lo que indicó una menor aromaticidad y por tanto una mayor oxigenación. Finalmente estudiaron los lípidos ligados y no ligados a la materia orgánica, observando ácidos grasos (palmítico y esteárico), resultado de la descomposición de residuos orgánicos, ftalatos (butilester, isobutil y hexilester) y alcanos de origen microbiano y vegetal de mayor proporción.

En condiciones de invernadero se estudió el efecto de mejoradores en suelos de chinampa de la Delegación de Tlahuac, por Villalón y Tavaréz, 1990, utilizaron las siguientes dosis: 0, 100 y 200  $\text{ton ha}^{-1}$  de estiércol de bovino, 0, 140 y 210  $\text{ton ha}^{-1}$  de arena, tres láminas de lavado consecutivas de 30.1, 23.8 y 21.0 cm respectivamente. Los mejores tratamientos se obtuvieron

con las máximas dosis de estiércol y las láminas de lavado, no se observó ninguna respuesta significativa con la aplicación de la arena.

La aplicación de láminas de lavado y fuentes de materia orgánica (composta y estiércol de bovino) en suelos de chinampa de Xochimilco, representaron un recurso excelente para establecer las condiciones óptimas para un cultivo de rosal. A partir de las variables de respuesta: longitud de tallo, sobrevivencia, días a la floración, porcentaje de la floración y diámetro de la flor, se observaron respuestas significativas, con las dosis de 18 y 27% de estiércol y la segunda lámina de lavado (Reyes, 1992).

#### D. MEJORADORES QUÍMICOS EN LA RECUPERACION DE SUELOS SÓDICOS.

Dentro de la literatura existen trabajos relacionados a la aplicación de mejoradores químicos para conocer su respuesta, eficiencia y costos de recuperación, aunque normalmente los estudios están dirigidos a los suelos que tienen un desarrollo genético.

El efecto del sodio intercambiable sobre la permeabilidad del suelo fue estudiado por Acharya y Abrol 1978, aplicaron cinco tratamientos de yeso, observaron que al aumentar el PSI decreció la difusión de agua en el perfil. El efecto de los tratamientos sobre el movimiento del agua fue notable para una profundidad de 90 cm, cuando se aplicaron las mínimas dosis de yeso, la rehabilitación en las capas a partir de los 15 cm fue casi nula.

En la actualidad se ha incrementado el uso de ácido sulfúrico y sus precursores ( $SO_2$ ), ambos pueden ser subproductos de la combustión

de depósitos fósiles, de actividades industriales, oxidación natural de los sulfuros minerales y en menor proporción de sulfuros orgánicos.

En el suroeste de los Estados Unidos de Norteamérica, cerca de 3 millones de toneladas de  $\text{SO}_2$  se descargan a la atmósfera, formando  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , que puede ser absorbido o precipitado en los suelos y plantas. Por lo que se propone utilizarlo en suelos alcalinos para mejorar las propiedades del mismo y aumentar su productividad (Bohn, 1972).

La aplicación de azufre elemental en suelos sódicos, causó excelentes resultados en su rehabilitación; Thomas, 1936 inoculó el suelo con *Thiobacillus thiooxidans*, disminuyendo el tiempo de oxidación a  $\text{SO}_4$  (8 semanas); en segundo lugar el azufre no inoculado con tamaño de partícula menor (8 a 10 semanas); y finalmente la oxidación de coraza de azufre (18 meses), los resultados manifestaron que todas las fuentes de azufre fueron adecuados para la recuperación de los suelos.

Al utilizar yeso ( $20 \text{ ton ha}^{-1}$ ), ácido sulfúrico ( $11.4 \text{ ton ha}^{-1}$ ) y azufre elemental ( $3.6 \text{ ton ha}^{-1}$ ) en suelos sódicos de la serie Fresno. Ovestreet, 1951 a dos años del experimento demostró que el ácido sulfúrico aumentó la producción, en relación a las parcelas tratadas con yeso y azufre; después de tres años no se observaron diferencias significativas con el azufre y el testigo.

Para mejorar las condiciones de un suelo salino sódico en invernadero, fue utilizado yeso, ácido sulfúrico y cloruro de calcio, en forma individual y combinada. Prathers et al., 1978 demostraron lo siguiente: 1) el ácido sulfúrico fue el más

eficiente en forma individual; 2) el cloruro de calcio más el yeso en relación 1:4 disminuyeron la lámina de lavado favorablemente.

Al aplicar ácido sulfúrico ( $2.24 \text{ ton ha}^{-1}$ ) y yeso ( $3.84 \text{ ton ha}^{-1}$ ) en el riego a diferentes CE ( $3.2 \times 10^3$  a  $0.55 \times 10^3 \text{ DS m}^{-1}$ ), durante 2 años, Alawi et al., 1980 observaron que se elevó significativamente la producción de *Sorghum sudanese* con las conductividades bajas, favorecidas por ambos mejoradores durante el primer año y en el segundo sólo se incrementó la producción con el ácido sulfúrico.

La resistencia de los agregados en suelos normales y salino sódicos, fueron afectados al aplicarse ácido sulfúrico y dióxido de azufre (Miyamoto et al., 1973); en el segundo caso la estabilidad de los agregados decreció en un promedio de 62 a 17%, debido a que los carbonatos actúan como cementantes, en los suelos normales disminuyó de un 45 a 32%. La absorción del  $\text{SO}_2$  también redujo la estabilidad de los agregados, pero menos grado que el ácido sulfúrico.

Cates et al., 1982 estudiaron el efecto del ácido sulfúrico de diferente origen en suelos salino sódicos; en un primer sitio establecieron los tratamientos: 0, 9.36, 18.71, 37.4 ton ha de ácido sulfúrico proveniente de la industria del cobre (IC); en el sitio dos: 0 y 6.68 ton ha<sup>-1</sup> IC, 33.60 ton ha de estiércol de bovino más 6.68 ton ha<sup>-1</sup> IC y 6.68 ton ha<sup>-1</sup> de ácido sulfúrico de la refinación del aceite (RA) y 11.72 ton ha de yeso (equivalente al ácido). El grado de recuperación aumentó con las dosis altas de ácido, que se reflejaron en el peso seco de *Hordeum vulgare* (bioindicador), con las dos fuentes del ácido el efecto fue similar; el yeso favoreció la disminución del pH y la conductividad

eléctrica; la combinación del estiércol y el ácido incrementaron la producción a un 40 %, que cuando se aplicó sólo.

A continuación Cates et al., 1984 estudiaron los niveles de N, K, Ca, Na P, Fe, Zn, Cu y Mn en el cultivo anterior, concluyeron que los mejoradores favorecieron la disponibilidad de los nutrimentos; el ácido sulfúrico con el estiércol estimularon la disponibilidad del P, Fe, Zn, Cu y Mn. El sodio disminuyó su concentración en el tejido vegetal de 40.3 a 11.0-14.5 gr kg<sup>-1</sup> pero no existieron diferencias con las dosis altas del ácido (Cates et al., 1984).

Se estudió la respuesta del ácido sulfúrico en relación a tres formas de aplicación (inyección a 8 cm, superficial y mezclado con el suelo), un quelato de hierro (Fe-EDDK) y hierro (FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O) como subproducto de la industria del cobre, en suelos sódicos (Ryan et al., 1975a). El ácido causó la mejor respuesta en el rendimiento de cinco pastos durante tres cosechas consecutivas, no se observaron diferencias con los métodos de aplicación, no obstante, el crecimiento decreció en los últimos cortes; las fuentes de hierro no favorecieron a las dos primeras cosechas. Las máximas dosis de ácido incrementaron los niveles de clorofila, aunque los valores no fueron mayores a los tratamientos con Fe-EDDH y el FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O.

En suelos salino sódicos probaron los siguientes tratamientos en condiciones de invernadero: Fe (50 ppm de FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O), P (300 ppm Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>) y el ácido sulfúrico concentrado 1, 5, 10 ml, equivalente a 1.1, 5.5, 11.0 ton ha<sup>-1</sup> combinados con láminas de lavado (Ryan et al., 1975b). Evaluaron el rendimiento en peso seco de cinco pastos durante tres cosechas consecutivas, observaron

variaciones a la respuesta del P, Fe y ácido sulfúrico; las máximas dosis del ácido fueron las más significativas, concluyendo que la fertilización con Fe y P, fue mínima e incoesteable, en cambio el ácido sulfúrico proporcionó alternativas importantes.

Aguilera, 1987-1992 reporta una serie de estudios realizados en la zona chinampera de Xochimilco-Tlahuac, que incluyen tanto el diagnóstico edáfico del área, como algunos ensayos para reducir los niveles de salinidad y sodicidad, a partir de la utilización de mejoradores físicos, químicos, biológicos y láminas de lavado.

Reyes, 1985 evaluó la eficiencia del yeso, ácido sulfúrico, cloruro de calcio y férrico, en suelos salino sódicos del Ejido Cienega Grande de Xochimilco; concluyó que la utilización de los mejoradores químicos redujeron significativamente el PSI y la CE. La lámina de lavado fue el factor más importante y la aplicación de los mejoradores químicos permitieron que la recuperación fuera más rápida.

Galicia (1990) realizó un experimento a nivel de campo en una chinampa de la Delegación de Tlahuac, aplicó como enmienda tres dosis de yeso, alta, media y baja: observó que las dosis altas manifestaron el mismo nivel de significancia del testigo. La mejor respuesta se presentó en el tratamiento uno (dosis baja), con una producción de 4,142 ton ha<sup>-1</sup> de inflorescencia de *Brassica oleracea* var. *caulíflora*.

Castillo (sin publicar) obtuvo diferencias significativas cuando aplicó ácido sulfúrico y láminas de lavado, en suelos de chinampa bajo condiciones de salinidad y sodicidad.

#### 4. DESCRIPCION DE LA ZONA DE ESTUDIO.

El término Tlaxialtemalco, proviene del nahuatl "tlaxiacatl" que significa producir o fabricar algo, "temaitl" bracero y "co" lugar, es decir "lugar donde se fabrican los braceros que usaban en los adoratorios del dios Tlaloc".

##### A. LOCALIZACION.

La zona de estudio se sitúa en San Luis Tlaxialtemalco D.F., pertenece a la Delegación Xochimilco, entre los  $19^{\circ} 15' 00''$  y  $19^{\circ} 16' 25''$  de latitud norte y los  $99^{\circ} 01' 30''$  y  $99^{\circ} 02' 30''$  de longitud oeste. Limitada al norte con el Canal de Chalco, al sur con la Delegación de Milpa Alta, al este con Tulyehualco y al oeste con San Gregorio Atlapulco, con una altitud promedio de 2273 m.s.n.m.; Sistema de Información Cartográfica Catastral (véase Mapa 1).

Las calicatas 1 y 2 tienen como referencia el Canal de Ameca, generalmente en ambas se cultiva el maíz (*Zea mays*). La calicata 3 se utiliza para la producción de maíz y ornamentales, la calicata 4 para la obtención de ornamentales y hortalizas, las dos últimas localizadas cerca del Canal Nacional.

##### B. GEOLOGIA.

Al plegarse los sedimentos marinos del Cretácico y al haber emegido gran parte del territorio mexicano, se inició un período volcánico activo durante el Terciario, que continuó en el Cuaternario. La Cuenca presentó dos fallas geológicas en su formación, la más ancha

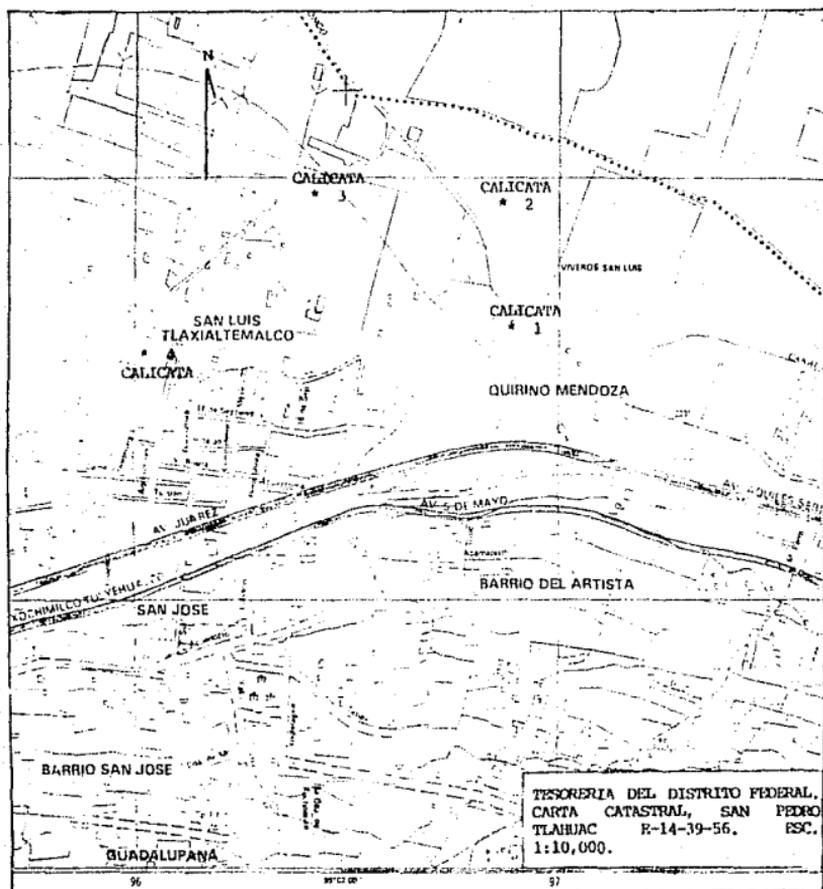


FIGURA 2. LOCALIZACION DE LOS PUNTOS DE MUESTREO EN LAS CHINAMPAS DE SAN LUIS TLAXIALTEMALCO, D.F.

al norte conocida como la de Chapala-Acambay y los inicios de su actividad se establecen en el Terciario medio.

Al sur de la Cuenca, se originó la segunda fractura línea de Humboldt (Clarion o Eje neovolcánico), esto durante el Terciario Superior. En el Cuaternario se cierra la Cuenca con la formación de la Sierra del Chichinautzin, así se represa el antiguo espacio por el que corrían los ríos que se dirigían al sur (Mooser, 1963).

#### **C. FISIOGRAFIA.**

Xochimilco se localiza dentro de la zona fisiográfica Planicie Meridional de la Cuenca de México, sus límites son al norte con la Sierra de Guadalupe y la Sierra Patlachique, al sur la Sierra del Chichinautzin y Cuatzin, al este la Sierra Nevada y al oeste la Sierra de las Cruces (véase Figura 2).

Está constituida por las siguientes geoformas: zona lacustre por donde drena el agua a los 2240 m.s.n.m. con pendientes de 1 a 2%, la zona cerril y pie de monte de los 2300 a 2600 m.s.n.m. y la ladera montañosa en los 2000 y 3960 m.s.n.m. (González, 1990).

#### **D. HIDROGRAFIA.**

El lago de Xochimilco mide aproximadamente 3,200 m de norte a sur y 9,600 m de este a oeste, su vaso tiene una profundidad promedio de 5 m (Reyes, 1985). Los canales más importantes son el de Cuemanco, Chalco, Nacional, Japón, Tezhuilotl, Apatlaco y Canal Tultengo (Reza, 1970).

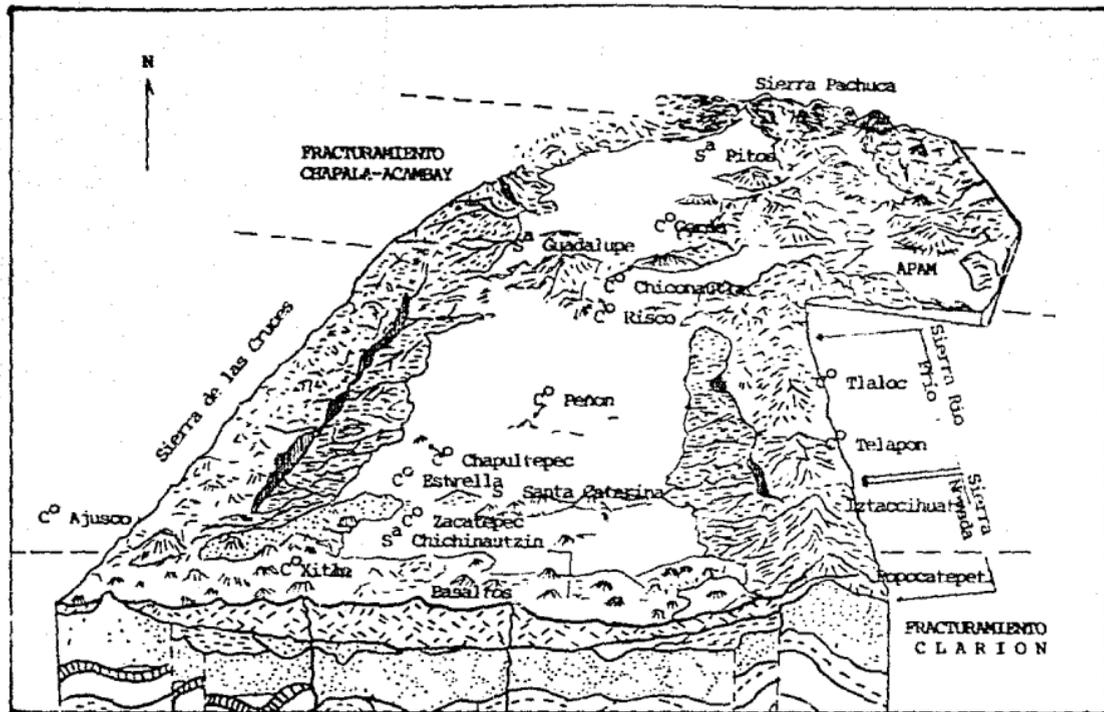


FIGURA 2. REPRESENTACION DE LA ZONA FISIOGRAFICA PLANICIE MERIDIONAL DE LA CUENCA DE MEXICO (FUENTE: MOOSER, 1963).

### E. CLIMA.

La estación climatológica más cercana, está localizada en San Gregorio Atlapulco entre 19° 26' latitud norte y 99° 03' longitud oeste.

Es templado subhúmedo con lluvias de verano  $C_b (w_1) (w) (i') g$ , el cual se encuentra afectado atmosféricamente por sistemas tropicales, lluvias de verano y entradas de masas de aire polar; diciembre es el mes más frío (12 °C) y mayo el más caluroso (18.9 °C), normalmente la precipitación se establece en junio (130.5 mm), julio (169.7 mm), agosto (137.2 mm) y septiembre (122.3 mm) (García, 1973).

### F. VEGETACION.

En los relieves elevados se encuentra el bosque mixto de pinos *Pinus* sp, cedros *Cupressus* sp, ahuehuetes *Taxodium* sp, encinos *Quercus* sp, madroños *Arbutus* sp, tepozanes *Buddleja* sp, alies *Alnus* sp, en los lomeríos frutales, xerofitas y herbáceas.

En la llanura lacustre ahuejotes *Salix bonplandiana* y *S. humboldtiana*, en la superficie de los canales lirios acuáticos *Echihornia crassipes*, *Limnobium stoloniferum*, *Pistia stratiotes*, lentejillas *Wolffia gladiata*, *Lemna* spp, tules *Typha angustifolia*, *T. latifolia* (Sánchez, 1980).

### G. AGRICULTURA.

El principal cultivo es el maíz var. chalqueño-chinampero productivo y vigoroso, lo utilizan para autoconsumo y forraje, practicando el abonamiento y la fertilización.

Los cultivos asociados son el huazontli *Chenopodium* sp, col *Brassica oleracea* var. *capitata*, chile *Capsicum* spp, espinaca *Spinacea oleracea*. Los más importante son las plantas ornamentales: mercadela, agazania, petunia, clavel, ester, crisantemo, aretillo, rosa, alheli, nochebuena, romero, albahaca y manzanilla entre otras (Pérez, 1989).

#### H. SUELOS.

Aguilera y Fuentes, 1951 realizaron una investigación de la mineralogía en suelos de Xochimilco y determinaron el predominio de dos grupos de minerales arcillosos, el de montmorillonita (2:1) y caolinita (1:1).

Gutiérrez y Ortiz, 1992 estudiaron la micromorfología y establecieron que los suelos de chinampa poseen una microestructura esponjosa con alta porosidad, sobre todo en la superficie; se identificaron minerales escasos como el cuarzo, feldespatos altamente intemperizados y minerales amorfos.

Vallejo, 1992 a partir del muestreo de cuatro chinampas en San Luis Tlaxiátemalco, estableció conductividades eléctricas 7.3 a 37.0 dS m<sup>-1</sup>, pH cercanos a 9.3, PSI mayores de 15%, con lo que se clasificaron como suelos salino sódicos.

