



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLÁN



V N A M

DETERMINACION DEL MEJOR SUSTRATO DISPONIBLE EN
LA ZONA FEDERAL DEL EX-LAGO DE TEXCOCO PARA
LA PROPAGACION DE Tamarix parviflora, BAJO CONDICIONES
DE INVERNADERO Y DE VIVERO.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE :

INGENIERO AGRICOLA

P R E S E N T A :

ISMAEL SORGE GUTIERREZ CORTES

ASESOR DE TESIS :

M. C. EDVINO JOSAFAT VEGA ROJAS

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.

	pág.
1. Introducción.	I
2. Objetivos e Hipótesis.	II
2.1 Objetivos.	II
2.2 Hipótesis.	II
3. Resumen.	III
4. Revisión Bibliográfica.	1
4.1 Generalidades de la zona del Ex-lago de Texcoco.	1
4.1.1 Antecedentes.	1
4.1.2 Ubicación.	3
4.1.3 Clima.	4
4.1.4 Vegetación.	5
4.1.4.1 Acuática.	6
4.1.4.2 Antropógena.	7
4.1.5 Topografía.	8
4.1.6 Suelos.	8
4.1.6.1 Clasificación.	8
4.1.6.2 Características Físicas y Químicas.	11
4.1.7 Hidrología.	12
4.1.8 Problemática.	13
4.2 Salinidad de los suelos.	14
4.2.1 Origen de las sales.	15
4.2.1.1 Sales solubles.	17
4.2.1.2 Sodio intercambiable.	19
4.2.2 Clasificación de los suelos salinos.	21
4.2.3 Características Físicas y Químicas de los suelos salinos.	24
4.2.3.1 Características Físicas	24
4.2.3.2 Características Químicas	24
4.2.4 Características Físicas y Químicas de los suelos salino-sódicos.	25
4.2.4.1 Características Físicas.	25
4.2.4.1 Características Químicas.	25
4.2.5 Efectos del exceso de sales sobre las plantas.	26

4.3	Calidad del agua de riego.	29
4.3.1	Factores que determinan la calidad del agua de riego.	30
4.3.2	Utilización de agua salada para riego.	31
4.3.3	Características del agua disponible en el Ex-lago de Texcoco.	32
4.4	Género <u>Tamarix</u> .	33
4.4.1	Origen y distribución geográfica.	33
4.4.2	Clasificación Taxonomica.	34
4.4.3	Descripción botánica.	34
4.4.4	Requerimientos ambientales.	35
4.4.5	Las glándulas salinas.	35
4.4.6	Efecto de las sales.	37
4.4.7	Secreción de iones.	38
4.5	Medios para la propagación de plantas.	39
4.5.1	Características óptimas.	39
4.5.2	Tipos más comunes.	40
4.5.3	Salinidad en las mezclas del suelo.	42
5.	Metodología.	43
5.1	Materiales utilizados.	43
5.2	Métodos.	44
5.2.1	Trazo del terreno.	44
5.2.2	Preparación de sustratos.	44
5.2.3	Llenado de bolsa.	45
5.2.4	Análisis de suelo.	45
5.2.5	Análisis de agua.	46
5.2.6	Corte de vareta.	46
5.2.7	Estacado.	46
5.2.8	Riego.	47
5.2.9	Control de plagas y/o enfermedades.	47
5.2.10	Parámetros a evaluar.	47
5.2.11	Diseño experimental.	47
6.	Resultados y Análisis.	49
6.1	Resultados de los análisis químicos de los sustratos.	49
6.1.1	Interpretación.	50
6.2	Resultados de los análisis químicos del agua de riego.	51
6.2.1	Interpretación.	51

6.3	Resultados, interpretación y análisis de la evaluación de parámetros en la propagación de <u>Tamarix parviflora</u> sobre los cuatro diferentes sustratos y su interpretación.	52
6.3.1	Número de brotes.	52
	6.3.1.1 Análisis.	60
6.3.2	Longitud de brotes.	62
	6.3.2.1 Análisis.	72
6.3.3	Número de raíz.	75
	6.3.3.1 Análisis.	82
6.3.4	Longitud de raíz.	84
	6.3.4.1 Análisis.	92
6.3.5	Porcentaje final de prendimiento.	94
	6.3.5.1 Análisis.	95
7.	Conclusiones y Recomendaciones.	97
7.1	Conclusiones.	97
7.2	Recomendaciones.	98
8.	Bibliografía.	99

1. INTRODUCCION.

La zona Federal del Ex-lago de Texcoco, es reconocida mundialmente por sus características únicas de suelos salino-sódicos, drenaje deficiente y nivel freático superficial.

Durante los últimos años, se ha visto la necesidad de mejorar las condiciones químicas y físicas del suelo de la zona. A partir de esto, se han hecho obras variadas, se ha propagado pasto salado, se han realizado lavados de suelo, se plantaron árboles del género Tamarix a las orillas de los canales, etc.

Durante 1981, se comenzaron a crear canales de riego y se aprovechó esta situación, para iniciar la plantación de especies leñosas del género Tamarix en las orillas de estos, con el fin de suministrar la humedad necesaria para la sobrevivencia, así como una dilución de las elevadas concentraciones salinas.

Los resultados obtenidos con esta especie fueron satisfactorios, por lo tanto se pensó en poder implantar nuevas especies con características similares, se buscaron árboles que fueran resistentes a la salinidad y sodicidad del suelo. Hoy en día se tienen introducidas las siguientes especies de Tamarix: T. articulata, T. plumosa, T. parviflora y T. aphylla.

Como el Ex-lago de Texcoco, abarca una extensión aproximada de 9,800 hectáreas, se originó la idea de construir viveros y posteriormente invernaderos, los cuales lograrán satisfacer la demanda de planta, así mismo, que también fuera constante la producción.

Ante esta situación se pensó en el tipo de sustrato idóneo para la propagación del tamarisco. Este sustrato debería de reunir ciertas características: tener propiedades similares al lugar definitivo de la plantación, encontrarse disponible y lo más cercano posible a la zona Federal del Ex-lago de Texcoco, así como que no alterase el ecosistema de la zona de donde se recolectara.

Dentro del mismo Ex-lago de Texcoco, se tienen materiales de desecho: lodo residual y lodo de resaca, se pensó en utilizar a estos como sustratos, además de la tierra lama, y realizar una mezcla para propagar al árbol del tamarisco.

El propósito de esta investigación es el de realizar un estudio sobre las características de los sustratos, el desarrollo de Tamarix parviflora sobre cada uno de estos, y así poder decir con bases más sólidas, cuál es el más idóneo para su propagación.

2. OBJETIVOS E HIPOTESIS.

2.1 OBJETIVOS.

- 1.- Determinar el contenido nutrimental de cada uno de los diferentes sustratos utilizados.
- 2.- Obtener y analizar cada una de las respuestas de Tamarix parviflora, en tres tiempos determinados, sobre los cuatro diferentes sustratos.
- 3.- Determinar sobre qué sustrato se obtendrá la mejor respuesta en porcentaje y tamaño de brotes, así como de raíz de Tamarix parviflora.

2.2 HIPOTESIS.

- 1.- Como el contenido de sodio (Na) de los sustratos es elevado, se limitará el porcentaje de prendimiento de las estacas de Tamarix parviflora, debido a la reducción del potencial osmótico consecuente a la disminución del potencial hídrico del medio (efecto osmótico).
- 2.- Como el sustrato mezcla es una combinación de lodo residual (material orgánico), lodo de resaca (con una gran retención de agua) y tierra lama (de una textura más arenosa que los otros sustratos), sus efectos sobre las estacas de Tamarix parviflora serán los más positivos y los más altos en cuanto a número y longitud de raíz y de brotes, así como en prendimiento.

3. RESUMEN.

El presente trabajo consistió en utilizar los materiales que se consideran como desechos, dentro de la Zona Federal del Ex-Lago de Texcoco y así poder darles una utilidad.

Los materiales utilizados, sirvieron de sustratos para la propagación de Tamarix parviflora, estos materiales fueron lodo residual, lodo de resaga, tierra lama y una mezcla (esta consistió de las siguientes proporciones 6:3:1 de tierra lama, lodo de resaga y lodo residual, respectivamente).

El trabajo se llevó a cabo en el vivero y dentro del invernadero. Para cada instalación se utilizaron 960 plantas, el total de plantas utilizadas en el proyecto fue de 1920.

Se utilizó un diseño experimental de factorial 2 X 4, con un arreglo de las unidades experimentales completamente al azar.

El número de tratamientos fue de ocho con cuatro repeticiones cada uno. Cada tratamiento contó con 240 plantas (60 plantas por repetición).

Se evaluaron los siguientes parámetros: Número y longitud de brotes, Número y longitud de raíz y porcentaje final de prendimiento.

Estas evaluaciones se realizaron cada 20 días, a partir del momento de el estacado de vareta. Fueron 3 en total (a los 20, 40 y 60 días).

Una vez concluidas las evaluaciones, se procedió a analizarlas y los resultados que arrojaron los análisis fueron los siguientes:

Para las variables número de brotes y número de raíz, las diferencias entre los sustratos no fueron significativas, aunque para las estacas establecidas en el invernadero, se dan los mejores resultados promedio, así mismo, de los sustratos, los más altos promedios se dan en lodo residual y tierra lama, seguidos de el lodo de resaga y por último la mezcla.

Para la variable longitud de brotes, el sustrato mezcla a los 20 días de el estacado, sobresale notablemente de los demás sustratos en el invernadero. para las otras dos mediciones (40 y 60 días) los sustratos lodo residual y tierra lama, son los que tienen los más altos rendimientos, mientras que la mezcla decae notablemente.

IV

Para la variable longitud de raíz a los 20 días de el estacado, se dan diferencias entre el sustrato tierra lama dentro del invernadero y entre los demás sustratos, así como en el vivero. En las siguientes evaluaciones, no se dan diferencias significativas, aunque sobresale la tierra lama y el lodo residual dentro del invernadero.

En el porcentaje final de prendimiento, los mejores resultados promedio fueron en tierra lama, lodo residual, mezcla y lodo de resaga, respectivamennte

4. REVISION BIBLIOGRAFICA.

4.1 GENERALIDADES DE LA ZONA DEL EX-LAGO DE TEXCOCO.

4.1.1 ANTECEDENTES.

El 19 de marzo de 1971 se firmó el acuerdo que creaba a la Comisión de Estudios del Lago de Texcoco (CELT) que tenía entre otros objetivos, el controlar las tolvaneras que amenazaban al ambiente de la Ciudad de México y aprovechar al máximo las aguas que se pudieran captar en el Valle de México para usos agrícolas, industriales y otros (1). El 2 de enero de 1974 se creó por decreto presidencial la Comisión del Lago de Texcoco, actualmente Proyecto Lago de Texcoco, dependiente de la Comisión Nacional del Agua, cuya finalidad es la rehabilitación de la zona que comprende el Ex-lago de Texcoco, de acuerdo al decreto presidencial publicado en el Diario Oficial de la Federación los días 8 y 16 de noviembre de 1982.

A partir de 1973, se inició formalmente el intento por detener el acelerado proceso erosivo que se había llevado a cabo en la parte oriente de la Cuenca de México (2).

La Comisión del Lago de Texcoco fué creada en 1974, asignándosele entre uno de sus objetivos básicos, la realización de los estudios y las obras pertinentes a controlar el problema de las tolvaneras que se generaban en el área, las cuales constituían un grave foco de contaminación por usarse el ex-lago como regulador de las aguas negras de la Ciudad de México.

Las metas de este proyecto federal fueron principalmente 1) la creación de lagos artificiales, meta que finalmente se realizó, así como 2) el control de las tolvaneras generadas en esta zona dado que el origen de las tolvaneras que sufría la Ciudad de México en los años sesentas y setentas era el vaso del Ex-lago de Texcoco, meta también realizada.

A partir de 1981, fué impulsado el establecimiento de especies arbóreas en el área, con la propagación y plantación de árboles, sobre todo del género Tamarix, por parte de la Comisión del Lago de Texcoco, de tal manera que para 1987 se había logrado producir y plantar más de 750,000 arbolitos, y las barreras arboladas eran ya notorias. Estos trabajos constituyen junto con la pastización, un avance considerable para la recuperación ecológica del área (3).

Dentro de la Cuenca Oriental del Ex-lago de Texcoco (cabe señalar que la zona federal del Ex-lago de Texcoco, a cargo actualmente del Proyecto Lago de Texcoco, está comprendida dentro de la cuenca oriental del Lago de Texcoco), las especies que se

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

han seleccionado para la zona, debido a su adaptación a las condiciones del suelo tepetatoso y escasa precipitación son (4):

Pinos: Pinus montezumae, P. michoacana, P. pseudostrobus, P. leophylla, P. pátula, P. radiata, P. halapensis.

Eucaliptos: Eucalyptus globulus y E. camaldulensis.

Casuarinas: Casuarina equisetifolia.

Acacias: Acacia retinoides.

Cedros: Cupressus lendleyi y C. senpervirens.

De 1973 a 1986, la Comisión del Lago de Texcoco ha producido 16.5 millones de árboles y ha plantado 17.1 millones de árboles (0.6 millones han sido donados), dentro de la Cuenca Oriental del Lago de Texcoco.

Los géneros más importantes por zonas y sus porcentajes se presentan en el cuadro No. 1 (4).

GENEROS	ZONA %		
	Noreste	Oriente	Sureste
<u>Pinus sp.</u>	24	28	43
<u>Cupressus sp.</u>	23	29	17
<u>Eucalyptus sp.</u>	27	16	8
<u>Casuarina sp.</u>	13	17	2
<u>Acacia sp.</u>	13	10	30
TOTAL	100	100	100

Cuadro No.1 Géneros plantados en la Cuenca Oriental por zonas en porcentaje.

Fuente: Llerena V. 1987. (4).

Los objetivos que se pretenden alcanzar (a largo plazo) en la Cuenca Oriental con las actividades que realiza la Comisión del Lago de Texcoco, son:

- a) Reducir la erosión de los suelos e incrementar la conservación del agua.
- b) Reincorporación de áreas degradadas a la producción forestal y agropecuaria.
- c) Disminuir el arrastre de sedimentos.
- d) Incrementar la producción tanto agropecuaria y forestal.
- e) Disminuir la torrencialidad de las corrientes.

Dentro del Vaso del Ex-lago de Texcoco, con la creación de infraestructura de riego por medio de canales en los años setentas, se inició la plantación de especies leñosas del género Tamarix en las orillas de aquellos, con el fin de suministrar la humedad necesaria para su sobrevivencia, así como una dilución de las elevadas concentraciones salinas.

A la fecha se tiene información de cuatro especies introducidas del género Tamarix; T. articulata, T. plumosa, T. parviflora, y T. aphilla (5).

Además de éstas especies del género Tamarix, se tienen establecidas dentro de la zona Federal del Ex-lago de Texcoco, aunque en menor proporción, especies de los géneros Acacia, Eucalyptus, Casuarina y Atriplex.

Actualmente una de las principales prioridades del Proyecto Lago de Texcoco, es el de forestar la zona del Ex-lago de Texcoco, de allí que se le esté dando gran impulso a la propagación de árboles resistentes a la salinidad y sodicidad del suelo, sobre todo a especies del género Tamarix.

4.1.2 UBICACION.

La zona de influencia del Proyecto Lago de Texcoco (Cuenca Oriental del Ex-lago de Texcoco), comprende aproximadamente 144,180 hectáreas, correspondientes a los ríos de la parte oriente de la Cuenca de México, entre los paralelos 19°22'30" y 19°30'00" y los meridianos 98°47'30" y 98°51'15".

El área está dividida en tres zonas: la zona Noreste con 821.6 Km cuadrados, la zona Oriente con 175.2 Km cuadrados y la zona Sureste con 445 Km cuadrados. La división entre las tres zonas son los partaguas de los ríos Coxacoaco y Texcoco

entre la zona Noreste y Oriente, y los ríos Coatepec y San Francisco entre la zona Oriente y Sureste (1),(4).

El área de la Cuenca Oriental del Ex-lago de Texcoco está delimitada al Sur con el Parque Nacional de Zoquiapan, al Norte con las Pirámides de Teotihuacán, al Oeste con el Ex-lago de Texcoco y al Este con los estados de Tlaxcala y Puebla.

La zona Federal del Ex-lago de Texcoco comprende una superficie de aproximadamente 9800 has, está ubicada en la parte oeste de la Cuenca de México. Colinda al Oeste y Sureste con la Ciudad de México, interceptando los municipios de Texcoco, Atenco, Netzahualcoyotl y Chimalhuacán (5).

4.1.3 CLIMA.

El clima predominante de la zona de estudio, es templado subhúmedo con verano fresco y con lluvias, según Köeppen, modificado por García E. (6). La precipitación anual promedio es de 600 mm, con variaciones desde 500 mm en la zona del lago propiamente dicho hasta 950 mm en la parte alta (Sierra de Río Frío). La temperatura media anual promedio varía entre 6 y 16°C, con temperaturas mínimas medias anuales que van desde 0 hasta -8°C en la parte alta de la Cuenca.

La altitud de la Cuenca es variada, esto propicia fuertes diferencias climáticas. La clasificación climática, según García E. (6) para las diferentes zonas es:

- a) En las partes bajas hasta los 2400 m.s.n.m., se encuentra el tipo C(W1)(W)b(i).
- b) En las laderas de 2400 a 2800 m.s.n.m., el tipo C(W2)(W)b1.
- c) En las montañas de más de 2800 m.s.n.m., se presenta el tipo CW2(W)b1.

El vaso del Ex-lago de Texcoco se encuentra a una altura de 600 m.s.n.m., por lo tanto presenta un clima del tipo Bs Kw (W) (i), que corresponde a un clima semi-seco templado con verano cálido, temperatura media anual del mes más caliente es mayor de 18° C (11). Tiene una evaporación potencial de un 300% superior a la precipitación (la evaporación varía entre 1700 a 2000 mm, medida en un periodo de 20 años, con una media de 1925 mm), (8).

Según Thornthwaite, (26), el clima se clasifica como PGSATDVA; semiseco con pequeña o nula demasía de agua, templado frío con baja concentración térmica en el verano.

Las heladas comúnmente se presentan de noviembre a abril (7).

Los vientos más importantes vienen del Sureste y se presentan de febrero a agosto, con una velocidad media de 17 m/seg. (9).

Según Llerena, 1987 (12), los vientos que se presentan son de tres tipos: Vientos de altura (del W), rasantes (del NE, SE, N y NW) y convectivos.

Aunque la región podemos considerarla como una zona de calma, se presenta una temporada de vientos moderadamente fuertes que comprende el final de enero, febrero, marzo y abril, presentándose a veces vientos durante la época de formaciones ciclónicas en la región del caribe que abarca los meses de agosto, septiembre y octubre fundamentalmente, (8).

4.1.4 VEGETACION.

La vegetación de la Cuenca del Ex-lago de Texcoco es variable en función de la altitud. En las partes bajas se tienen pastizales y agricultura de riego. En la parte media, con lomeríos, se tiene vegetación herbácea del tipo gramíneas, leguminosas, cactáceas, liliáceas y compuestas; agricultura de temporal y vegetación forestal. En la parte alta se tienen pastizales de altura y vegetación forestal (10).

Los cultivos principales de la Cuenca son: maíz (Zea mays), frijol (Phaseolus vulgaris), cebada (Hordeum vulgare) y haba (Vicia faba) (10).

Dentro de la zona del Lago de Texcoco, se presentan serios inconvenientes para el desarrollo de la vegetación, por sus condiciones edáficas y fluctuaciones en el nivel acuífero.

Llerena y Tarín, 1978 (12), reportan que la especie dominante la constituye el pasto salado Distichlis spicata.

En la parte Central del Lago con alta concentración salina, las especies típicas en desarrollo son Distichlis spicata, asociación Distichlis spicata con Suaeda nigra, Suaeda nigra, y asociación Distichlis spicata y Eragrostis obtusiflora y algunas especies del género Atriplex (8).

4.1.4.1 Acuática.

Entre las especies acuáticas, se pueden distinguir las siguientes (8):

Juncus balticus.
Chenopodium mexicanum.
Trianthena portulacastrum.
Sesuvium portulacastrum.
Heliotropium carassavicum.
Sporobolus argatus.
Hordeum jubatum.
Xanthocephalum humile.

Además de los elementos florísticos citados, se han conservado otros como constituyentes de la comunidad, pero en menor representación, destacando los siguientes:

Ambrosia peruviana.
Arenaria bourgalti.
Atriplex linifolia.
Bouteloua simplex.
Cyperus esculentus.
Cyperus melanostachys.
Euphorbia sp.
Euprosyne parthenifilis.
Leptochloa dubin.
Lippia nodiflora.
Lythium ulatum.
Medicago denticulata.
Muhlenbergia tenuiflora.
Nierenbergia angustifolia.
Petunia arviolora.
Ranunculus donianus.
Sanvitalia procumbens.
Solvía serpyllifolia.

En la vegetación de orillas de canales, zanjas y otros pequeños depósitos de agua se encuentran las siguientes especies:

Agrostis semiveticellata.
Ambrosia peruviana.
Aster axillis.
Atriplex myricata.
Bacopa monnieri.
Beta vulgaris.
Bindens chrysanthenoides.
Cyperus sculentus.
Cyperus melanostachys.
Juncus balticus.
Medicago denticulata.
Nasturtium mexicanum.

Panicum repens.
Polygonum hydropiperoides.
Polygonum punctatum.
Ranunculus dichotomus.
Distichlis spicata.
Echinochloa crusgalli.
Eleocharis dombeyana.
Erigeron bonanensis.
Pumex maritimus.
Rymex mexicanus.

4.1.4.2 Antropógena

Para este efecto se encuentran divididas en (8):

1) Especies arbóreas introducidas.

Alnus acuminata.
Bauddiera cordata.
Casuarina equisetifolia.
Eucalyptus sp.
Populus mexicana.
Populus alba.
Schinus molle.

2) Especies ruderales.