## V. MATERIALES Y METODOS.

### A. CAMPO.

En el Laboratorio de Edafología de la Facultad de Ciencias, U.N.A.M., se realiza el proyecto: "Rehabilitación de suelos de chinampa de la zona lacustre Xochimilco-Tlahuac y sus relaciones con las plantas cultivadas" (Aguilera, 1987-1992).

Con base a los antecedentes de la zona de estudio, se muestrearon cuatro calicatas del área chinampera de San Luis Tlaxialtemalco, estableciendo los niveles de salinidad como sodicidad.

Las muestras fueron colectadas cada 10 cm de profundidad hasta alcanzar el nivel freático, con un peso aproximado de 2 kg de suelo, con total de 53 muestras.

Las muestras se secaron a temperatura ambiente y tamizaron con una malla del número 10 (abertura de 2.0 mm); los análisis físicos y químicos, se efectuaron en el Laboratorio de Edafología de la Facultad de Ciencias.

### B. INVERNADERO.

Para evaluar la respuesta a la interacción de tres mejoradores (químico, biológico e hidrotécnico), fue elegida la chinampa con mayores problemas de salinidad y sodicidad, en la que se colectó de la capa arable (0-20 cm) una muestra compuesta, en forma aleatoria simple (Ortiz, 1986), cubriendo una superficie aproximada de 1700 m<sup>2</sup>.

La muestra compuesta fue homogeneizada, secada y tamizada; en el invernadero de la Facultad de Ciencias, U.N.A.M.; posteriormente se

tomó una pequeña submuestra, a la cual se le determinaron sus propiedades físicas y químicas.

Con base al porciento de sodio intercambiable  $PSI_i$  48.23 y la capacidad de intercambio catiónico total  $54.25 \text{ meq } 100 \text{ gr}^{-1}$ , se calcularon teóricamente los requerimientos del ácido sulfúrico (Aceves op. cit.):

$$NM = \frac{PSI_i - PSI_f \times CICT}{100}$$

donde  $NM$ = necesidad de mejorador por cada 100 gr de suelo  
 $PSI_i$ = porcentaje de sodio intercambiable inicial  
 $PSI_f$ = porcentaje de sodio intecambiable final que se desea establecer.  
 $CICT$ = capacidad de intercambio catiónico total en  $\text{meq } 100 \text{ gr}^{-1}$

Deseando llevarlo a un  $PSI_f$  de 20 y 10 %, requiriendo así 229.65 y 310.95  $\text{meq de } H_2SO_4$   $1500 \text{ gr}^{-1}$  de suelo, correspondiente a 6.1 y 8.2 ml de ácido sulfúrico.

En el invernadero se eligió una lámina de lavado de 21.1 cm que serviría para desplazar el exceso de sales y del sodio que se sustituyó del complejo de cambio.

Para determinar la lámina de lavado el suelo se llevó a Capacidad de Campo, que consistió en someterlo a saturación, después de 48 hrs se drenó el agua gravitacional quedando la aprovechable. Se hizo una relación para 1500 gr de suelo calculando 1670 ml de agua para llevar al suelo a Capacidad de Campo.

Como mejorador biológico, se utilizaron 60 y 120  $\text{ton ha}^{-1}$  de estiércol de bovino ( $a_1$  y  $a_2$ ) y 60 y 120  $\text{ton ha}^{-1}$  de composta ( $a_3$  y  $a_4$ ), las cuales se establecieron en función a las aplicaciones que

realizan los chinamperos del lugar y cercanas a las recomendadas para las hortalizas.

La planta procesadora de Desechos Urbanos del Departamento del Distrito Federal donó la composta y el estiércol de bovino se obtuvo en Xochimilco.

El experimento que se realizó para este trabajo se basó en un diseño trifactorial con arreglo combinatorio y distribución completamente al azar. Con un total de 30 tratamientos, por cuatro repeticiones, teniendo así un total de 120 unidades experimentales (véase cuadro 3).

Las unidades experimentales consistieron en 120 macetas de plástico, con 1500 gr de suelo y distribuidas completamente al azar en dos mesas del invernadero, 60 en cada una (véase figura 3).

## C. LABORATORIO.

### 1. VARIABLES DE RESPUESTA.

- Propiedades físicas y químicas del suelo antes y después de aplicar los tratamientos.

- Rendimiento en peso fresco y seco de tres cultivos de hortalizas; para la primera y tercera siembra se seleccionó a *Raphanus sativus* var. *crunchy red*, se agrupa en las hortalizas altamente sensible a la salinidad ( $4 \text{ dS m}^{-1}$ ). *Lactuca sativa* var. *white boston* fue el cultivo intermedio, considerada medianamente sensible a la conductividad eléctrica de 4 a  $10 \text{ dS m}^{-1}$ .

A esta variables de respuesta se le aplicó el Análisis de Varianza (ANDEVA), y la diferencia mínima significativa de los tratamientos con la prueba de Duncan, Reyes (1982), Steel y Torrie (1988).

CUADRO 3. TRATAMIENTOS EVALUADOS EN EL INVERNADERO.

TRATAMIENTOS	FACTOR K MEJORADOR BIOLÓGICO TON/HA	FACTOR B MEJORADOR QUÍMICO M2304	FACTOR C MEJORADOR HIDROTECNICO H20
a0b0c0	-	-	-
a0b0c1	-	-	21.1 CM
a0b1c0	-	229.65 eqq/1500 gr	-
a0b1c1	-	229.65 eqq/1500 gr	21.1 CM
a0b2c0	-	310.95 eqq/1500 gr	-
a0b2c1	-	310.95 eqq/1500 gr	21.1 CM
a1b0c0	ESTIERCOL 60	-	-
a1b0c1	ESTIERCOL 60	-	21.1 CM
a1b1c0	ESTIERCOL 60	229.65 eqq/1500 gr	-
a1b1c1	ESTIERCOL 60	229.65 eqq/1500 gr	21.1 CM
a1b2c0	ESTIERCOL 60	310.95 eqq/1500 gr	-
a1b2c1	ESTIERCOL 60	310.95 eqq/1500 gr	21.1 CM
a2b0c0	ESTIERCOL 120	-	-
a2b0c1	ESTIERCOL 120	-	21.1 CM
a2b1c0	ESTIERCOL 120	229.65 eqq/1500 gr	-
a2b1c1	ESTIERCOL 120	229.65 eqq/1500 gr	21.1 CM
a2b2c0	ESTIERCOL 120	310.95 eqq/1500 gr	-
a2b2c1	ESTIERCOL 120	310.95 eqq/1500 gr	21.1 CM
a3b0c0	COMPOSTA 60	-	-
a3b0c1	COMPOSTA 60	-	21.1 CM
a3b1c0	COMPOSTA 60	229.65 eqq/1500 gr	-
a3b1c1	COMPOSTA 60	229.65 eqq/1500 gr	21.1 CM
a3b2c0	COMPOSTA 60	310.95 eqq/1500 gr	-
a3b2c1	COMPOSTA 60	310.95 eqq/1500 gr	21.1 CM
a4b0c0	COMPOSTA 120	-	-
a4b0c1	COMPOSTA 120	-	21.1 CM
a4b1c0	COMPOSTA 120	229.65 eqq/1500 gr	-
a4b1c1	COMPOSTA 120	229.65 eqq/1500 gr	21.1 CM
a4b2c0	COMPOSTA 120	310.95 eqq/1500 gr	-
a4b2c1	COMPOSTA 120	310.95 eqq/1500 gr	21.1 CM

- Extracción y purificación de los ácidos húmicos por el método de Kononova (1960), y caracterización por la determinación de las propiedades ópticas y el umbral de coagulación, Kononova y Bel'chikovas (1960), así como la relación C/N (Kononova, 1982).

Para obtener los espectros visibles y la relación  $E_4/E_6$ , se requiere de una solución de humatos, que consiste en disolver los ácidos húmicos (AH) en bicarbonato sódico 0.2 M y ajuste de la concentración de carbono a  $0.136 \text{ mg C ml}^{-1}$  de humato. Para ésta valoración se seleccionaron los tratamientos que recibieron aportes de materia orgánica (estiércol y composta) y además donde se observó una respuesta significativa con los análisis estadísticos.

- El análisis químico foliar de las tres cosechas, para conocer las concentraciones de Ca, Mg, Na, K, P y N, con respecto al efecto de los mejoradores.

Después de obtener el peso fresco, se lavó el material con agua corriente, solución de HCL 2N y agua destilada hasta ausencia de cloruros. Para obtener el peso seco las plantas se colocaron en bolsas de papel estraza dentro de una estufa a  $40 \text{ }^\circ\text{C}$  hasta peso constante. Las muestras se digirieron por vía húmeda en mezcla triácida ( $\text{HNO}_3:\text{H}_2\text{SO}_4:\text{HClO}_4$ ) en proporción 10:1:4 (Chapman y Pratt, 1991).

El nitrógeno se determinó por el método de Kjeldahl, en donde el ácido sulfúrico oxidó a las proteínas además de fijar el nitrógeno orgánico en forma de sulfato de amonio,  $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$ . Al enfriarse esta mezcla, se diluyó con agua y neutralizó con NaOH que transforma al nitrógeno en amoniaco ionizado que se destila y recibe en un volumen conocido de ácido bórico. Por titulación ácida

se calculó la cantidad de amoníaco desprendido; multiplicada por el factor 6.25 se obtiene la cantidad de proteína cruda (Page, 1982).

## 2. Análisis físicos.

- Color en seco y húmedo. Por comparación con las cartas de color Munsell (1992).
- Densidad Aparente. Por el método de probeta (Baver, 1956).
- Densidad Real. Por el método del picnómetro (Baver, 1956).
- Porcentaje de Porosidad. Por la relación del cociente de DA y DR.
- Textura. Por el método del hidrómetro de Bouyoucos (1961).
- Conductividad Eléctrica. Con el puente de conductividad modelo Phillips PW 9505 (Jackson, 1982).

## 3. Análisis químicos.

- Difracción de Rayos X. Phillips PW 1394, PW 4630, PW 4670 y graficador PM 8000 con cátodo de cobre 40 Kw 20 m (Lavkulich 1981).
- Potencial de Hidrógeno (pH). Por el método del potenciómetro, en relación (1:5 y 1:10) suelo-agua destilada y suelo-solución salina de KCl 1N pH 7, en potenciómetro Corning modelo 7.
- Materia Orgánica. Por el método de Walkley y Black, modificado por Walkley, 1947 (Jackson, 1982).
- Calcio y Magnesio Intercambiables. Por el método de extracción con acetato de amonio (1 N pH 7) y valoración con Versenato (EDTA 0.02 N), (Jackson, 1982).
- Sodio y Potasio intercambiables. Extracción con acetato de amonio (1 N pH 7) y determinación con fotometría de llama Corning 400 (Jackson, 1982).

- CICT. Saturando con  $\text{CaCl}_2$  (1 N pH 7), lavando con etanol al 96 % y eluyendo con NaCl (1 N pH 7). Valoración con versenato (EDTA 0.02 N) y negro de eriocromo T (Jackson, 1982).
- CICT. Utilizando como saturante el acetato de sodio 1 N pH 7. Lavando con etanol al 96 % y eluyendo con acetato de amonio 1 N, (Richards, 1985).
- Fósforo Asimilable. Por el método Olsenen con fotómetro modelo m Leitz, Inc, (Jackson, 1932).
- Nitrógeno Total. Por el método de macrokjeldahl (Page, 1982).
- Extracción y purificación de los ácidos húmicos con el método de Kononova, 1966 y caracterización con las propiedades ópticas y el umbral de coagulación por el método de Kononova y Bel'chikova, 1960 (Kononova, 1982).
- Carbono total en el analizador de carbono LECO con horno de inducción mod. 521 y analizador mod. 572-260 (Lavkulich, 1981).
- Fraccionamiento del carbono orgánico por el método de Drijber y Lowe, 1991, Lowe y Kumada, 1985.
- Formas orgánicas del nitrógeno por el método de Bremer, 1965 (Page, 1982).

**a. Extracto de la pasta de saturación.**

La extracción de la solución del suelo se realizó mediante filtración en vacío.

- Potencial de hidrógeno (pH). Del extracto de la pasta de saturación, en un potenciómetro Corning modelo 7.
- Calcio y magnesio solubles. Por titulación con el método del versenato (EDTA 0.02 N) (Jackson, 1982).

- Sodio y potasio solubles. Determinación con fotometría de llama, Corning 400 (Jackson, 1982).
- Cloruros. Por el método de Mohr, 1949, utilizando nitrato de plata (0.01 N) e indicador dicromato de potasio (5%) (Jackson, 1982).
- Sulfatos. Por gravimetría en forma de sulfato de bario (Bower y Hus, 1948).
- Carbonatos y Bicarbonatos. Por el método volúmetrico, con HCl 0.01 N, fenolftaleína y anaranjado de metilo (Reitemeier, 1943).
- Porcentaje de Sodio Intercambiable. Relación de la capacidad de intercambio catiónico total y sodio intercambiable.

#### 4. Análisis químico foliar.

- Rendimiento en peso fresco y seco
- Calcio y Magnesio. Por vía húmeda usando una mezcla triácida y valorando con EDTA 0.02 N.
- Sodio y Potasio. Por vía húmeda, usando mezcla triácida y determinada por fotometría de llama, modelo Corning 400.
- Fósforo. Por vía húmeda, usando mezcla triácida y determinado por el método de Bray I (Jackson, 1982).
- Nitrógeno Total. Por el método microkjeldahl, (Page, 1982).

## VI. RESULTADOS Y DISCUSION.

Las calicatas 1 y 2 tienen como referencia el canal de Ameca y se destinan para la producción del maíz; la número 1 con 170 cm de profundidad, presenta los colores más oscuros, en seco van de gris claro a gris muy oscuro y en húmedo de gris oscuro a negro. De 0 a 50 cm existieron las texturas migajón arcilloso, de 50 a 70 cm la migajón arenoso, de 70 a 100 cm migajón limoso y a partir de los 120-170 cm domina la textura arena migajosa (véase cuadro 4 y gráfica 1). Las densidades aparentes (DA) fueron menores de  $0.9 \text{ gr cc}^{-1}$ , las cuales corresponden a los suelos orgánicos, las densidades reales (DR) se encontraron siempre abajo de  $2.65 \text{ gr cc}^{-1}$ , considerada como el promedio normal de las partículas minerales. Estos suelos presentaron porcentajes de porosidad (% P) de 59.62 a 82.01 %, lo que normalmente favorece la permeabilidad del agua y aire; no obstante, en condiciones de laboratorio e invernadero se ha observado que el paso del agua en el suelo es deficiente, tal vez por la presencia de la montmorillonita (2:1), como se cita en la gráfica 10, que impide el lavado normal de los suelos y favorece la dispersión con el sodio. Esta calicata presentó los mayores contenidos de materia orgánica de 10.2 a 46.2%, observando una relación directa con la textura arena migajosa, por lo que se supone que la fracción orgánica actuó como cementante de las partículas más finas.

Los pH con ambas relaciones (1:5 y 1:10) de KCl y H<sub>2</sub>O destilada fueron menores de 8.0, a medida que aumentó la profundidad disminuyó gradualmente, lo cual está relacionado principalmente con la alta evapotranspiración de la superficie del suelo.

La capacidad de intercambio catiónico total (CICT) presentó valores de 35.8 a 66.4 meq 100 gr<sup>-1</sup>, los cuales fueron independientes a la profundidad de la calicata.

El magnesio de 12.6 a 85.1 meq 100 gr<sup>-1</sup>, fue el catión dominante en el complejo de cambio; el calcio se encontró en segundo lugar con 11.5 a 66.7 meq 100 gr<sup>-1</sup>); el potasio fue bajo en toda la calicata de 0.32 a 1.90 meq 100 gr<sup>-1</sup>; el sodio dominó sobre éste último de 3.9 a 14.1 meq 100 gr<sup>-1</sup>; finalmente el porcentaje de sodio intercambiable (PSI) fue mayor de 15 en las capas superiores.

La calicata 2 indicó una profundidad promedio de 140 cm, los colores en seco van de gris a gris muy oscuro, en los 70 a 90 cm se presentó una capa blanca; en húmedo, el gris dió colores negros y el blanco el pardo grisáceo oscuro (véase cuadro 5 y gráfica 2).

Predominaron las texturas migajón arcilloso, franco, migajón limoso y migajón arenoso, las cuales son favorables para el desarrollo de los cultivos; en el caso de la textura migajón arcilloso dominó en la superficie y la migajón limoso en la capa blanca.

La DA fue alta en la superficie y en las capas inferiores, con un rango de 0.45 a 0.57 gr cc<sup>-1</sup>, la discontinuidad puede atribuirse a los aportes de diferente naturaleza; en la gráfica 2, las curvas de DR (1.57 a 2.19 gr cc<sup>-1</sup>) y el % P (64.9 a 88.62 %) aumentaron proporcionalmente.

La materia orgánica tuvo un comportamiento irregular a través de toda la calicata, los porcentajes fueron mayores en las profundidades de 40 a 70 cm con 30.5 a 32.3 % y de 120 a 140 cm con 29.7 a 40.4 %, debido a que las condiciones del suelo no favorecen la transformación

de la materia orgánica, en donde los residuos orgánicos experimentan una alteración parcial y resistencia a la degradación biológica.

En general, el comportamiento del pH fue muy parecido al de la calicata 1, los valores fueron menores de 8.0; la CICT fue de 35.0 a 66.0 meq 100 gr<sup>-1</sup> y los valores menores se encontraron en la capa blanca.

Los contenidos de magnesio intercambiable con 19.5 a 87.0 meq 100 gr<sup>-1</sup>, en algunos casos excedieron al calcio con 12.6 a 62.1 meq 100 gr<sup>-1</sup>, pero la proporción de éste último es mayor en la calicata. El contenido de potasio de 0.10 a 1.30 meq 100 gr<sup>-1</sup> en el complejo de cambio, fue mucho menor al calculado en la calicata 1. El sodio (4.3 a 14.6 meq 100 gr<sup>-1</sup>) permaneció en función de la profundidad.

A nivel de la capa blanca se modificaron ligeramente algunas propiedades, esto fue el caso de la DA, textura, CICT y cantidad de cationes intercambiables.

La calicata 3 (120 cm) y 4 (100 cm) localizadas a diez y dos metros respectivamente del canal Nacional, con un manejo intensivo durante el año, en donde producen maíz y ornamentales.

Las propiedades físicas de la calicata 3, indican que los colores en seco fueron gris, gris claro, gris oscuro, además de una capa blanca a la misma profundidad (70-90 cm) de la calicata 2; en húmedo dominaron los colores negro, pardo grisáceo oscuro y el gris muy oscuro (véase cuadro 6 y gráfica 3).

Las texturas fueron arcilla, migajón arcilloso y migajón limoso, la última se presentó en la capa blanca; actualmente en el Laboratorio de Edafología de la Facultad de Ciencias, se están realizando estudios para conocer los constituyentes de éste material. En las

muestras dominaron las texturas finas, con lo cual pueden ser afectadas con mayor intensidad por el sodio intercambiable.

La DA disminuyó con respecto a la profundidad (0.54-0.25 gr cc<sup>-1</sup>); la DR aumentó en las capas inferiores de 1.60 a 1.68 gr cc<sup>-1</sup>, el mismo comportamiento lo observamos en el % P, que fue de 66.18 a 83.38 %.

La materia orgánica, fue menor que en las calicatas 1 y 2 con 7.0 a 24.4 %, debido a que la chinampa recibe un manejo intensivo.

La CICT indicó niveles de 36.0 a 54.8 meq 100 gr<sup>-1</sup>, los cuales también fueron inferiores a los análisis anteriores, en el complejo de cambio existió un mayor contenido del calcio con 17.2 a 58.6 meq 100 gr<sup>-1</sup>, en relación al magnesio con 3.4 a 66.7 meq 100 gr<sup>-1</sup>, lo cual varió con las calicatas anteriores. El potasio presentó concentraciones de 0.19 a 2.50 meq 100<sup>-1</sup> gr y el sodio de 3.6 a 40.7 meq 100 gr<sup>-1</sup>.

Los pH fueron alcalinos, aunque se observaron disminuciones a partir de los 40 cm; éste parámetro se consideró para obtener los extractos de la pasta de saturación.

Las conductividades eléctricas fueron de 10 a 21.5 dS m<sup>-1</sup>, el pH de 7.7 a 8.3 y el PSI de 8.8 a 87.1 %, por lo que se clasificó como suelos salino sódicos.

En el cuadro 7, se observa que el sodio soluble fue el catión dominante con 12.5 a 163 meq lt<sup>-1</sup>; el magnesio (7.5 a 64.0 meq lt<sup>-1</sup>) estuvo en mayor concentración que el calcio (2.6 a 25.6 meq lt<sup>-1</sup>), lo cual puede explicarse por la presencia de los minerales ferromagnesianos de fácil alteración como la biotita, hornblenda, olivino, que se depositaron durante el Cuaternario, con las diferentes actividades volcánicas; pero principalmente a las arcillas

montmorillonitas (2:1), clerita o vermiculita (2:2) (véase gráfica 10).

Los cloruros, sulfatos, así como los bicarbonatos son los iones con menores coeficientes de energía, altas secuencias de extracción y por tanto los más solubles en el suelo.

Los cloruros presentaron las concentraciones mayores en las tres primeras capas superficiales de 10.0 a 126.0 meq  $lt^{-1}$ , existió la tendencia a formar bicarbonatos (10.0 a 20.0 meq  $lt^{-1}$ ), con ausencia de carbonatos. Los sulfatos se concentraron principalmente en los 40 cm de profundidad y van de 10.3 a 129.3 meq  $lt^{-1}$ , estos al igual que los cloruros también pueden ser aportados por el vulcanismo.

Los resultados de los análisis físicos de la calicata 4 se presentan en el cuadro 8 y gráfica 4, el muestreo fue realizado hasta la profundidad de 100 cm, pues se tuvo contacto con el nivel freático; colores en seco de pardo claro a pardo grisáceo, y correspondieron en húmedo a pardo grisáceo oscuro.

Predominaron las partículas de arcillas por lo que presentaron las texturas franco, migajón arcilloso y arcilla, las dos primeras son las más deseables para el agricultor.

La DA de la calicata disminuyó con respecto a la profundidad de 0.40 a 0.66 gr  $cc^{-1}$ , por lo cual aumentó el % P de 66.15 a 82.79 %; las densidades reales fueron mayores con respecto a las calicatas 2 y 3, con valores de 1.79 a 2.5 gr  $cc^{-1}$ .

Los contenidos de materia orgánica oscilaron a través de la calicata, pues en la superficie fue de 10.1 % disminuyendo hasta la profundidad de 40 cm a 5.3 %, a continuación los niveles fueron mayores de 6.1 a 13.0 %, lo cual puede ser el resultado de las

fluctuaciones constantes del nivel freático, que impide la total descomposición de la misma.

La calicata presentó los mayores valores de pH con el agua destilada relación 1:10, el cual fue de 7.7 a 9.5.

La calicata, tiene las CICT más bajas, con el rango de 33.9 a 49.8 meq 100 gr<sup>-1</sup>; el calcio dominó en el complejo de cambio, sus valores fueron de 24.1 a 59.8 meq 100 gr<sup>-1</sup>, sobre el magnesio con 5.7 a 31.0 meq 100 gr<sup>-1</sup>; el sodio de 4.1 a 18.4 meq 100 gr<sup>-1</sup> y el potasio con 2.3 a 10.0 meq 100 gr<sup>-1</sup>.

En el cuadro 9 se presentan los análisis químicos del extracto de las pasta de saturación de la calicata 4.

Para estos casos las concentraciones mayores de sales se establecieron en las capas inferiores, ya que las CE iniciaron en la superficie con 2.5 dS m<sup>-1</sup> y aumentaron hasta 9.7 dS m<sup>-1</sup> en 90 a 100 cm; el pH del extracto de saturación fue de 7.6 a 8.8; el PSI de 9.6 a 42.2 % por lo que los suelos se clasificaron como salino sódicos.

No obstante, presentaron niveles más bajos de calcio con 2.6 a 21 meq lt<sup>-1</sup>, magnesio de 1.4 a 44.7 meq lt<sup>-1</sup>, el sodio con 9.7 a 71.7 meq lt<sup>-1</sup>, cloruros con 5.0 a 74.0 meq lt<sup>-1</sup> y sulfatos con 11.1 a 41.1 meq lt<sup>-1</sup>, con excepción de los bicarbonatos (10.0 a 25.0 meq lt<sup>-1</sup>) y el potasio (3.5 a 7.8 meq lt<sup>-1</sup>).

Por lo que se esperaría que estos suelos tuvieran los pH menores, en comparación con la calicata 3, lo cual podría explicarse por su cercanía al canal, ya que al estar húmedo durante el año puede, facilitar la hidrólisis de los iones.

Entonces, puede mencionarse que se trata de suelos con diferentes niveles de salinidad y sodicidad, se agrupan en las siguientes

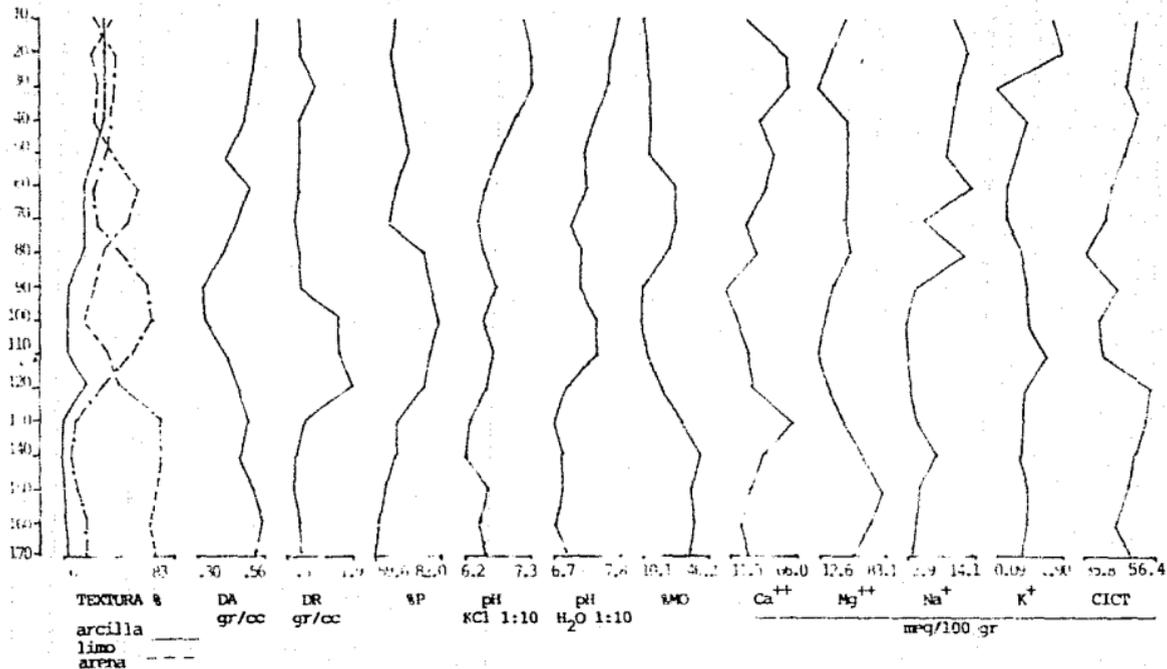
características: las calicatas 1 y 2 fueron semejantes en cuanto al contenido de iones, pH, colores más oscuros y altos niveles niveles de materia orgánica. Tanto la calicata 3 y 4 se localizan en la zona de canales, lo que permite un manejo intensivo de las chinampas, durante el año, a la vez que reflejaron los suelos con mayores problemas de salinidad y sodicidad.

CUADRO 4. RESULTADOS DE LOS ANALISIS FISICOS Y QUIMICOS DE LA CALICATA NO. 1 DE SAN LUIS TLAXIUALTEMALCO, D.F.

PROF. cm	COLOR		TEXTURA			D.R		POROSIDAD		P.H.		Ca++		Mg++		Na+		K+		C.I.C.T.
	SECO	HUMEDO	ARENA	LIMO	ARCILLA	g/cc	%	KCl		H2O		mg/100gr		mg/100gr		mg/100gr				
			%	%	%			1:5	1:10	1:5	1:10									
0 - 10	10 YR 5/1 GRIS	10 YR 3/1 GRIS MUY OSCURO	35.2	31.2	33.6	0.55	1.60	67.10	13.6	7.3	7.2	7.7	7.8	25.3	41.4	11.9	1.25	59.2		
10 - 20	10 YR 5/1 GRIS	10 YR 3/1 GRIS MUY OSCURO	29.2	37.2	33.6	0.55	1.66	66.70	13.2	7.3	7.3	7.4	7.8	55.2	28.7	13.5	1.90	55.6		
20 - 30	10 YR 5/1 GRIS	10 YR 3/1 GRIS MUY OSCURO	31.2	35.6	33.2	0.52	1.77	68.24	15.2	7.1	7.3	7.6	7.8	65.5	12.6	12.5	0.09	53.2		
30 - 40	10 YR 6/1 GRIS	10 YR 3/1 GRIS MUY OSCURO	30.8	35.6	33.6	0.50	1.64	69.45	15.0	6.8	6.9	7.2	7.4	31.0	40.2	11.9	0.92	59.6		
40 - 50	10 YR 6/1 GRIS	10 YR 3/1 GRIS MUY OSCURO	41.6	31.2	27.2	0.42	1.61	73.32	15.1	6.5	6.7	7.1	7.1	47.1	41.3	10.3	0.57	52.4		
50 - 60	10 YR 5/1 GRIS	10 YR2/1 NEGRO	56.2	23.6	17.6	0.52	1.58	67.06	32.4	6.2	6.5	6.9	7.3	41.4	47.1	14.1	0.25	44.2		
60 - 70	10 YR 5/1 GRIS	10 YR 3/1 GRIS MUY OSCURO	54.8	27.6	17.6	0.45	1.57	65.62	25.1	6.1	6.4	6.8	7.0	24.1	34.5	6.3	0.32	42.2		
70 - 80	10 YR 6/1 GRIS	10 YR 3/1 GRIS MUY OSCURO	32.0	49.6	17.6	0.37	1.61	76.98	25.3	6.4	6.5	6.8	7.2	34.5	35.6	13.0	0.73	35.9		
80 - 90	10 YR 7/1 GRIS CLARO	10 YR 4/1 GRIS OSCURO	24.8	68.0	7.2	0.30	1.64	81.31	10.2	6.4	6.7	7.0	7.2	11.5	26.4	4.8	0.89	47.2		
90 - 100	10 YR 7/1 GRIS CLARO	10 YR 4/1 GRIS OSCURO	22.0	70.0	8.0	0.32	1.82	82.01	10.1	6.5	6.5	7.1	7.5	13.9	17.2	3.9	0.96	39.6		
100-110	10 YR 6/1 GRIS	10 YR 3/1 GRIS MUY OSCURO	34.8	57.6	7.6	0.39	1.83	78.45	11.7	6.3	6.6	7.0	7.5	25.3	13.8	3.9	1.34	40.8		
110-120	10 YR 5/1 GRIS	10 YR2/1 NEGRO	46.0	34.0	20.0	0.44	1.96	77.42	18.3	6.2	6.5	6.8	7.0	31.0	27.6	4.1	0.89	66.4		
120-130	10 YR 3/1 GRIS MUY OSCURO	10 YR2/1 NEGRO	83.2	11.6	5.2	0.52	1.60	67.51	37.8	6.0	6.3	6.7	6.8	66.7	44.0	5.3	0.76	62.2		
130-140	10 YR 3/1 GRIS MUY OSCURO	10 YR2/1 NEGRO	82.0	12.0	6.0	0.51	1.60	67.85	46.2	6.0	6.2	6.5	7.0	33.3	60.5	10.3	0.86	56.3		
140-150	10 YR 3/1 GRIS MUY OSCURO	10 YR2/1 NEGRO	77.6	17.2	5.2	0.55	1.59	64.92	35.1	6.3	6.6	6.5	6.9	20.7	85.1	5.8	0.89	53.4		
150-160	10 YR 3/1 GRIS MUY OSCURO	10 YR2/1 NEGRO	72.0	22.0	6.0	0.56	1.67	62.77	42.9	6.1	6.4	6.6	6.7	17.2	71.3	5.4	0.89	47.6		
160-170	10 YR 3/1 GRIS MUY OSCURO	10 YR2/1 NEGRO	77.2	19.6	3.2	0.55	1.67	59.62	38.9	6.1	6.5	6.6	7.0	26.4	41.4	4.6	0.60	54.4		

GRAFICA 1. REPRESENTACION DE LOS ANALISIS FISICOS Y QUIMICOS DE LA CALICATA NO. 1 DE SAN LUIS TLAXIATEMALCO. D.F.

PROF.  
cm

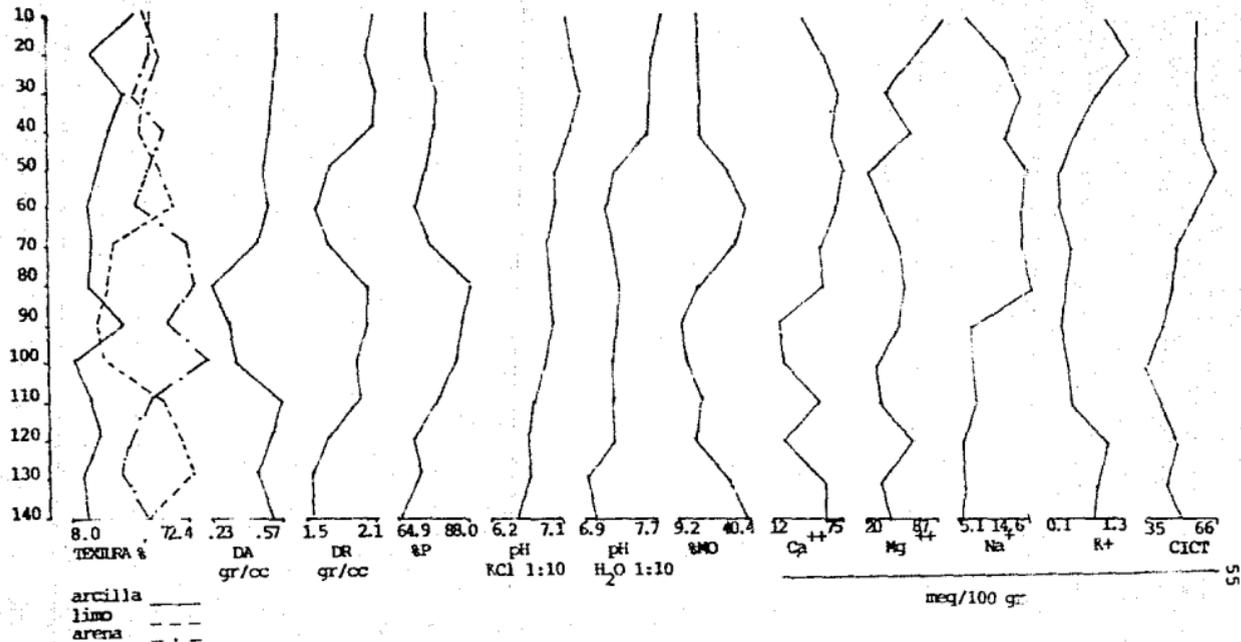


CUADRO 5. RESULTADOS DE LOS ANALISIS FISICOS Y QUIMICOS DE LA CALICETA NO. 3, DE SAN LUIS TLAXIALTENALCO, D.F.

PROF. cm	COLOR		TEXTURA			D.A	D.R	POROSID %	P.L.O.	pH				Ca++	Mg++	Na+	K+	C.I.C.T.
	SECO	HUMEDO	ARENA %	LIMO %	ARCILLA %					g/cc	KCl		H2O					
								%		1:5	1:10	1:5	1:10					
0 - 10	10 YR 5/1 GRIS	10 YR 2/1 NEGRO	32.0	36.0	32.0	0.54	2.07	73.71	15.4	6.9	6.9	7.6	7.7	32.2	87.4	6.3	0.92	53.2
10 - 20	10 YR 5/1 GRIS	10 YR 2/1 NEGRO	44.0	42.0	14.0	0.55	2.01	72.58	15.0	6.9	7.0	7.5	7.6	46.0	58.6	10.8	1.30	53.6
20 - 30	10 YR 5/1 GRIS	10 YR 2/1 NEGRO	36.0	34.0	36.0	0.55	2.19	74.84	16.9	7.0	7.1	7.5	7.6	62.1	34.5	12.5	0.76	53.8
30 - 40	10 YR 5/1 GRIS	10 YR 2/1 NEGRO	33.6	45.6	20.8	0.53	2.09	74.44	15.5	6.5	7.0	7.4	7.6	49.4	56.8	10.3	0.41	57.6
40 - 50	10 YR 4/1 GRIS OSCURO	10 YR 2/1 NEGRO	41.5	39.4	19.0	0.46	1.72	75.13	30.5	6.6	6.8	7.2	7.2	74.7	19.5	14.1	0.19	66.0
50 - 60	10 YR 4/1 GRIS OSCURO	10 YR 2/1 NEGRO	50.2	36.7	13.0	0.52	1.65	63.42	37.8	6.4	6.8	7.1	7.1	69.0	33.3	12.5	0.19	55.2
60 - 70	10 YR 6/1 GRIS	10 YR 2/1 NEGRO	55.6	27.6	16.9	0.42	1.70	74.88	32.3	6.5	6.7	7.0	7.2	57.5	46.0	13.5	0.22	46.6
70 - 80	10 YR 8/1 BLANCO	10 YR 4/2 PARDOS GRISACEO OSC.	21.2	63.2	15.6	0.23	2.04	68.62	12.3	6.6	6.7	7.1	7.1	57.5	47.1	14.6	0.19	44.6
80 - 90	10 YR 8/1 BLANCO	10 YR 4/2 PARDOS GRISACEO OSC.	18.8	49.6	31.6	0.27	2.02	66.33	6.7	6.7	6.8	7.3	7.3	12.6	46.0	5.3	0.10	38.6
90 - 100	10 YR 7/1 GRIS CLARO	10 YR 2/1 GRIS OSCURO	19.6	72.4	8.0	0.32	2.06	84.32	9.2	6.5	6.6	7.2	7.2	14.9	26.4	5.7	0.25	55.0
100-110	10 YR 5/1 GRIS	10 YR 2/1 NEGRO	40.0	44.0	16.0	0.57	1.93	70.47	18.7	6.4	6.5	7.0	7.2	49.3	27.6	5.3	0.32	40.6
110-120	10 YR 4/1 GRIS OSCURO	10 YR 2/1 NEGRO	55.2	28.6	16.8	0.52	1.70	69.00	11.1	6.2	6.4	7.0	7.2	18.4	62.1	4.3	0.96	48.4
120-130	10 YR 4/1 GRIS OSCURO	10 YR 2/1 NEGRO	56.0	31.6	12.4	0.45	1.57	71.40	29.7	6.0	6.4	6.7	6.9	49.4	23.3	5.1	0.76	41.4
130-140	10 YR 3/1 GRIS MUY OSCURO	10 YR 2/1 NEGRO	40.0	43.6	16.4	0.54	1.58	64.90	40.4	6.1	6.2	6.8	7.0	50.7	39.1	5.1	0.70	52.6

PROF.  
cm

GRAFICA 2. REPRESENTACION DE LOS ANALISIS FISICOS Y QUIMICOS DE LA CALICATA NO. 2 DE SAN LUIS TLAXIATEMALCO, D.F.

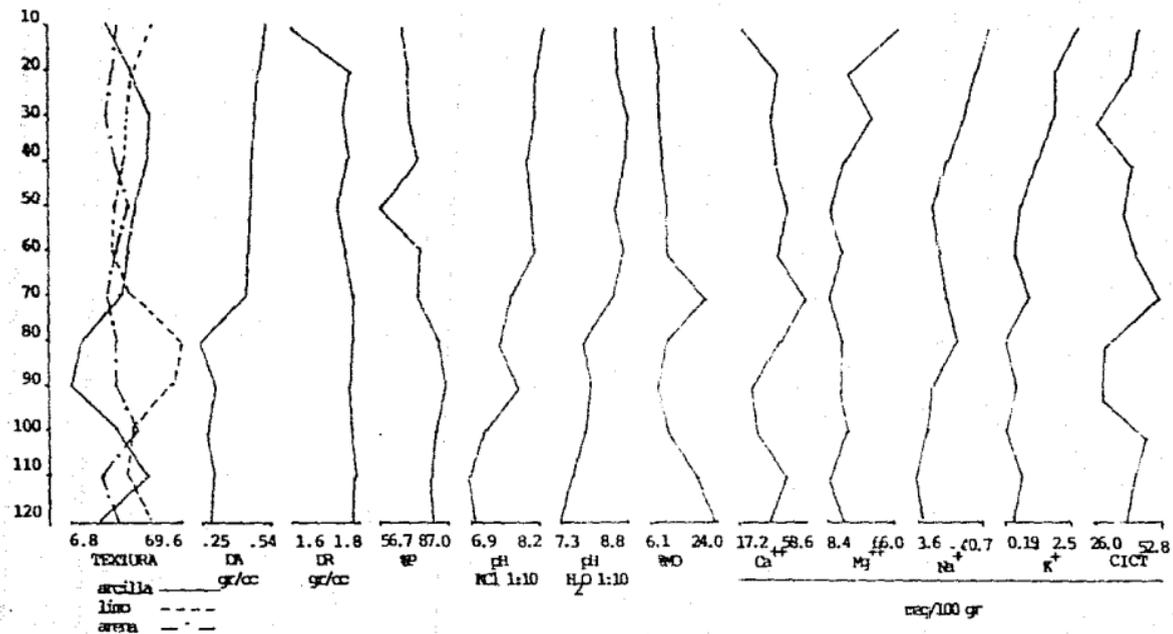


CUADRO 6. RESULTADOS DE LOS ANALISIS FISICOS Y QUIMICOS DE LA CLICATA NO. 3, DE SAN LUIS TLAJALTEMALCO, D.P.