Amgranthus hibrydus.
Argemone mexicana.
Bidens pilosa.
Brassica campestris.
Buddicia sessiliflora.
Chenopodium album.
Chloris virgata.
Conyza sophiaefoli.
Cynodon dactylon.
Datura stramonium.
Eleusine indica.
Eleusine mexicana.
Galinsoga parviflora.
Nicotiana glauca.
Physalis aegleta.
Raphanus raphanistrum.
Reseda luteola.
Setaria geniculata.
Sisymbrium irio.
Solanum rostratum.
Sporobolus atrovirens.
Sphaeralcea angustifolia.
Eragrostis limbata.
Erodium circuitarium.
Eruca sativa.
Sporobolus poiretii y otras más.

4.1.5 TOPOGRAFIA.

La topografía dentro de la Cuenca Oriental del Lago de Texcoco varía fuertemente de acuerdo a la altitud, ya que en las zonas bajas con cotas de 2300 m.s.n.m. a 2700 m.s.n.m. se presentan pendientes que varían entre 1 y 10%; en la parte media las pendientes son del 10 al 20%; y en la parte alta son mayores al 20% con un relieve desde plano a fuertemente abrupto, con valles, lomeríos y picos (4).

De acuerdo con Estudios y Proyectos S.A., 1972 (13), el área de estudio presenta dos geoformas predominantes, las cuales son:

1) Una planicie volcánica que se localiza en las faldas de la Serranía Oriental, y presenta estratos de rocas con pendientes moderadas a fuertes en sentido Este-Oeste. Por su génesis, se puede considerar que se formó por depósitos de sedimentos volcánicos de diferente graduación textural.

2) Una planicie lacustre que corresponde en un 90% al área del Ex-lago de Texcoco, la cual se formó por aportes de sedimentos volcánicos y cálisticos, los primeros derivados de erupciones volcánicas, y los segundos fueron arrastrados por diferentes corrientes que descargaban sus aguas en el antiguo Lago de Texcoco. La topografía plana de esta geoforma indica una gran homogeneidad en el carácter de los materiales depositados, y es de gran interés porque presenta áreas agrícolas, áreas con problemas de drenaje y de ensalitramiento, así como áreas de inundación.

4.1.6 SUELOS.

4.1.6.1 Clasificación.

De acuerdo con la clasificación FAO/UNESCO, 1975 (14), las unidades de suelos en las tres diferentes zonas de la Cuenca del Lago de Texcoco, son como sigue:

Zona Noreste.- En la parte baja de la zona, los principales suelos son los Vertisoles y Faeozem, localizados hasta la zona muy próxima a los suelos salados del Ex-lago de Texcoco. Estas unidades de suelos ocupan un 50% del área de la zona. En la parte media y alta se encuentran Litosoles y Cambisoles en un 40% y de Faeozem un 10%.

Zona Oriente.- Las unidades que más abundan son los Vertisoles en la parte baja con un 20% del área. En la parte media se encuentran, los Litosoles y Faeozem con un 40% y en la parte alta se encuentran Litosoles, Regosoles, Cambisoles y Andosoles ocupando un área del 40% de la zona.

Zona Sureste.— En la parte baja de la Cuenca, hacia el Ex-lago de Texcoco, así como en la parte media de la zona, se encuentran Faeozem háplicos y Regosoles en un 30% del área, y en la parte alta de montaña se tienen Litosoles y Cambisoles en un 50% y 65% respectivamente.

Velázquez, Luna y otros, 1981 (11), en el Estudio Agrológico detallado del Ex-lago de Texcoco, clasifican los suelos de dicho Ex-lago de acuerdo con la 7a. aproximación del Sistema Americano, definiendo 17 series de suelos.

Las 17 series de suelos quedan definidas dentro de tres Ordenes de la clasificación Americana, que son los Inceptisoles, Entisoles y Mollisoles como se muestran en el cuadro No.2.

Orden Inceptisol.

Este Orden abarca 13 series de suelos, que se localizan principalmente en la parte central del área de estudio, pertenecen al Suborden Aquepts, y dentro del Suborden nueve pertenecen al Gran grupo Halaquepts y al Subgrupo Típico; los otros cuatro son del mismo Gran grupo pero del Subgrupo Vértico.

Orden Entisol.

Este Orden comprende tres series de suelos que se localizan hacia la periferia del Ex-lago de Texcoco, en donde ha existido una gran influencia de materiales aluviales transportados por los ríos. Son suelos que no presentan horizonte de diagnóstico y solo presentan comienzos de horizontes débilmente expresados que no cumplen con los requisitos de algún horizonte de diagnósticos.

Orden Mollisol.

La serie Ranchito pertenece a este Orden y se encuentra hacia la periferia del Ex-lago de Texcoco; son suelos del Suborden Ustol, Gran grupo Durastol y Subgrupo Típico, y presenta un horizonte Mollico que se ha desarrollado bajo vegetación de pasto; puede presentar un horizonte Mátrico, Argílico, Sílico y una saturación de bases relativamente alta y con un Duripan en el primer metro del perfil.

Los criterios fundamentales para la caracterización de las series fueron la secuencia, ausencia o dominancia de las capas del suelo del Ex-lago de Texcoco (horizonte A, jaboncillo y capa negra), (11).

Velázquez, Luna y otros, 1981 (11), realizaron también una clasificación del Uso Potencial de los suelos, basándose en el sistema propuesto por Kliengebiel y Montgomery 1965. Los suelos los clasifican de las clases 4 hasta la 8, los cuales se consideran no aptos para la agricultura, en algunos casos solo para actividades forestales y silvestres.

SERIE	ORDEN	SUBORDEN	GRAN GRUPO	SUBGRUPO
Agua negra	Inceptisol	Aquepts	Halaquept	Typic Halaquept
Agulla	Inceptisol	Aquepts	Halaquept	Vertic Halaquept
Ahuehuetes	Entisol	Fluvent	Ustifluvent	Typic Ustifluvent
Charco	Entisol	Fluvent	Ustifluvent	Typic Ustifluvent
Chimalhuacan	Inceptisol	Aquepts	Halaquept	Typic Halaquept
Gaviota	Inceptisol	Aquepts	Halaquept	Typic Halaquept
Liebres	Inceptisol	Aquepts	Halaquept	Typic Halaquept
Nabor Carrillo	Inceptisol	Aquepts	Halaquept	Typic Halaquept
Patos	Entisol	Fluvent	Ustifluvent	Typic Ustifluvent
Potrero	Inceptisol	Aquepts	Halaquept	typic Halaquept
Ranchito	Mollisol	Ustol	Durostol	Typic Durostol
Salada	Inceptisol	Aquepts	Halaquept	Vertic Halaquept
Sumidero	Inceptisol	Aquepts	Halaquept	typic Halaquept
Taralanes	Inceptisol	Aquepts	Halaquept	Vertic Halaquept
Torres	Inceptisol	Aquepts	Halaquept	Vertic halaquept
Viboras	Inceptisol	Aquepts	Halaquept	Vertic Halaquept
Xochiaca	inceptisol	Aquepts	Halaquept	Typic Halaquept

Cuadro No.2 Clasificación Taxonómica de las series de suelos del Ex-lago de Texcoco.

Fuente: Anguiano L. 1983, (13).

4.1.6.2 Características Físicas y Químicas.

Los suelos del Vaso del Ex-lago de Texcoco son infrazonales, planos, que presentan pendientes muy ligeras, su textura en general es pesada, su color varía de gris a claro a gris oscuro, su pH es muy alcalino debido a la presencia de Carbonato de Sódio, el contenido de materia orgánica de medio a alto, pero son pobres en Nitrógeno, medios en Fósforo y ricos en Potasio y Calcio. Son suelos de origen pluvial lacustre, profundos, de contenido variable de sales, que presentan grandes problemas, en general tienen un nivel freático dentro de los dos primeros metros de profundidad.

Los suelos presentan (12), (13):

pH: de 8.4 a 11.0.

Conductividad eléctrica (CE): de 50 a 250 mmhos/cm 25°C.

Porcentaje de Sodio intercambiable (PSI): de 50 a 100%.

Concentraciones de Sodio: de 4.78 hasta 1,656.7 me/lt.

Contenido de humedad: de 3 a 45%.

Aniones predominantes: Cloruros y Carbonatos.

Cationes predominantes: Sodio y Potasio.

Textura: Debido al origen pluvial de los suelos, existe una gran variación de ella a través del perfil. Así, los sedimentos del lecho muestran depósitos alternados de capas de arena, limo y arcilla, y son suelos en proceso de formación. Además a través del perfil del suelo se presenta una capa profunda llamada "jaboncillo", formada por un sistema de agua-sedimento que tiene características excepcionales tales como: una gran capacidad de almacenamiento de agua, una muy fuerte adsorción de ésta por el suelo, y una baja permeabilidad. Estos factores, ligados a los altos contenidos de sales y a la presencia de mantos freáticos muy salinos cercanos a la superficie del suelo, son los que establecen la grave problemática de la zona.

Los niveles freáticos de la zona del Ex-lago de Texcoco, se presentan generalmente después de 100 cm, aunque en algunas zonas se presenta a los 15 cm.

La mayoría de los suelos presentan un horizonte A que va desde 0 hasta 125 cm, seguido de una mezcla de agua y sedimento denominada "jaboncillo" que en ocasiones aparece desde la superficie hasta una profundidad de 160 cm, y en otras está ausente (11).

Algunos suelos presentan una capa de color negro de dureza variable y puede encontrarse desde la superficie, a la mitad del perfil o al fondo (11).

4.1.7 HIDROLOGIA.

La Cuenca Oriental del Ex-lago de Texcoco, cuenta con 11 ríos, y el área que cubren de acuerdo a la zonificación de la Cuenca se puede observar en el cuadro No.3.

Los ríos de esta región son de carácter torrencial, solo en algunos lugares de las partes altas existen escurrimientos perennes provenientes de manantiales con gastos de relativa importancia, de estos sobresale el que vienen de San Jerónimo cuya corriente es captada para surtir de agua a la Ciudad de México (8).

ZONA	NOMBRE DEL RIO	AREA DE LA CUENCA (Km cuadrados)
Noreste	1.- San Juan Teotihuacán	491.0
	2.- Papalotla	210.0
	3.- Xalapango	59.1
	4.- Coxcacaco	<u>61.6</u>
	Subtotal	821.7
Oriente	5.- Texcoco	31.2
	6.- Chapingo	21.4
	7.- San Bernardino	17.0
	8.- Santa Mónica	55.8
	9.- Coatepec	<u>49.8</u>
Subtotal	175.2	
Sureste	10.- San Francisco	151.5
	11.- La Compañía	<u>293.5</u>
	Subtotal	445.0
TOTAL		1441.8

Cuadro No.3 Area de los 11 ríos de la Cuenca Oriental del Ex-lago de Texcoco y su distribución por zonas.

Fuente: SRH. 1973.

4.1.8 PROBLEMATICA.

El ecosistema original del Lago de Texcoco fué seriamente alterado con la desecación artificial del mismo, pues se dejó al descubierto una extensión aproximada de casi 50,000 has. con severas limitantes para el establecimiento de vegetación, entre ellas una excesiva salinidad, sodicidad y alcalinidad de los suelos (3).

Siendo este una Cuenca cerrada en la que el agua de los escurrimientos circulaba únicamente por evaporación, al desecarse el lago se originó una superficie con severas limitantes para la colonización de especies vegetales, debido a (3), (32):

- a) Altos contenidos de sales solubles con predominancia de Sodio, Carbonatos y Cloruros.
- b) Conductividad Eléctrica (CE) de 75 a 200 mmhos/cm.
- c) Elevado grado de alcalinidad, cuyo pH fluctúa entre 8 y 11.
- d) Contenido extremo de Sodio intercambiable (PSI de 30 a 95).
- e) Presencia de materiales con características excepcionales de retención de agua y sales, casi impermeable y cuya deshidratación es irreversible (jaboncillo).
- f) Nivel freático salino a poca profundidad (0 a 2 metros) y áltamente salino (con aproximadamente 64 000 ppm de sales).
- g) No se cuenta con agua de buena calidad.
- h) Condiciones climáticas desfavorables (vientos, heladas, baja precipitación y elevada evaporación).

Este conjunto de limitantes hace súmamente inóspito el Ex-lago para los árboles, por lo siguiente (3):

- 1) La salinidad inhibe la absorción del agua, altera la nutrición y causa toxicidad.
- 2) El nivel freático es una barrera para el desarrollo de su raíz.
- 3) Las heladas son críticas para algunas especies arbóreas.

En un trabajo sobre el efecto producido por diferentes calidades de agua para riego sobre la tolerancia y adaptabilidad de tres especies nativas del Ex-lago de Texcoco (romerito, pasto

salado y pasto eragrostis), se observó que su desarrollo y cobertura disminuye a medida que aumenta el nivel de salinidad, estimándose que el rango límite tolerable para un crecimiento normal es de 20 a 30 mmhos/cm (Prada, 1975), (15).

Anguiano Lozano, 1983 (13) determinó las características físico-químicas del suelo del Ex-lago de Texcoco. En general el suelo bajo estudio presenta a la profundidad 0-100 cm: Textura arcillosa con 47% de arcilla, 27.7% de limo y un 24% de arena; la CE (conductividad eléctrica) promedio en el extracto de saturación de 53.5 mmhos/cm; la RAS (relación de adsorción de Sodio) fué de 1819.3 y el PSI (porcentaje de Sodio intercambiable) de 60.

Según Velázquez, Luna y Otros, 1981 (11), los suelos del área se clasifican como inceptisoles, siendo de formación reciente; por su potencial se clasifican de cuarta a novena clase, no siendo aptos para la agricultura, sino más bien para el desarrollo de vida silvestre.

Actualmente con la pastización y el riego con aguas negras efectuados por la Comisión del Lago de Texcoco se han modificado las características físicas y químicas de los suelos y se eliminaron los factores limitantes para el desarrollo de la vegetación nativa que tolera el exceso de sales; se han instalado sistemas de drenaje general y parcelario, además de la aplicación de mejoradores y de lavados de suelo (32).

4.2 SALINIDAD DE LOS SUELOS.

Los suelos salino-sódicos para la agricultura representan un problema que requiere la aplicación de medidas especiales y prácticas de manejo adecuadas. Las sales solubles producen efectos dañinos en las plantas, al aumentar el contenido de sal de la solución del suelo y el grado de saturación de los materiales intercambiables del suelo, con sodio intercambiable. Este último efecto se presenta cuando los constituyentes solubles son en su mayor parte sales de sodio, y es de naturaleza más permanente que el contenido salino de la solución del suelo, ya que el sodio intercambiable generalmente persiste después que las sales solubles se han eliminado.

Suelo salino, es aquél que contiene sales solubles en tal cantidad que alteran desfavorablemente su productividad.

Suelo sódico, se define en términos del efecto del sodio intercambiable en su productividad. Según esto, los suelos alcalinos pueden o no contener un exceso de sales solubles.

Posiblemente el problema más común comprenda a aquellos suelos que contienen un exceso de sales solubles, así como de sodio intercambiable y que según la terminología de De Sigmond, 1938 (16), se denominan "suelos salino-sódicos".

4.2.1 ORIGEN DE LAS SALES.

Los suelos salinos se encuentran principalmente en zonas de clima árido o semiárido. En estas regiones el lavado de los suelos es de naturaleza local y las sales solubles no pueden ser transportadas muy lejos. Esto ocurre no solamente por que hay menos precipitación adecuada para lavar y transportar las sales, si no también a consecuencia de la elevada evaporación característica del clima árido, que tiende a concentrar las sales en los suelos y en el agua superficial.

Según De la Peña (27), los suelos con altos contenidos de sales tienen dos orígenes fundamentales: el origen natural y el origen inducido. El origen natural puede ser In Situ, en cuencas cerradas o marino (geológico, costero o por fenómenos meteorológicos). El origen inducido obedece al inadecuado manejo que el hombre hace del suelo y el agua en los suelos agrícolas bajo riego.

El drenaje restringido es un factor que frecuentemente contribuye a la salinización de los suelos y que puede llevar consigo a la presencia de una capa freática poco profunda o una baja permeabilidad del suelo. La capa freática poco profunda casi siempre guarda estrecha relación con la topografía del terreno. Debido a la baja precipitación en las regiones áridas, las corrientes del drenaje superficial están poco desarrolladas y, en consecuencia, existen depresiones sin drenaje por no tener salida a corrientes permanentes. El drenaje de las aguas con sales de las tierras arriba de la depresión, puede llevar el nivel de la capa freática hasta la superficie en las tierras bajas, causar un flujo temporal o formar lagos salados permanentes. Bajo tales condiciones, el movimiento ascendente del agua subterránea da origen a la formación de suelos salinos (16).

Polynov y Kovda, (17), hacen una clasificación de los elementos, según su capacidad de emigración. Cuadro No.4.

La baja permeabilidad del suelo es causa de mal drenaje, impidiendo el movimiento descendente del agua. De Sigmond, 1924 (16), consideraba la presencia de una capa edáfica impermeable como factor esencial para la formación de suelos salinos en Hungría.

TIESIS CON
FALLA DE ORGAN

CATEGORIA	ELEMENTOS
1.- Prácticamente no lavables	Si de cuarzo
2.- Poco lavables	Fe, Al, Si
3.- Lavables	Si, Pb, Mn
4.- Bastante lavables	Ca, Na, K, Mg, Cu, Co, Zn
5.- Muy lavables	Cl, Br, I, S, C, B

Cuadro No.4 Categorías de emigración de los elementos.

Fuente: Pizarro, F. 1978, (17).

Según Allison, 1982 (16), el problema de mayor importancia económica se presenta cuando a consecuencia de la irrigación, un suelo no salino se vuelve salino. Cuando la capa freática se eleva hasta 1.50 o 1.80 m de la superficie del suelo, el agua subterránea se mueve hacia arriba, llegando a la zona radicular del cultivo y a la superficie del suelo; en tales condiciones, el agua del suelo y la de riego contribuyen a la salinización del suelo.

Las sales presentes en los suelos salinos, proceden de la meteorización de los minerales y las rocas que constituyen la corteza terrestre, principalmente mediante el proceso de intemperización (Hidrólisis-Solución-Oxidación y Carbonatación, a veces precipitación), (18).

La salinidad de los suelos se origina debido a las aguas cargadas de sales procedentes de la meteorización de la corteza terrestre, estas se acumulan en las depresiones. Esto se ve facilitado por el hecho de que con frecuencia las depresiones tienen mal drenaje natural por sus condiciones topográficas y por que en las áreas bajas suelen acumularse arcillas arrastradas por el agua de escorrentía (De la Peña), (27).

Los elementos que forman las sales pueden estar en el suelo de dos formas:

- a) Disociados: Como iones que son positivos (cationes) y negativos (aniones).

1.- Iones solubles: En la solución del suelo (disueltos en agua).

2.- Iones hidratados: A presión en las arcillas o material orgánico muy fino.

3.- Iones intercambiables: Retenidos por carga eléctrica en las arcillas o material orgánico.

b) Asociados: Formando compuestos. Cloruro de Sodio (NaCl), Cloruro de Calcio (CaCl_2), Cloruro de Magnesio (MgCl_2), Sulfato de Sodio (Na_2SO_4), Sulfato de Magnesio (MgSO_4), Carbonato de Sodio (Na_2CO_3), etc.

Las sales más típicas de los suelos salinos por orden de importancia son: Sulfato de Magnesio (MgSO_4), Sulfato de Sodio (Na_2SO_4), Cloruro de Sodio (NaCl), Carbonato de Sodio (NaCO_3), Cloruro de Magnesio (MgCl_2).

Los iones más comunes según De la Peña (27), son:

ANIONES		CATIONES	
Cl^-	Cloruros	Ca^{++}	Calcio
SO_4^{--}	Sulfatos	Mg^{++}	Magnesio
CO_3^{--}	Carbonatos	Na^+	Sodio
HCO_3^-	Bicarbonatos	K^+	Potasio
NO_3^-	Nitratos	Fe^{+++}	Fierro
SiO_2	Silicatos		

Los cationes más abundantes son Na^+ , Ca^{++} , y Mg^{++} , encontrándose en menor cantidad K^+ .

Los aniones más abundantes son los Cloruros (Cl) y Sulfatos (SO_4), existiendo en menor cantidad los Carbonatos (CO_3).

4.2.1.1 Sales solubles.

Las sales solubles del suelo consisten principalmente en varias proporciones de los cationes de Sodio (Na), Calcio (Ca) y Magnesio (Mg), y de los aniones Cloruro (Cl), y Sulfato (SO_4); el catión Potasio (K) y los aniones Bicarbonato (HCO_3), Carbonato (CO_3) y Nitrato (NO_3), se encuentran generalmente en cantidades menores (16).

Según Pizarro, 1978 (17), los minerales que participan en las sales de los suelos salinos son: Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Sodio (Na), Potasio (K), Cloro (Cl), Azufre (S), Carbono (C) y con menor frecuencia: Nitrógeno (N), Boro (B) y Yodo (I) no cuantificado.

La fuente original y en cierto modo la más directa de la cual provienen las sales antes mencionadas, son los minerales primarios que se localizan en los suelos y en las rocas expuestas de la corteza terrestre. Clarke, 1924 (16), ha estimado que el contenido medio de Cloro y Azufre de la corteza terrestre es de 0.05 y 0.06 por ciento respectivamente, mientras que el Sodio, Calcio y Magnesio casi se encuentran a razón del 2-3 por ciento. Durante el proceso de intemperización química que comprende Hidrólisis, Hidratación, Solución, Oxidación y Carbonatación, estos constituyentes gradualmente son liberados adquiriendo mayor solubilidad.

Los Cloruros, Nitratos y Carbonatos de iones alcalinos y alcalino-térreos, son las sales que con mayor facilidad han de formarse como consecuencia de la meteorización de la corteza terrestre. En cambio, la precipitación de estos compuestos, ocurre en orden inverso. Por esta razón el Cloruro de Sodio permanece más tiempo en las soluciones (Fesman), (17). Esto se debe a que la secuencia de extracción de los iones de sus rocas y minerales, su velocidad de emigración y su capacidad de acumularse en las depresiones en forma de sales, son inversamente proporcionales al coeficiente de energía de esos iones. Cuadro No.5.