FR.F. ce	COLOR		TEXTURA			D.A	D.R	POROSIDAD	M.O.	ph				Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	C.T.C.T.
	SECC	MUEBEC	ARENA	LIMO	ARCILLA	g/cc	%	%	%	HCl		H2O		mg/100gr				
			%	%	%					1:5	1:10	1:5	1:10					
0 - 10	10 YR 5/1 GRIS	10 YR 2/1 NEGRO	25.2	52.8	22.0	0.54	1.60	66.15	10.1	6.0	8.2	8.3	6.5	17.0	66.7	40.7	0.50	45.4
10 - 20	10 YR 5/1 GRIS	10 YR 2/1 NEGRO	23.6	38.8	37.6	0.52	1.76	69.37	9.9	6.0	6.1	6.4	6.6	37.9	20.7	34.7	1.60	45.6
20 - 30	10 YR 5/1 GRIS	10 YR 2/1 NEGRO	21.6	34.3	43.6	0.51	1.75	70.74	7.0	6.0	6.1	6.5	6.3	31.0	36.0	31.3	1.50	36.0
30 - 40	10 YR 5/1 GRIS	10 YR 2/1 NEGRO	25.2	32.0	42.8	0.46	1.77	71.69	7.7	7.3	7.9	6.8	6.6	33.1	13.8	21.7	0.92	45.2
40 - 50	10 YR 5/1 GRIS	10 YR 2/1 NEGRO	29.6	30.8	39.6	0.47	1.74	69.71	6.5	7.4	7.9	8.2	8.5	44.8	3.4	10.5	0.57	42.0
50 - 60	10 YR 5/1 GRIS	10 YR 2/1 NEGRO	27.2	35.2	37.6	0.46	1.77	74.01	9.9	7.7	7.9	8.0	6.7	33.1	11.5	10.0	0.44	49.2
60 - 70	10 YR 4/1 GRIS OSCURO	10 YR 2/1 NEGRO	26.6	39.6	31.6	0.45	1.71	74.50	20.7	7.4	7.5	7.9	6.3	35.8	3.4	19.0	0.60	54.6
70 - 80	10 YR 8/1 BLANCO	10 YR 4/2 PAREDO GRISACEO ASC.	21.6	69.6	8.8	0.25	1.81	85.76	9.9	7.4	7.4	7.8	7.3	33.3	12.1	19.5	0.19	39.2
80 - 90	10 YR 8/1 BLANCO	10 YR 4/2 PAREDO GRISACEO ASC.	31.2	62.0	6.8	0.29	1.75	87.40	8.3	7.3	7.7	7.8	7.9	20.7	17.8	13.3	0.21	36.8
90 - 100	10 YR 7/1 GRIS CLARO	10 YR 4/2 PAREDO GRISACEO ASC.	30.4	36.0	30.4	0.27	1.61	84.59	9.5	7.0	7.2	7.6	7.8	21.6	21.6	5.3	0.17	50.3
100 - 110	10 YR 6/1 GRIS	10 YR 3/1 GRIS MUY OSCURO	21.2	26.0	52.8	0.31	1.88	63.17	17.5	6.9	6.9	7.6	7.5	44.8	3.4	3.5	0.41	49.5
110 - 120	10 YR 6/1 GRIS	10 YR 3/1 GRIS MUY OSCURO	33.6	46.0	19.4	0.31	1.95	53.38	24.4	7.0	7.0	7.3	7.3	34.5	19.5	4.0	0.21	48.4

PROF.  
cm

GRAFICA 3. REPRESENTACION DE LOS ANALISIS FISICOS Y QUIMICOS DE LA CALICATA NO. 3 DE SAN LUIS TLAXICALTEMALCO, D.F.



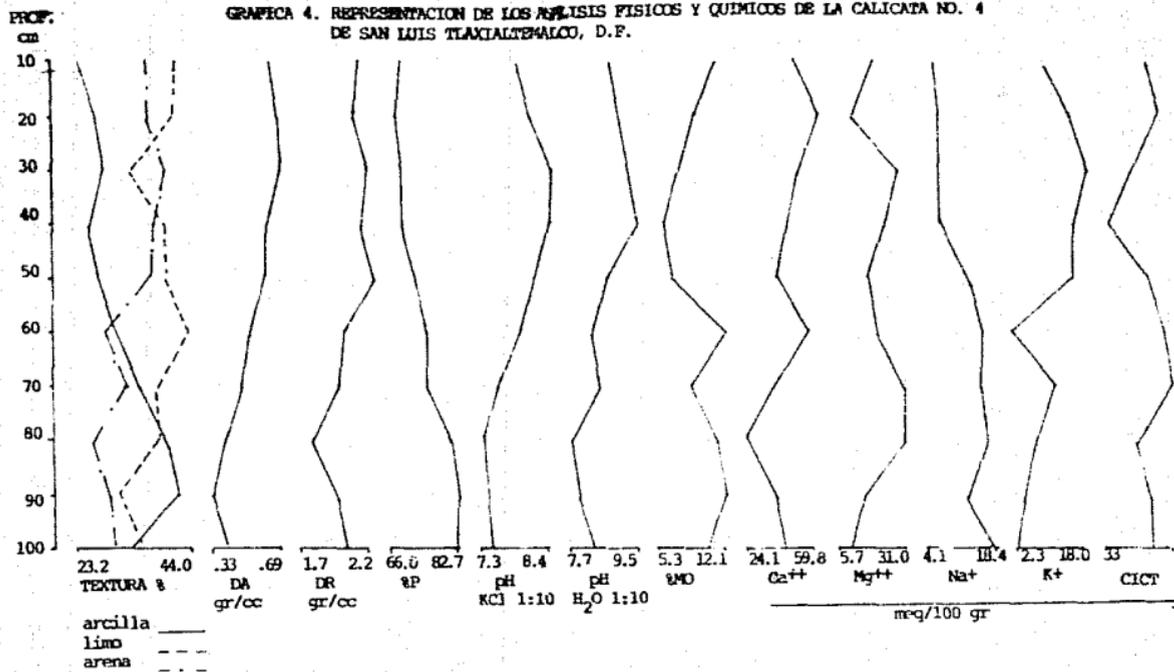
CUADRO 7. RESULTADOS DE LOS ANALISIS QUIMICOS DEL EXTRACCIO DE LA PASTA DE SATURACION DE LA CARICATA NO. 3, DE SAN LUIS TLAXIATEMALCO, D.F.

PROF. cm	C. E. dS/m	pH	eq. / lt.								PSI
			Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	
0 - 10	21.5	8.3	25.6	64.0	163.0	4.3	126.0	-	20.0	129.3	87.1
10 - 20	13.0	8.4	20.2	44.0	81.5	1.6	48.0	-	20.0	75.4	76.1
20 - 30	10.6	8.2	18.5	36.6	73.0	0.8	27.0	-	20.0	44.6	86.9
30 - 40	10.0	8.2	13.3	28.8	72.1	0.2	14.0	-	20.0	45.4	46.9
40 - 50	9.4	8.2	9.6	27.6	67.9	0.1	23.0	-	10.0	38.6	29.7
50 - 60	8.9	7.9	6.3	16.1	63.6	0.1	25.0	-	10.0	33.4	26.4
60 - 70	8.0	7.9	7.8	16.9	53.6	0.1	20.0	-	20.0	31.7	34.6
70 - 80	6.4	8.1	7.3	12.6	52.1	0.1	15.0	-	25.0	35.7	49.7
80 - 90	6.6	8.0	6.8	10.6	33.6	0.2	13.0	-	20.0	20.6	26.5
90 - 100	4.2	7.9	10.1	9.6	21.2	0.2	11.0	-	10.0	17.9	10.6
100-110	3.8	7.7	2.6	7.5	12.5	0.2	11.0	-	10.0	16.3	7.4
110-120	2.1	7.7	4.4	7.8	14.6	0.3	10.0	-	10.0	20.6	8.8

CUADRO 8. RESULTADOS DE LOS ANALISIS FISICOS Y QUIMICOS DE LA CALICATA NO. 4, DE SAN LUIS TLAXIACATEMALCO, D.F.

PROF. cm	COLOR		TEXTURA			D.A	D.R	POROSID	pH				Ca <sup>++</sup>	Pg <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	C.I.C.T.	
	SECO	HUMEDO	ARENA %	LIMO %	ARCILLA %	g/cc	%	KCl 1:5	H2O 1:10	KCl 1:5	H2O 1:10	mg/100gr						
0 - 10	10 YR 6/2 PARDO CLARO	10 YR 3/2 PARDO GRISAC. MUY OBSC.	35.2	41.6	23.2	0.66	2.06	67.63	10.1	8.0	8.0	8.9	6.8	47.1	10.3	4.1	5.6	41.4
10 - 20	10 YR 6/2 PARDO CLARO	10 YR 3/2 PARDO GRISAC. MUY OBSC.	36.0	40.0	24.0	0.68	2.03	66.15	8.8	8.0	8.0	8.9	6.8	59.8	5.7	4.2	8.4	43.4
20 - 30	10 YR 6/2 PARDO CLARO	10 YR 3/2 PARDO GRISAC. MUY OBSC.	40.8	32.0	27.2	0.69	2.24	68.79	8.8	8.2	8.4	9.2	9.3	47.1	24.1	4.3	10.0	38.0
30 - 40	10 YR 5/2 PARDO GRISACEO	10 YR 3/2 PARDO GRISAC. MUY OBSC.	39.2	36.0	24.8	0.67	2.07	67.19	5.3	3.3	6.4	9.2	9.5	45.3	22.6	5.9	8.4	53.9
40 - 50	10 YR 5/2 PARDO GRISACEO	10 YR 5/2 PARDO GRISAC. MUY OBSC.	35.2	39.6	25.2	0.61	2.23	72.24	6.1	6.1	6.1	8.6	8.6	40.2	13.8	11.4	8.3	44.8
50 - 60	10 YR 5/2 PARDO GRISACEO	10 YR 3/2 PARDO GRISAC. MUY OBSC.	27.2	44.0	28.8	0.51	2.00	74.48	12.1	7.9	7.9	8.4	6.2	47.5	17.1	14.6	2.3	47.6
60 - 70	10 YR 6/2 PARDO CLARO	10 YR 3/2 PARDO GRISAC. MUY OBSC.	29.2	36.0	34.8	0.49	1.94	74.69	7.6	7.4	7.5	8.1	8.4	24.5	21.0	14.6	7.3	49.8
70 - 80	10 YR 6/1 GRIS	10 YR 3/1 GRIS MUY OSCURO	25.6	35.6	38.6	0.36	1.79	79.89	11.0	7.3	7.3	7.6	7.7	24.1	29.9	15.7	4.1	40.8
80 - 90	10 YR 6/1 GRIS	10 YR 3/1 GRIS MUY OSCURO	29.2	28.0	42.8	0.33	1.97	62.79	13.0	7.2	7.4	7.9	7.8	37.9	9.2	12.5	3.4	43.5
90 - 100	10 YR 5/1 GRIS	10 YR 3/1 GRIS MUY OSCURO	31.6	35.2	33.2	0.40	2.5	80.34	10.8	7.3	7.4	7.9	8.2	43.7	6.9	19.4	3.1	43.5

GRAFICA 4. REPRESENTACION DE LOS ANALISIS FISICOS Y QUIMICOS DE LA CALICATA NO. 4 DE SAN LUIS TLAXIACALTEMALCO, D.F.



CUADRO 9. RESULTADOS DE LOS ANALISIS QUIMICOS DEL EXTRACTO DE LA PASTA DE SATURACION DE LA CALICATA NO. 3, DE SAN LUIS TLAXIATEMALCO, D.F.

PROF. ce	C. E. dS/a	pH	-----								
			Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	PSI
-----											
eq. / lt.											
-----											
0 - 10	2.5	8.5	6.6	5.0	9.7	3.5	7.0	-	25.0	14.6	9.9
10 - 20	2.4	8.6	2.6	1.4	10.8	6.0	5.0	-	20.0	13.7	9.6
20 - 30	2.1	8.8	10.9	4.2	11.9	6.2	8.0	-	20.0	12.9	11.3
30 - 40	2.5	8.6	5.2	5.7	14.6	6.7	8.0	-	20.0	11.1	17.4
40 - 50	4.3	8.5	9.6	15.1	24.4	4.6	10.0	-	10.0	30.0	25.4
50 - 60	7.1	7.6	21.1	28.3	36.5	4.7	12.0	-	20.0	55.7	30.6
60 - 70	7.1	7.7	22.3	44.7	39.7	5.0	16.0	-	20.0	54.8	29.3
70 - 80	7.5	8.1	20.3	40.3	47.2	7.8	35.0	-	10.0	58.3	38.4
80 - 90	6.2	7.6	15.6	33.8	46.1	5.2	30.0	-	10.0	43.7	26.7
90 -100	9.7	8.0	21.1	37.9	71.7	4.5	74.0	-	10.0	41.1	42.2
-----											

Para probar el efecto de tres mejoradores: biológico (estiércol y composta, factor a), químico (ácido sulfúrico, factor b) o hidrotécnico (lámina de lavado, factor c), se decidió experimentar con la chinampa 3, ya que reunió las características para clasificarse como un suelo salino sódico, en donde el pH permaneció por arriba de 8.0, el porcentaje de sodio intercambiable y la conductividad eléctrica, fueron mayores de 15% y 4.0 dS m<sup>-1</sup> respectivamente (véase cuadro 10).

En la muestra compuesta (a<sub>0</sub>b<sub>0</sub>c<sub>0</sub>) los análisis variaron con respecto a los determinados en el centro de la chinampa. El método de muestreo pudo influir en los mismos, así como las condiciones del drenaje y microrelieve de la chinampa.

En el cuadro 10, se presenta parte de los análisis químicos de la muestra compuesta (tratamiento testigo, a<sub>0</sub>b<sub>0</sub>c<sub>0</sub>) y las fuentes de material orgánico (composta y estiércol); al compararse las condiciones iniciales del experimento puede observarse que los contenidos de materia orgánica aumentaron de 10.1 a 14.1 %, posiblemente por manejo diferencial del terreno, el pH varió únicamente con la relación KCl 1:10 de una a dos décimas.

Las bases intercambiables se encontraron más bajas que los resultados que se establecieron en los cuadros 6 y 7, el calcio con 34.1 meq 100 gr<sup>-1</sup>; el magnesio de 30.5 meq 100 gr<sup>-1</sup>; sodio con 25.17 meq 100 gr<sup>-1</sup>; potasio con 0.9 meq 100 gr<sup>-1</sup>; los contenidos de nitrógeno con 0.71 % y el fósforo con 25.0 ppm; finalmente la CICT fue de 54.25 meq 100 gr<sup>-1</sup>, por lo que varió en 8 unidades.

Tanto la composta como el estiércol presentaron porcentajes de materia orgánica menores del 32 %, mezclados con materiales: como

suelo, plástico, basura, vidrio y paja donde generalmente domina la lignina; debe mencionarse que el estiércol y composta tienen nutrimentos con mayor disponibilidad para los cultivos (Fernández, 1982). En el cuadro 10 y 16, la relación C/N del estiércol fue de 7, el fósforo de 30 ppm y el nitrógeno con 2.65 %; la composta presentó una relación C/N de 8, fósforo de 28 ppm y nitrógeno de 1.91 %.

Después de establecerse los tres cultivos consecutivos (rábano-lechuga-rábano), se colectó una pequeña submuestra de cada tratamiento y efectuar así los análisis físicos y químicos (véase cuadros 11 y 12).

En el cuadro 11 observamos, que los porcentajes de materia orgánica aumentaron de una a cinco unidades; con la dosis de 120 ton ha<sup>-1</sup> de estiércol la incrementaron a 19.02 %.

En los tratamientos con el mejorador químico, se observó una ligera reducción de la materia orgánica, debe controlarse su utilización en cualquier suelo; ya que se demostró que la aplicación de una solución de ácido sulfúrico (pH 3) en forma constante, causó una solubilización de la materia orgánica y constituyentes inorgánicos, así como la acidificación de la solución del suelo (Krug y Isaccson, 1984).

Las relaciones 1:5 y 1:10 del cloruro de potasio, indicaron que el ácido sulfúrico redujo de 2 a 3 unidades el pH, sin llegar a valores menores de 5.5. En general, cuando se combinó con las fuentes de materia orgánica, el pH disminuyó en menor grado de 5.9 a 7.7; éste intervalo es aceptable pues permite la disponibilidad del nitrógeno, azufre, fósforo, molibdeno, calcio y magnesio y otros micronutrimentos (Millar, et al., 1979).

En lo que respecta a la CICT no se reflejaron cambios notables con ningún tratamiento, estableciendo el rango de 53.15 a 58.8 meq 100 gr<sup>-1</sup>, e iniciando el trabajo con una CICT de 54.25 meq 100 gr<sup>-1</sup>.

En el complejo de cambio se estableció la siguiente relación: el calcio dominó sobre los demás cationes, con un rango de 34.1 a 60.95 meq 100 gr<sup>-1</sup>, el cual se elevó aún más con los aportes de composta; en segundo lugar el magnesio con 14.7 a 47.3 meq 100 gr<sup>-1</sup>, que se favoreció con la dosis de 120 ton ha<sup>-1</sup> de estiércol; el potasio fue siempre bajo de 0.16 a 0.96 meq 100 gr<sup>-1</sup>; en los tratamientos sin la lámina de lavado el sodio intercambiable fue alto en el rango de 18.69 a 26.65 meq 100 gr<sup>-1</sup>, en contraste la aplicación de la lámina de lavado, redujo el sodio de 3.08 a 6.20 meq 100 gr<sup>-1</sup>.

El mejorador químico disminuyó la concentración del sodio en el complejo de cambio, las cuales fueron suficientes para originar diferencias significativas entre los tratamientos (véase figuras 4, 5 y 6).

La composta reflejó altos niveles de sodio (24.5 meq 100 gr<sup>-1</sup>), por lo que su aplicación constante, puede causar efectos desfavorables en propiedades del suelo.

El cuadro 12, indica los resultados de los análisis químicos del extracto de la pasta de saturación, después de actuar los mejoradores.

La lámina de lavado tuvo el efecto más favorable en la reducción de la CE; el ácido sulfúrico en forma individual fue el más desfavorable en este parámetro, ya que para todos los casos la aumentó ligeramente, lo cual se atribuyó a los sulfatos que quedaron como residuos en el suelo.

lo cual se atribuyó a los sulfatos que quedaron como residuos en el suelo.

Los niveles de pH disminuyeron con el ácido sulfúrico, en donde no se encontraron valores menores de 7.1.

En el extracto de la pasta de saturación generalmente dominó el magnesio, por lo que debería permanecer en mayor proporción en el complejo de cambio, sin embargo su grado de hidratación es mayor, que la del calcio (Fassbender, 1982).

El potasio con 0.80 a 6.41 meq 100 gr<sup>-1</sup>, presentó la mejor respuesta con las dosis del estiércol.

La concentración de los bicarbonatos permaneció independiente a los mejoradores.

CUADRO 10. RESULTADOS DE LOS ANALISIS QUIMICOS DEL TRATAMIENTO TESTIGO Y LOS MEJORADORES BIOLÓGICOS.

	pH KCl		pH H <sub>2</sub> O		Ca++	Mg++	Na+	K+	ClCT	% N	C/N
	1:5	1:10	1:5	1:10							
TESTIGO (adobos)	14.1	8.2	8.3	8.3	34.1	30.5	25.2	1.0	54.3	0.71	14
COMPOSTA	27.4	7.8	8.1	7.9	69.3	10.0	24.5	1.6	36.6	1.91	8
ESTERCO	31.6	7.6	7.7	7.8	39.6	28.0	3.3	3.8	46.2	2.65	7

CUADRO. 11. RESULTADOS DE LOS ANALISIS FISICOS Y QUIMICOS DE LOS TRAFI-  
MIENTOS PROBADOS EN EL INVERNADERO.

TRAFI-MIENTOS	M.O.	PH			Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	C.I.C.T.	
		KCl	H2O	1:10						
		1:5	1:10	1:5	1:10	**g/10g*				
40b0c0	14.10	8.2	8.2	8.3	8.5	34.1	30.5	25.17	0.96	54.25
40b0c1	14.10	8.0	8.0	8.2	8.7	39.6	14.7	5.39	0.26	54.14
40b1c0	13.17	6.2	6.6	7.0	6.5	34.1	39.9	23.60	0.34	54.95
40b1c1	13.14	6.7	6.8	7.0	7.1	35.2	20.9	4.74	0.16	53.72
40b2c0	13.43	5.6	6.0	6.2	6.2	42.9	36.6	48.65	0.40	54.25
40b2c1	13.01	5.5	5.8	5.9	6.0	36.5	22.1	3.86	0.16	53.33
41b0c0	16.02	6.1	5.5	6.2	6.4	37.4	35.7	21.74	0.54	54.77
41b0c1	16.03	6.1	6.0	6.3	6.1	37.4	35.1	5.65	0.37	55.74
41b1c0	15.14	5.6	6.8	7.1	7.1	37.4	32.0	25.55	0.51	54.14
41b1c1	15.34	6.8	6.8	7.2	7.2	26.3	34.7	4.91	0.32	55.74
41b2c0	16.74	6.1	6.5	6.8	6.8	45.1	32.0	25.65	0.47	54.74
41b2c1	17.37	5.9	6.1	6.3	6.3	38.5	32.6	4.17	0.23	53.54
42b0c0	18.5	8.0	8.0	8.1	8.1	41.4	47.6	33.43	0.56	54.39
42b0c1	19.02	8.0	8.1	8.2	8.4	39.5	46.3	20.94	0.42	54.14
42b1c0	18.25	6.9	7.0	7.2	7.4	46.4	42.6	20.37	0.51	57.71
42b1c1	18.34	6.5	6.9	7.2	7.3	44.1	42.1	4.17	0.34	54.56
42b2c0	19.10	6.5	6.4	6.5	6.7	44.9	47.3	23.45	0.58	54.74
42b2c1	18.70	6.7	6.8	6.9	7.1	40.7	42.1	3.09	0.36	54.50
43b0c0	15.94	7.9	8.0	8.1	8.1	42.9	51.5	16.59	0.51	53.15
43b0c1	15.44	8.0	8.0	8.1	8.2	42.9	49.4	7.20	0.39	50.93
43b1c0	14.23	7.2	7.2	7.5	7.5	42.9	29.4	22.60	0.36	54.51
43b1c1	15.02	6.9	7.1	7.4	7.5	42.9	17.9	4.80	0.22	57.74
43b2c0	13.17	6.7	6.2	6.3	6.3	60.5	56.2	11.00	0.40	54.4
43b2c1	13.01	6.6	6.3	6.8	6.9	48.4	44.0	3.28	0.30	54.96
44b0c0	16.24	6.0	6.2	6.1	6.2	46.7	54.4	18.69	0.53	56.25
44b0c1	17.39	8.2	8.1	8.2	8.4	45.1	26.0	6.20	0.11	45.36
44b1c0	16.14	7.2	7.4	7.5	7.5	45.1	36.6	22.60	0.54	56.38
44b1c1	16.34	7.2	7.4	7.7	7.9	45.1	14.7	4.30	0.13	54.74
44b2c0	16.37	6.8	6.4	6.2	6.3	32.9	22.6	21.30	0.39	54.74
44b2c1	16.92	6.9	7.0	7.2	7.3	49.5	17.9	2.39	0.35	51.45

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

**CUADRO 12. RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICOS Y QUÍMICOS DE LOS TRATAMIENTOS  
PROBADOS EN EL INVIERNO.**

TRATAMIENTOS	C. E. d/s	PH	Ca++	Mg++	Na+	K+	Cl-	CO <sub>2</sub>	HCO <sub>3</sub> -	SO <sub>4</sub> -	PSI	X
ab000	20.5	6.2	25.1	67.3	165.00	4.60	115.5	-	25.0	129.37	46.23	
ab001	3.4	6.1	24.0	19.0	12.61	0.69	14.0	-	20.0	23.95	9.5	
ab010	18.0	7.6	27.1	32.0	120.65	3.55	78.0	-	30.0	145.35	41.13	
ab011	4.5	7.7	21.4	28.6	15.3	0.46	10.0	-	20.0	53.12	6.50	
ab020	16.6	7.1	23.7	82.4	122.3	3.85	71.0	-	20.0	166.22	47.28	
ab021	4.2	7.4	22.1	23.4	18.43	0.37	10.0	-	20.0	52.27	7.20	
ab030	13.0	6.2	26.4	57.4	80.66	4.13	54.0	-	30.0	119.05	33.60	
ab031	2.9	6.3	22.7	14.2	11.37	0.92	11.0	-	20.0	29.11	16.12	
ab040	17.0	7.5	24.2	77.0	140.87	5.36	71.0	-	40.0	157.15	47.34	
ab041	4.3	7.7	21.0	27.6	14.75	0.83	12.0	-	20.0	52.45	6.20	
ab050	17.4	7.1	25.5	112.6	147.83	6.28	86.9	-	30.0	200.71	47.20	
ab051	5.0	7.5	23.5	35.2	19.76	0.82	9.0	-	30.0	63.97	7.30	
ab060	16.1	6.1	27.1	66.7	107.61	5.63	63.0	-	20.0	136.82	43.16	
ab061	3.5	6.3	25.1	16.8	12.17	1.44	13.0	-	10.0	32.2	7.21	
ab070	13.6	7.5	23.3	69.2	120.65	5.02	54.7	-	20.0	169.26	36.12	
ab071	5.1	7.8	22.5	20.5	17.24	1.23	11.0	-	20.0	55.14	7.15	
ab080	17.0	7.6	27.1	127.6	145.65	6.41	82.0	-	30.0	229.62	57.47	
ab081	4.4	7.7	21.6	28.8	15.45	1.13	10.0	-	20.0	61.59	5.25	
ab090	10.7	6.1	27.1	45.2	51.40	2.31	44.0	-	40.0	96.52	35.17	
ab091	2.7	6.1	24.6	12.6	10.47	0.51	11.0	-	10.0	19.71	12.19	
ab100	13.7	7.8	25.7	26.4	112.17	2.59	26.0	-	20.0	111.29	41.46	
ab101	4.3	7.6	21.4	26.2	15.95	0.51	10.0	-	30.0	65.112	8.71	
ab110	13.5	7.7	22.7	65.2	127.22	3.02	52.0	-	10.0	114.51	40.15	
ab111	5.4	7.4	21.7	15.8	22.11	0.7	11.0	-	20.0	63.31	5.23	
ab120	11.3	6.2	24.1	53.2	110.87	3.73	47.0	-	20.0	99.62	33.20	
ab121	3.4	6.2	22.5	15.6	12.61	0.72	12.0	-	10.0	29.29	9.50	
ab130	15.4	7.9	22.5	74.8	120.65	4.22	44.0	-	20.0	112.52	45.55	
ab131	3.6	7.4	23.3	19.1	11.55	0.74	11.0	-	20.0	51.41	7.72	
ab140	17.0	7.6	25.2	50.0	144.54	4.36	71.0	-	20.0	154.73	44.40	
ab141	4.6	7.9	22.4	22.1	20.2	0.77	10.0	-	20.0	53.12	7.53	

El análisis estadístico de los tratamientos fue realizado con el análisis de varianza (ANDEVA), además con la prueba de Duncan ( $p > 0.01$ ), en el peso fresco y seco de los tres cultivos indicadores (rábano-lechuga-rábano).

En los cuadros 13 y 14, se establecen los resultados del primer cultivo de *Raphanus sativus* var. *crunchy rod*, que correspondieron a los promedios del peso fresco y seco.

El análisis de varianza del primer cultivo, indicó que el mayor nivel de significancia fue con la lámina de lavado (factor c); el mejorador químico (factor b) junto con la interacción de bc, compartieron el segundo nivel de significancia; en lo que respecta al mejorador biológico (factor a) y la interacción de ac se encontraron en el tercer nivel de significancia, por lo que su efecto fue mínimo en el rendimiento con el peso fresco y seco. Las interacciones de ab y abc no presentaron diferencias significativas, de ésta manera no se les atribuyó ningún efecto.

En el cuadro 13, observamos el análisis estadístico de *Raphanus sativus* con la prueba de Duncan en relación a las diferentes dosis de los factores; para ésta primera cosecha las 60 ton ha<sup>-1</sup> de estiércol, 120 ton ha<sup>-1</sup> de estiércol y la composta, permanecieron en el mayor nivel de significancia. Es importante resaltar que la dosis de 120 ton ha<sup>-1</sup> de estiércol, causó un ligero aumento del peso seco; pero el mejor tratamiento con la interacción de los tres factores fue con 120 ton ha<sup>-1</sup> de composta, 310.95 meq H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1500 gr<sup>-1</sup> (máxima dosis) y lámina de lavado (véase gráfica 5).

En el cuadro 14, se establece el rendimiento en peso fresco del primer cultivo, el comportamiento de los tratamientos fue similar al análisis anterior, con excepción de las dosis del ácido sulfúrico, ya que se obtuvo la mayor diferencia significativa con la máxima dosis (310.95 meq 1500 gr<sup>-1</sup>).

En general, la ausencia de la lámina de lavado, disminuyó el peso fresco y seco del cultivo de rábano; el desarrollo desfavorable fue atribuido a la CE, ya que permaneció arriba de 4 dS m<sup>-1</sup>. Sin embargo, se originaron diferencias con el testigo y los máximos pesos en fresco fueron de 6.73 a 7.20 gr por planta (vease gráfica 5).

En el segundo cultivo, se utilizó *Lactuca sativa* var. *white boston* considerada como medianamente sensible a la salinidad (4 a 10 dS m<sup>-1</sup>); para éste cultivo fue necesario hacer uso de almácigos y a partir de la germinación se inició el ciclo de 80 días. Las condiciones generales del cultivo fueron mejores a las que se observaron para los cultivos del rábano, esto en cuanto a talla y color de las plantas.

El análisis de varianza, indicó que el mejorador hidrotécnico se encontró en el nivel más alto de significancia (factor c), en segundo lugar el mejorador químico (factor b) y la interacción del mejorador químico e hidrotécnico (bc), en tercer lugar el mejorador biológico más la interacción del biológico y el hidrotécnico (ac), así como la interacción de los tres mejoradores (abc).

Los cuadros 15 y 16 correspondieron al análisis estadístico de los tratamientos en peso seco y fresco de *Lactuca sativa* var. *white boston*. La dosis de 120 ton ha<sup>-1</sup> de estiércol, fue la más significativa, aunque las demás fuentes de materia orgánica sobresalieron al testigo; indicaron que el ácido sulfúrico originó

dos niveles de significancia, la primera fue con 310.95 meq 1500 gr<sup>-1</sup> y en segundo lugar la dosis de 229.65 meq 1500 gr<sup>-1</sup>.

En la gráfica 6, observamos que el efecto del ácido sulfúrico fue favorable en todos los casos combinado con la lámina de lavado, independientemente de las distintas fuentes de materia orgánica; a mayor concentración de ácido sulfúrico se presentaron los mayores rendimientos, lo cual fue el resultado de la sustitución del sodio en el complejo de cambio por el ión hidrógeno, en donde se controlaron las dosis, para evitar su saturación total en complejo de cambio (véase figuras 4, 5 y 6).

El mejor tratamiento correspondió a la interacción de 120 ton ha<sup>-1</sup> de estiércol, 310.95 meq H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1500 gr<sup>-1</sup> y la lámina de lavado de 21.1 cm, que correspondió en peso seco a 5.31 gr y en fresco a 121.36 gr por planta.

Finalmente se estableció un segundo cultivo de *Raphanus sativus* var. *crunchy red*, para conocer el tiempo de eficiencia de los mejoradores; los resultados se presentan en los cuadros 17 y 18.

El mejorador hidrotécnico fue el factor más significativo; en el biológico los mejores tratamientos correspondieron a 60 y 120 ton ha<sup>-1</sup> de estiércol y 120 ton ha<sup>-1</sup> de composta, aunque la dosis baja de la composta se encontró en el mismo nivel de significancia que el testigo.

El análisis químico, de los mejoradores biológicos (véase cuadro 10) indicaron que para la mayoría de los casos el estiércol presentó el mayor contenido de nutrimentos, con excepción del calcio, pues la composta lo superó con 69.3 meq 100 gr<sup>-1</sup>.

De Chávez et al., 1992 estudiaron el valor nutritivo de diferentes especies vegetales, establecieron que los contenidos de calcio en *Raphanus sativus* (238 mg 100 gr<sup>-1</sup>) son mayores a los de *Lactuca sativa* (25 mg 100 gr<sup>-1</sup>), por lo que el primer cultivo tiene altos requerimientos de calcio. Esto podría explicar porque *R. sativus* respondió mejor con la composta a pesar de tener altos contenidos de sodio (24.5 meq 100 gr<sup>-1</sup>). En la gráfica 7, se muestra que el mejor tratamiento correspondió a la máxima dosis de composta, ácido sulfúrico y la lamina de lavado (a<sub>4</sub>b<sub>2</sub>c<sub>1</sub>).

El efecto de la dosis de 310.95 meq 1500 gr<sup>-1</sup> del mejorador químico favoreció el desarrollo del cultivo; la dosis de 229.65 meq 1500 gr<sup>-1</sup> se encontró en un nivel intermedio de significancia entre la máxima dosis y el testigo, con lo que disminuyó su efecto para el tercer cultivo, por tanto se infiere que la efectividad del ácido sulfúrico podría ir disminuyendo en función al número de cultivos.

El análisis estadístico reflejó un efecto residual del abonamiento, debido a que existieron similitudes entre el primer y tercer cultivo de *Raphanus sativus* var. *crunchy red*.

COADRO 13. EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS EN EL RENDIMIENTO EN PESO SECO DEL PRIMER CULTIVO DE Raphanus sativus VAR. crunchy red. ANALIZADOS CON LA PRUEBA DE DUNCAN (p > 0.01).

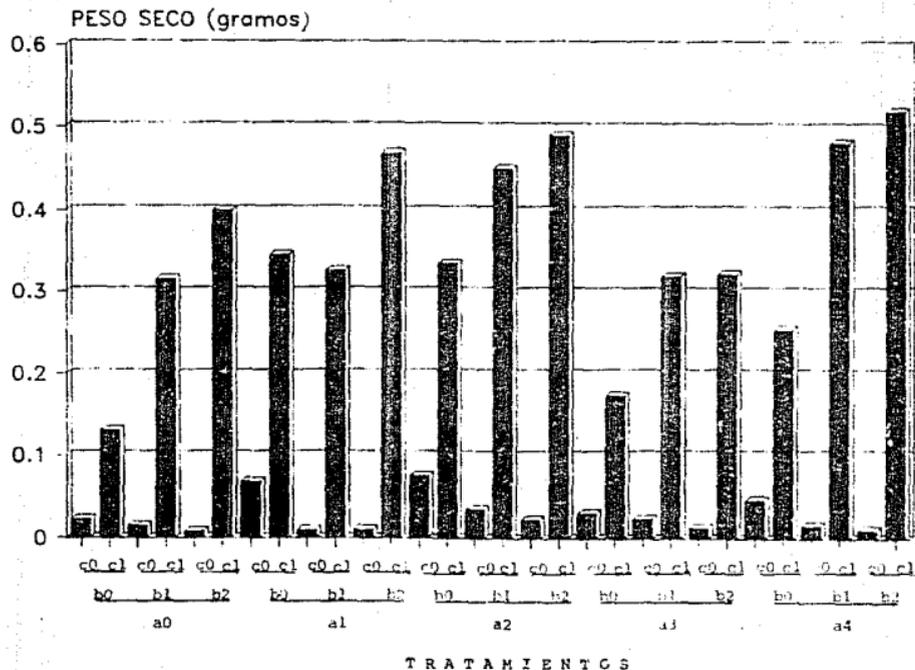
	b0		b1		b2		x <sub>s</sub>
	c0	c1	c0	c1	c0	c1	
a0	.023	.130	.015	.315	.008	.400	.148 B
a1	.059	.342	.010	.325	.010	.468	.204 A
a2	.075	.353	.035	.450	.022	.490	.234 A
a3	.030	.173	.023	.318	.013	.320	.146 B
a4	.045	.253	.015	.450	.010	.520	.221 A
>b	.147 B		.198 A		.226 A		
x <sub>c</sub>	c0 = .027 B		c1 = .355 A				.191

CUADRO 14. EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS EN EL RENDIMIENTO EN PESO FRESCO DEL PRIMER CULTIVO DE Raphanus sativus VAR. crunchy red. ANALIZADOS CON LA PRUEBA DE DUNCAN ( $p > 0.01$ ).

	b0		b1		b2		
	c0	c1	c0	c1	c0	c1	$\bar{x}_a$
a0 <sub>1</sub>	0.430	0.999	0.720	3.811	0.430	4.870	1.876 B
a1	0.510	3.893	0.410	5.023	0.270	6.374	2.746A
a2	0.233	4.400	0.230	5.950	0.150	6.895	2.976A
a3	0.320	2.755	0.210	3.725	0.180	4.360	1.925B
a4	0.520	4.573	0.440	5.495	0.370	7.023	3.070A
$\bar{x}_b$	1.801C		2.446B		3.155A		$\bar{x}$
$\bar{x}_c$	c0 = 0.326B			c1 = 4.609A			2.467

GRAFICA 5.

EFFECTO DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE EL RENDIMIENTO EN PESO SECO DEL PRIMER CULTIVO DE *Raphanus sativus* var. CRUNCHY RED. BAJO LA PRUEBA DE DUNCAN ( $p > 0.01$ ).



CUADRO 15. EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS, EN EL RENDIMIENTO EN PESO SECO DEL CULTIVO DE Lactuca sativa VAR. white boston. ANALIZADOS CON LA PRUEBA DE DUNCAN (p 0.01).

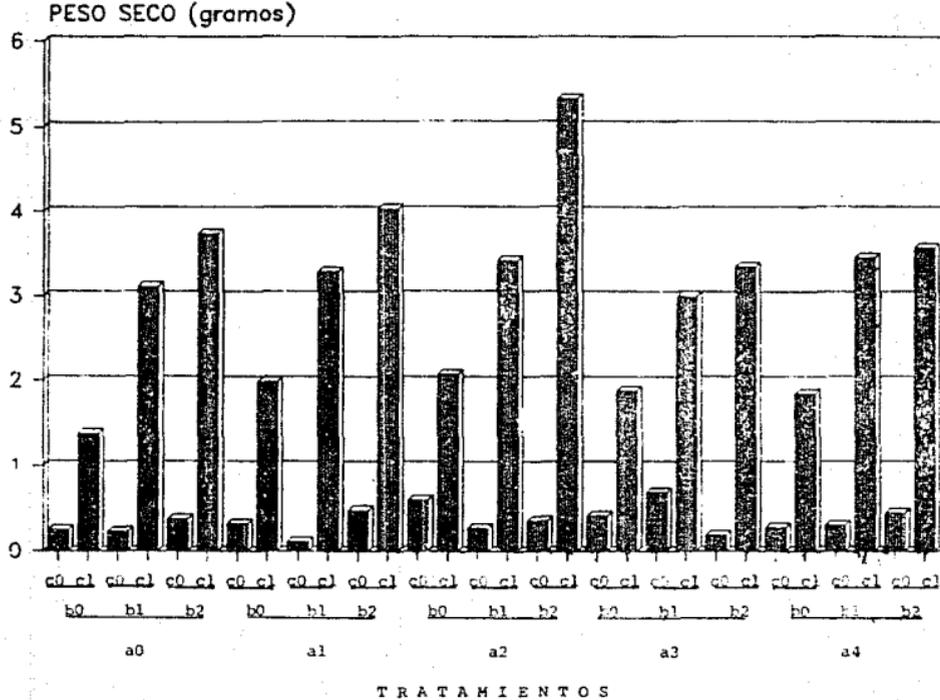
	b0		b1		b2		
	c0	c1	c0	c1	c0	c1	xa
a0	0.248	1.375	0.230	3.102	0.375	3.738	1.511 B
a1	0.320	1.990	0.111	3.280	0.473	4.028	1.700 B
a2	0.595	2.080	0.270	3.413	0.358	5.3115	2.007 A
a3	0.413	1.889	0.683	2.998	0.153	3.345	1.557
a4	0.280	1.848	0.300	3.450	0.445	3.570	1.541
xb	1.104 C		1.784 B		2.184 A		
xc	c0= 0.353 B			c1= 3.022 A			1.69

CUADRO 16. EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS EN EL RENDIMIENTO EN PESO FRESCO DEL CULTIVO DE Lactuca sativa VAR. white boston ANALIZADOS CON LA PRUEBA DE DUNCAN ( $p > 0.01$ ).

	b0		b1		b2		
	c0	c1	c0	c1	c0	c1	$\bar{x}_a$
a0	4.055	29.705	3.660	63.730	5.467	61.820	28.073 C
a1	8.140	63.535	1.750	97.793	7.230	114.065	48.752 A
a2	10.033	62.270	3.990	103.798	5.188	121.358	51.106 A
a3	7.323	41.630	4.395	66.760	3.355	99.980	37.921 B
a4	8.921	44.275	4.500	80.715	3.798	85.318	37.921 B
$\bar{x}_b$	27.988 C		43.108 B		50.758 A		$\bar{x}_{..}$
$\bar{x}_c$	c0= 5.453 B			c1= 74.450 A			40.618

GRAFICA 6.