ANIONES	COEFICIENTE DE ENERGIA	CATIONES	COEFICIENTE DE ENERGIA
Cl ⁻ y Br ⁻	0.23	Na ⁺	0.45
NO ₃ ⁻	0.18	K ⁺	0.36
SO ₄ ⁼	0.66	Ca ⁺⁺	1.75
CO ₃ ⁼	0.78	Mg ⁺⁺	2.10
SiO ₃ ⁼	2.75	Al ⁺⁺⁺	4.25
		Fe ⁺⁺⁺	5.15

Cuadro No.5 Secuencia de extracción de iones durante la meteorización.

Fuente: Fersman, (17).

Los iones Bicarbonato se forman como consecuencia de la solución del CO_2 en agua. El CO_2 puede ser de origen atmosférico o biológico y el agua que contiene CO_2 es un activo agente químico intemperizante que libera cantidades apreciables de cationes en forma de Bicarbonatos. Los iones Carbonato y Bicarbonato están relacionados entre sí, y la cantidad que hay de cada uno es una función de pH de la solución. Mayores cantidades de iones Carbonato, sólo pueden presentarse para valores de pH de 9.5 o más altos (16).

Los suelos salinos generalmente se encuentran en áreas que reciben sales de otras localidades, siendo el agua el principal factor de acarreo. El océano puede ser la fuente de sales en aquellos suelos en los que el material original está constituido por depósitos marinos que se asentaron durante periodos geológicos antiguos y que a partir de entonces han emergido.

Las aguas actúan como fuente de sales cuando se usan para riego y pueden también agregar sales al suelo bajo condiciones naturales, cuando inundan las tierras bajas o cuando el agua subterránea sube hasta muy cerca de la superficie.

4.2.1.2 Sodio intercambiable.

Las partículas del suelo adsorben y retienen cationes a consecuencia de las cargas eléctricas que existen en su superficie. Una vez que los cationes adsorbidos se han combinado químicamente con las partículas del suelo, pueden ser reemplazados por otros cationes que se encuentran en la solución del suelo. Esta reacción, según la cual un catión en solución reemplaza a un catión adsorbido, se llama intercambio de cationes. Los cationes de Sodio, Calcio y Magnesio son más rápidamente intercambiables. Otros cationes como el Potasio y el Amonio pueden quedar retenidos en determinada posición sobre las partículas del suelo, de manera que se intercambian con gran dificultad, diciéndose entonces que se han fijado (16).

El intercambio de cationes es un fenómeno de superficie y, como tal, se identifica principalmente con el limo fino, la arcilla y otras fracciones de materia orgánica de los suelos.

En vista de que los cationes adsorbidos pueden intercambiarse libremente con los cationes adyacentes en la solución del suelo, es de esperarse que la proporción de los varios cationes en el complejo intercambiable esté relacionada con su concentración en la solución del suelo.

El Calcio y el Magnesio son los principales cationes que se encuentran en la solución del suelo y en el complejo catiónico de los suelos normales de las regiones áridas. Cuando en estos suelos se acumula un exceso de sales solubles, generalmente es el catión Sodio el que predomina en la solución

del suelo y, en esta forma, el Sodio puede ser el catión predominante al cual está sujeto el suelo, debido a la precipitación de los compuestos de Calcio y Magnesio. A medida que la solución del suelo se concentra más a consecuencia de la evaporación del agua y su adsorción por la plantas, los límites de solubilidad del Sulfato y Carbonato de Magnesio casi siempre se exceden, por lo cual se precipitan, causando el correspondiente aumento en las propiedades relativas de Sodio. Bajo tales condiciones, una parte del Calcio y del Magnesio intercambiables son reemplazados por el Sodio (16).

El aumento de la concentración de cationes tiene lugar con el aumento de sales o bien con la reunión de cationes que se encuentran dispersos en una solución muy diluida del suelo. Esta solución se concentra al reducirse el agua a causa de la evaporación y/o evapotranspiración.

El sodio tendrá un mayor porcentaje en la solución del suelo; y si es superior al 50% se intercambia con el Calcio y Magnesio adsorbido, ocupando su lugar en el coloide.

De esta manera, la sodificación del suelo se hace constante en los suelos expuestos a aguas con altos contenidos de Sodio, ya que este catión desplaza al Calcio y Magnesio alterando las propiedades físicas del suelo (17).

El PSI es un valor expresado en porciento de la relación entre el Sodio intercambiable y la capacidad total de intercambio catiónico y se expresa de la siguiente manera:

$$PSI = \frac{SI}{CIC} \times 100$$

Donde:

- SI = Sodio intercambiable en meq/100 g.
 CIC = Capacidad de intercambio catiónico (cantidad total de cationes que un suelo puede retener) en meq/100 g. de suelo.
 PSI = Porcentaje de Sodio intercambiable.

Con el objeto de dar una idea del orden de magnitud del PSI tenemos la siguiente clasificación (Massoud, 1971), (17). Cuadro No.6.

CLASE	PSI	PRODUCCION DE LOS CULTIVOS
No sódicos	7	80-100 %
Ligeramente sódicos	7-10	80- 60 %
Medianamente sódicos	15-20	60- 40 %
Altamente sódicos	20-30	40- 20 %
Muy altamente sódicos	30	20 %

Cuadro No.6 Clasificación de los suelos por su PSI.

Fuente: Pizarro, F. 1978, (17).

El RAS (Relación de Adsorción de Sodio) es una relación lineal entre cationes intercambiables monovalentes y cationes divalentes, cuando la concentración del catión soluble monovalente se divide entre la raíz cuadrada de la concentración del catión divalente.

$$\text{RAS} = \frac{\text{Na}}{\sqrt{\frac{\text{Ca} + \text{Mg}}{2}}}$$

3.2.2 CLASIFICACION DE LOS SUELOS SALINOS.

El Laboratorio de Salinidad de los Estados Unidos ha propuesto una clasificación de suelos con problemas de sales y Sodio intercambiable, que comprende cuatro categorías (Richards, 1978), (13), la cual está basada en dos propiedades químicas de los suelos, que son:

- a) La Conductividad Eléctrica (CE), medida en el extracto de saturación del suelo a 25°C.

b) El porcentaje de Sodio intercambiable (PSI).

Dicha clasificación se muestra en el cuadro No.7.

GRUPO	CE (mmhos/cm)	PSI (%)
Suelos salinos	mayor de 4.0	menor de 15
Suelos salino-sódicos	mayor de 4.0	mayor de 15
Suelos sódicos-no salinos	menor de 4.0	mayor de 15
Suelos sin problemas de sales y/o Sodio	menor de 4.0	menor de 15

Cuadro No.7 Clasificación de suelos ensalitrados hecha por el Laboratorio de Salinidad de los E:U.

Fuente: Anguiano L. 1983, (13).

En base a un estudio Agrológico especial del Ex-lago de Texcoco, en 1971 (28), se establecieron ocho categorías de suelo, basándose en la CE y el PSI. Cuadro No.8.

Los suelos considerados normales son los que no presentan problemas debido a la presencia de sales, estas son inexistentes. La CE es menor de 4 mmhos; el PSI es menor de 15 y tienen un pH que va de 6.5 a 7.5.

Un suelo salino presenta las sales disueltas en la solución del suelo. Tiene una CE mayor de 4 mmhos; su PSI es menor de 15 y tiene un pH de 7.5 a 8.5. Las sales disueltas afectan a los cultivos y no las propiedades del suelo. Alteran la absorción de agua y nutrientes. Con prácticas de lavado se puede aminorar el problema.

Un suelo sódico no salino tiene las sales adsorbidas por el complejo de intercambio. La CE es menor de 4 mmhos; su PSI es mayor de 15 y presenta un pH de 8.2 a 10. El Sodio adsorbido afecta a las propiedades del suelo, destruyendo su estructura (hay una alta floculación de sus partículas). En general no afecta a los cultivos. Su tratamiento es a base de sustancias químicas y lavado.

LIMITANTES DE SALINIDAD Y SODICIDAD			
GRADO DE AFECTACION	CE (mmhos/cm)	PSI	CLASE POR SALINIDAD Y SODICIDAD.
Sin afectación	0-4	0-15	1a.
Ligeramente afectados	4-8	15-20	2a.
Moderadamente afecta- dos	8-16	20-25	3a.
Fuertemente afectados	16-25	25-40	4a.
Muy fuertemente afec- tados	25-50	40-55	5a
Extremadamente afec- tados	50-100	55-70	6a.
Muy extremadamente - afectados	100-200	70-90	7a.
Excesivamente afecta- dos	mayor de 200	mayor de 90	8a.

Cuadro No.8 Clasificación de los suelos en cuanto a salinidad y sodicidad.

Fuente: Martínez E. 1982. (28).

Las sales en un suelo salino-sódico están adsorbidas por el complejo de cambio. La CE es mayor de 4 mmhos; su PSI es mayor de 15 y presenta un pH no mayor de 8.2. Las sales disueltas evitan la pérdida de estructura. Mismos efectos que un suelo salino. Su tratamiento es a base de mejoras químicas y lavado, teniendo cuidado de no transformarlo a suelo sódico.

TELIS CON
FALLA LE ORGEN

4.2.3 CARACTERISTICAS FISICAS Y QUIMICAS DE LOS SUELOS SALINOS.

4.2.3.1 Características Físicas.

La salinidad de un suelo puede ocurrir cuando éste tiene un perfil característico y plenamente desarrollado, o cuando posee material edáfico no diferenciado como en el caso del Aluvión (16).

Las sales se desplazan en el suelo junto con el agua. Durante la estación seca pueden formarse costras blancas de sal sobre la superficie del suelo, pero estas desaparecen con las primeras lluvias. Estos suelos corresponden al tipo "Alcali blanco" (Hilgari, 1906) y a los "Solonchaks" (autores rusos), (19), (16).

Aceves, 1981 (13), considera que los suelos salinos no presentan una estructura que los caracterice, por lo que su propiedad más importante es la textura, debido a que de ella depende su capacidad de retención de humedad y su permeabilidad, lo cual a su vez influirá sobre la dilución y lixiviación de los materiales salinos. El mismo autor considera que las propiedades físicas de los suelos salinos en general son favorables para el desarrollo de las plantas, y que lo que afecta a los cultivos son las altas concentraciones de sales solubles que se encuentran en estos suelos.

Los suelos casi siempre se encuentran floculados debido a la presencia de un exceso de sales y a la ausencia de cantidades insignificantes de Sodio intercambiable.

En estos suelos el establecimiento de un drenaje adecuado, permite eliminar por lavado las sales solubles, volviendo nuevamente a ser suelos normales (16).

4.2.3.2 Características Químicas.

Los suelos salinos presentan un contenido elevado de sales solubles. La definición específica utilizada por el Laboratorio de Salinidad de USA, se expresa en términos de la conductividad eléctrica de la solución que puede expresarse de un suelo saturado de agua (19).

Tradicionalmente los suelos se han clasificado como salinos, si la conductividad eléctrica de su extracto de saturación excede 4 mmhos/cm a 25°C con un porcentaje de Sodio intercambiable menor de 15. Los suelos de este tipo suelen contener más del 0.2 % de sales solubles. La presencia de sales eleva la presión osmótica y dificulta y, en casos extremos, imposibilita la absorción de agua por parte de las plantas. La mayoría de las sales presentan una reacción neutra o casi neutra, pero algunas son alcalinas, por lo que el pH del suelo oscila entre 7.3 y 8.5.

La cantidad de sales solubles presentes controla la presión osmótica de la solución del suelo. El Sodio rara vez representa más de la mitad del total de los cationes solubles y por lo tanto, no es adsorbido en forma importante. Las cantidades relativas de Calcio y Magnesio presentes en la solución del suelo y en el complejo de intercambio, varían considerablemente. Tanto el Potasio soluble como el intercambiable son, en general, constituyentes de menor importancia. Los aniones principales son el Cloruro, el Sulfato y a veces el Nitrato.

Según Aceves, 1981 (13), las sales más comunes en la solución del suelo son sales neutras del tipo CaCl_2 , CaSO_4 , NaCl , Na_2SO_4 , MgNO_3 , y MgCl_2 .

4.2.4 CARACTERISTICAS FISICAS Y QUIMICAS DE LOS SUELOS SALINO-SODICOS.

4.2.4.1 Características Físicas.

De acuerdo con Allison L. E., 1982 (16), este tipo de suelo se forma como resultado de una combinación de procesos: salinización y acumulación de Sodio. Siempre que contengan un exceso de sales, su apariencia y propiedades son similares a las de los suelos salinos. Si el exceso de sales solubles es lavado, las propiedades de estos suelos pueden cambiar notablemente, llegando a ser idénticas a las de los suelos sódicos no salinos. El lavado del suelo puede hacer al suelo más alcalino (pH mayor de 8.5), las partículas se dispersan y el suelo se vuelve desfavorable para la entrada de agua y para las labores de labranza.

4.2.4.2 Características Químicas.

Estos suelos presentan una conductividad eléctrica mayor de 4 mmhos/cm a 25°C y el porcentaje de Sodio intercambiable es mayor de 15. Cuando hay exceso de sales el pH raramente es mayor de 8.5 y las partículas permanecen floculadas. A medida que la concentración de sales disminuye en la solución, parte del Sodio intercambiable se hidroliza para formar Hidróxido de Sodio que, a su vez, puede cambiar a Carbonato de Sodio. El manejo de los suelos salino-sódicos es un problema hasta que no se elimine el exceso de sales y Sodio intercambiable de la zona del cultivo y se reestablecen las condiciones físicas del suelo (16).

3.2.5 EFECTOS DEL EXCESO DE SALES SOBRE LAS PLANTAS.

Los suelos salinos de ordinario son improductivos, pero potencialmente productivos. Estos suelos no sostienen el desarrollo de las plantas, a causa, fundamentalmente, de las sales excesivas en la solución del suelo; esto, en virtud de la elevada presión osmótica que impide la absorción de humedad y de nutrimentos en cantidades adecuadas. Por lo tanto, en los suelos salinos el coeficiente de marchitamiento es alto y baja la cantidad de humedad obtenible. Un exceso de iones de Sodio también ejerce efectos antagónicos sobre la absorción de Calcio y Magnesio.

En condiciones de un suelo alcalino, el daño no se debe a la concentración de sal, ya que la conductividad de la solución del suelo es baja. El Sodio (Na) adsorbido por la arcilla y los coloides orgánicos producen dispersión de la arcilla, lo que da por resultado una pérdida de la estructura óptima y el desarrollo de un efecto amazotado. Estos efectos sobre las propiedades Físicas del suelo reducen el desagüe, la aereación y la actividad microbiana. El alto pH en los suelos alcalinos origina una reducción en la solubilidad y disponibilidad para las plantas del Hierro, el Cobre, el Manganeso y el Zinc (20).

Los efectos que producen las sales sobre las plantas y suelos son variados, dependiendo del cultivo y tipo de sales (Bernstein, 1969), (21). La mayoría de los cultivos son sensibles a las sales en algunas etapas de su desarrollo; sin embargo existen ciertas especies que se consideran tolerantes a las sales solubles. Investigaciones realizadas con algodón reportan que el tipo de salinidad puede tener efectos diferentes muy marcados sobre la germinación: así, los Sulfatos y Cloruros causaron mayor inhibición de la germinación, los Cloruros del crecimiento y desarrollo; siendo a este respecto los Sulfatos los menos drásticos (Strogonov, 1964), (21).

Otros investigadores por su parte, encontraron que un incremento efectivo de la salinidad en el suelo para un cultivo dado, generalmente retarda en la germinación, pero con niveles altos de salinidad se reduce la emergencia disminuyendo el porcentaje final de germinación.

Aceves, 1979 (22), indica que bajo condiciones de salinidad las plantas no crecen debido a que las sales afectan la división celular y producen engrosamiento prematuro de las paredes de las células. Esto trae como consecuencia que bajo estas condiciones se tengan plantas con menos células y además de tamaño reducido; las plantas tienen así menor área foliar y como consecuencia menor transpiración y menor área fotosintetizante, lo cual aunado a una talla reducida da por resultado un menor rendimiento de materia seca por planta.

La reacción más característica de la mayoría de las plantas cultivadas con exceso de sales solubles en el sustrato es la limitación del crecimiento, debido a la reducción del potencial osmótico consecuente a la disminución del potencial hídrico del medio (efecto osmótico), bien al incremento de la contracción de iones que causan la salinización hasta niveles tóxicos, o a la concurrencia simultánea de ambos efectos; además, la salinidad reduce la transpiración y la absorción de agua por las raíces, presentándose muchos síntomas similares a los causados por la sequía; también retarda o nulifica la germinación, crea antagonismo y toxicidad, e internamente los efectos tóxicos, antagónicos, iónicos, osmóticos y fisiológicos que causan las sales que inhiben retardan o impiden su desarrollo, ocasionan un detrimento en la calidad y productividad de las plantas. Sin embargo, al parecer el efecto tóxico es más importante que el de la dificultad de la absorción de agua cuando la salinidad no es excesiva, aunque en suelos muy salinos, la elevada presión osmótica es el factor principal (15), (17), (23).

De la Peña (27), menciona que los efectos directos fuera de las plantas por sales son:

- 1) Aumento de la presión osmótica en la solución del suelo por lo que reducen el abastecimiento de agua.
- 2) Reducen la absorción de agua y por lo tanto de nutrientes.
- 3) Retardan o nulifican la germinación.
- 4) Crean antagonismos y toxicidad.

Así mismo el efecto de los iones dentro de las plantas son variados. Se pueden clasificar en efectos tóxicos, antagónicos, iónicos, osmóticos y fisiológicos.

En suelos salino-sódicos, el crecimiento de las plantas es afectado por la reducción de la captación de agua retardando así la absorción de nutrientes; la toxicidad del suelo puede ser también causada por el suministro indiscriminado de fertilizantes, pesticidas o residuos industriales y de ciudades. Las plantas que crecen en suelos parcialmente envenenados, muestran signos de decoloración, un crecimiento anormal en las raíces, de los tallos que comúnmente aparecen alargados y de las hojas que comúnmente tienen su lámina más angosta, en las que a menudo aparecen manchas y/o fajas café y amarillentas, siendo necesario para una identificación confiable del problema, realizar un análisis de los tejidos vegetales (24).

Para explicar los diferentes aspectos de los efectos dañinos de las sales solubles del suelo sobre los cultivos, se han propuesto diferentes teorías, de las cuales las más sobresalientes son las siguientes:

- 1.- Teoría de la disponibilidad del agua. De acuerdo con esta teoría, las sales del suelo disminuyen la energía libre del agua (hay más soluto), lo que a su vez reduce la disponibilidad de ésta para las plantas, afectando el crecimiento de las mismas. Las sales aumentan la presión osmótica de la solución del suelo haciendo que la disponibilidad de agua para las plantas disminuya, por lo que éstas sufren por deficiencia de agua, lo cual afecta su crecimiento.
- 2.- Inhibición osmótica o ajuste osmótica. Bernstein en 1960 propuso la Teoría del ajuste osmótico, en esta teoría estableció que el crecimiento de las plantas bajo condiciones de salinidad se ve seriamente afectado debido a que la planta se ve precisada a realizar un ajuste osmótico para mantener gradiente favorable en sus células que le permiten extraer agua del suelo. En hacer ese ajuste, la planta consume energía, la cual en condiciones de suelos no salinos se usaría en el crecimiento; por esta razón, en condiciones salinas las plantas no crecen. El ajuste osmótico consiste en aumentar la concentración del jugo celular a un grado tal que sea mayor que la concentración de la solución del suelo.
- 3.- Toxicidad específica. Esta teoría considera que los efectos tóxicos de las sales sobre todas las plantas, se realiza vía el metabolismo, por cambios causados en la actividad metabólica que producen la acumulación de sustancias intermedias, que no se encuentran en plantas que crecen en condiciones de no salinidad. Por lo que el efecto no es directo, sino que es el resultado de la acumulación de compuestos tóxicos formados debido a cambios producidos en la actividad enzimática que ocasionan la acumulación de dichos compuestos, tales como la putrescina C4 H12 N2, que se presenta (no se conoce exactamente la causa) supuestamente por la inhibición causada por las sales de la enzima Diamina oxidasa.

Aceves (25), menciona que ninguna de estas teorías explica satisfactoriamente el porqué las plantas no crecen bajo condiciones de salinidad, por lo que es necesario proponer algún mecanismo diferente.

Tratando de encontrar una nueva explicación para el efecto de las sales sobre las plantas, el planteó la siguiente hipótesis: las plantas bajo condiciones de salinidad no crecen ya que la división celular se ve afectada y la pared celular

pierde prematuramente su elasticidad debido a que las sales propician la precipitación en ella, de sustancias que le dan rigidez e impiden el crecimiento. Esto trae como consecuencia que bajo condiciones de salinidad se tengan plantas con menos células y además de tamaño reducido; por lo que las plantas tienen menor área foliar y como consecuencia una menor transpiración. menor área fotosintetizante, una talla reducida y como resultado menor rendimiento de materia seca por planta.

Así, Aceves (25), realizó un trabajo para probar esta hipótesis; en base a los resultados del mismo, se puede concluir que las plantas bajo condiciones de salinidad no crecen debido a que las sales afectan la división celular y producen el engrosamiento prematuro de las paredes de las células, lo que impide el crecimiento de las mismas; o sea que las sales afectan los dos mecanismos mediante los cuales crecen las plantas: 1) La División Celular y 2) El Crecimiento Celular. El grado del daño depende de la tolerancia del cultivo a las sales, que en este caso se puede definir como el grado al cual las plantas se pueden desarrollar bajo condiciones de salinidad sin que se afecte la división y el crecimiento celular y por tanto sin que se afecte su producción.

4.3 CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO.

Las aguas que se utilizan para riego deben cumplir o satisfacer determinadas normas de calidad para proteger las tierras de cultivo y los productos agrícolas, principalmente en lo que respecta a su contenido salino (15).

La calidad de un agua para riego debe evaluarse en base a la potencialidad de esta para producir efectos dañinos al suelo, a los cultivos y a los animales y personas que consumen los productos de dichos cultivos; por otro lado la calidad agronómica del agua está determinada por los factores de calidad química, cultivo por regar, suelo por regar, condiciones climatológicas, métodos de riego, condiciones de drenaje del suelo y prácticas de manejo del agua, del suelo y de las plantas (22).

Usualmente la calidad del agua de uso agrícola proveniente de una fuente determinada, varía con las estaciones del año. Normalmente durante la época de lluvias la calidad química es mejor que durante la época de secas (29).

4.3.1 FACTORES QUE DETERMINAN LA CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO.

Aceves, 1975 (30), considera que los factores que determinan la calidad del agua con fines de riego son:

- 1.- La composición química de las sales en solución.
- 2.- Los cultivos por regar.
- 3.- El suelo por regar.
- 4.- Las condiciones climatológicas.
- 5.- Los métodos de riego.
- 6.- Las condiciones de drenaje.
- 7.- Las prácticas de manejo.

Los criterios para la clasificación de un agua, estarán dados por la interacción de los siete factores antes mencionados. Las clasificaciones hechas en base a uno solo de estos factores, puede llevar a evaluaciones erróneas.

Existen cuatro criterios principales, para evaluar el daño potencial que presentan las aguas de riego, estos criterios se encuentran relacionados con el carácter químico del agua: la concentración total de sales solubles, la cantidad de Sodio, la alcalinidad por Carbonatos, y el Boro u otras sustancias fitotóxicas. Estos criterios principales, pueden ser utilizados como instrumentos de clasificación de las aguas según los efectos esperados sobre el crecimiento vegetal (29).

En general puede decirse que actualmente existen tres criterios principales para juzgar la conveniencia o limitación del empleo de agua con fines de riego. Estos criterios son (30):

- a) Contenido de sales solubles.
- b) Efecto probable del Sodio sobre las características físicas del suelo.
- c) Contenido de elementos tóxicos para las plantas.

El cuadro No.9 Nos indica los índices cuantitativos para cada uno de los criterios.

CRITERIOS	INDICES	ABREVIATURAS
1. Contenido de sales solubles	1a. Conductividad Eléctrica	CE
	1b. Salinidad efectiva	SE
	1c. Salinidad potencial	SP
2. Efecto probable del Sodio sobre las características Físicas del suelo	2a. Relaciones de absorción de Sodio	RAS
	2b. Carbonato de Sodio residual	CSR
	2c. Porcentaje de Sodio posible	PSP
3. Contenido de elementos tóxicos para las plantas	3a. Contenido de Boro	B
	3b. Contenido de Cloruros	Cl

Cuadro No.9 Criterios principales que limitan el empleo del agua con fines de riego.

Fuente: Aceves N. E. 1975 (30).

4.3.2 UTILIZACION DE AGUA SALADA PARA RIEGO.

Cualquiera que sea la fuente de agua para riego, ésta se obtiene con una cierta cantidad de sales solubles (21), que a través del tiempo se incrementan, a no ser que se tomen medidas preventivas.

Morales V., 1978 (21), hace notar que la utilización de las aguas saladas, permite hacer un análisis desde dos puntos de vista. Su utilización para riego de cultivos y como medio para recuperación de suelos salino y/o sódicos.

En muchas zonas áridas del mundo existen grandes almacenamientos de agua que no se utilizan para riego, debido a su alto contenido de sales, capaz de producir salinización del suelo con los siguientes efectos dañinos sobre las plantas. En

gran parte esto se debe al proceso de evapotranspiración del agua que se aplica como riego, quedando la mayor parte de las sales acumuladas a diferentes profundidades, produciendo consecuentemente una distribución de sales en los perfiles, la cual depende del contenido de sales en el agua aplicada y la cantidad de agua extraída por las raíces de las plantas en las distintas profundidades. Si el volumen de agua aplicada en un riego es igual al requerimiento de riego de las plantas, la cantidad total de sales acumuladas en la zona radicular será una función lineal del volumen total del agua de riego usada; pero si se aplica el agua de riego de tal manera que exceda la capacidad de los poros del suelo, una buena cantidad del agua se moverá por debajo de la zona radicular, arrastrando consigo muchas sales acumuladas en riegos anteriores, logrando de esta manera que la salinidad de la solución del suelo sea aproximadamente igual a la salinidad del agua de riego (31).

Shalhevet y Reiginer, 1964 (31), aseguran que no existe un método confiable que pronostique con exactitud la velocidad de acumulación de sales en el suelo, ni el perfil de distribución de la salinidad bajo un conjunto de condiciones específicas de campo.

El daño causado a los cultivos por el uso de aguas salinas se debe a causas muy complejas, entre las que destacan alta concentración de sales solubles, la naturaleza de las sales, los valores de relación de absorción de Sodio (RAS), la relación del Bicarbonato al Calcio y al Magnesio y la insuficiencia de agua para efectuar el lavado (21).

Mediante el riego con aguas salinas, se aumenta la presión osmótica de la solución del suelo, pero no indefinidamente, si se aplican lavados durante el riego y se cuenta con lavado producido por las lluvias. Durante el intercambio catiónico el Ca es reemplazado por el Na, sin embargo este efecto no es significativo si el contenido de Calcio (Ca) del agua es cerca del 35% o más del total de cationes. Cuando la concentración de Na y K, es mayor que la de Ca y Mg; se compacta el suelo y se reduce su permeabilidad, debido a esto se recomienda agregar al agua de riego Ca soluble, para mantener la permeabilidad del suelo (21).

4.3.3 CARACTERISTICAS DEL AGUA DISPONIBLE EN EL EX-LAGO DE TEXCOCO.

Las características químicas de las aguas existentes en el Ex-lago de Texcoco son (12):

- a) Aguas negras del dren general del Valle con un pH de 8-9 y una CE de 2-8 mmhos/cm.

- b) Aguas negras del río Churubusco. pH de 7.7-8.5; CE de 1 a 8 mmhos/cm.
- c) Aguas del dren perimetral con un pH que va de 8.5-10; CE de 3 a 12 mmhos/cm.
- d) Aguas del manto freático. pH de 8.8-11; CE de 10-120 mmhos/cm.

De acuerdo a las normas para agua potable de la Secretaría de Salubridad y Asistencia, las aguas subterráneas del Valle de México se encuentran contaminadas con diversos elementos, entre los que se encuentran el Amoniaco, Boro y Nitratos.

El acuífero del Lago de Texcoco presenta concentraciones de Boro que van de 2 a 100 ppm (las máximas concentraciones de aguas subterráneas del Valle de México), esto indica las características salinas del lecho del Lago y la posible infiltración de aguas residuales (33).

Los problemas de contaminación de agua superficial del Lago de Texcoco son debido a aguas residuales domésticas e industriales (se contienen cantidades apreciables de patógenos y sustancias tóxicas como Plomo, Mercurio, Cadmio, Cromo, etc.).

Considerando la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), como un parámetro representativo de la contaminación de las aguas superficiales, el Lago de Texcoco presenta concentraciones de 240 ppm (33).

4.4 EL GENERO TAMARIX.

4.4.1 ORIGEN Y DISTRIBUCION GEOGRAFICA.

El género Tamarix es originario de Euroasia y Africa (34), pero algunas especies se introdujeron y se han naturalizado extensivamente en America. Dentro de estas se tienen reportadas las siguientes especies: T. africana Poir, T. aphylla (L.) Karst, T. aralensis Bunge, T. canarensis Willd, T. chinensis Lour, T. gallica L., T. parviflora D.C., T. ramosissima Ledeb.

A nivel mundial se tienen identificadas especies de Tamarix parviflora a lo largo de los ríos de la región occidental mediterránea; T. gallica también a lo largo de los ríos desde Portugal a Egipto y el Sahara Central; T. juniperina desde el Norte de China al Japón; T. aphylla Karts (T. articulata, T. orientalis, Forsk) en la zona desértica desde el Sahara, la India, en el lecho de los ríos temporarios (35).

Baileya (34), menciona que el area nativa del género se extiende desde China y Mongolia Central y el Sureste de Asia a el sureste Europeo, los países mediterráneos, el Medio Oriente y Norte de Africa, también incluye las Islas Canarias y el Sur de Africa. Dentro de esta zona se tienen reconocidas 54 especies.

La especie T. parviflora se localiza en Turquía, Grecia, Isla de Creta, Yugoslavia, Albania; se introdujo y naturalizó en Italia, Corcega, España y Algeria.

Se conoce a T. parviflora también como T. tetrandra por Mc Clintock; esta especie responde facilmente al ser cultivada.

4.4.2 CLASIFICACION TAXONOMICA.

Dentro del género Tamarix se incluyen aproximadamente 60 a 70 especies con una taxonomía muy confusa. Este género pertenece a la familia Tamaricaceae.

De acuerdo con Front (3), el género Tamarix pertenece a la familia de las Parietales, del suborden de las Tamaricineas.

4.4.3 DESCRIPCION BOTANICA.

El Tamarisco (Tamarix sp.) es un árbol dicotiledóneo. Dependiendo de la especie, puede ser un árbol o arbusto caducifolio o perennifolio, generalmente con un hábito de crecimiento esférico y de copa abierta. Usualmente es de poca altura alcanzando algunas especies apenas 3-5 mts. La raíz es mas bien superficial aunque se reporta que puede crecer lateralmente más de 30 mts. y hasta 10 mts. de profundidad en dunas de arena (35).

Es un árbol Heliófilo, vigoroso, de hoja semicaduca, con copa abierta, con un sistema radicular superficial que lo hace muy apto para suelos sujetos a erosión; rebrotan espontáneamente. Generalmente florecen en la primavera (36).

La hojas del Tamarisco son pequeñas y envolventes; las flores también son pequeñas y de color rosado, siendo en algunas especies muy vistosas y utilizandose para ornato. Las flores son bisexuales y presentan 4 o 5 pétalos y sépalos, 4 a 10 estambres y de 3 a 4 estigmas. El fruto es capsular, con muchas semillas, las cuales pueden transportarse mediante el viento a grandes distancias por su tamaño y por la presencia de vilano (35).

Tamarix parviflora. De Candolle.

Arbol de madera café a púrpura. Presenta hojas sésiles, frecuentemente más racimos en los últimos años de ramificaciones,

de 1.5 a 4 cms. de largo, de 3 a 5 mm. de ancho. Brácteas diáfanas, de largos pedicelos, flores tetrámeras, sépalos denticulados, los dos exteriores ovalados, agudos y volteados, los dos internos ovalados u obtusos. Los pétalos parabólicos u ovalados, de 2 mm. de longitud. Los filamentos estaminales emergen gradualmente de los lóbulos (34).

4.4.4 REQUERIMIENTOS AMBIENTALES.

La mayoría de los árboles del género Tamarix crecen en suelos arenosos: T. africana es particularmente apta para dunas arenosas, suelos pedregosos y ligeramente salados; T. gallica crece en suelos más pesados y tolera una cierta cantidad de sal, incluso cerca del mar, pero no crece tan bien en suelos arenosos; T. aphylla es muy resistente a los suelos salados; crece en Pakistán en suelos con el 5 al 10% de arcilla, el 30% de arena fina y el 65% de arena gruesa; la capa freática a una profundidad mayor de 30 mts., pero también crece donde está cerca la superficie (36).

Habita en regiones con clima árido, con 100 a 375 mm. de lluvia con inviernos más secos; la temperatura máxima es de 43° C, y la mínima de 5° C; muy resistente a la sequía, pero no demasiado resistente a las heladas (T. aphylla) (36).

4.4.5 LAS GLANDULAS SALINAS.

La existencia de glándulas especiales en las hojas de Tamarix aphylla (L.) Karts. fue reportada hace unos 100 años. La explicación original se tomó de la función de que esas glándulas primeramente se involucraron en una precipitación como de yeso. Sin embargo, como glándulas similares se hallaron en otras halófitas, se conocieron a estas glándulas como "Glándulas Salinas" (Thomson 1975, Fahn 1979, Liphshitz y Waisel 1982) (37).

La explicación de las funciones del brote de glándulas de plantas stressadas se basó en la idea de que ellas son básicamente glándulas salinas y, como tal, sus funciones principales son la excreción de un exceso de iones tóxicos que invaden la planta (el término excreción es usado para describir la remoción de esos iones que pasan a través de la planta sin ser metabolizados o cambiados).

T. aphylla no es considerada como una halófito verdadera: la especie es típica del desierto y dunas arenosas, y las cantidades de cloruro de sodio (NaCl) de cada planta, normalmente son relevadas a dosis más pequeñas.

Las plantas de T. aphylla tienen diminutas hojas con estípulas que abrazan el tallo y toman el contorno de la rama. A cada estímulo morfológico, las plantas con una relativa superficie pequeña realizan un intercambio gaseoso. En adición, las plantas pasan a través de un stress. Esto, junto con esos ritmos endógenos de transpiración, limitan el tiempo de apertura estomatal a alrededor de 10 horas por día. Estas condiciones probablemente restringen la fotosíntesis y el crecimiento de las plantas. Sin embargo, en contra de cada limitación y en contradicción a que pueden estar aguardando, las plantas de T. aphylla son de un rápido crecimiento (37).

Las glándulas salinas de Tamarix se consideran constituidas de ocho células: seis células externas secretoras con un citoplasma muy denso y dos células internas altamente vacuoladas. A estas células se les denominó "colección de células", y se les ha implicado en varias vías del proceso de secreción. Algunos autores mantienen que todas esas ocho células son una sencilla; la compleja fisiología de estas células fue proporcionada por Campbell y Strong (1964), cuando ellos reportaron el complejo de ocho células y de esto se derivó para una célula protodérmica sencilla (38).

Bosabalidis y Thomson, 1984 (38), partieron de que la evidencia sobre la "colección de células" era muy poca e indirecta, decidieron reinvestigar la cuestión, tanto al conjunto de células, como a cada una de las ocho células que forman el complejo. Estos estudios también se dirigieron a determinar la secuencia del arreglo celular de el desarrollo de las glándulas, para proveer un cuadro de estudios futuros sobre la morfogénesis celular de las glándulas relativas a el proceso de secreción de sales.

Estos autores tomaron ramas y hojas jóvenes de Tamarix aphylla que contuvieran glándulas salinas en la epidermis y cada glándula salina originó una célula protodérmica sencilla, la cual se dividió anticlínicamente para dar dos células hermanas idénticas. La última división pasó por dos sucesivas divisiones asimétricas, resultando en la formación de seis células secretoras con un citoplasma muy denso. En el siguiente estado de desarrollo, las dos células internas adyacentes con un parénquima vacuolado y adheridas a las células secretoras internas, progresivamente se transformaron en el plazo citado por la literatura para las glándulas de la "colección de células". Así, al madurar, las glándulas consistieron de ocho células, y todas las ocho células pueden estar directamente involucradas en el proceso de secreción de sales.

4.4.6 EFECTO DE LAS SALES.

Dreesen D. R. y L. E. Wangen, 1981 (39), realizaron un experimento sobre el impacto de los efluentes de una planta de carbón sobre la composición elemental del Tamarix chinensis. Ellos tomaron muestras de un matorral de la especie mencionada, que crecía en los efluentes de una planta de carbón. El curso de esos efluentes incluye los estánques de cenizas, la filtración de las mismas, hasta llegar a un lago. Adicionalmente el Tamarisco se colectó de un efímero canal, tanto aguas arriba, como aguas abajo de el suministro de ese efluente. Se hicieron análisis para hojas y ramas de B, Cu, K, Mg, Na, Li, Sr, Ti, Al, Si, Fe, Mn, P, V, Mo y Zn, en muestras lavadas y no lavadas. La meta de este estudio fue determinar si existían residuos de concentraciones elevadas de esos minerales.

Los resultados indicaron la presencia de elementos mayores y menores en las especies que crecieron a ambos lados de los canales efluentes y estos mismos elementos si se presentaron como contaminantes superficiales.

Las muestras lavadas del Tamarisco se enriquecieron en Mo, B, Cu, K, Mg, Li, Mn, P y Zn, para una o más locaciones del canal efluente. Las muestras sin lavar se enriquecieron en suelo o cenizas (Si, Al, Ti, Ba, y Fe). Esos elementos se presentaron unidos sobre las partículas de las cenizas depositadas sobre la superficie de la planta. Más del 80% de esos contaminantes superficiales fueron removidos por lavado. Adicionalmente a esos elementos, las muestras no lavadas de Tamarix chinensis, obtenidas de los canales efluentes, fueron enriquecidas en Mo, B, Cu, K, Mg, Li, Mn, P y Zn, comparado con los valores de las muestras obtenidas río arriba.

Los elementos Ca, Na, y Sr, se consumieron en las especies que crecieron en los canales efluentes.

Los resultados de estos estudios indicaron que el B es probablemente el mineral contaminante más absorbido y translocado por las plantas expuestas a los efluentes de las plantas de carbón.

Hagemeyer J. y Waisel Y., 1989 (40), trabajaron sobre la influencia del Cloruro de Sodio (NaCl), nitrato de Cadmio Cd(NO₃)₂, y la humedad atmosférica sobre la transpiración de Tamarix aphylla. Colocaron plantas jóvenes de la especie, creciendo bajo condiciones hidropónicas con un stress de NaCl y Cd(NO₃)₂. Las dosis de transpiración fueron correlacionadas negativamente con la relativa humedad atmosférica del ambiente en todas las concentraciones de NaCl investigadas. Bajas e intermedias concentraciones de Cd (45 y 90 mM, respectivamente) en el medio, causaron un incremento en las dosis de transpiración. Esto fue particularmente pronunciado en niveles bajos de humedad relativa. A 180 mM de Cd, las dosis de

transpiración cayeron, probablemente como resultado del daño a la raíz debido a la toxicidad por Cd. Desde las diferentes dosis de transpiración por un factor ca 3 entre día y noche, con esto se concluyó que el estoma no perdió esa habilidad de regular la transpiración bajo la influencia de NaCl o de Cd(NO₃)₂. El comportamiento de la transpiración de Tamarix aphylla indicó que el efecto del vapor de agua (presentado como humedad relativa) sobre el grado de apertura estomatal es pequeño. Bajo condiciones de amplio suministro de agua, la transpiración sigue la demanda evaporativa de el aire ambiental y su influencia por la capacidad de absorber agua del sistema de raíces como fuente, como por otros factores ambientales.

Por lo tanto estos autores concluyeron que la transpiración de Tamarix aphylla es afectada negativamente por la salinidad, ya que el NaCl y el Cd(NO₃)₂ afectan la apertura estomatal.

4.1.7 SECRECION DE IONES.

Los minerales tóxicos en el suelo, así como varios elementos pesados, tienen efectos negativos sobre el crecimiento y desarrollo de las raíces de las plantas y así, influyen la habilidad de absorber agua. En turno, esto puede limitar la transpiración de las plantas. Además, bajo ciertas condiciones, algunos metales pesados reducen la transpiración de las plantas por interferencia directa con la regulación estomatal.

Algunos grupos de plantas tienen la capacidad de hacer frente a niveles altos de minerales tóxicos. Cada planta exhibe una variedad de mecanismos que las capacita a resistir los efectos tóxicos del exceso de minerales. Uno de estos mecanismos es la excreción de minerales por el cual el nivel de estos en los tejidos de las plantas es mantenido dentro del rango tolerable. La excreción es un proceso consumidor de energía, que ocurre especialmente por las glándulas salinas.

La excreción de iones por parte de Tamarix aphylla fué estudiada por Hagemeyer y Waisel en 1981 (41). Ellos encontraron que el Cd fué excretado por plantas expuestas de 1 a 10 días en soluciones de 9 o 45 mM de Cd. La excreción de este ión tóxico incrementó considerablemente con el tiempo, pero fué perdiendo el 5% de las cantidades que se acumularon en las raíces. La excreción de Na y Cl fue positivamente correlacionada con la concentración de NaCl (1.5, 10, 50 mM) del medio. Las dosis de Na/Cl de lo excretado fué positivamente correlacionado con la concentración de la solución en tratamiento. La excreción de Ca decreció con el incremento de las concentraciones de NaCl de la solución. La excreción de K y Mg fué ligeramente afectada por el NaCl. La excreción de Li ocurrió cuando este elemento fue cambiado en la solución, las dosis diarias de excreción de Li se

incrementaron con el tiempo.

Anteriormente, otros autores (Marloth, 1887; Waisel, 1961; Thomson, 1969; Berry, 1970) (41), mencionaban que la composición de las sales excretadas por Tamarix aphylla, eran afectadas por la composición del mineral del medio donde crecen las raíces. Sin embargo con los resultados obtenidos por Hagemeyer y Waisel, 1988 (41), se muestra que esos efectos son simplemente un fenómeno cualitativo. Cuantitativamente, la composición de las sales excretadas difiere largamente del medio donde crece la raíz.

4.5 MEDIOS PARA LA PROPAGACION DE PLANTAS.

3.5.1 CARACTERISTICAS OPTIMAS.

Existen diversos medios y mezclas, que se usan con el fin de colocar semillas a germinar y hacer enraizar estacas. Para tener buenos resultados se requieren las características siguientes (42):

- 1) El medio debe ser lo suficientemente firme y denso para mantener las estacas o las semillas en su sitio durante el enraizado o germinación; su volumen no debe variar mucho, ya sea seco o mojado; resulta inconveniente que tenga un encogimiento excesivo al secarse.
- 2) Debe retener la suficiente humedad para que no sea necesario regarlo con mucha frecuencia.
- 3) Debe ser lo suficientemente poroso, de modo que se escurra el exceso de agua y permita una aireación adecuada.
- 4) Debe de estar libre de malezas, nemátodos y otros organismos patógenos nocivos.
- 5) No debe tener un nivel excesivo de salinidad.
- 6) Debe poderse esterilizar con vapor sin que sufra efectos nocivos.
- 7) Debe de haber una suficiente provisión de nutrientes para la germinación de las semillas.

3.5.2 TIPOS MAS COMUNES.

Los sustratos o medios más comunes para la propagación de plantas se dividen en dos tipos: a) Naturales (se encuentran en la naturaleza) y b) Artificiales (producidos industrialmente), (42), (43), (44).

a) Sustratos naturales.

Son generalmente muy ricos en sustancias orgánicas y toman el nombre del material de origen:

Tierra de bosque. Constituida por hojas, ramas y frutos en proceso de descomposición. Entre los principales mantillos de bosque se pueden mencionar: el mantillo de haya, de agujas de pino y de hojas de castaño.

Tierra de hojas. Formada por hojas acumuladas bajo los árboles o en bosques y que todavía no están totalmente descompuestas.

Tierra de castaño. Existen dos tipos: la procedente de la descomposición de las hojas, ramas, etc., de castaño y la que proviene de la descomposición de la madera de viejos troncos de castaño por acción de la carcoma.