EFFECTO DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE EL RENDIMIENTO EN PESO SECO DEL  
 CULTIVO DE *Laetuca sativa* var. WHITE BOSTON.  
 BAJO LA PRUEBA DE DUNCAN ( $p > 0.01$ ).



CUADRO 17. EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS EN EL RENDIMIENTO EN PESO SECO DEL SEGUNDO CULTIVO DE *Raphanus sativus* VAR. crunchy red. ANALIZADOS CON LA PRUEBA DE DUNCAN (p7 0.01).

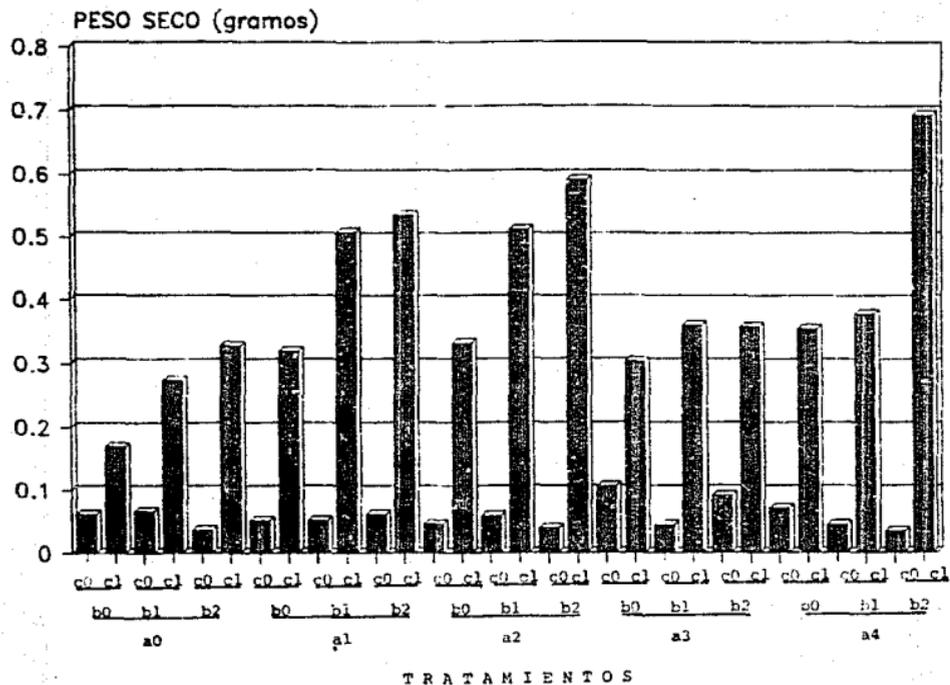
	t0		t1		t2		D
	c0	c1	c0	c1	c0	c1	
t0	.060	.168	.055	.273	.035	.328	.154 B
t1	.050	.520	.050	.508	.060	.535	.254 B
t2	.045	.332	.058	.510	.038	.592	.063 B
t3	.105	.308	.045	.360	.030	.358	.202 B
t4	.070	.355	.048	.378	.033	.692	.160 B
St	.181 B		.229 B		.176 A		
sc	c0 = .066 B		c1 = .401 B				.028

CUADRO 18. EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS EN EL RENDIMIENTO EN PESO PRESCO DEL SEGUNDO CULTIVO DE Raphanus sativus VAR. crunchy red. ANALIZADOS CON LA PRUEBA DE DUNCAN (p> 0.01).

	b0		b1		b2		F <sub>a</sub>
	c0	c1	c0	c1	c0	c1	
a0	0.632	1.493	0.417	2.169	0.317	5.014	1.674 B
a1	0.747	3.970	0.567	5.110	0.432	7.357	3.064 A
a2	0.811	4.950	0.734	5.126	0.521	7.631	3.462 A
a3	0.710	3.897	0.497	3.750	0.317	5.839	2.503 AB
a4	0.697	5.021	0.502	3.961	0.504	8.142	3.138 A
$\bar{x}_b$	2.293 B		2.384 B		3.627 A		$\bar{x}_.$
$\bar{x}_c$	c0 = 0.560 B			c1 = 4.976 A			2.768

GRAFICA 7.

EFFECTO DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE EL RENDIMIENTO EN PESO SECO DEL SEGUNDO CULTIVO DE Raphanus sativus var. CRUNCHY RED. BAJO LA PRUEBA DE DUNCAN ( $p > 0.01$ ).



A partir del desarrollo de los tres cultivos indicadores, se consideró necesario determinar los parámetros físicos y químicos finales del experimento, en relación al estado de la materia orgánica.

En el cuadro 19, pueden observarse los porcentajes de carbono, nitrógeno, fósforo y la relación carbono/nitrógeno (C/N), después de actuar los tratamientos. El testigo se caracterizó por un elevado contenido de carbono (8.2 %) y nitrógeno (0.59 %), en la literatura se cita que los suelos que normalmente son cultivados tienen de 0.02 a 0.4 % de nitrógeno, los suelos de la zona chinampera de Xochimilco, en la mayoría de los casos sobresalen a este rango (Aguilera, et al., 1987-1992).

El estiércol con 18.34 % de C y 2.65 % de N, aumentó los porcentajes de carbono de 8.2 a 10.9 % y los de N hasta 0.85 %. La composta con 15.9 % de C y 1.91 % de N, originó una respuesta favorable en el contenido de carbono, en un rango de 9.4 a 10.1 % y 0.64 a 0.74 % de nitrógeno.

Se reportó que el nitrógeno participa en la estabilización de las sustancias húmicas, Ozebek, 1977 (citado por Rodríguez, 1985) en condiciones de laboratorio, comparó la influencia del sulfato de amonio, nitrato de potasio, urea y glicina en la humificación. Concluyó que todas las fuentes de N aceleraron y aumentaron la cantidad de ácidos húmicos y el amonio fue más eficiente.

En el cuadro 22 podemos observar la distribución del nitrógeno orgánico de la muestra compuesta (0-20 cm).

El fraccionamiento del nitrógeno orgánico total (NT) con 0.664 %, se realizó mediante hidrólisis ácida, obteniendo dos fracciones: a)

nitrógeno no hidrolizable (NNH); b) nitrógeno hidrolizable total (NTH).

El NNH (0.325 %) es insoluble en la hidrólisis ácida, el cual puede formarse de la condensación de aminoácidos con azúcares reducidos durante el tratamiento con ácido sulfúrico, constituyendo parte de la estructura de los ácidos húmicos. Esta forma de nitrógeno fue calculado por diferencia del nitrógeno total y el hidrolizable; a la vez representó el 48 % del nitrógeno total, con lo que se infirió una alta estabilidad de la fracción orgánica.

El nitrógeno total hidrolizable (NTH) constituyó el 51.1 % del nitrógeno orgánico total correspondiendo a 0.339 %, considerado como el más fuertemente mineralizable; el mismo pudo fraccionarse en forma de aminoazúcares (0.078 %), aminoácidos (0.0076 %) y  $N-NH_4$  (0.109 %). Su contenido en el suelo, está en función de las condiciones ambientales, así como el manejo de cada suelo.

Los aminoazúcares pueden estar constituidos por N-acetilglucosamina, que se incluye en la pared celular de algas, hongos, bacterias y actinomicetos, en condiciones alcalinas domina éste último grupo.

Los aminoácidos, originan parte de la pared celular de microorganismos, así como metabolitos de los mismos y plantas superiores; en éste último caso son excretados o exudados por medio de sus raíces y depositados en el suelo (Page, 1982 y Stevenson, 1982).

El  $N-NH_4$  con 0.109 % de N, se obtiene a partir de la destilación con  $MgO$ , el cual es liberado del triptofano, serina y treonina, durante la hidrólisis, así como de las arcillas que lo mantienen fijado.

El nitrógeno de naturaleza desconocida (0.144 %), está relacionado con la liberación de los ácidos fúlvicos, los cuales son afectados más por la mineralización.

Las relaciones C/N de los mejoradores biológicos fueron menores de 7 y 8, lo que sugiere una tendencia eficaz a la mineralización de la materia orgánica y por tanto una disponibilidad de nutrimentos a corto plazo. La muestra compuesta ( $a_0b_0c_0$ ) tuvo una relación C/N de 14, lo que indicó una mayor estabilidad.

La lámina de lavado no modificó las relaciones de C/N en los tratamientos, sin embargo con las fuentes orgánicas y el ácido sulfúrico se indicaron variaciones importantes, las cuales tendieron a disminuir ligeramente.

La composta, al tener una mayor condensación de sus grupos aromáticos, amortiguó el efecto del mejorador químico, observandose relaciones cercanas al testigo; con el estiércol disminuyeron estas relaciones de 13 a 12 C/N.

Los ácidos húmicos fueron caracterizados mediante sus propiedades ópticas con el espectro visible (400 a 800 nm), las cuales proporcionan información de la naturaleza de las sustancias húmicas sin alterar su estructura química y requerir de un tamaño de muestra pequeña (Stevenson, 1982).

El espectro visible de los ácidos húmicos en los mejoradores biológicos, reflejaron diferencias en el grado de condensación de los constituyentes aromáticos del polímero, considerando a la composta con una mayor complejidad; en la gráfica 8 observamos que la curva de la composta tuvo la mayor absorbancia y a su vez la mayor pendiente, en las longitudes de onda 450 a 760 nm (véase cuadro 20).

La relación  $E_4/E_6$  corresponde a las absorbancias cercanas a 465 y 665 nm respectivamente, son utilizadas en el estudio cuantitativo de las propiedades ópticas de los ácidos húmicos, cuando ésta relación es menor de 5.0 se establece que abundan los ácidos húmicos grises y cuando la relación está en el rango de 6.0 a 8.5 se espera el dominio de los ácidos húmicos pardos (Kononova, 1982).

En general, los mejoradores orgánicos presentaron relaciones 6.58 y 7.10, dominaron los ácidos húmicos pardos con un grado menor de transformación o maduración débil, siendo componentes orgánicos preliminares a las sustancias húmicas, pero sin ser considerado humus verdadero; también lo manifestó el umbral de coagulación, donde fueron necesarios  $0.200 \text{ meq lt}^{-1}$  de  $\text{CaCl}_2$  para alcanzar la floculación completa.

El tratamiento testigo ( $a_0b_0c_0$ ) tuvo un comportamiento opuesto, debido a que el umbral de coagulación se manifestó en la concentración de  $0.150 \text{ meq lt}^{-1}$  de  $\text{CaCl}_2$ .

El espectro visible en la longitud de onda 450 nm, presentó una absorbancia de 1.965, a diferencia de la composta con 0.401 y el estiércol con 0.194, en la misma longitud de onda. Lo que confirmó que presentaron una alta aromaticidad y condensación de las sustancias húmicas, resultado de las condiciones edáficas favorables como son las altas concentraciones de nitrógeno, carbono y calcio, que contribuye a la conservación de las sustancias húmicas en forma de humatos de calcio.

Para conocer las condiciones finales, fueron seleccionados los tratamientos con mejor respuesta y donde se aplicaron los mejoradores biológico ( $a_2$  y  $a_4$ ) y químicos ( $b_0$ ,  $b_1$  y  $b_2$ ).

En el umbral de coagulación los miliequivalentes de electrólito necesarios, para flocular los ácidos húmicos, fueron mayores conforme se aumentaron las concentraciones de ácido sulfúrico en los tratamientos. Esto indicó, que la complejidad de la materia orgánica (predominio de los grupos aromáticos) disminuyó con el mejorador químico (véase cuadro 11) con un efecto benéfico en la liberación de nutrimentos, ya que correspondieron a los mejores tratamientos en base al análisis estadísticos.

Con 120 ton  $ha^{-1}$  de estiércol ( $a_2$ ), la concentración de electrólito para provocar la floculación fue más homogénea, aunque con la segunda dosis del ácido sulfúrico, se requirió de 0.1875 meq  $lt^{-1}$  de  $CaCl_2$ ; con lo que se infirió que disminuyó la condensación de los grupos aromáticos.

En todos los tratamientos se observaron relaciones  $E_4/E_6$  de 3.90 a 4.78, existiendo una tendencia a la aromaticidad o estabilización de ácidos húmicos.

Los espectros visibles de los tratamientos reflejaron pendientes mayores a la composta y a las dosis bajas del ácido sulfúrico; el estiércol sin el mejorador químico, se encontró en el mismo nivel que el testigo ( $a_0b_0c_0$ ). Los mejores tratamientos fueron a los 120 ton  $ha^{-1}$  de composta y estiércol con las máximas dosis de ácido ( $319.95$  meq  $1500$   $gr^{-1}$ ), correspondientes a las menores pendientes (véase gráfica 9).

Los suelos muestreados al tener una elevada estabilidad de la fracción húmica, regulan la liberación de nutrimentos a corto, mediano y largo plazo, con lo que respondieron bien a los aportes de materia orgánica y al ácido sulfúrico, éste último además de

participar en la sustitución del sodio en el complejo de cambio, oxidó parte de la materia orgánica, facilitando la liberación de algunos nutrimentos.

En la gráfica 10, observamos el difractograma de la muestra compuesta ( $a_0b_0c_0$ ), como un estudio somero de la mineralogía de las arcillas; existieron las siguientes señales de reflexión en el eje C: de la vermiculita (2:2) en 10.04 °A; caolinita (1:1) en 7.01, 7.49 y 7.43 °A; montmorillonita (2:1) en 14.01, 10.04 18.01 °A. La muestra compuesta mejoró su simetría, al impregnarse con etilen glicol.

Las anteriores arcillas tienen la propiedad de participar en la formación de las sustancias húmicas, Bondietti, et al., 1971 (citados por Rodríguez, 1985) indicaron que ésta arcillas son un sustrato excelente para el crecimiento de los microorganismos, los cuales son capaces de mejorar la utilización de la glucosa y el  $CO_2$ , a la vez acelerar la formación de fenoles y polímeros fenólicos.

Sin embargo, también participan directamente en la acumulación del sodio, al ser las esmectitas (montmorillonita, beidelitas, nontronita) y la vermiculita las arcillas más reactivas, con capacidades de intercambio de 80 a 120 meq  $100\text{ gr}^{-1}$ , presentan una afinidad alta al catión monovalente sodio, capaz de causar la expansión de la arcilla.

La vermiculita fija el potasio y amonio, el cual llega a ser lentamente disponible para los microorganismos y a la vegetación (Bresler, 1982).

En el cuadro 23, observamos la distribución del carbono orgánico en diferentes fracciones húmicas de la muestra compuesta ( $a_0b_0c_0$ ).

El porcentaje de carbono total (7.37 %), fue fraccionado en ácidos fúlvicos no adsorbidos ( $AF_C$ ) con 0.53 % y ácidos fúlvicos adsorbidos ( $AF_A$ ) en una columna de polivinil pirrolidona (PVP) con 0.34 % de C. Los últimos se consideran como los más estables, que se constituyen por ácidos fenólicos (ácido vanilínico, sinérgico o p-hidroxibenzóico), a la vez están relacionados directamente con la vegetación de la zona (Drijber y Lowe, 1991).

Todo lo anterior indica que es necesario el aporte constante de fuentes orgánicas fácilmente accesibles en estos suelos, asegurando la reposición de algunos de los principales nutrimentos (N, P, K). Así como el de estimular la actividad de los microorganismos, que han sido afectados por la salinidad que existe en el medio, a partir de la presión osmótica generada por las sales solubles y su acción sobre el citoplasma, como lo citan Tirado y Echegaray, 1969.

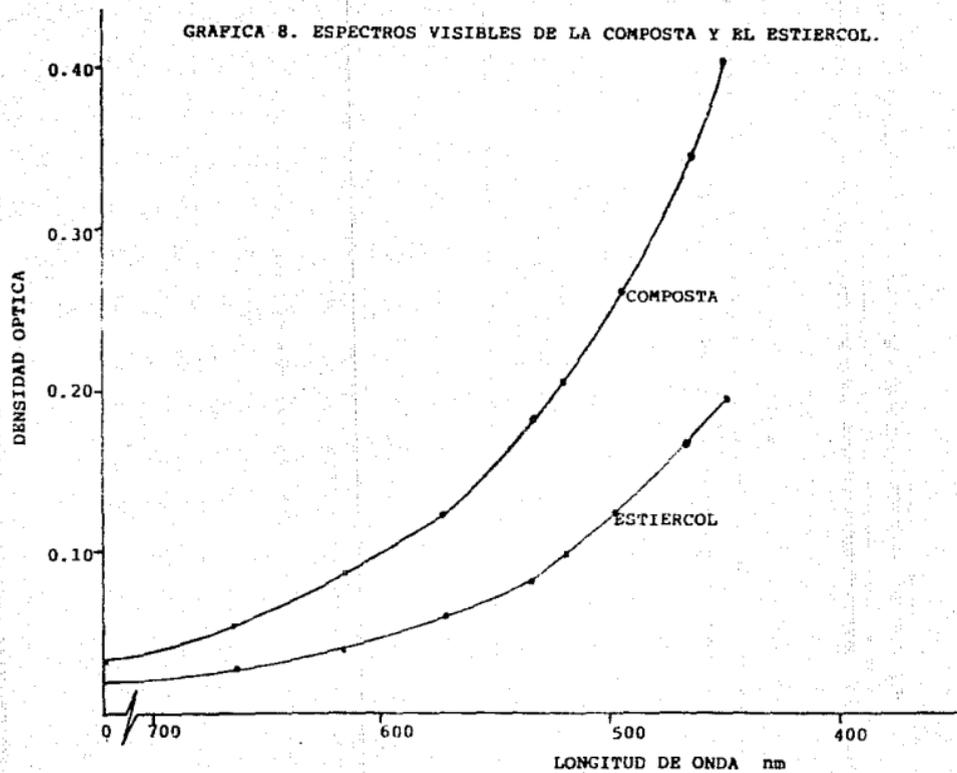
CUADRO 19. RESULTADOS DE LOS ANALISIS QUIMICOS DEL CARBONO, NITROGENO Y FOSFORO EN LOS MEJORADORES BIOLÓGICOS Y LOS PORCENTAJES DE NITROGENO EN Lactuca sativa.

	%C	%N	C/N	P ppm	%N <u>Lactuca sativa</u>
SUELO					
ESTERCOL	18.3	2.65	7	30.0	
COMPOSTA	15.9	1.91	8	28.0	
a0b0c0	8.2	0.59	14	25.0	1.52
a2b0c0	10.9	0.80	13	23.5	2.03
a2b0c1	11.0	0.80	13	24.0	2.23
a2b1c0	10.6	0.81	13	23.0	2.27
a2b1c1	10.6	0.84	12	15.5	2.34
a2b2c0	10.5	0.85	12	27.0	2.54
a2b2c1	10.6	0.84	12	27.0	2.40
a4b0c0	9.4	0.64	14	22.5	1.79
a4b0c1	10.1	0.69	14	24.0	2.17
a4b1c0	9.7	0.65	14	25.5	2.18
a4b1c1	9.5	0.70	13	25.5	2.20
a4b2c0	9.5	0.73	14	24.0	1.88
a4b2c1	9.8	0.74	13	26.0	2.06

CUADRO 20. ESTADO INICIAL DE LOS ACIDOS HUMICOS EN LOS MEJORADORES BIOLOGICOS.