Tierra con estiércol. Se obtiene haciendo descomponer por más de un año un buen estiércol estratificado (40 cm) con buena tierra de jardín o con mantillo (10 cm), regando la masa con agua.

Turba. Se forma con restos de vegetación acuática, de marismas, de ciénegas o de pantanos, que se han preservado bajo el agua en un estado de descomposición parcial. Hay tres tipos de turba: musgo turboso, turba de pantanos y humus de turba.

Tierra de brezo o matorral. Es una tierra rica en sustancias orgánicas derivadas de la descomposición del brezal. Es muy ácida, el brezal es una formación de diversas especies del género *Erica*, denominadas corrientemente brezos. Tiene una gran capacidad de retención de agua.

Musgo esfagníneo. Está constituido por los restos deshidratados de plantas de pantanos ácidos del género *Sphagnum*, como *S. papillosum*, *S. capillaceum* y *S. palustre*. Es relativamente estéril, de poco peso y con gran capacidad de retención de agua.

Arena. Está formada por pequeños granos de piedra, de alrededor de 0.05 a 2.0 mm de diámetro, que se originan por la intemperización de diversas rocas. Se emplea para proporcionar soltura y porosidad a los sustratos.

b) Sustratos artificiales.

Son materiales obtenidos mediante el tratamiento especial de rocas naturales o de la arcilla o pertenecientes al grupo de las resinas sintéticas. Han sido adoptadas por sus características de ligereza o para empleos particulares (hidroponía).

Perlita y Vermiculita. Son productos obtenidos por el tratamiento por calor y sucesivos tratamientos de rocas silíceas. Son inalterables y biológicamente estériles, dotadas de un elevado poder aislante y gran ligereza.

Pumita. Material silíceo de origen volcánico. Escencialmente tiene las mismas propiedades que la Perlita, aunque es más pesado y no absorbe tanta agua.

Arcilla expandida. Obtenida por tratamiento de la arcilla sometida al calor, se presenta en gránulos de tamaño diverso, ligeros y porosos. Se utiliza como material de relleno y en las mezclas.

Polistireno expandido. Es una resina sintética derivada del petróleo que se emplea como ingrediente en mezclas para conferirles porosidad y ligereza.

Mezclas para cultivos sin suelo. La mayoría de las mezclas contienen alguna combinación de arena, turba, perlita, pumita y vermiculita. Las proporciones de utilización de cada una dependen del desarrollo de las plantas; algunas de las más útiles son:

- 1) Turba: perlita: arena (2:2:1). Para plantas en maceta.
- 2) Turba: perlita (1:1). Para multiplicación de esquejes.
- 3) Turba: arena (1:1). Para multiplicación de esquejes y plantas en maceta.
- 4) Turba: arena (1:3). Para plantas en bancada y cultivos en contenedores en vivero.
- 5) Turba: vermiculita (1:1). Para propagación de esquejes.
- 6) Turba: arena (3:1). Peso ligero, exelente aireación, para macetas y cultivo en bancadas, propia para azaleas, gardenias y camelias que piden medio ácido.
- 7) Vermiculita: perlita (1:1). Ligera, buena para la propagación de esquejes.
- 8) Turba: pumita: arena (2:2:1). Para plantas en meceta.

3.5.3 SALINIDAD EN LAS MEZCLAS DEL SUELO.

El exceso de sales en las mezclas del suelo o en el agua de riego (más de 2 mmhos/cm) puede reducir el crecimiento de las plantas, quemar el follaje o aún matar las plantas. Los programas de fertilización requerida, también contribuyen a la elevada acumulación de sales. La fertilización excesiva ocasiona síntomas rápidos y severos de salinidad, que se inician con el marchitamiento del follaje y la quemadura de las plantas y los márgenes de las hojas. Estos síntomas pueden ir acompañados por una acumulación blanca de sales en la superficie del suelo. Para evitar la acumulación de sales en el suelo, se deben someter periódicamente a lixiviación con agua los recipientes o los bancos de invernadero. Si el agua de riego contiene 250 ppm de sales, el lavado debe de realizarse cada 12 semanas. Para 500 ppm, cada 6 semanas y para 1000 ppm cada 3 semanas. Además no se deberán usar fertilizantes que tiendan a contribuir a la producción de un exceso de salinidad (42).

En el cuadro No.10 se muestra la tolerancia relativa de los frutales a las sales.

FRUTALES		
MUY TOLERANTES CE = 18-12 mmhos/cm	MEDIANAMENTE TOLERANTES CE = 12-4 mmhos/cm	POCO TOLERANTES CE = 4-2 mmhos/cm
Palma datilera	Granada Higuera Olivo Vid Melón	Peral Manzano Naranja Toronja Ciruelos Almendro Albaricoque Melocotón Fresa Limonero Aguacate

Cuadro No.10. Tolerancia relativa de los frutales a las sales.

Fuente: Allison, L. E., 1982 (16).

5. METODOLOGIA.

5.1 MATERIALES UTILIZADOS.

Los materiales usados en cada una de las distintas etapas del proyecto, se describen a continuación:

Trazo del terreno.

- 1 Cinta métrica.
- 32 Estacas.
- 1 Martillo.
- 1 Carrete de mecahilo.

Preparación de sustratos.

- 1 Pala.
- 1 Arnero.
- 1 Carretilla.
- 1.6 m cúbicos de tierra lama.
- 1.3 m cúbicos de lodo de resaca.
- 1.1 m cúbicos de lodo residual.

Llenado de bolsa.

1920 bolsas.

Análisis de suelo.

3 muestras.

Análisis de agua.

1 muestra.

Corte de vareta.

- 1 Machete.
- 1 Tijeras de mango largo.
- 150 Varetas de Tamarix parviflora.
- 1/4 Litro de pintura de aceite.

Estacado.

- 1920 Estacas.
- 1 bote de Radix 10,000.
- 1 Regadera.

Riegos.

Con microaspersión.
Con regadera.

Medición de parámetros.

1 Navaja.
1 Regla.
1 Cámara fotográfica.

5.2 METODOS.

Los métodos utilizados durante el experimento son descritos a continuación para cada etapa del proyecto:

5.2.1 TRAZO DEL TERRENO.

Primeramente se seleccionaron dos áreas, una dentro del vivero y la otra en el invernadero. El área total de cada una de ellas fué de aproximadamente 12 m cuadrados (1.6 m de ancho por 7.4 m de largo), de tal manera que se pudieran acomodar en 4 bloques con 4 repeticiones, un total de 960 plantas.

Cada bloque se marcó en las esquinas con estacas para delimitarlo. Las dimensiones de los bloques fueron de 1.6 m por 1.7 m; así mismo dentro de cada bloque se dispusieron 4 áreas para las repeticiones, las dimensiones fueron de 0.35 m para cada repetición. Entre bloques se dejó un espacio de 15 cm; entre repeticiones se dejó un espacio de 7 cm.

El mecahilo sirvió para alinear los trazos y durante el acomodo de las bolsas.

Esta actividad se llevó a cabo durante la segunda quincena de septiembre de 1992.

5.2.2 PREPARACION DE SUSTRATOS.

Los sustratos que se utilizaron fueron:

- 1) Lodo de resaga.
- 2) Lodo residual.

- 3) Tierra lama.
- 4) Mezcla 6:3:1.

Cada uno de los sustratos, primeramente se cernió para que existieran partículas más homogéneas y que los terrones, piedras o ramas no se mezclaran.

En el caso de la mezcla, una vez homogeneizados los sustratos, se realizó la combinación, con 6 partes de tierra lama, 3 partes de lodo de resaga y 1 parte de lodo residual.

La cantidad total de los sustratos fué la siguiente:

- 1) Lodo de resaga. El total fué de 1 m cúbico ya cernido. Se destinó 0.5 m cúbicos para el vivero y 0.5 m cúbicos para el invernadero.
- 2) Lodo residual. Se utilizó la misma cantidad, 1 m cúbico. Se repartió en dos cantidades iguales (0.5 m cúbicos) y se destinaron, una al vivero y la otra al invernadero.
- 3) Tierra lama. El total que se utilizó fué de 1 m cúbico para el vivero y la misma cantidad para el invernadero.
- 4) Mezcla. Así como en los tres sustratos anteriores se utilizó 1 m cúbico, con las proporciones siguientes: 0.6 m cúbicos de tierra lama, 0.3 m cúbicos de lodo de resaga y 0.1 m cúbico de lodo residual.

Los sustratos se prepararon del 25 al 29 de septiembre de 1992.

5.2.3 LLENADO DE BOLSA.

Esta actividad se realizó manualmente. Las bolsas que se utilizaron tenían 13 cm de ancho por 22 cm de altura y eran de color negro. El llenado se hizo de tal manera que no se apretara mucho el sustrato y posteriormente se compactara. El total de bolsas que se utilizó fué de 1920; 960 para el vivero y 960 para el invernadero.

El llenado de bolsa se llevó a cabo el 1 y 2 de octubre de 1992.

5.2.4 ANALISIS DE SUELO.

Se tomaron muestras de cada sustrato (lodo de resaga, lodo residual y tierra lama), menos de la mezcla, ya que es una

combinación de los otros tres sustratos.

Estas muestras (3) se mandaron analizar a un laboratorio (resultados tabla No.1).

5.2.5 ANALISIS DE AGUA.

Se tomó una muestra del agua de riego que se almacena en cisternas, y que a su vez proviene del manto freático del Vaso del Ex-lago de Texcoco; también se mandó analizar a un laboratorio (resultados tabla No.3).

5.2.6 CORTE DE VARETA.

El corte de la varetá se realizó a temprana hora, se escogieron los árboles que tuvieran la misma edad, color y lugar de plantación; una vez seleccionados los árboles se procedió a cortar las varetas, éstas se cortaron a una misma altura del árbol, se seleccionaron las que tuvieran mismo color, diámetro y número de yemas, de tal manera que fueran lo más homogéneas posible.

Ya con las varetas seleccionadas, se procedió a cortar las estacas, éstas se obtuvieron de la parte media de las varetas.

Las estacas se cortaron a una longitud de 8 cm aproximadamente, así mismo se seleccionaron las que tuvieran grosor, número de yemas y color homogéneo. El diámetro aproximado de las estacas fué de 1 a 1.5 cm.

Para evitar deshidratamiento de las estacas, se les untó pintura de aceite en la parte apical, así mismo, nos sirvió de indicador para diferenciar la parte a enraizar (parte basal).

El total de estacas fué de 1920, se destinaron 960 para el vivero y 960 para el invernadero.

Esto se llevo a cabo el 5 de octubre de 1992.

5.2.7 ESTACADO.

Antes de estacar, a los sustratos se les dió un riego pesado, para proveer de humedad a la estaca.

El estacado se realizó inmediatamente después del corte de varetá. Antes de estacarse se les impregnó Radix 10,000

(enraizador para estaca dura), para ayudar a una mejor y más rápida enraización.

Se realizó el 5 de octubre de 1992.

5.2.8 RIEGO.

Los riegos se proporcionaron diario, a fin de mantener una humedad adecuada en los sustratos y proveer a la estaca de la humedad necesaria para el brote de raíz.

5.2.9 CONTROL DE PLAGAS Y/O ENFERMEDADES.

Durante el experimento sólo se presentaron malezas, que se controlaron manualmente.

5.2.10 PARAMETROS A EVALUAR.

- 1) Número de brotes.
- 2) Longitud de brotes.
- 3) Número de raíces.
- 4) Longitud de raíces.
- 5) Porcentaje final de prendimiento.

Las evaluaciones se realizaron cada 20 días, fueron tres en total, éstas se hicieron el mismo día tanto en el vivero como en el invernadero.

La primera evaluación fue el 25 de octubre de 1992.

La segunda evaluación fue el 14 de noviembre de 1992.

La tercera evaluación fue el 5 diciembre de 1992.

5.2.11 DISEÑO EXPERIMENTAL.

El diseño experimental usado fue Factorial 2×4 , con un arreglo de las unidades experimentales completamente al azar.

El número de tratamientos fue de 8 con cuatro repeticiones cada uno. Cada tratamiento contó con 240 plantas (60

plantas por repetición).

En el vivero tuvimos 960 plantas, lo mismo que en el invernadero; el número total del proyecto fué de 1920 plantas.

Factor A = Instalación.

Niveles: A1 = Vivero.
A2 = Invernadero.

Factor B = Sustratos.

Niveles: B1 = Mezcla.
B2 = Lodo de resaga.
B3 = Tierra lama.
B4 = Lodo residual.

n = 32 Unidades experimentales (UE).

t = 8 Tratamientos.

r = 4 Repeticiones.

UE = 60 Plantas.

Xijk = Número de brotes promedio (60 plantas) en el tiempo x, en la instalación i-ésima, con el tipo de sustrato j-ésimo, en la repetición k-ésima.

1 i 2 renglón instalación

1 j 4 columna sustrato

1 k 4 celda repetición

Trat. 1 Mezcla-vivero (X111, X112, X113, X114).

Trat. 2 Lodo de resaga-vivero (X121, X122, X123, X124).

Trat. 3 Tierra lama-vivero (X131, X132, X133, X134).

Trat. 4 Lodo residual-vivero (X141, X142, X143, X144).

Trat. 5 Mezcla-invernadero (X211, X212, X213, X214).

Trat. 6 Lodo de resaga-invernadero (X221, X222, X223, X224).

Trat. 7 Tierra lama-invernadero (X231, X232, X233, X234).

Trat. 8 Lodo residual-invernadero (X241, X242, X243, X244).

6. RESULTADOS Y ANALISIS.**6.1 RESULTADOS DE LOS ANALISIS QUIMICOS DE LOS SUSTRATOS.**

Los resultados obtenidos del análisis químico de las muestras de los tres sustratos (tierra lama, lodo residual y lodo de resaga) se muestran a continuación:

TABLA No.1

DETERMINACION	LODO DE RESAGA	LODO RESIDUAL	TIERRA LAMA
1) pH	8.7	5.5	8.0
2) MO (%)	4.9	30.8	1.0
3) N (%)	0.203	1.919	0.071
4) P (ppm)	17	2448	19
5) K (ppm)	2943	1273	462
6) Ca (ppm)	2806	5731	2745
7) Mg (ppm)	876	1459	73
8) CE (ds/m)	1.85	6.54	0.86
9) CIC (meq/100g)	33.95	52.16	14.84
10) Na (meq/lt)	17.9	7.1	6.8
11) K (meq/lt)	1.4	0.97	0.53
12) Ca (meq/lt)	3.2	27.4	5.2
13) Mg (meq/lt)	0.8	33.6	3.2
14) CO ₃ (meq/lt)	*	*	*
15) HCO ₃ (meq/lt)	5.09	4.45	2.97
16) Cl (meq/lt)	11.0	6.0	6.5
17) SO ₄ (meq/lt)	7.21	58.62	6.26
18) RAS (meq/lt)	12.70	1.29	3.32
19) PSI	52.72	13.61	45.82
20) Arena (%)	48.0	84.0	58.0
Limo (%)	34.7	8.7	24.7
Arcilla (%)	17.3	7.3	17.3
Textura	Franco	Arenoso-franco	Franco-arenoso

Metodo de determinación:

- 1) Potenciométrico relación suelo-agua 1-2.
- 2) Walkley and Black.
- 3) Kjeldahl.
- 4) Olsen-lodo de resaga y tierra lama.
Bray 1-lodo residual.
- 5) Extraído en acetato de amonio 1.0 N pH 7.0 relación 1-5 y determinado por flamometría.
- 6,7) Extraído en acetato de amonio 1.0 N pH 7.0 relación 1-5 y determinado por volumetría EDTA.

- 8) Pasta de saturación-puente de conductividad.
 9) Acetato de amonio 1.0 N pH 7.0 centrifugación.
 10,11) Flamometría en extracto de saturación.
 12,13) Volumetría EDTA en el extracto de saturación.
 14,15) Volumetría ácido sulfúrico en el extracto de saturación.
 16) Volumetría Nitrato de plata en el extracto de saturación.
 17,18) Calculado.
 19) Hidrómetro de bouyoucos.
 * No detectado por el método empleado.

6.1.1 INTERPRETACION.

La interpretación de cada determinación se da en la tabla siguiente:

TABLA No.2

DETERMINACION	LODO DE RESAGA	LODO RESIDUAL	TIERRA LAMA
pH	Fuertemente alcalino	Fuertemente ácido	Medianamente alcalino
MO	Rico	Muy rico	Pobre
N	Rico	Muy rico	Pobre
P	Alto	Alto	Alto
K	Estrechamen te rico	Estrechamen te rico	Estrechamen te rico
Ca	Rico	Rico	Rico
Mg	Estrechamen te rico	Estrechamen te rico	Medianamen te rico
CE	Efectos casi nulos	Reduce el rendimiento de los cultivos	Efectos casi nulos
CIC	Media	Muy alta	Baja
K	Alto	Alto	Medio
Ca	Bajo	Alto	Medio
Mg	Bajo	Alto	Alto

Por el contenido de sales (Na^+ , HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-}), los tres sustratos se consideran dentro de los suelos salinos. Para los tres existen diferencias, el lodo de resaga tiene un altísimo contenido de Na^+ , el lodo residual lo tiene de SO_4^{2-} , mientras que el Cl^- , se mantiene casi igual en los tres.

Por las características de PSI (porcentaje de sodio intercambiable) y por su CE (conductividad eléctrica), el lodo de resaga y la tierra lama se consideran como suelos sódicos; el lodo residual como suelo salino (aunque no es un suelo propiamente dicho, debido al alto contenido de materia orgánica, se considera como un material orgánico).

El Lodo residual en particular por su pH (5.5) puede considerarse como un suelo ácido, aunque presenta características muy particulares, en sí no se puede considerar como un suelo propiamente dicho, si no como un material orgánico, el cual debido a el alto contenido de sulfatos (SO_4^{2-}) y a la alta CIC (capacidad de intercambio catiónico), tienden a amortiguar los efectos de las sales y esto provoca que el pH baje.

6.2 RESULTADOS DE LOS ANALISIS QUIMICOS DEL AGUA DE RIEGO.

El agua utilizada para el riego se almacenó en cisternas, que provino de la red de uno de los pozos ubicados dentro de la zona Federal del Ex-lago de Texcoco.

Tomando en cuenta los criterios para juzgar el uso del agua con fines de riego, se determinaron los índices para delimitar la calidad del agua y los resultados se muestran a continuación.

TABLA No.3

AGUA CON ($CO_3 + HCO_3$) 20%

CE x 10 ⁶	1119	mmhos/cm
SE	15.881	meq/cm
SP	8.548	meq/cm
CSR	0.000	
B	0.416	ppm
Cl	8.543	ppm

6.2.1 INTERPRETACION.

Estos valores manifiestan que el agua por su SE no es recomendable por la serie de problemas que ocasionaría en la presión osmótica del suelo; por su SP es un agua no condicionada debido a su contenido de $Cl^- + SO_4^{2-}$; en cuanto a su CSR no hay problema alguno, pues se considera que la precipitación de Ca y Mg no se da; por el lado de su contenido de B, está condicionada siendo aplicable solo a algunos cultivos sensibles (0.3-1.0 ppm) y a todos aquellos semitolerantes (1.0-2.0 ppm) y tolerantes (2.0-4.0 ppm); por último, en cuanto a su contenido de Cl, el agua es únicamente aplicable a aquellos cultivos que toleran concentraciones de 10-25 meq/lt (principalmente frutales).

En términos generales, es un agua no recomendable para riego, por su alto contenido de sales (SE) y Cloruros (Cl).

6.3 RESULTADOS DE LA EVALUACION DE PARAMETROS EN LA PROPAGACION DE Tamarix parviflora SOBRE LOS CUATRO DIFERENTES SUSTRATOS Y SU INTERPRETACION.

6.3.1 NUMERO DE BROTES.

Resultados de ANDEVA de la primera evaluación, a los 20 días de estacadas las varetas.

ANDEVA					
FV	GL	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	Fc	Ft
Trat.	7	9.4042	1.3434	1.47	5% 2.42 1% 1.50
Error	24	21.9970	0.9165		
Total	31	31.4012			

R CUADRADA	C.V.	Pr > F
0.2994	49.3724	0.2265

Ho: No existe diferencia entre las medias.

H1: Si existe diferencia entre las medias.

Fc (F calculada) es menor que Ft (F de tablas), tanto para 5% como para 1% de nivel de significancia. Por lo tanto se acepta Ho, no existe diferencia significativa entre las medias para la variable número de brotes a los 20 días de estacado.

Para determinar si existía una diferencia entre los factores o en la interacción, se realizó el siguiente cuadro:

FV	GL	ANDEVA SS	CUADRADO MEDIO	Fc	Ft
A	1	3.5178	3.5178	3.84	5% 4.26 1% 7.82
B	3	4.5640	1.5213	1.66	5% 4.72 1% 3.01
A*B	3	1.3222	0.4407	0.48	5% 4.72 1% 3.01

	Pr > F
A	0.0618
B	0.2022
A*B	0.6986

Ho: No existe diferencia entre los factores, ni en la interacción.

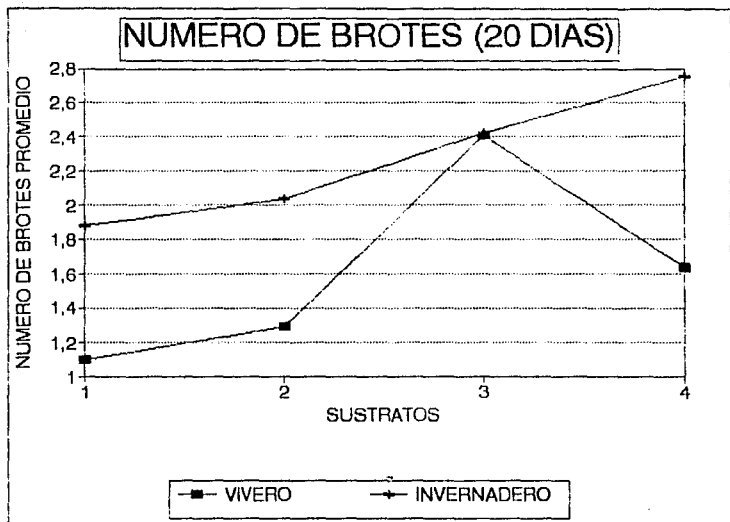
H1: Sí existe diferencia entre los factores o en la interacción.

F_c (F calculada) es menor que F_t (F de tablas). Por lo tanto se acepta Ho. No existe diferencia ni entre los factores, ni en la interacción.

En la gráfica 1, se muestra el comportamiento del Número de brotes de Tamarix parviflora, a los 20 días de estacadas las varetas.

Se aprecia como en el invernadero, la respuesta en cada sustrato es un tanto mayor (a excepción de el sustrato 3-tierra lama) en comparación con el vivero; aunque las diferencias entre los sustratos y entre la instalación, no son significativas.

GRAFICA 1.



Resultados de ANDEVA de la segunda evaluación, a los 40 días de el estacado.

ANDEVA					
FV	GL	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	Fc	Ft
Modelo	7	4.9408	0.7058	7.40	5% 2.42 1% 3.50
Error	24	2.2897	0.0954		
Total	31	7.2306			

R CUADRADA	C.V.	Pr > F
0.6833	15.9833	0.0001

Ho: No existe diferencia entre las medias.

H1: si existe diferencia entre las medias.

Fc (F calculada) es mayor que Ft (F de tablas), tanto para 5% como para 1% de nivel de significancia. Por lo tanto se rechaza Ho, existe una diferencia altamente significativa entre las medias para la variable Número de brotes a los 40 días del estacado.

Para determinar en dónde se da la diferencia (factores, niveles o interacción), se realizó el cuadro siguiente:

FV	GL	ANDEVA SS	CUADRADO MEDIO	Fc	Ft
A	1	3.2640	3.2640	34.21	5% 4.26 1% 7.82
B	3	1.4747	0.4915	5.15	5% 3.01 1% 4.72
A*B	3	0.2021	0.0673	0.71	5% 3.01 1% 4.72

	Pr > F
A	0.0001
B	0.0068
A*B	0.5577

H₀: No existe diferencia entre los factores, ni en la interacción.

H₁: Si existe diferencia entre los factores, ni en la interacción.

F_c (F calculada) es mayor que F_t (F de tablas). Por lo tanto se rechaza H₀. Si existe diferencia altamente significativa entre los factores de A y B.

Los valores Pr > F para A y B son menores de 0.05, por lo tanto se realizó una prueba de Tukey para determinar en cuáles medias de los factores y niveles se da la diferencia.

NIVEL DE A	N	MEDIA	DIFERENCIA DE MEDIAS	VALOR TUKEY		CONCLUSION
				5%	1%	
1	16	1.6131	0.6387	0.361	0.439	A2 ≠ A1
2	16	2.2518				

Los factores A1 y A2, son estadísticamente diferentes. Los mejores resultados del Número de brotes se dieron en el factor A2 (invernadero).

NIVEL DE B	N	MEDIA	GRUPO	VALOR TUKEY	
				AL	1%
B4	8	2.2765	a		0.5361
B3	8	1.9425	a b		
B2	8	1.7925	a b		
B1	8	1.7137	b		

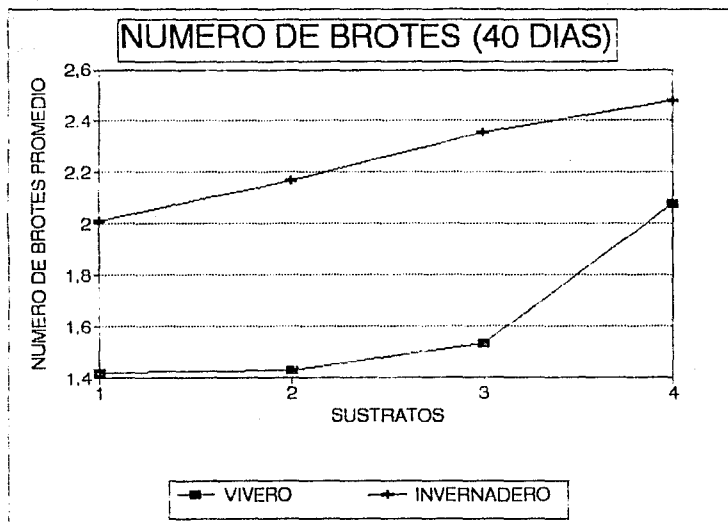
Los niveles B4 (lodo residual), B3 (tierra lama) y B2 (lodo de resaga) son estadísticamente iguales, pero diferentes a B1 (mezcla); así como B3 (tierra lama), B2 (lodo de resaga), B1 (mezcla) son estadísticamente iguales, pero son diferentes e inferiores a B4 (lodo de resaga).

Los mejores resultados en Número de brotes a los 40 días se dieron en los niveles B4 (lodo residual), B3 (tierra lama) y B2 (lodo de resaga).

En la gráfica 2, se muestra el comportamiento del Número de brotes de Tamarix parviflora, a los 40 días de estacadas las varetas.

La diferencia entre los sustratos 1 (mezcla), 2 (lodo de resaga) y 3 (tierra lama) para el vivero, es mucha con respecto al sustrato 4 (lodo residual). Para el invernadero, las diferencias son menos marcadas. Así mismo, se nota la gran diferencia existente entre el invernadero y el vivero.

GRAFICA 2.



Resultados de ANDEVA de la tercera evaluación, a los 60 días de estacadas las varetas.

ANDEVA					
FV	GL	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	Fc	Ft
Trat.	7	10.6237	1.5176	0.82	5% 2.42 1% 3.50
Error	24	44.2296	1.8429		
Total	31	54.8533			

R CUADRADA	C.V.	Pr > F
0.1936	53.9909	0.5776

Ho: Todas las medias son iguales. No existe diferencia.

H1: Existe diferencia entre las medias.

Fc (F calculada) es menor que Ft (F de tablas), tanto para 5% como para 1% de nivel de significancia. Por lo tanto se acepta Ho, no existe diferencia significativa entre las medias para la variable Número de brotes a los 60 días de estacado.

Para determinar una diferencia entre los factores o en la interacción, se realizó el cuadro siguiente:

FV	GL	ANDEVA SS	CUADRADO MEDIO	Fc	Ft
A	1	1.1704	1.1704	0.64	5% 4.26 1% 7.86
B	3	4.5953	1.5317	0.83	5% 3.01 1% 4.72
A*B	3	4.8579	1.6193	0.88	5% 3.01 1% 4.72

	Pr > F
A	0.4333
B	0.4898
A*B	0.4660

H₀: No existe diferencia entre los factores, ni en la interacción.

H₁: Si existe diferencia entre los factores o en la interacción.

F_c (F calculada) es menor que F_t (F de tablas). Por lo tanto se acepta H₀, no existe diferencia entre los factores, ni en la interacción.

En la gráfica 3, se muestra el comportamiento del Número de brotes de Tamarix parviflora, a los 60 días de estacadas las varetas.

La gráfica nos muestra un mayor número de brotes en el sustrato 1 (mezcla) dentro del invernadero, aunque en el vivero, los niveles permanecen estables. Las variaciones entre las instalaciones son mínimas, no son significativas.

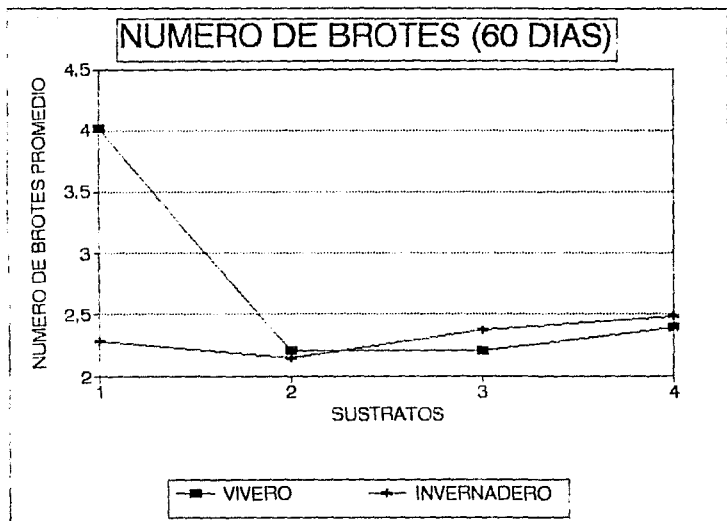
6.3.1.1 Análisis.

El comportamiento de las estacas de Tamarix parviflora, a los 20 días de el estacado, fue similar en todos los sustratos; a los 40 días las diferencias entre los sustratos son altamente significativas; a los 60 días, no se dan variaciones significativas entre estos.

En sí, podemos decir que los cuatro sustratos utilizados, no representan diferencias en cuanto al número de brotes de las estacas de Tamarix parviflora.

Los sustratos presentaron niveles elevados de Na (sodio), una CE (conductividad eléctrica) que no afecta a las plantas, excepto en el lodo residual que se considera con características que ocasionan efectos negativos en los cultivos, aunque como se observó esto no afectó a el número de brotes. El pH para el lodo de resaga y para la tierra lama, es alcalino, para el lodo residual es ácido, esto se debe al alto contenido de materia orgánica y de sulfatos (SO₄). Ante esto podemos decir que Tamarix parviflora responde de manera similar, tanto en suelos alcalinos, como en suelos ácidos, con un alto o bajo contenido de sodio, con un alta o baja CIC (capacidad de intercambio catiónico), así como con un alto o bajo contenido de nutrientes. Además, se corroboró lo citado por la literatura (36), en cuanto a que los suelos en donde más comúnmente crecen los árboles del género Tamarix son de textura arenosa, ya que los sustratos utilizados presentaron texturas que van de franco, arenoso franco y franco arenoso.

GRAFICA 3.



6.3.2 LONGITUD DE BROTES.

Resultados de ANDEVA de la primera evaluación, a los 20 días de estacadas las varetas.

ANDEVA					
FV	GL	SUMA DE CUADRADOS	CUADRARADO MEDIO	Fc	Ft
Trat.	7	3.4683	0.4954	8.76	5% 2.42 1% 3.50
Error	24	1.3570	0.0565		
Total	31	4.8253			

R CUADRARADA	C.V.	Pr > F
0.7187	70.7242	0.0001

Ho: Todas las medias son iguales. No existe diferencia.

H1: Existe diferencia entre las medias.

Fc (F calculada) es mayor que Ft (F de tablas), tanto para 5% como para 1% de nivel de significancia. Por lo tanto se rechaza Ho, sí existe diferencia una diferencia altamente significativa entre las medias para la variable Longitud de brotes, a los 20 días de estacado.

Para determinar una diferencia entre los factores o en la interacción, se realizó el siguiente cuadro.

FV	GL	ANDEVA SS	CUADRADO MEDIO	Fc	Ft
A	1	2.3985	2.3985	42.42	5% 4.26 1% 7.82
B	3	0.6366	0.2122	3.75	5% 3.01 1% 4.72
A*B	3	0.4330	0.1443	2.55	5% 3.01 1% 4.72

	Pr > F
A	0.0001
B	0.0242
A*B	0.0792

Ho: No existe diferencia entre los factores, ni en la interacción.

H1: Si existe diferencia entre los factores o en la interacción.

F_c (F calculada) es mayor que F_t (F de tablas). Por lo tanto se rechaza H_0 . Si existe una diferencia altamente significativa para el factor A; para el factor B, existe una diferencia significativa entre los niveles.

Los valores de probabilidad ($Pr > F$) para los factores A y B, son menores de 0.05, por tanto se realizó la prueba de Tukey para definir las diferencias entre los niveles.

NIVEL DE A	N	MEDIA	DIFERENCIA DE MEDIAS	VALOR TUKEY		CONCLUSION
				5%	1%	
1	16	0.0624	0.5476	0.173	0.235	A2 ≠ A1
2	16	0.6100				

Los niveles A1 y A2, son estadísticamente diferentes. Los mejores resultados de Longitud de brotes a los 20 días de estacado se dieron en el nivel A2 (invernadero).

NIVEL DE B	N	MEDIA	GRUPO	VALOR TUKEY
				AL 5%
4	8	0.5395	a	0.3277
3	8	0.3956	a b	
1	8	0.2156	a b	
2	8	0.1941	b	

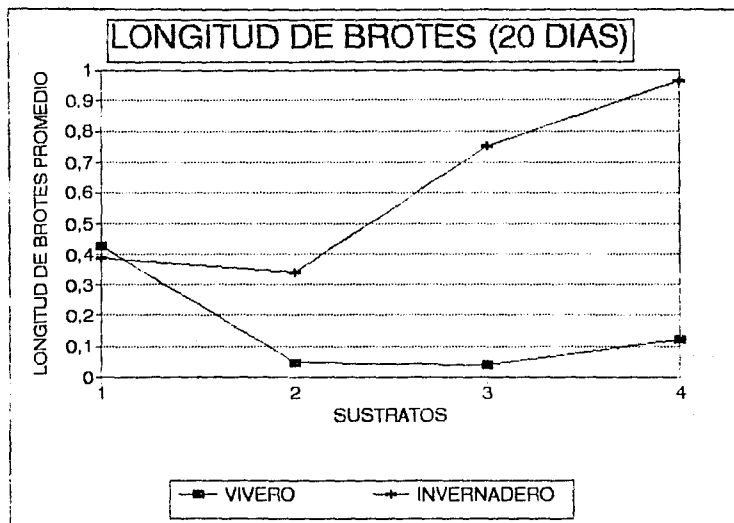
Los niveles 4 (lodo residual), 3 (tierra lama) y 1 (mezcla), son estadísticamente iguales, pero diferentes a 2 (lodo de resaga); así como 3 (tierra lama), 1 (mezcla) y 2 (lodo de resaga) son estadísticamente iguales, pero diferentes e inferiores a 4 (lodo residual).

Los mejores resultados en Longitud de brotes a los 20 días, se dieron en los niveles 4 (lodo residual), 3 (tierra lama) y 1 (mezcla).

En la gráfica 4, se muestra la respuesta en Longitud de brotes de Tamarix parviflora, a los 20 días de estacadas las varetas.

Para la mezcla, el comportamiento tanto en invernadero, como en vivero, fue muy similar, sin embargo el comportamiento de los sustratos dentro del invernadero, fue muy superior al de los establecidos en el vivero, así mismo las diferencias entre ellos fue grande, sobresaliendo el sustrato 4 (lodo residual).

GRAFICA 4.



Resultados de ANDEVA de la segunda evaluación a los 40 días de estacadas las varetas.

ANDEVA					
FV	GL	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	Fc	Ft
Trat.	7	150.4257	21.4893	18.05	5% 2.42 1% 3.50
Error	24	28.5721	1.1905		
Total	31	178.9979			

R CUADRADA	C.V.	Pr > F
0.8403	44.7402	0.0001

Ho: Todas las medias son iguales. No existe diferencia.

H1: Existe diferencia entre las medias.

Fc (F calculada) es mayor que Ft (F de tablas), tanto para 5% como para 1% de nivel de significancia. Por lo tanto se rechaza Ho, sí existe una diferencia altamente significativa entre las medias para la variable Longitud de brotes a los 40 días de estacado.

Para determinar una diferencia entre los factores o en la interacción, se realizó el siguiente cuadro:

FV	GL	ANDEVA SS	CUADRADO MEDIO	Fc	Ft
A	1	125.2153	125.2153	105.18	5% 4.26 1% 7.82
B	3	17.6586	5.8862	4.94	5% 3.01 1% 4.72
A*B	3	7.5517	2.5172	2.11	5% 3.01 1% 4.72

	Pr > F
A	0.0001
B	0.0082
A*B	0.1249

Ho: No existe diferencia entre los factores, ni en la interacción.

H1: Si existe diferencia entre los factores o en la interacción.

Fc (F calculada) es mayor que Ft (F de tablas). Por lo tanto se rechaza Ho, si existe una diferencia altamente significativa para el factor A y para el factor B.

Los valores de probabilidad ($Pr > F$), para los factores A y B, son menores de 0.05, por lo tanto se realizó la prueba de Tukey para definir las diferencias entre los niveles.

NIVEL DE A	N	MEDIA	DIFERENCIA DE MEDIAS	VALOR TUKEY 5%	1%	CONCLUSION
1	16	0.4606	3.9562	0.796	0.080	A2 ≠ A1
2	16	4.4168				

Los niveles A1 y A2, son estadísticamente diferentes. Los mejores resultados de Longitud de brotes a los 40 días, se dieron en el nivel A2 (invernadero).

NIVEL DE B	N	MEDIA	GRUPO	VALOR TUKEY AL 0.01%
4	8	3.3500	a	1.8940
3	8	2.8568	a b	
2	8	2.1731	a b	
1	8	1.3750	b	

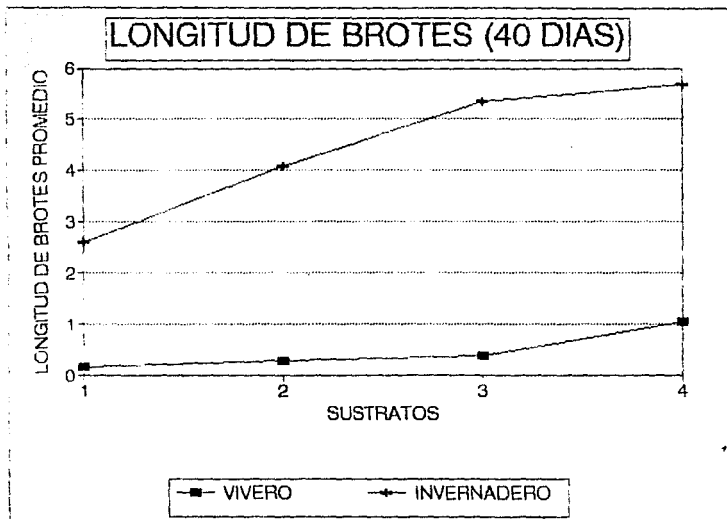
Los niveles 4 (lodo residual), 3 (tierra lama) y 2 (lodo de resaga), son estadísticamente iguales pero diferentes a 1 (mezcla); así como 3 (tierra lama), 2 (lodo de resaga) y 1 (mezcla), son estadísticamente iguales pero diferentes e inferiores a 4 (lodo residual).

Los mejores resultados en Longitud de brotes a los 40 días de estacado, se dieron en los sustratos lodo residual, tierra lama y lodo de resaga.

La gráfica 5 corresponde a la respuesta en Longitud de brotes, a los 40 días de estacadas las varetas, de Tamarix parviflora.

Se puede observar, que en el invernadero se tuvo la respuesta más alta, así mismo, el lodo residual (sustrato 4), sobresale junto con la tierra lama (sustrato 3) de los demás sustratos.

GRAFICA 5.



Resultados de ANDEVA de la tercera evaluación, a los 60 días de estacadas las varetas.

ANDEVA					
FV	GL	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	Fc	Ft
Trat.	7	224.5592	32.0798	8.85	5% 2.42 1% 3.50
Error	24	87.0335	3.6263		
Total	31	311.5927			

R CUADARADA	C.V.	Pr > F
0.7206	34.7422	0.0001

Ho: Todas las medias son iguales. No existe diferencia.

H1: Existe diferencia entre las medias.

Fc (F calculada) es mayor que Ft (F de tablas), tanto para 5% como para 1% de nivel de significancia. por lo tanto se rechaza Ho, si existe una diferencia altamente significativa entre las medias para la variable Longitud de brotes a los 60 días de estacado.

Para determinar una diferencia entre los factores o en la interacción, se realizó el siguiente cuadro:

FV	GL	ANDEVA SS	CUADRADO MEDIO	Fc	Ft
A	1	186.8244	186.8244	51.5	5% 4.26 1% 7.82
B	3	33.7908	11.2636	3.11	5% 3.01 1% 4.72
A*B	3	3.9438	1.3146	0.36	5% 3.01 1% 4.72

	Pr > F
A	0.0001
B	0.0454
A*B	0.7806

H₀: No existe diferencia entre los factores, ni en la interacción.

H₁: Si existe diferencia entre los factores o en la interacción.

F_c (F calculada) es mayor que F_t (F de tablas). Por lo tanto se rechaza H_0 , si existe una diferencia altamente significativa para el factor A; para el factor B, existe una diferencia significativa.

Los valores de probabilidad ($Pr > F$) para los factores A y B son menores de 0.05, por lo tanto se realizó la prueba de Tukey para definir las diferencias entre los niveles.

NIVEL DE A	N	MEDIA	DIFERENCIA DE MEDIAS	VALOR TUKEY		CONCLUSION
				5%	1%	
1	16	3.0650	4.8325	1.390	1.885	A2 ≠ A1
2	16	7.8975				

Los niveles A1 y A2, son estadísticamente diferentes. Los mejores resultados de Longitud de brotes a los 60 días, se dieron en el nivel A2 (invernadero).

NIVEL DE B	N	MEDIA	GRUPO	VALOR TUKEY AL 0.05%
4	8	6.9975	a	2.6257
3	8	5.8487	a	
2	8	4.6275	a	
1	8	4.4512	a	

Tukey para esta comparación de medias, reporta que todas son estadísticamente iguales, aunque el ANDEVA nos reporta una diferencia significativa con una probabilidad de variación de 0.045.

En la gráfica 6, se muestran las variaciones de Tamarix parviflora, en Longitud de brotes, a los 60 días de el estacado.

Se aprecian las diferencias entre el invernadero y el vivero, las variaciones entre los sustratos, son marcadas, de estos sobresalen los sustratos 3 (tierra lama) y 4 (lodo residual).

5.3.2.1 Análisis.

Durante la primera evaluación (20 días), las variaciones entre los sustratos fueron altas, los más sobresalientes fueron la mezcla (sustrato 1), la tierra lama (sustrato 3) y el lodo residual (sustrato 2, este sobresale de los tres). Para la evaluación a los 40 días de el estacado, vuelven a diferenciarse en mucho los sustratos, volviendo a sobresalir el lodo residual (sustrato 4) de los tres (lodo de resaga, tierra lama y lodo residual). En la tercera evaluación (60 días), se repite el comportamiento de las estacas en los sustratos y sobresale nuevamente el lodo residual (aunque estadísticamente es igual al lodo de resaga y tierra lama).