	726	665	619	574	533	520	496	465	450	$E_4/E_6$	CaCl <sub>2</sub> lit meq.
	LONGITUD DE ONDA nm										
TESTIGO a <sub>0</sub> b <sub>0</sub> c <sub>0</sub>	0.283	0.429	0.594	0.824	1.103	1.207	1.429	1.779	1.965	4.14	0.15
COMPOSTA	0.028	0.049	0.079	0.124	0.183	0.205	0.259	0.348	0.401	7.10	0.20
ESMERGOL	0.016	0.026	0.039	0.068	0.068	0.096	0.121	0.166	0.194	6.58	0.20

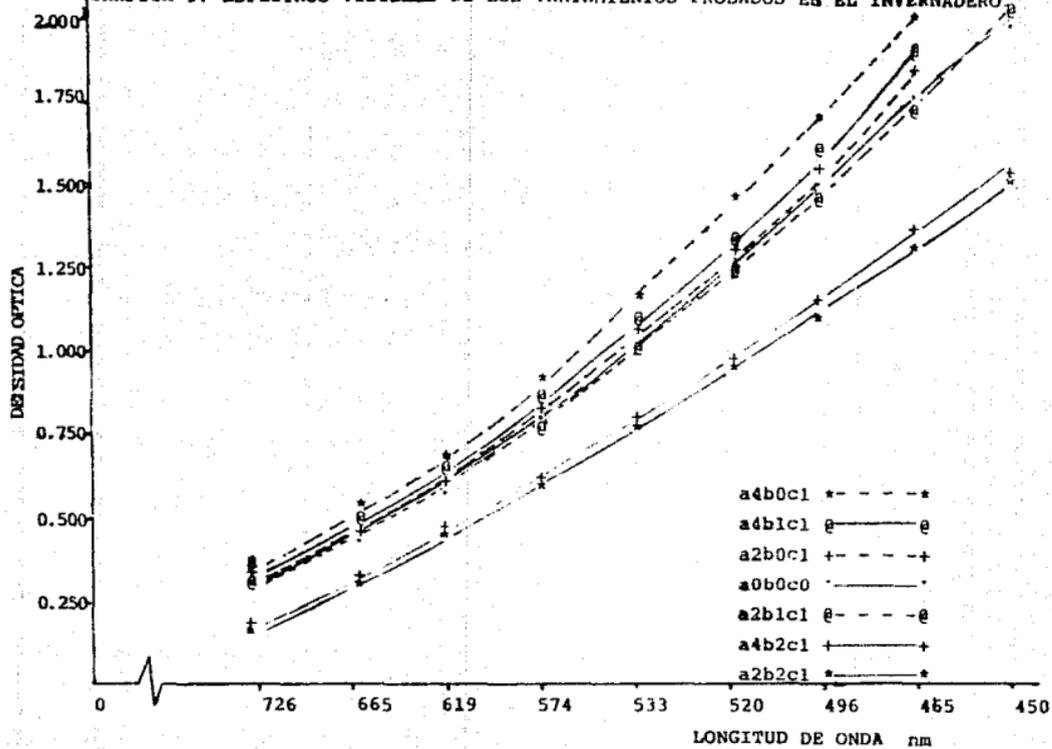
GRAFICA 8. ESPECTROS VISIBLES DE LA COMPOSTA Y EL ESTIERCOL.



**CUADRO 21. CARACTERISTICAS FINALES DE LOS ACIDOS HUMICOS, EN LOS TRATAMIENTOS PROBADOS EN EL INVERNADERO.**

TRATAM.	726	665	619	574	533	520	496	465	450	Eq / E	CaCl <sub>2</sub> lt m <sup>3</sup> q.
LONGITUD DE ONDA cm.											
a0b0c0	0.283	0.429	0.594	0.824	1.103	1.207	1.429	1.779	1.965	4.14	0.1500
a2b0c1	0.283	0.429	0.599	0.841	1.132	1.244	1.482	1.853	2.052	4.32	0.1500
a2b1c1	0.279	0.422	0.589	0.824	1.102	1.200	1.439	1.797	1.989	4.26	0.1500
a2b2c1	0.208	0.317	0.443	0.620	0.836	0.918	1.096	1.375	1.527	4.33	0.1875
a4b0c1	0.334	0.503	0.697	0.970	1.150	1.427	1.676	2.005	2.301	3.98	0.1375
a4b1c1	0.290	0.442	0.617	0.864	1.165	1.279	1.521	1.866	2.093	4.28	0.1625
a4b2c1	0.210	0.320	0.451	0.633	0.862	0.950	1.138	1.374	1.599	4.29	0.1875

GRAFICA 9.- ESPECTROS VISIBLES DE LOS TRATAMIENTOS PROBADOS EN EL INVERNADERO



CUADRO 22. DISTRIBUCION DEL NITROGENO ORGANICO EN LA MUESTRA COMPUESTA (0-20 cm), DE LA CALICATA NO. 3 DE SAN LUIS TLAXIALTEMALCO, D.F.

%N TOTAL ORGANICO	%NH *	%NH **	%N-NH	%N-aa	%N-aaz	%NND ***
0.664	0.325	0.339	0.109	0.078	0.0076	0.144

\* NNH= NO HIDROLIZABLE

\*\* NH= HIDROLIZABLE

\*\*\*NND= DE NATURALEZA DESCONOCIDA

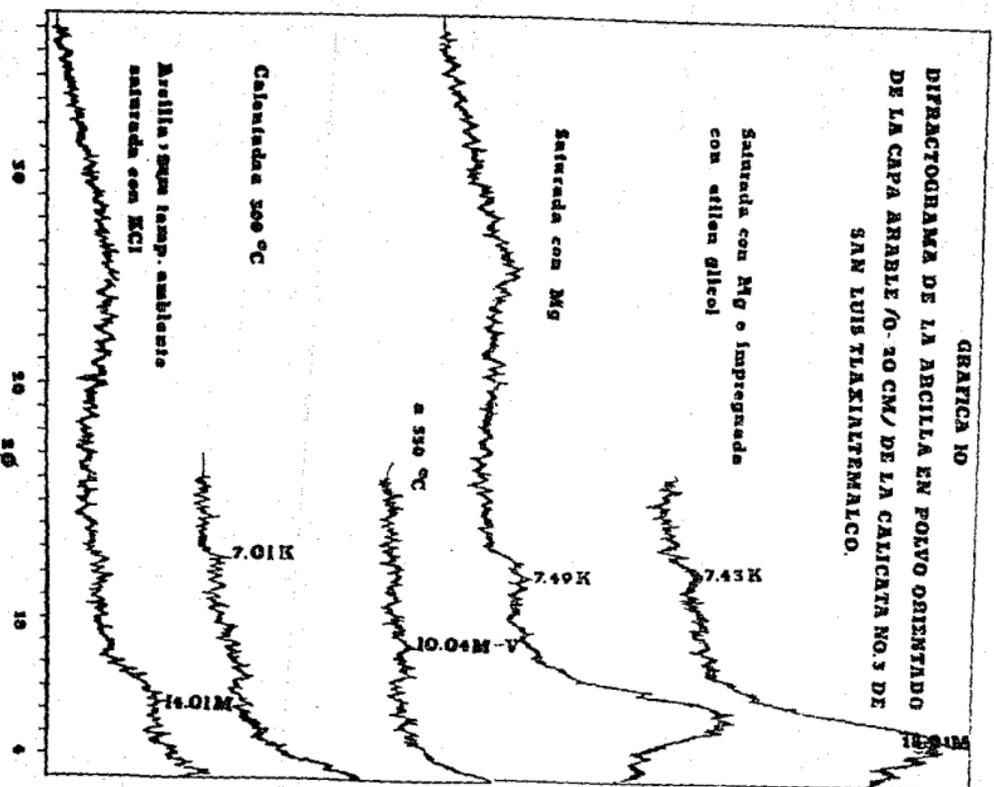
CUADRO 23. DISTRIBUCION DEL CARBONO ORGANICO EN LA MUESTRA COMPUESTA (0-20 cm) DE LA CALICATA NO. 3 DE SAN LUIS TLAXIALTEMALCO, D.F.

%C TOTAL	%C AH	%C AF	%C AF <sup>*</sup> <sub>C</sub>	%C AF <sup>**</sup> <sub>A</sub>	AH/AF	AF <sub>C</sub> /AF	E <sub>4</sub> /E <sub>6</sub>
7.37	2.95	0.87	0.53	0.34	3.41	0.39	4.14

\* AF<sub>C</sub> =ACIDOS FULVICOS DE CARBOHIDRATOS

\*\* AF<sub>A</sub> =ACIDOS FULVICOS FENOLICOS

GRAFICA 10  
DIFRATOGRAMA DE LA AHILLA EN POLVO ORIENTADO  
DE LA CAPA ARABLE (0-20 CM) DE LA CALICATA NO. 3 DE  
SAN LUIS TLAXIATEMALCO.



Los cuadros 24, 25 y 26 presentan parte del análisis químico foliar de los tres cultivos indicadores indicando la eficiencia de los mejoradores; los nutrimentos determinados fueron el nitrógeno, fósforo, calcio, magnesio, potasio y sodio; el nitrógeno se cuantificó únicamente en *Lactuca sativa* (véase cuadro 16).

En el cuadro 27, De Chávez et al., 1992 citan el valor nutritivo de diferentes hortalizas de México, observamos que las cosechas obtenidas durante el experimento, superaron todos los nutrimentos (véase anexos).

Es importante resaltar que en la mayoría de los casos existió una relación directa con aplicación de la lámina de lavado, aumentado los nutrimentos a excepción del sodio.

El calcio y el magnesio fueron los nutrimentos dominantes en los tejidos de los cultivos, se atribuye a sus altas concentraciones en el suelo, como se muestra en los cuadros 11 y 12.

En los cuadros 24 y 26, se observa que la lámina de lavado favoreció el aumento del calcio sobre el magnesio, lo cual contribuyó al mejor desarrollo de *Raphanus sativus*.

Los niveles de calcio, en el primer cultivo de *Raphanus sativus* var. *crunchy red* indicaron una respuesta favorable a la lámina de lavado, aumentando en todos los casos donde se aplicó, el mayor porcentaje fue de 3.114 %, la combinación del ácido ( $b_1$  y  $b_2$ ) y el mejorador hidrotécnico elevaron aún más los porcentajes de calcio; en los tratamientos con 60 y 120 ton  $ha^{-1}$  de composta ( $a_3$  y  $a_4$  respectivamente) los contenidos de calcio fueron los más altos (véase cuadro 24).

El magnesio, a pesar de encontrarse en mayor concentración en el extracto de saturación, no alcanzó niveles más altos que el calcio; lo cual podría explicarse por los altos requerimientos de *R. sativus* a este último nutrimento; de manera general observamos que los contenidos de magnesio aumentaron con la lámina de lavado de 0.832 - 2.054 % a 1.777 - 2.216 %; las dosis de 60 ton ha<sup>-1</sup> de composta (a<sub>1</sub>) y 120 ton/ha de estiércol (a<sub>2</sub>) fueron las fuentes orgánicas más favorables para el aumento de calcio.

Con la combinación del mejorador químico e hidrotécnico se originó una disminución del sodio y el potasio; la composta causó un efecto desfavorable debido a que elevó al sodio.

Con ambas dosis de estiércol, se observaron cambios en los contenidos del fósforo, aumentando hasta 0.820 %, con respecto al testigo que fue de 0.298 % de P; el mejorador químico favoreció la absorción del fósforo, el efecto fue más evidente cuando se combinó con el estiércol.

Los estudios realizados en suelos alcalinos por Cates et al., 1982 y 1984 se estableció que el ácido sulfúrico, aumentó la disponibilidad del fósforo, hierro en *Hordeum vulgare*, combinado con el estiércol elevaron los niveles de Zn y Mn.

El análisis químico foliar de *Lactuca sativa* var. *white boston*, indicó que el calcio como el magnesio dominaron nuevamente en los tejidos vegetales, no obstante, permanecieron abajo de los determinandos para el primer cultivo.

En forma general, el ácido sulfúrico no causó diferencias en el contenido de calcio, su efecto fue más evidente con la lámina de lavado. El sodio disminuyó gradualmente con la lámina de lavado y el

ácido sulfúrico, no se observaron diferencias con los mejoradores biológicos.

Para éste caso fue posible calcular los contenidos de nitrógeno, en el cuadro 16 se observa que existieron niveles adecuados, en el rango de 1.52 a 2.54 % de N, la mejor respuesta se estableció con las fuentes de estiércol.

Con respecto al fósforo se observó que el mejorador hidrotécnico participó favorablemente en el aumento de su concentración; la dosis baja del mejorador químico causó una adecuada respuesta en el mismo nutrimento.

En la tercera cosecha (*Raphanus sativus* var. *crunchy red*) existió una disminución de los nutrimentos, lo cual se atribuyó a la absorción de nutrimentos por anteriores cultivos (cuadro 26).

El calcio y el magnesio fueron los elementos más altos, el primero se elevó con la lámina de lavado, las mayores concentraciones se obtuvieron cuando se combinó con 60 ton ha<sup>-1</sup> de composta, 120 ton ha<sup>-1</sup> de estiércol y composta que coincidieron con los mejores, como se observa en el cuadro 17.

Con los mejoradores biológicos, el magnesio permaneció casi constante; la segunda dosis del mejorador químico originó la mejor respuesta. En los cuadros 17 y 18, observamos que la primera dosis perdió su efectividad, encontrándose en el mismo nivel de significancia con el testigo donde se observa que la primera dosis empieza a perder su efectividad como mejorador.

El sodio, potasio y fósforo fueron los nutrimentos más bajos; el sodio y el magnesio se favorecieron con los tres mejoradores.

La concentración de potasio en este cultivo se elevó favorablemente con los tres mejoradores.

El fósforo respondió bien a la lámina de lavado y gáumico; ya que al disminuir el pH del suelo, se promovió su disponibilidad y en cierta medida impidió la fijación como fosfatos de calcio.

CUADRO 24. RESULTADOS EN PORCENTAJE DEL ANALISIS QUIMICO FOLIAR DE LA PRIMERA COSECHA DE *Raphanus sativus* VAR *crunchy* Fed.

TRATAM.	FOSFORO	POTASIO	CALCIO	MAGNESIO	SODIO
a0b0c0	0.298	0.258	1.094	1.385	0.381
a0b0c1	0.333	0.252	2.861	1.777	0.150
a0b1c0	0.300	0.303	1.852	0.969	0.374
a0b1c1	0.450	0.597	2.987	1.154	0.117
a0b2c0	0.400	0.318	0.925	1.436	0.398
a0b2c1	0.420	0.504	1.936	1.581	0.078
alb0c0	0.360	0.282	0.925	1.038	0.330
alb0c1	0.440	0.417	2.272	1.500	0.171
alb1c0	0.435	0.234	0.463	0.831	0.351
alb1c1	0.720	0.504	2.525	1.223	0.117
alb2c0	0.590	0.360	0.883	0.500	0.410
alb2c1	0.820	0.540	2.230	1.546	0.081
a2b0c0	0.420	0.280	0.463	2.031	0.347
a2b0c1	0.660	0.525	2.104	2.054	0.117
a2b1c0	0.580	0.336	1.052	1.431	0.387
a2b1c1	0.590	0.624	1.935	2.123	0.132
a2b2c0	0.510	0.387	0.842	1.131	0.480
a2b2c1	0.800	0.796	2.398	2.216	0.120
a3b0c0	0.450	0.276	0.294	2.100	0.381
a3b0c1	0.450	0.549	2.356	2.100	0.141
a3b1c0	0.360	0.357	0.505	2.077	0.519
a3b1c1	0.500	0.660	2.525	2.223	0.189
a3b2c0	0.450	0.294	0.378	1.761	0.558
a3b2c1	0.380	0.543	2.777	1.864	0.144
a4b0c0	0.250	0.282	0.444	1.269	0.561
a4b0c1	0.280	0.519	0.860	1.569	0.186
a4b1c0	0.350	0.240	0.589	1.246	0.576
a4b1c1	0.380	0.372	0.589	1.150	0.412
a4b2c1	0.670	0.556	3.114	1.662	0.158

CUADRO 25. RESULTADOS EN PORCENTAJE DEL ANALISIS QUIMICO  
 FOLIAR DE LA COSECHA DE Lactuca sativa VAR. white  
 Boston.

TRAM.	FOSFORO	POTASIO	CALCIO	MAGNESIO	SODIO
a0b0c0	0.12	0.064	1.082	0.899	0.792
a0b0c1	0.40	0.210	1.040	0.705	0.195
a0b1c0	0.27	0.210	0.841	0.705	0.195
a0b1c1	0.35	0.240	0.561	1.215	0.195
a0b2c0	0.38	0.105	0.801	0.850	0.522
a0b2c1	0.41	0.297	0.681	0.704	0.192
alb0c0	0.36	0.063	0.922	0.802	0.354
alb0c1	0.41	0.252	0.833	1.117	0.193
alb1c0	0.53	0.105	0.462	0.923	0.605
alb1c1	0.61	0.197	0.505	1.142	0.181
alb2c0	0.59	0.101	0.683	0.899	0.567
alb2c1	0.69	0.185	0.757	0.899	0.134
a2b0c0	0.35	0.102	0.589	1.118	0.754
a2b0c1	0.35	0.176	0.881	0.948	0.255
a2b1c0	0.55	0.176	0.721	1.321	0.837
alb1c1	0.68	0.254	0.641	1.239	0.239
a2b2c0	0.65	0.114	0.547	1.117	0.754
a2b2c1	0.61	0.229	0.547	1.191	0.296
a3b0c0	0.29	0.166	0.715	1.191	0.483
a3b0c1	0.42	0.218	0.721	1.021	0.203
a3b1c0	0.40	0.067	0.631	0.948	0.391
a3b1c1	0.44	0.197	1.082	0.923	0.113
a3b2c0	0.47	0.121	0.547	1.117	0.249
a3b2c1	0.69	0.130	0.721	0.972	0.134
a4b0c0	0.53	0.121	0.715	0.583	0.390
a4b0c1	0.47	0.176	0.921	0.948	0.310
a4b1c0	0.51	0.067	0.762	0.899	0.441
a4b1c1	0.73	0.176	0.883	0.704	0.298
a4b2c0	0.47	0.840	1.082	0.850	0.445
a4b2c1	0.47	0.357	1.002	0.850	0.211

CUADRO 26. RESULTADOS EN PORCENTAJE DEL ANALISIS QUIMICO FOLIAR DE LA SEGUNDA COSECHA DE *Raphanus sativus* VAR. *crunchy* red.

TRATAM.	FOSFORO	POTASIO	CLACIO	MAGNESIO	SODIO
a0b0c0	0.21	0.042	0.631	1.454	0.403
a0b0c1	0.39	0.197	2.188	1.524	0.103
a0b1c0	0.23	0.122	0.547	1.501	0.110
a0b1c1	0.41	0.206	1.977	1.385	0.113
a0b2c0	0.25	0.147	0.673	1.385	0.273
a0b2c1	0.32	0.218	0.758	1.708	0.103
a1b0c0	0.25	0.084	0.210	1.108	0.214
a1b0c1	0.31	0.223	1.977	1.546	0.163
a1b1c0	0.28	0.118	0.379	1.546	0.302
a1b1c1	0.44	0.176	1.767	1.615	0.109
a1b2c0	0.41	0.122	0.758	1.454	0.273
a1b2c1	0.50	0.222	2.021	1.869	0.088
a2b0c0	0.30	0.108	1.935	1.431	0.108
a2b0c1	0.39	0.223	1.852	1.501	0.147
a2b1c0	0.45	0.141	0.463	1.246	0.470
a2b1c1	0.58	0.256	1.368	1.823	0.103
a2b2c0	0.45	0.147	1.019	1.131	0.273
a2b2c1	0.60	0.214	1.936	1.846	0.071
a3b0c0	0.27	0.197	1.936	1.685	0.583
a3b0c1	0.35	0.206	2.609	1.315	0.071
a3b1c0	0.41	0.176	0.379	2.400	0.021
a3b1c1	0.44	0.206	1.936	1.639	0.092
a3b2c0	0.41	0.143	0.967	1.477	0.433
a3b2c1	0.44	0.357	1.851	2.441	0.113
a4b0c0	0.23	0.760	1.052	1.754	0.609
a4b0c1	0.28	0.193	1.893	1.546	0.071
a4b1c0	0.40	0.197	0.505	1.501	0.537
a4b1c1	0.43	0.210	2.350	1.569	0.092
a4b2c0	0.37	0.184	1.346	1.730	0.533
a4b2c1	0.49	0.226	2.146	1.592	0.103

**VII. CONCLUSIONES.**

1. Las chinampas pertenecientes a la zona de canales, se caracterizaron por tener los mayores niveles de salinidad y sodicidad; los suelos muestreados en la cienega, presentaron las propiedades físicas y químicas más favorables para el desarrollo de los cultivos.

2. La lámina de lavado presentó la mayor diferencia significativa en el rendimiento en peso fresco y seco de los tres cultivos indicadores; las dosis del mejorador químico, se encontraron en el segundo nivel de significancia; los mejoradores biológicos causaron las mínimas diferencias estadísticas.

3. La interacción de los tres mejoradores, actuaron favorablemente en la reducción del PSI, CE, pH, cationes solubles y dominancia del calcio en el complejo de cambio.

4. Tanto el ácido sulfúrico como el estiércol, disminuyeron el grado de condensación de los ácidos húmicos del suelo, que a la vez correspondieron a los mejores tratatamientos.

5. Los niveles de absorción de nutrimentos, estuvieron en función a los requerimientos de cada cultivo; disminuyeron favorablemente los porcentajes de sodio y dominaron el nitrógeno, calcio y magnesio en los tejidos vegetales

**VIII. RECOMENDACIONES.**

1. A partir del presente estudio, se sugiere emplear cultivos indicadores con el mismo nivel de requerimientos en nutrientes y evitar variaciones en los tratamientos.