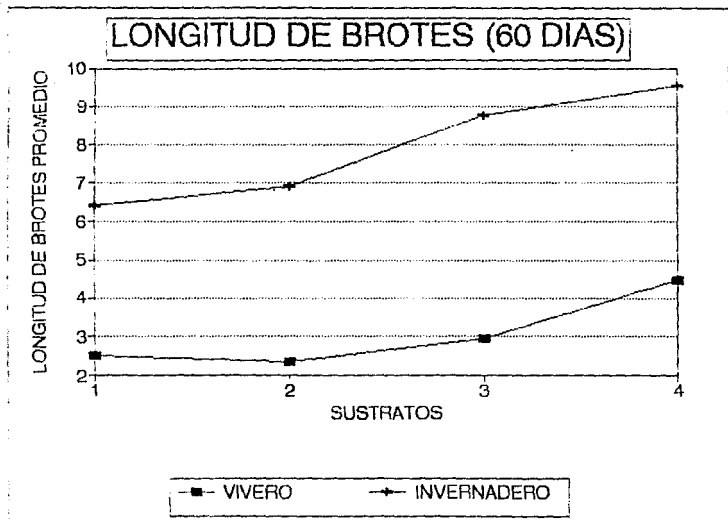
Para la variable Número de brotes, no se encontró diferencia entre los sustratos. Para la longitud de brotes se da una diferencia altamente significativa, esto pudiera ser comprensible, ya que el hecho de tener el mismo número de brotes, no tiene que estar ligado a que estos brotes tengan las mismas características.

Aquí, este hecho se da, los mejores resultados se dieron en tres sustratos: Lodo de resaga (sustrato 2), tierra lama (sustrato 3) y lodo residual (sustrato 4), que estadísticamente son iguales, aunque de estos tres el sustrato en que se tuvo el promedio más alto fue en el lodo residual.

Este aspecto pudiera deberse a que los contenidos nutrimentales como materia orgánica, N (nitrógeno), P (fósforo), K (potasio), son los más altos con respecto a los otros dos sustratos. El hecho de que la CE (conductividad eléctrica) represente un efecto negativo para el rendimiento de las plantas, no afecta tanto, ya que este sustrato presenta una CIC (capacidad de intercambio catiónico) bastante alta, que ayuda a amortiguar estos efectos negativos. Otra variación de este sustrato con respecto al lodo de resaga y a la tierra lama, es el pH y el contenido de SO₄ (sulfatos). El pH es ácido (en los otros sustratos es alcalino), cuestión que parece rara, ya que la CE es elevada, aunque esto se debe al alto contenido de SO₄ y al alto contenido de materia orgánica (que conlleva a una alta CIC). Además el RAS (relación de adsorción de sodio) tiene el valor más bajo de los sustratos.

Aquí en la evaluación de esta variable se da una gran diferencia en cuanto a la instalación, los mejores resultados se dan en el invernadero, las condiciones ambientales fueron totalmente controladas, se mantuvo una temperatura y una humedad relativa constantes, mientras que en el vivero, las estacas estuvieron expuestas a las variaciones de temperatura, humedad, radiación solar y precipitación del medio ambiente.

GRAFICA 6.



6.3.3 NUMERO DE RAICES.

Resultados de ANDEVA de la primera evaluación, a los 20 días de estacadas las varetas.

ANDEVA					
FV	GL	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	Fc	Ft
Trat.	7	0.8731	0.1247	2.47	5% 2.42 1% 3.50
Error	24	1.2129	0.0505		
Total	31	2.0860			

R CUADRADA	C.V.	Pr > F
0.4185	12.1352	0.0466

Ho: Todas las medias son iguales. No existe diferencia.

Hi: Existe diferencia entre las medias.

Fc (F calculada) es mayor que Ft (F de tablas), para un 5% de nivel de significancia. Por lo tanto se rechaza Ho, si existe una diferencia significativa entre las medias para la variable Número de raíz, a los 20 días de estacado.

Para determinar una diferencia entre los factores o en la interacción, se realizó el siguiente cuadro:

FV	GL	ANDEVA SS	CUADRADO MEDIO	Fc	Ft
A	1	0.5151	0.5151	10.19	5% 4.26 1% 7.82
B	3	0.2491	0.0830	1.64	5% 3.01 1% 4.72
A*B	3	0.1088	0.0362	0.72	5% 3.01 1% 4.72

	Pr > F
A	0.0039
B	0.2057
A*B	0.5511

H₀: No existe diferencia entre los factores, ni en la interacción.

H₁: Si existe diferencia entre los factores o en la interacción.

F_c (F calculada) es mayor que F_t (F de tablas). Por lo tanto se rechaza H₀, si existe una diferencia altamente significativa para el factor A.

Los valores de probabilidad (Pr > F) para el factor A, son menores de 0.05, por lo tanto se realizó la prueba de Tukey para definir las diferencias entre los niveles.

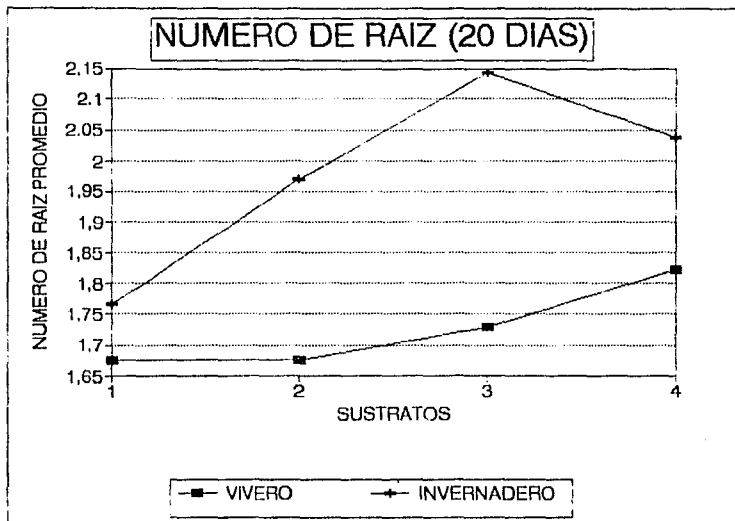
NIVEL DE A	N	MEDIA	DIFERENCIA DE MEDIAS	VALOR TUKEY		CONCLUSION
				5%	1%	
1	16	1.7256	0.2537	0.164	0.222	A2 ≠ A1
2	16	1.9793				

Los niveles de A₁ y A₂, son estadísticamente diferentes. Los mejores resultados del Número de raíz a los 20 días del estacado, se dieron en el nivel A₂ (invernadero).

En la gráfica 7, se muestran los resultados del Número de raíz de Tamarix parviflora, a los 20 días de el estacado.

Se puede observar en la gráfica, que los resultados para el invernadero son los más elevados, que los obtenidos en el vivero. Entre los sustratos, las diferencias no son muy marcadas (numéricamente), estadísticamente no son significativas.

GRAFICA 7.



Resultados de ANDEVA de la segunda evaluación, a los 40 días de estacadas las varetas.

ANDEVA					
FV	GL	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	Fc	Ft
Trat.	7	0.7555	0.1079	1.64	5% 2.42 1% 3.50
Error	24	1.5747	0.0656		
Total	31	2.3302			

R CUADRADA	C.V.	Pr > F
0.3242	14.8063	0.1709

Ho: Todas las medias son iguales. No existe diferencia.

H1: Existe diferencia entre las medias.

Fc (F calculada) es menor que (F de tablas), tanto para 5% como para 1% de nivel de significancia. Por lo tanto se acepta Ho. No existe diferencia entre las medias.

Para determinar una diferencia entre los factores o en la interacción, se realizó el siguiente cuadro:

FV	GL	ANDEVA SS	CUADRADO MEDIO	Fc	Ft
A	1	0.5408	0.5408	8.24	5% 4.26 1% 7.82
B	3	0.0704	0.0234	0.36	5% 3.01 1% 4.72
A*B	3	0.1442	0.0480	0.73	5% 3.01 1% 4.72

	Pr > F
A	0.0084
B	0.7839
A*B	0.5426

H₀: No existe diferencia entre los factores, ni en la interacción.

H₁: Si existe diferencia entre los factores o en la interacción.

F_c (F calculada) es mayor que F_t (F de tablas). Por lo tanto se rechaza H₀, si existe diferencia altamente significativa para el factor A.

Los valores de probabilidad (Pr > F) para el factor A, son menores de 0.05, por lo tanto se realizó la prueba de Tukey para definir las diferencias entre los niveles.

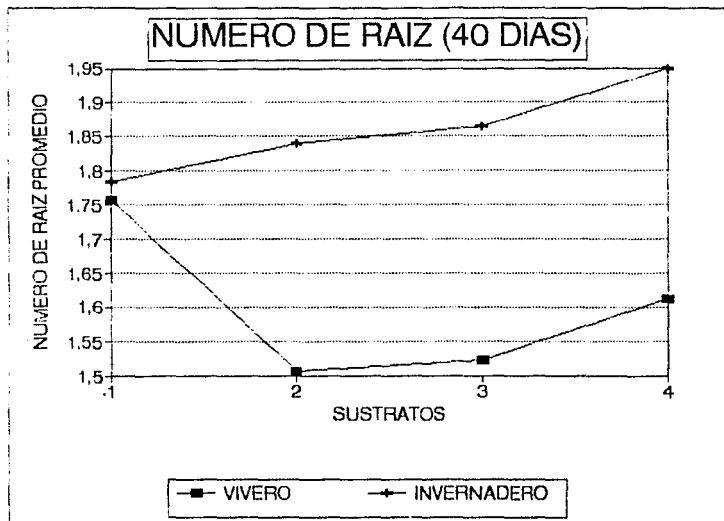
NIVEL DE A	N	MEDIA	DIFERENCIA DE MEDIAS	VALOR TUKEY		CONCLUSION
				5%	1%	
1	16	1.600	0.26	0.186	0.253	A2 ≠ A1
2	16	1.860				

Los niveles de A₁ y A₂, son estadísticamente diferentes. Los mejores resultados del Número de raíz a los 40 días, se dieron en el nivel A₂ (invernadero).

En la gráfica 8, se muestra el comportamiento de las estacas de *Tamarix parviflora*, a los 40 días de estacadas las varetas, para la variable Número de raíz.

Esta gráfica nos indica que entre los sustratos, no existen variaciones muy marcadas, mientras que entre las instalaciones (vivero e invernadero), las diferencias si son significativas (en el invernadero se tuvieron más altos promedios).

GRAFICA 8.



Resultados de ANDEVA de la tercera evaluación, a los 60 días de estacadas las varetas.

ANDEVA					
FV	GL	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	Fc	Ft
Trat.	7	0.2614	0.0373	0.89	5% 2.42 1% 3.50
Error	24	1.0072	0.0419		
Total	31	1.2686			

R CUADRADA	C.V.	Pr > F
0.2060	10.1968	0.5295

Ho: Todas las medias son iguales. No existe diferencia.

H1: Existe diferencia entre las medias.

Fc (F calculada) es menor que Ft (F de tablas), tanto para 5% como para 1% de nivel de significancia. Por lo tanto se acepta Ho, no existe diferencia entre las medias.

Para determinar una diferencia entre los factores o en la interacción, se realizó el siguiente cuadro:

FV	GL	ANDEVA SS	CUADRADO MEDIO	Fc	Ft
A	1	0.0108	0.0108	0.26	5% 4.26 1% 7.82
B	3	0.1197	0.0399	0.95	5% 3.01 1% 4.72
A*B	3	0.1307	0.0435	1.04	5% 3.01 1% 4.72

	Pr > F
A	0.6153
B	0.4315
A*B	0.3933

H₀: No existe diferencia entre los factores, ni en la interacción.

H₁: Si existe diferencia entre los factores o en la interacción.

F_c (F calculada) es menor que F_t (F de tablas). Por lo tanto se acepta H₀, no existe diferencia entre los factores, ni en la interacción.

En la gráfica 9, se muestran los resultados de la tercera evaluación (60 días) de las estacas de Tamarix parviflora, para la variable Número de raíz.

La gráfica nos muestra variaciones entre los sustratos, aunque estas no son significativas. Entre las instalaciones (vivero e invernadero), el comportamiento de los sustratos es muy similar.

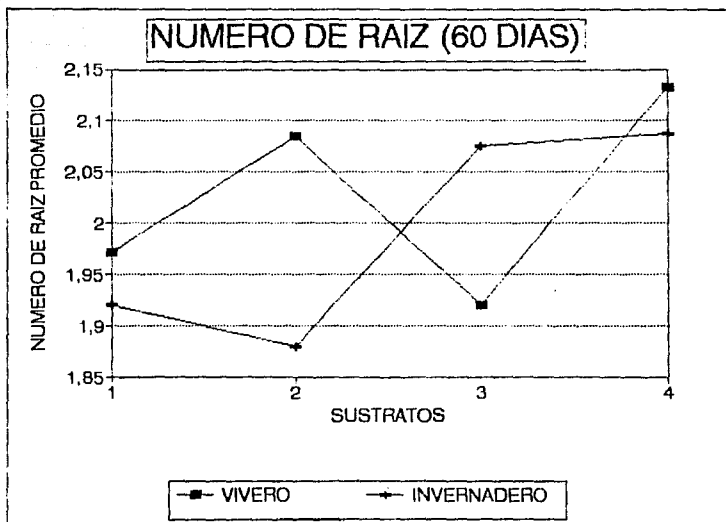
6.3.3.1 Análisis.

Durante la evaluación de la variable Número de raíz, se dan diferencias entre los sustratos establecidos en el invernadero y los establecidos en el vivero. Durante la primera evaluación (a los 20 días) y la segunda (a los 40 días), se da un mayor número de raíces dentro de los sustratos establecidos en el invernadero. Para la tercera evaluación no se da ninguna diferencia entre las instalaciones, ni entre los sustratos.

Entre los sustratos, los resultados se mantuvieron similares, no se dieron diferencias que se consideren significativas.

Se observó que tanto el número de brotes, como el número de raíz, de las estacas de Tamarix parviflora, no tuvieron variaciones significativas en cuanto a su establecimiento, en cualquiera de los cuatro sustratos utilizados. Por consiguiente, las diferentes características de pH, nutrientes, CE, CIC, sodio, RAS, textura, bicarbonatos y cloruros, de cada uno de los sustratos, no afectó en forma significativa el número de raíces de las estacas de Tamarix parviflora.

GRAFICA 9.



6.3.4 LONGITUD DE RAICES.

Resultados de ANDEVA de la primera evaluación, a los 20 días de estacadas las varetas.

ANDEVA					
FV	GL	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	Fc	Pt
Trat.	7	331.2173	47.3167	20.99	5% 2.42 1% 3.50
Error	24	54.1062	2.2544		
Total	31	385.3236			

R CUADRADA	C.V.	Pr > F
0.8595	30.3156	0.0001

Ho: Todas las medias son iguales. No existe diferencia.

H1: Existe diferencia entre las medias.

Fc (F calculada) es mayor que Ft (F de tablas), tanto para 5% como para 1% de nivel de significancia. Por lo tanto se rechaza Ho, sí existe diferencia entre las medias.

Para determinar una diferencia entre los factores o en la interacción, se realizó el siguiente cuadro:

FV	GL	ANDEVA SS	CUADRADO MEDIO	Fc	Ft
A	1	234.6319	234.6319	104.08	5% 4.26 1% 7.82
B	3	34.2318	11.4106	5.06	5% 3.01 1% 4.72
A*B	3	62.3535	20.7845	9.22	5% 3.01 1% 4.72

	Pr > F
A	0.0001
B	0.0074
A*B	0.0003

H₀: No existe diferencia entre los factores, ni en la interacción.

H₁: Sí existe diferencia entre los factores o en la interacción.

F_c (F calculada) es mayor que F_t (F de tablas), tanto para 5% como para 1% de nivel de significancia. Por lo tanto se rechaza H₀, si existe una diferencia altamente significativa entre los factores y en la interacción.

NIVEL DE A	NIVEL DE B	N	MEDIA	GRUPO	VALOR TUKEY AL 0.01%
2	3	4	11.5500	a	4.2716
2	4	4	6.5300	b	
2	1	4	6.3425	b c	
2	2	4	6.2200	b c d	
1	4	4	3.9450	b c d e	
1	1	4	1.8800	e	
1	2	4	1.6600	e	
1	3	4	1.4950	e	

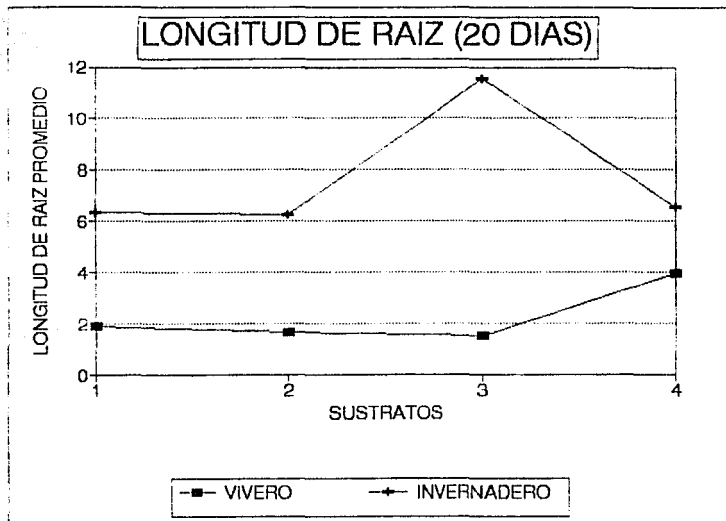
Dentro de los niveles de A, el nivel A₂ (invernadero) tuvo los mejores resultados estadísticamente hablando, a excepción del tratamiento 14 (Lodo residual-vivero).

Para la interacción (A*B), se dan 5 grupos, de los cuales el que tuvo longitud de raíz más alta fue el tratamiento 23 (tierra lama-invernadero); los tratamientos 24 (lodo residual-invernadero), 21 (mezcla-invernadero), 22 (lodo residual-invernadero) y 14 (lodo residual-vivero), son estadísticamente iguales, pero presentan diferencias con respecto al grupo e, conformado por los tratamientos 14 (lodo residual-vivero), 11 (mezcla-vivero), 12 (lodo de resaga-vivero), 13 (tierra lama-vivero).

La gráfica 10, muestra la Longitud de raíz, para las estacas de Tamarix parviflora, a los 20 días de estacadas las varetas.

Se puede observar en la gráfica, que las variaciones en el invernadero y vivero, son grandes, así como el sustrato 3 (lodo de resagas) en el invernadero, presenta una gran diferencia con respecto a los otros sustratos.

GRAFICA 10.



Resultados de ANDEVA de la segunda evaluación, a los 40 días de estacadas las varetas.

ANDEVA					
FV	GL	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	Fc	Ft
Trat.	7	217.3092	31.0441	1.91	5% 2.42 1% 3.80
Error	24	390.4931	16.2705		
Total	31	607.8024			

R CUADRADA	C.V.	Pr > F
0.3575	41.0970	0.1126

Ho: Todas las medias son iguales. No existe diferencia.

H1: Existe diferencia entre las medias.

Fc (F calculada) es menor que Ft (F de tablas), tanto para 5% como para 1% de nivel de significancia. Por lo tanto se acepta Ho, no existe diferencia entre las medias.

Para determinar una diferencia entre los factores o en la interacción, se realizó el cuadro siguiente.

FV	GL	ANDEVA SS	CUADRADO MEDIO	Fc	Ft
A	1	72.3604	72.3604	4.45	5% 4.26 1% 7.82
B	3	24.8210	8.2736	0.51	5% 3.01 1% 4.72
A*B	3	120.1277	40.0425	2.46	5% 3.01 1% 4.72

	Pr > F
A	0.0456
B	0.6802
A*B	0.0871

H₀: No existe diferencia entre los factores, ni en la interacción.

H₁: Si existe diferencia entre los factores o en la interacción.

F_c (F calculada) es mayor que F_t (F de tablas), para un 5% de nivel de significancia. Por lo tanto se rechaza H₀, sí existe una diferencia significativa entre el factor A.

Para encontrar una diferencia entre los niveles de A, se realizó la prueba de Tukey.

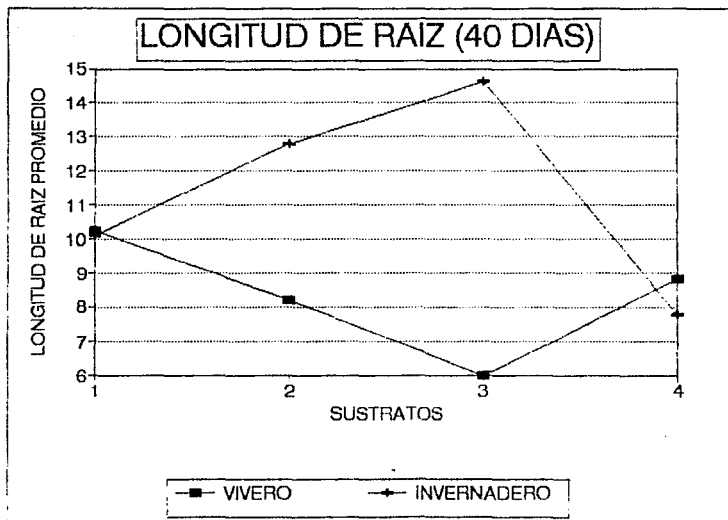
NIVEL DE A	N	MEDIA	DIFERENCIA DE MEDIAS	VALOR TUKEY		CONCLUSION
				5%	1%	
1	16	8.3112	3.0075	2.944	3.993	A2 ≠ A1
2	16	11.3187				

La diferencia entre A₂ y A₁ es significativa. El mejor nivel de A fué el A₂ (invernadero).

La gráfica 11, muestra el comportamiento de las estacas de Tamarix parviflora, a los 40 días de el estacado, para la variable Longitud de raíz.

En la gráfica, se notan grandes diferencias entre el invernadero y el vivero. Entre los sustratos también se dan diferencias, dentro de estas sobresale la tierra lama (sustrato 3, aunque el ANDEVA, nos indica que no existen diferencias significativas entre los sustratos).

GRAFICA 11.



Resultados de ANDEVA de la tercera evaluación, a los 60 días de estacadas las varetas.

ANDEVA					
FV	GL	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	Fc	Ft
Trat.	7	71.4458	10.2065	1.23	5% 2.42 1% 3.50
Error	24	199.6234	8.3176		
Total	31	271.0692			

R CUADRADA	C.V.	Pr > F
0.2635	19.5229	0.3268

Ho: Todas las medias son iguales. No existe diferencia.