2. Los costos de aplicación del ácido sulfúrico fueron adecuados en los suelos de San Luis Tlaxiátemalco; con la primera dosis de 229.65 meq 1500 gr<sup>-1</sup> (165.34 X 10<sup>6</sup> meq ha<sup>-1</sup>) se obtuvo un costo de N\$ 154.06 y para la dosis de 310.95 meq 1500 gr<sup>-1</sup> (223.98 X 10<sup>6</sup> meq ha<sup>-1</sup>) N\$ 208.59, basado en el precio del mejorador químico, de N\$ 1,862.75 por tonelada del H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (febrero de 1993).

3. La utilización del ácido sulfúrico en los suelos de chinampa, debe ser controlada en función a los contenidos del sodio, ya que sus constantes y elevadas aplicaciones, pueden oxidar los constituyentes orgánicos e inorgánicos, además de elevar los niveles de sulfatos en los suelos.

4. La favorable obtención de las fuentes orgánicas, permiten su utilización en estos suelos; durante el composteo deben controlarse los niveles de sales y evitar acumulaciones excesivas en los mismos.

**IX. BIBLIOGRAFIA.**

- Aceves, M.E. 1979. El ensalitramiento de los suelos bajo riego. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México, pp. 45-347.
- Acharya, C.L.; Abrol I.P. 1978. Exchangeable sodium and soil water behavior under field. Soil Sci. 125(5):310-317.
- Aguilera, H.N.; Fuentes E.C. 1951. Estudios fisicoquímicos y electromicroscópicos de la fracción de arcilla de micrones de algunos suelos de Xochimilco. Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural. Tomo XII:101-118.
- Aguilera, H.N. 1989. Tratado de Edafología de México. Tomo I Lab. de Inv. de Edafología, Fac. de Ciencias, UNAM, pp. 83-96.
- Aguilera, H.N., 1987-1992. Rehabilitación de suelos de chinampas y sus relaciones con las plantas cultivadas. Informes técnicos a CONACYT. Facultad de Ciencias, UNAM.
- Alawi, B.J.; Stroehlein J.L.; Hanlon E.A.; Turner F. 1980. Quality of irrigation water effects of sulfuric acid and gypsum on soil properties and sudangrass yields Soil Sci. 129(5):315-319
- Baver, L.D. 1954. Soil physics. John Wiley and Sons Inc. New York. Chapman and Hall Ltd. Londres.
- Bin, J. 1983. Utilization of green manure for raising soil fertility in China. Soil Sci. 135(1):65-69.
- Bohn, H.L. 1972. Soil sorption of air pollutants. J. Environ Quality 1: 372-377.
- Bear, F.E. 1973. Química de suelos. Interamericana, Madrid, p. 435.
- Bigger, J.W.; Nielsen D.R. 1992 Improved leaching practices. Calif. Agric. 16(3):5.
- Bouyoucos, G.V. 1961. Directions for marking mechanical analysis of

- soil by hydrometer method. *Soil Sci.* 42:25-35.
- Bower, C.A.; Huss R.B. 1948. Rapid conductometric method for estimating gypsum in soils. *Soil Sci.* 66:199-204.
- Bresler, E.; Mc Neal L.B.; Carter L.D. 1982. Saline and sodic soils Springer-Verlag, New York, pp. 1-7, 35-37, 167-197.
- Buckman, O.H.; Brady N.C. 1977. Naturaleza y propiedades de los suelos. Montaner y Simons, Barcelona, pp. 135-168.
- Cates, R.L.Jr.; Haby V.A.; Skagley E.O.; Ferguson H. 1982. Effectiveness of by product sulfuric acid for reclaiming calcareous, saline-sodic soils. *J. Environ. Qual.* 11:229-302.
- Cates, R.L.Jr.; Haby V.A.; Skagley E.O.; Ferguson H. 1984. Effects of by product sulfuric acid on phytoavailability of nutrients in irrigated calcareous, saline-sodic soils *J. Environ. Qual.* 13:252-256.
- Chapman, H.D.; Pratt P.F. 1991. Métodos de análisis para suelos, plantas y aguas. Trillas, México, pp. 45-50, 144-148.
- De Chávez, M.M.; Hernández M.; Roldán J.A. 1992. Tablas de uso práctico del valor nutritivo de mayor consumo en México. Comisión Nacional de Alimentación, INNSZ, México, p. 70.
- Dijber, A.R.; Lowe L.E. 1991. Bound phenolic acids humus fractions of Andosols under varying vegetation in the Sierra Nevada, Mexico. *Geoderma* 48:431-442.
- FAC. 1979. China, reciclaje de desechos orgánicos en la agricultura Roma, p. 106.
- Fassbender, W.H. 1982. Química de suelos, con énfasis en suelos de América Latina. IICA San José Costa Rica, pp. 66-108, 119-167.
- Fernández, G.R. 1982. Los abonos orgánicos en México, disponibili-

- dades, investigación y recomendaciones para su uso. Memorias del primer ciclo de conferencias. IATEM, México, pp. 121-145.
- Galicia, P.M.S. 1990. Efecto de un mejorador mineral en suelos de chinampa de Tlahuac, D.F. Cultivando *Brassica oleracea* var. *cauliflora*. Tesis de Maestría. Fac. de Ciencias, UNAM, p.85.
- García, C.N.E.; Aguilera H.N. 1980. Efectos de las fracciones de materia orgánica (ácidos húmicos) y respuesta en las plantas de maíz. Memorias de XIII Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo, Toluca, México pp. 310-320.
- García, C.N.E. 1984. Estudio bioquímico mineralógico y fisicoquímico de diversos Andosoles de México. Tesis de Doctorado, Fac. de Ciencias Biológicas, Universidad Complutense de Madrid, España, p.322.
- García, C.N.E.; Galicia P.M.S.; Aguilera H.N. 1990. Grados de humificación en suelos chinamperos. Primer simposio nacional sobre degradacion de suelos. Inst. Geología, Dep. de Edafología, UNAM, pp. 23-24.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. UNAM, México, pp. 103-104.
- González, M.A. 1990. Xochimilco, la salvación de las aguas. CIESAS, México, pp. 53.
- Gupta, R.K.; Bhumbra D.K; Abrol I.P. 1984. Sodium Calcium exchange equilibria in soils as affected by calcium carbonate and organic matter. *Soil Sci.* 138(2):109-114.
- Gutiérrez, C.M.C.; Ortiz-Solorio C.A. 1992. Micromorfología de los suelos orgánicos de origen lacustre en la Delegación de Tláhuac México, D.F. Memorias del XXV Congreso Nacional de la Ciencia

- del suelo, Acapulco, Gro. México pp. 6.
- Ibarra, G.F. 1970. Efecto de la agregación de las partículas del suelo, por algunos mejoradores químicos: Dextrina, materia orgánica, *Aspergillus niger*. Tesis, Fac. de Ciencias, UNAM.
- Inbar, Y.; Chen Y.; Hadar Y. 1990. Humic substances formed during the composting of organic matter. *Soil Sci. Am. J.* 54:1316-1323
- Jackson, M.L. 1982. Análisis químicos de suelos. Omega, Madrid, pp. 91-98, 123-126, 166-170, 190-197, 282-284.
- Jiménez-Osornio, J.; Rojas R.T.; Del Amo R.S; Gómez-Pompa A. 1990. Pasado, presente y futuro de las chinampas Reporte de sostenibilidad 1:23-34.
- Kononova, M.M. 1982. Materia orgánica el suelo, su naturaleza, propiedades y métodos de investigación. Oikos-Tau, Barcelona, pp. 21-179, 249-323.
- Krug, C.E.; Isaccson J.P. 1984. Comparasion of water and dilute acid treatment on organic and inorganic chemistry of leachate from organic-rich horizons of an acid forest soil. *Soil Sci.* 137(5):370-378.
- Lavkulich, M.L. 1981. Methods manual. Pedology Laboratory. Dep. of Soil Science. UBC, Vancouver, B.C.
- Lowe, L.E.; Kumada K. 1984. A comparison of two methods for routine characterization of humus in pedological studies. *Soil Sci. Plant nutr.* 30(3):321-331.
- Maier, E. 1979. Chinampa Trópicl. Centro de Ecodesarrollo. INIREB México, pp. 18-33.
- Mairi, A.; Poljakoff-Mayber A. 1970. Effect of various salinity re-

- gimes on growth, leaf expansion and transpiration rate of bean plants. Soil Sci. 109(101):26-34.
- Meiri, A.; Plaut Z. 1981. Salt tolerance of glasshouse grown muskmelon. Soil Sci. 111(5):189-193.
- Millar, C.E.; Turk M.L.; Forth D.H. 1979. Fundamentos de la Ciencia del Suelo. CECSA, México, pp. 153-176, 391-407.
- Mercado S.I.; Aguilera H.N; Carciá C.N.E.; Martín M.F. 1992. Estudios de la materia orgánica en suelos de chinampa. Memorias del XXV Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Acapulco, Gro. México, pp. 92.
- Miyamoto, S.; Bohn H.L.; Ryan J.; Yee M.S. 1973. Effect of sulfuric acid and sulfur dioxide on the aggregate stability of calcareous soils. Soil Sci. 118(5):229-303.
- Munsell. 1992. Soil Chart. Edition Munsell Color Co. Baltimore Maryland, U.S. Dept. Agriculture Hand book 18 Soil Survey Manual
- Mooser, F. 1963. La Cuenca del Valle de México. Mesas redondas para el Valle de México 12-16 de nov. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables, México, pp. 3-48.
- Olguín, P.C. 1969. Observaciones sobre el empleo de corriente eléctrica directa en la recuperación de un suelo salino sódico. Tesis, UACH, México, p. 55.
- Ortega T.E. 1987. Química de suelos. Depto. Suelos México, UACH, pp. 139-143, 306-325.
- Ortiz, O.M. 1986. El muestreo de suelos salinos y sódicos Depto. de Suelos, México.
- Ortiz, O.M. 1987. Efecto de la salinidad edáfica sobre la distribución de  $\text{Na}^+$  y  $\text{K}^+$  en dos variedades de *Phaseolus vulgaris* L. de

- diferentes tolerancias a la salinidad bajo condiciones de invernadero. Tesis de maestría, Fac. de Ciencias, UNAM, p. 211.
- Overstreet, R.; Martin J.C.; King H.M. 1951. Gypsum, sulfur and sulfuric acid for reclaiming and alkali soils of the Fresno series Hilgardia 21(5):113-127.
- Page, A.L. Ed. 1982. Methods of soil analysis. Part II Agronomy 9, Madison, Wisconsin USA, pp. 933-951, 1149-1254, 1346-1370.
- Park, Ch.S.; O'Connor A. 1980. Salinity effects on hydraulic properties of soils. Soil Sci. 130(3):167-174.
- Patcharapreecha P.; Topark-Ngarm B.; Goto I.; Kimura M. 1990. Studies on saline soils in Khoen Kaen Region, Northeast Thailand. III Effects of amelioration treatment on physical and chemical properties of saline soil. Soil Sci. Plant Nutr. 36(3):363-374.
- Pérez, E.J.G. 1989. La agricultura de chinampas en el pueblo de San Luis Tlaxiátemalco, Xochimilco. Ponencia presentada en el Foro de Consulta para la modernización del campo en el D.F. SARH Nativitas Xochimilco, p. 5.
- Pizarro, F. 1978. Drenaje agrícola y recuperación de suelos salinos. Agrícola Española, Madrid, pp. 68-213.
- Prather, J.R.; Goertzen J.O.; Rhoades J.D.; Frenkel H. 1978. Efficient amendment use in sodic soil reclamation. Soil Sci. Soc. Am. J. 42:782-786.
- Ramírez, H.J.; Alvarado L.A.; Becerra G.; Chavéz A. 1975. La crisis de alimentos en México un análisis de la situación alimentaria en los últimos años. INNSZ-CONACYT, México p. 15.
- Reitemeir, R.F. 1943. Semimicroanalysis of saline soil solution.

Indus. and Enging. Chem.; Analyt. Ed. 15:393-402.

Reyes, H.S. 1982. Diseño experimental. Limusa, México, pp. 48-81, 257-284.

Reyes, J.I. 1985. Efecto de mejoradores químicos en suelos sódicos-salinos del ejido Cienega Grande Xochimilco D.F. A nivel invernadero. Tesis de Maestría, Fac. de Ciencias, UNAM, México, p. 140.

Reyes, O.A.L. 1992. Respuestas en el desarrollo del rosal a la adición de mejoradores orgánicos y lámina de lavado en un suelo de chinampa. Tesis de Maestría, Fac. de Ciencias, UNAM, p. 162

Reza, E. 1970. Los canales de Xochimilco seguirán sonriendo al mundo. Rescate 10:34-37.

Richards, L.A. Ed. 1985. Diagnóstico y Rehabilitación de suelos salinos y sódicos. Limusa, México, pp. 1-88.

Rodríguez, N.F. 1985. Abonos orgánicos. Formación de sustancias húmicas, mineralización del nitrógeno, UACH, Depto. de Suelos, México, p. 29.

Rojas R.T.; Pérez E.J.G. 1985. La cosecha del agua y la pesca en medio lacustre y chinampero de San Luis Taxialtemalco. La Casa Chata. CIESAS-SEP, vol. 7, México, pp. 113-129.

Ryan, J.; Stroehlein J.L.; Miyamoto S. 1975a. Sulfuric acid application to calcareous soils: effects on growth and chlorophyll content of common bermudgrass in greenhouse. Agronomy Journal 67:633-637.

Ryan, J.; Stroehlein J.L.; Miyamoto S. 1975b. Effect of surface-applied sulfuric acid on growth and nutrient availability of five rang grasses in calcareous soils. Journal of Range Manag

- ment 28(5):411-414.
- Sánchez, S.O. 1980. La flora del Valle de México. Herrero, México, pp. 18-26, 74-76, 124-128, 296-302.
- Sandoval Ch.G. 1979. Contribución al estudio chinampero. Depto. de Fitotécnia, UACH, México, p. 42.
- Sandoval, F.M.; Benz L.C. 1973. Soil salinity reduced by summer fallow and crop residues. Soil Sci. 118(2):110-117.
- Sistema de Información Cartográfica Catastral. 1985. San Pedro Tláhuac. E-14-39-56 asc. 1:10,000. Tesorería del Distrito Federal
- Steel, R.G.; Torrie J.H. 1988. Bioestadística; principios y procedimientos. Mac Graw-Hill, México, pp. 328-367.
- Stevenson, J.F. 1982. Humus chemistry. Genesis, composition, reaction. Wiley-Interscience, New York, pp. 26-88, 264-282.
- Stewart, A.B. 1982. Efectos de estiércoles sobre la calidad del suelo. Memorias del primer ciclo de conferencias, ITAEM, México, pp. 69-77.
- Tamhane, R.V.; Motiramani P.D.; Bali P.Y.; Donahue L.R. 1986. Suelos: su química y fertilidad en zonas tropicales. Diana, México, pp. 214-230.
- Thomas E.E. 1936. Reclamation of Black-alkali soils with various kinds of acid sulfuric. Hilgardia 10(5):127-141.
- Tirado y Oliva, J.F.; Echegaray A.A.F. 1969. Estudio biológico de algunos suelos del Lago de Texcoco. Rev. Lat. Amer. Microbiol. 12:93-101.
- Unger, W.P.; Stewart B.A. 1974. Feedlot waste effects on soil conditions and water evaporation. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 38: 954-959.

- Vallejo A.C. 1992. Contaminación de suelos en algunas calicatas en San Gregorio Atlapulco y San Luis Tlaxiátemalco, D.F. Tesis, Fac. de Ciencias, UNAM, p. 78.
- Vera, R. 1991. Xochimilco. Este horizonte chinampero. México Indígena., México, 19:36-47.
- Villalón, R.J.M.; Tavaréz A.C.E. 1990. Recuperación de suelos, métodos biológicos y físicos, en la delegación de Tláhuac. Tesis UACH, México, p. 84.
- Walkley, A.L. 1947. A rapid determination of soil organic matter. Jour. Agr. 25 (598):63-68.
- Withers, B.; Viponds S. 1986. El riego: diseño y prácticas. Diana, México, 128-149 pp.

## **X. ANEXOS.**



FIGURA 4. RESPUESTA DE *Lactuca sativa* VAR. *white boston*, AL TRATAMIENTO CON 120 TCN/HA DE ESTIERCOL (a2), SIN  $H_2SO_4$  (b0) Y CON LA LAMINA DE LAVADO (c0 Y c1).



FIGURA 5. RESPUESTA DE *Lactuca sativa* VAR. white boston, AL TRATAMIENTO CON 120 TON/HA DE ESTIERCOL (a<sub>2</sub>), PRIMERA DOSIS DE H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (b<sub>1</sub>) Y LA LAMINA DE LA VADO (c<sub>0</sub> Y c<sub>1</sub>).



FIGURA 6. RESPUESTA DE *Lactuca sativa* VAR. *white boston*, AL TRATAMIENTO CON 120 TON/TIA DE ESTIERCOL (a2), MAXIMA DOSIS DE  $H_2SO_4$  (b2) Y LA LAMINA DE LA DO, QUE CORRESPONDIO AL MEJOR TRATAMIENTO.

CUADRO 27. VALOR NUTRITIVO EN PORCENTAJE DE DIFERENTES HORTALIZAS EN MEXICO.

	CALCIO	HIERRO	MAGNESIO	SODIO	POTASIO	CINC	PROTEINA CRUDA
<u>Donadía safrú</u> <u>VERDOR ROMERUS</u>	0.041	0.002	---	---	---	---	3.6
<u>Lactuca sativa</u> <u>LECHUGA</u>	0.025	0.006	0.011	0.009	0.264	0.500	1.4
<u>Phaseolus vulgaris</u> <u>KIOTE</u>	0.048	0.0008	0.021	0.007	0.187	0	2.0
<u>Phaseolus vulgaris</u> <u>SEMILLA</u>	0.228	0.005	0.140	0.024	1.406	0.003	19.2
<u>Radianus sativus</u> <u>RAJAS DE RESERVO</u>	0.238	0.002	0.010	0.004	0.370	0	2.8
<u>Spinacia oleracea</u> <u>ESPINACA</u>	0.066	0.004	0.039	0.130	1.130	0	2.9

\*FUENTE: DE CHAVEZ, 1992.

CUADRO 28. DISTRIBUCION AL AZAR DE LAS UNIDADES EXPERIMENTALES EN LAS CUATRO REPETICIONES.

TRATAMIENTOS	I	II	III	IV
$a_0b_0c_0$	94	62	74	32
$a_0b_0c_1$	113	103	56	75
$a_0b_1c_0$	108	41	84	67
$a_0b_1c_1$	120	114	61	39
$a_0b_2c_0$	43	11	111	22
$a_0b_2c_1$	53	23	118	73
$a_1b_0c_0$	110	93	78	117
$a_1b_0c_1$	21	40	19	119
$a_1b_1c_0$	80	24	97	49
$a_1b_1c_1$	10	30	26	69
$a_1b_2c_0$	60	3	112	77
$a_1b_2c_1$	98	96	40	107
$a_2b_0c_0$	55	63	4	90
$a_2b_0c_1$	109	95	83	2
$a_2b_1c_0$	51	76	79	47
$a_2b_1c_1$	25	68	82	107
$a_2b_2c_0$	44	30	99	35
$a_2b_2c_1$	72	14	50	28
$a_3b_0c_0$	71	42	29	104
$a_3b_0c_1$	87	9	70	66
$a_3b_1c_0$	15	17	65	8
$a_3b_1c_1$	106	12	59	81
$a_3b_2c_0$	33	57	45	88
$a_3b_2c_1$	54	101	85	100
$a_4b_0c_0$	105	92	34	18
$a_4b_0c_1$	16	5	46	37
$a_4b_1c_0$	64	31	7	91
$a_4b_1c_1$	1	58	6	52
$a_4b_2c_0$	86	36	89	13
$a_4b_2c_1$	116	27	20	115

FIGURA 7. DISTRIBUCION DE LAS UNIDADES EXPERIMENTALES EN EL INVERNADERO.

5	4	3	2	1
6	7	8	9	10
15	14	13	12	11
14	17	18	19	20
25	24	23	22	21
26	27	28	29	30
35	34	33	32	31
36	37	38	39	40
45	44	43	42	41
46	47	48	49	50
55	54	53	52	51
56	57	58	59	60
65	64	63	62	61
66	67	68	69	70
75	74	73	72	71
76	77	78	79	80
85	84	83	82	81
86	87	88	89	90
95	94	93	92	91
96	97	98	99	100
105	104	103	102	101
106	107	108	109	110
115	114	113	112	111
116	117	118	119	120

MESA 1

MESA 2