H1: Existe diferencia entre las medias.

Fc (F calculada) es menor que Ft (F de tablas), tanto para 5% como para 1% de nivel de significancia. Por lo tanto se acepta Ho, no existe diferencia entre las medias.

Para determinar las posibles diferencias entre los factores o entre la interacción, se realizó el siguiente cuadro:

FV	GL	ANDEVA SS	CUADRADO MEDIO	Fc	Ft
A	1	2.1012	2.1012	0.25	5% 4.26 1% 7.82
B	3	28.2163	9.4054	1.13	5% 3.01 1% 4.72
A*B	3	41.1282	13.7094	1.65	5% 3.01 1% 4.72

	Pr > F
A	0.6198
B	0.3565
A*B	0.2047

Ho: No existe diferencia entre los factores, ni en la interacción.

H1: Si existe diferencia entre los factores o en la interacción.

F_c (F calculada) es menor que F_t (F de tablas), tanto para 5% como para 1% de nivel de significancia. Por lo tanto se acepta H_0 , no existe diferencia entre los factores, ni en la interacción.

La gráfica 12, nos muestra la Longitud de raíz, de las estacas de Tamarix parviflora, a los 60 días de el estacado.

La gráfica nos muestra que entre los sustratos, se dan variaciones con respecto a las evaluaciones anteriores, los resultados para el invernadero, decrecen con respecto a los del vivero, para los sustratos 3 (tierra lama) y 4 (lodo residual), mientras que crecen para el sustrato 2 (lodo de resaga); en tanto en el vivero, las respuestas de el lodo residual y la mezcla crecen con respecto a los otros sustratos.

5.3.4.1 Análisis.

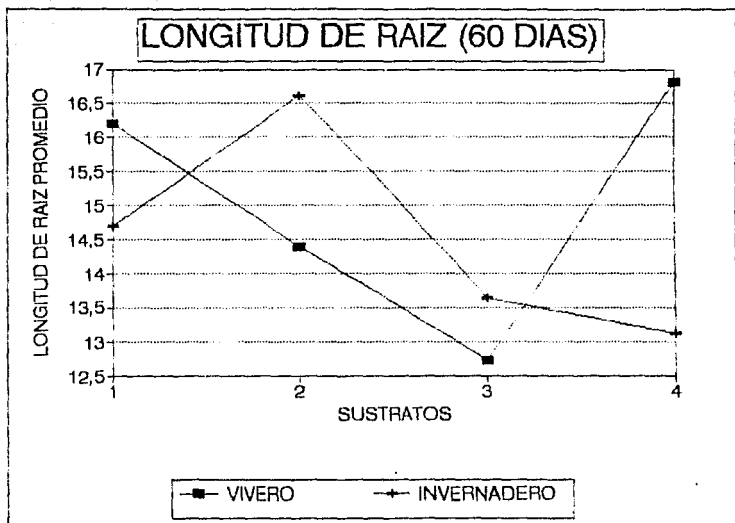
En la primera evaluación (a los 20 días), las diferencias entre los sustratos y las instalaciones, son muy grandes, sobresaale de estos, la tierra lama dentro del invernadero. En la segunda evaluación (a los 40 días), no se dan diferencias significativas entre los sustratos, aunque vuelve a sobresalir la tierra lama dentro del invernadero; las diferencias significativas se dan en la instalación. Para la tercera evaluación (60 días), no se dan diferencias significativas.

Durante el seguimiento de la evaluación de la variable Longitud de raíz, durante los primeros 20 días, las estacas establecidas sobre la tierra lama, presentaron un desarrollo bastante considerable, en comparación con los otros sustratos.

Este suceso se puede deber, al hecho de que la tierra lama es el sustrato más pobre en cuanto a nutrientes. Ante esto, la raíz busca la cantidad necesaria de estos minerales nutrimentales, para poder satisfacer sus demandas y así poder completar sus procesos metabólicos. En comparación, el lodo residual no presentó una raíz muy larga, mas en cambio, sí fue la de más ramificaciones, esto concuerda con el punto mencionado anteriormente, como la raíz tiene cerca los nutrientes necesarios para satisfacer su demanda (el lodo residual presentó una cantidad elevada de macronutrientes), no es tan necesario desarrollarse en longitud, si no que tendió a desarrollar raíces secundarias y abastecerse de los abundantes nutrimentos.

Los mejores resultados, se pudieron observar dentro del invernadero, que como ya se mencionó, las condiciones ambientales son las más idóneas, ya que estas pueden ser controladas.

GRAFICA 12.



6.3.5 PORCENTAJE DE PRENDIMIENTO FINAL.

Resultados de ANDEVA para la evaluación final del porcentaje de prendimiento en brotes.

ANDEVA					
FV	GL	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	Fc	Ft
Trat.	7	5135.5571	733.6510	8.32	5% 2.42 1% 3.50
Error	24	2116.7750	88.1989		
Total	31	7252.3322			

R CUADRADA	C.V.	Pr > F
0.7081	12.4938	0.0001

Ho: Todas las medias son iguales. No existe diferencia.

H1: Si existe diferencia entre las medias.

Fc (F calculada) es mayor que Ft (F de tablas), tanto para 5% como para 1% de nivel de significancia. Por lo tanto se rechaza Ho, si existe una diferencia altamente significativa entre las medias para el porcentaje de brotes final.

Para determinar una diferencia entre los factores o en la interacción, se realizó el siguiente cuadro:

FV	GL	ANDEVA SS	CUADRADO MEDIO	Fc	Ft
A	1	4177.2085	4177.2085	47.36	5% 4.26 1% 7.82
B	3	519.8443	173.2814	1.96	5% 3.01 1% 4.72
A*B	3	438.5042	146.1680	1.66	5% 3.01 1% 4.72

	Pr > F
A	0.0001
B	0.1462
A*B	0.2027

Ho: No existe diferencia entre los factores, ni en la interacción.

H1: Si existe diferencia entre los factores o en la interacción.

F_c (F calculada) es mayor que F_t (F de tablas). Por lo tanto se rechaza H_0 , si existe una diferencia altamente significativa para el factor A.

La probabilidad ($Pr > F$) es menor de 0.05, por lo tanto se realizó la prueba de Tukey para encontrar una diferencia entre las niveles de A.

NIVEL DE A	N	MEDIA	DIFERENCIA DE MEDIAS	VALOR TUKEY		CONCLUSION
				5%	1%	
1	16	63.7431	22.8506	6.855	9.297	A2 ≠ A1
2	16	86.5937				

El nivel A2 es estadísticamente diferente al nivel A1. los mejores resultados se dieron en el nivel A2 (invernadero).

En la gráfica 13, se muestra el porcentaje de prendimiento final de Tamarix parviflora, a los 60 días de el estacado.

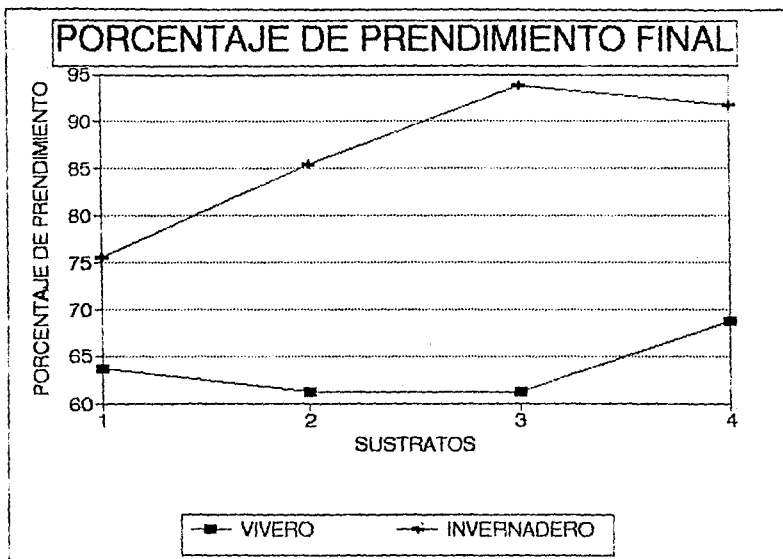
Para los sustratos establecidos en el invernadero, las estacas establecidas en ellos, tuvieron un porcentaje de prendimiento de arriba del 75% (arriba del 90% para la tierra lama y el lodo residual), mientras que en el vivero su porcentaje de prendimiento fué de menos del 70%.

5.3.5.1 Análisis.

Para este parámetro, los mejores resultados se dieron dentro del invernadero. Las variaciones entre los sustratos, estadísticamente no fueron significativas, mas sin embargo, tomando en cuenta los promedios, nos resulta más benéfico un porcentaje de prendimiento de 90-95% (tierra lama, lodo residual), que uno del 75-85% (mezcla, lodo de resaga).

El efecto del Sodio (Na) sobre las plantas de Tamarix parviflora, podemos mencionar que fue determinante, ya que el lodo de resaga, que es el sustrato con el más alto contenido de sodio (más del doble que los otros sustratos), tuvo de los más bajos porcentajes de prendimiento, además de que su pH lo ubica como fuertemente alcalino. Estos factores pudieron afectar el rendimiento de las estacas de Tamarix parviflora.

GRAFICA 13.



6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

6.1 CONCLUSIONES.

Al inicio del trabajo se plantearon dos hipótesis, de las cuales solo se puede decir que para la primera, el sodio sí afectó el desarrollo de las varetas de Tamarix parviflora, ya que el sustrato que contiene más a este mineral, tuvo los rendimientos más bajos, en forma general, para las cinco variables evaluadas. Para la segunda hipótesis planteada, se puede mencionar que se rechaza, ya que la mezcla (6 partes de tierra lama, 3 partes de lodo de resaga y 1 parte de lodo residual), fue la que presentó (junto con el lodo de resaga) los más bajos rendimientos, tanto en número y longitud de brotes, número y longitud de raíz, así como un porcentaje de prendimiento.

Los sustratos utilizados, según su PSI (porcentaje de sodio intercambiable) y su CE (conductividad eléctrica) se consideran suelos sódicos (lodo de resaga, tierra lama y mezcla) y suelos salinos (lodo residual).

El lodo residual debido a su contenido de materia orgánica y el lugar de donde proviene, no se puede considerar como un suelo propiamente dicho, si no que es un material orgánico; por su pH se pudiera considerar como un suelo ácido, pero esto se debe a la elevada cantidad de sulfatos (SO_4^{2-}), de materia orgánica y a su elevada CIC (capacidad de intercambio catiónico) que hacen que las sales y la conductividad eléctrica (CE) no sean tan problemáticas, amortiguan su efecto.

El lodo de resaga es el material que más problemas representa con el sodio (el porcentaje de saturación de bases está en total desequilibrio) y con su pH, ya que la relación de adsorción de sodio (RAS) es elevada, aunque la CIC y el contenido de calcio son altos, no alcanzan a nulificar los efectos del sodio.

La tierra lama es el material más pobre de los utilizados. El porcentaje de saturación de bases está un tanto desequilibrado, aunque el contenido de calcio es mayor que en el lodo de resaga y el de sodio es menor, esto hace que su pH sea alcalino y no represente mayor problema que el lodo de resaga.

Debido a sus características físico-químicas, los materiales utilizados como sustratos en este proyecto, no cumplen con los requisitos óptimos para ser utilizados como tales en otras especies que no sean tolerantes a los efectos de la salinidad.

Es factible mencionar, que tanto la tierra lama, como el lodo residual, fueron los que sobresalieron de los cuatro sustratos probados (aunque las diferencias, en varias evaluaciones, no fueron significativas, entre el lodo de resaca, tierra lama y lodo residual), ya que su comportamiento fue el más estable, dentro de las tres evaluaciones realizadas para las cinco variables investigadas.

Los resultados del número de brotes y de raíz se mantuvieron estables, no hubo variaciones significativas, mientras que en lo referente a la longitud de brotes y de la raíz, sí se dieron variaciones. Esto nos revela que el mayor o menor número de brotes y raíz, nos es indicativo de la mejor respuesta de la vareta, se debe de analizar, qué tan bueno, o qué tan desarrollado está el brote, para así poder dar una evaluación más verídica.

Es bien importante también mencionar que dentro del invernadero, debido a las condiciones ambientales controladas de temperatura, humedad y riego, las estacas tuvieron los resultados más elevados en todos los sustratos y para todos los parámetros evaluados, en comparación con los resultados obtenidos en el vivero (condiciones ambientales naturales).

En una forma más concreta, los mejores resultados se dieron dentro del invernadero y en los sustratos lodo residual y tierra lama, respectivamente.

6.2 RECOMENDACIONES.

1) En la presente investigación se trabajó por separado cada sustrato disponible en el Ex-lago de Texcoco y una mezcla. Se encontró que los mejores resultados se dieron en lodo residual y tierra lama. Por lo tanto recomiendo hacer investigaciones con mezclas de estos materiales, para poder conseguir un sustrato, en el cual, se tenga la certeza, de ser el más idóneo para la propagación de Tamarix parviflora.

2) Seguir con la investigación, hasta observar el desarrollo del árbol, una vez establecido en el campo y poder estudiar su comportamiento, ya que este trabajo solo abarcó el nivel reproductivo.

3) Probar otras especies de Tamarix, o bien otros géneros que pudieran ser factibles de propagarse y desarrollarse satisfactoriamente sobre suelos salinos, sódicos y salino-sódicos.

BIBLIOGRAFIA.

- Aceves, N. E. 1975. **Calidad del agua de riego y su aprovechamiento específico en suelos y cultivos.** Colegio de Postgraduados de Chapingo. Mexicali, B. C. 37-50 pág. (30).
- Aceves, N. E. **Efecto de las sales sobre el desarrollo de las plantas.** trabajo presentado en la Universidad de Joa Pessoa. Paraiba, Brasil. 123-136 pág. (25).
- Aceves, N. E. 1979. **El ensalitramiento de los suelos bajo riego.** Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 162-175 pág. (22).
- Allison L. E. 1982. **Suelos salinos y sodicos.** Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de America. 6a. impresión, 4a. reimpresión. Edit. Limusa, México. 1-6, 36-88 pág. (16).
- Anguiano L. J. 1981. **Recuperación de suelos salino-sódicos del Ex-lago de Texcoco por medio de diluciones sucesivas de aguas freáticas y aguas negras.** Tesis profesional. Departamento de Suelos. Universidad Autonoma de Chapingo. Chapingo, México. pp. 106. (13).
- Arévalo V., Llerena V., Becerra M. 1987 **Evaluación del uso de aislantes para el cultivo de hortalizas bajo condiciones de invernadero en el Ex-lago de Texcoco.** XX Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Zacatecas, Zacatecas. pp. 20. (15).
- Arias R. H. M. 1981. **La Cuenca de México.** Programana Nacional de acción para combatir la Desertificación. Sección Física de suelos. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. pp. 44. (7).
- A. M. Bosabalidis and W. W. Thomson. 1984. **Light microscopical studies on salt gland development in Tamarix aphylla L.** Annals of Botany. 54, 169-174 pág. (38).
- Baileya. 1967. **Introduced and naturalized Tamarisks in the United States and Canada (Tamaricaceae).** A Quaterly Journal of Horticultural Taxonomy. Vol. 15, juaunary-march No. 1, 18-25 pág. (34).
- Cepeda D. 1985. **Química de suelos.** Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila. México. 126-138 pág. (19).

- De la Peña I. Salinidad de los suelos agrícolas. Su origen-clasificación, prevención y recuperación. Boletín técnico No. 10. SARH. México. 6-35 pág. (27).
- Dept. of Irrigation and Civil Engineering. 1984. Irrigation-1. Wageningen Agricultural University. The Netherlands. Capítulo 3. (29).
- Dreesen D. R. and L. E. Wangen. 1981. Elemental composition of saltcedar (Tamarix chinensis) impacted by effluents from a coal-fired power plant. Journal Environment Quality, vol 10, No. 3, 410-416 pág. (39).
- García Enriqueta. 1968. Los climas del Valle de México. Instituto de Geografía, UNAM. Sobretiros 6. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. (6).
- Hagemeyer J. and Waisel Y. 1988. Excretion of ions (Cd, Li, Na and Cl) by Tamarix aphylla. Physiologia Plantarum 73:541-546 pág. Copenhagen. (41).
- Hagemeyer J. and Waisel Y. 1989. Influence of NaCl, Cd(NO₃)₂ and air humidity on transpiration of Tamarix aphylla. Physiologia Plantarum 73:280-284 pág. Copenhagen. (40).
- Hartmann, H. T. y Kester, D. E. 1982. Propagación de plantas. 3a. impresión. Edit. Continental S.A. de C.V. México. 42-74 pág. (42).
- Herrera Haro, J. G. 1969. Condiciones de manejo y explotación del ganado bovino lechero en el Municipio de Texcoco. Tesis profesional. Departamento de Zootecnia de la Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, México. (9).
- Howard M. Resh. 1982. Cultivos hidropónicos. 1a. impresión. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 223-240 pág.(44).
- INEGI. 1982. Cartas de uso del suelo y vegetación, edafológica y topográfica de Texcoco, Tizayuca, Chalco, Amecameca. Escala 1:50,000. SPP. México, D.F. (14).
- Llerena V., Martínez E., Sánchez B. 1987. La Cuenca Oriental del Ex-lago de Texcoco: Metas, Avances y Perspectivas. Ponencia. Comisión Nacional del Lago. SARH. Durango. pp. 25. (4).
- Llerena V., Tarín V. 1978. Establecimiento de pasto salado (Distichlis spicata) como cubierta vegetal en suelos extremadamente salino-sódicos del Ex-lago de Texcoco. XI Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Villahermosa, Tabasco. pp. 16. (12).

- Martínez E., Serrano P. y otros. 1982. Caracterización de la afectación salina de los suelos del Ex-lago de Texcoco. SARH. Departamento de Salinidad y Drenaje. México. 4-26 pág. (28).
- M. Flinta C. 1960. Prácticas de plantación forestal en América Latina. FAO. Roma, Italia. 410-412 pág. (36).
- Morales V. 1978. Uso de aguas saladas para riego de cultivos por succión. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 5-26 pág. (21).
- Moran, G. E. 1977. Tolerancia de los cultivos a las sales. Memorándum Técnico No.32. Secretaría de Agricultura y Operación. DGDR-SARH. México. (23).
- Nico Pidi. 1981. La multiplicación de las plantas. 1a. impresión. Edit De Vecchi, S.A. Barcelona, España. 37-42 pág. (43).
- Pedraza C. A. 1988. Establecimiento y evaluación de barreras arboladas con Tamarix sp. en suelos salino-sódicos del ex-lago de Texcoco. Universidad Autónoma de Chapingo. Tesis profesional. Chapingo, México. 3-7; 19-32; 68-78 pág. (35).
- Pedraza C. L. 1987. Síntesis del proceso de establecimiento y construcción de los trabajos de conservación de suelos, agua y reforestación en áreas erosionadas de la Cuenca Oriental del Ex-lago de Texcoco. En Ruiz F. J. F (ed). Uso y manejo de tepatates para el desarrollo rural. Departamento de suelos, UACH. Chapingo, México. 182-191 pág. (10).
- Pedraza C., Llerena V., Becerra M. 1987. Propagación y establecimiento de Tamarix sp. en suelos altamente salino-sódicos del Ex-lago de Texcoco. Reunión Nacional sobre Halófitas. Comisión Lago de Texcoco. SARH. Hermosillo, Sonora. pp. 15. (3).
- Pizarro, F. 1978. Drenaje agrícola y recuperación de suelos salinos. Editora Agrícola Española, S.A. Madrid, España. (17).
- SARH. 1978. Cálculo del clima de acuerdo al segundo sistema de Thornthwaite. Subdirección Agrológica. Publicación No.7. Segunda edición. México. (26).
- SARH. 1980. Resumen del avance e integración preliminar del Plan Hidráulico para la Cuenca del Valle de México. México. Capítulo V. (33).

- SARH, CNA, Proyecto Lago de Texcoco. 1990. Evaluación del programa de reforestación del Proyecto Lago de Texcoco. Contrato GAVM-PT-FE-02-90. Chapingo, México. 1-17 pág. (2).
- SEP-DGETA. 1982. Manuales para educación agropecuaria: Protección de cultivos. Edit. Trillas. (24).
- Shalhevet J., and Reiginer P. 1964. The development of salinity profiles following irrigations of field corps with saline water. *Iarael I. Agr. Res.* 14:187-196 pág. (31).
- Sistema Alimentario Mexicano. 1983. Módulos de Producción Agropecuaria y Forestal en la zona de influencia de la Comisión Lago de Texcoco. SARH. México. 9-40 pág. (8).
- SRH. 1972. Plan Lago de Texcoco. Dirección de Información y Divulgación. Revista de divulgación, Volumen XII. Número 2. pp. 64. (1).
- Tamhane R. V. 1986. Suelos; su Química y Fertilidad en zonas tropicales. 1a. edición, 4a. reimposición. Edit. Diana. México. 214-230 pág. (20).
- Tarín V., Velázquez L. 1986. Lavado de suelos en el Ex-lago de Texcoco. Comisión del Lago de Texcoco, SARH. Revista de Ingeniería Hidráulica en México, mayo-agosto. México. 30-49 pág. (32).
- Tellez y Camarillo. 1985. Determinación del tipo de suelo y formulación de un programa para la rehabilitación de suelos con problemas de salinidad en la Unidad de riego Santiago Atocan del Municipio de Santa Ana Nextlalpan en el Estado de México. Tesis Profesional. FES. C. UNAM. Cuautitlán Izcalli, Edo. de México. 12-68 pág. (18).
- Tome Trujano H. 1992. Información referente a la propagación vegetativa de Tamarix sp. por cultivo de tejidos, con fines de forestación en la zona Federal del Ex-lago de Texcoco. Reporte. Subgerencia de Desarrollo Agropecuario y Forestal. Proyecto Lago de Texcoco. CNA. México. pp. 10. (5).
- Velázquez, Luna O. P., y otros. 1981. Estudio Agrológico detallado del Ex-lago de Texcoco, Estado de México. SARH, CLT. México. 2-32 pág. (11).
- Waisel Y. 1991. The glands of Tamarix aphylla: a system for salt recretion or for carbon concentration. *Physiologia Plantarum* 83:506-510 pág. Copenhagen. (37).