



# **UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN**

**TOPICOS SELECTOS DE LA PRODUCCION  
AGRICOLA ACTUAL**

**TECNICAS DE ACONDICIONAMIENTO DE TERRENO  
Y PLANTACION DE ARBOLES PARA LA  
FORESTACION EXTENSIVA EN SUELOS  
SALINO-SODICOS DEL EX-LAGO DE  
TEXCOCO**

**TRABAJO DE SEMINARIO  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO AGRICOLA  
P R E S E N T A  
JORGE YEPEZ CERVANTES**

**ASESOR: EDVINO JOSAFAT VEGA ROJAS  
CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEXICO  
SEPTIEMBRE DE 1997**

**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 esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

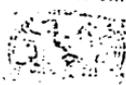
El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición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



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN  
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN



DEPARTAMENTO DE  
EXAMENES PROFESIONALES

DR. JAIME KELLER TORRES  
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLÁN  
PRESENTE.

AT'N: ING. RAFAEL RODRIGUEZ CEBALLOS  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la FES-C.

Con base en el art. 51 del Reglamento de Exámenes Profesionales de la FES-Cuautitlán, nos permitimos comunicarle a usted que revisamos el Trabajo de Seminario:

Técnicas Selectivas de la Producción Agrícola Actual, Técnicas de Acondicionamiento de Terreno y Plantación de Árboles para la Forestación Extensiva en Suelos Salino-Sódicos del Ex-Lago de Texcoco.

que presenta el pasante: Yepez Cervantes Jorge

con número de cuenta: 7541542 - 6 para obtener el Título de:

Ingeniero Agrícola

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VISTO BUENO.

ATENTAMENTE.

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Edo. de México, a 22 de Agosto de 19 97

MODULO:

IV

II

Coord. del Seminario

PROFESOR:

Biol. Elva Martínez Holguín

Ing. Francisco Cruz Pizarro

M.C. Edwin J. Vega Rojas

FIRMA:

*[Firma manuscrita]*

DEP/V0805EN

**DEDICATORIA**

**A MIS PADRES:**

Sr. J Trinidad Yepez Manzo

*In Memoriam* ☞

Sra Amalia Cervantes Viuda de Yepez, con amor y respeto por sus consejos, sacrificios y entrega para hacer posible mi formación profesional.

**A MIS HERMANOS:**

Rosa

José (Q E D ) ☞

Roberto

Luis

Triny

Juan

Sergio, por su apoyo y confianza para mi formación profesional.

**A MI ESPOSA:**

Rosa Cervantes

y

**A MIS HIJOS:**

Rosa

Néstor Uriel

Jorge Luis

Antonio, quienes con cariño y paciencia motivaron la conclusión de mi carrera profesional.

Jorge Yepez Cervantes

## **AGRADECIMIENTOS**

**A la Universidad Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, a la carrera de Ingeniería Agrícola, a todos los profesionales de la misma, quienes me proporcionaron los conocimientos necesarios para mi formación profesional.**

**Muy especialmente al profesor M. C. Edvino Josafat Vega Rojas, por su constante apoyo y comprensión durante mis estudios, así como para la elaboración del presente trabajo**

**A la Comisión Nacional del Agua, Proyecto Lago de Texcoco, Subgerencia de Desarrollo Agropecuario y Forestal, por las facilidades dadas para la elaboración y presentación de este estudio.**

**A todas aquellas personas que directa e indirectamente tuvieron confianza en mí y colaboraron en la culminación éste.**

## INDICE

	Pág.
JUSTIFICACION	1
1 INTRODUCCION	2
2 OBJETIVOS	3
3 ANTECEDENTES	4
3 1 Características de los suelos del Ex-Lago de Texcoco	7
3 2 Acciones Realizadas	7
3 2 1 Programa de pastización	8
3 2 2 Pruebas de forestación	13
3 2 3 Prácticas de mejoramiento de suelos	16
4 REVISION BIBLIOGRAFICA	21
4 1 Conceptos básicos	21
4 1 1 Definición de suelos salino-sódicos	21
4 1 2 Respuestas y adaptación de las plantas a los excesos de sal en el suelo	22
4 2 Características del <i>Tamarix</i> spp	28
4 3 Estudios e investigaciones realizadas en la zona	31
5 DESARROLLO	35
5 1 Descripción de la zona	35
5 2 Metodología de trabajo	39
5 3 Recopilación de información y análisis de resultados	46
6 RESULTADOS Y DISCUSION	48
7. CONCLUSIONES	58
8. RECOMENDACIONES	60
9. BIBLIOGRAFIA	61

---

## INDICE DE CUADROS

No.	Descripción	Pág.
1	Comparación de las características físicas y químicas de un suelo normal con las del suelo del Ex-lago de Texcoco	7
2	Producción, composición química en base seca del pasto salado ( <i>Distichlis spicata</i> L. Green) con diferentes periodos entre cortes	12
3	Composición química del pasto salado( <i>Distichlis spicata</i> L. Greene)	13
4	Plantación de árboles en la zona Federal del Ex-lago de Texcoco (1981-1991)	14
5	Resultados obtenidos por sitio y técnica de plantación	48
6	Resultados obtenidos de acuerdo al tipo de Técnica de acondicionamiento del terreno	49
7	Cantidad de árboles plantados en la Zona Federal del Ex-Lago de Texcoco (1992-1996) por la Comisión Nacional del Agua	53
8	Cantidad de árboles plantados por el Departamento del Distrito Federal (1992-1996) en la zona federal del Ex-lago de Texcoco	57

## INDICE DE FIGURAS

No.	Descripción	Pág.
1	Corte transversal del sistema de drenaje parcelario y bordos	19
2	Módulo experimental en forma hexagonal	33
3	Localización de la Zona Federal del Ex-lago de Texcoco	36

4	Localización de los sitios de plantación extensiva 1992	41
5	Distribución de los bordos de plantación y sistema de drenaje parcelario	43
6	Ubicación del árbol en el bordo de plantación y dimensiones de éste último	45
7	Localización de los sitios de plantación extensiva (1992-1996)	54

#### INDICE DE GRAFICAS

No.	Descripción	Pág.
1	Cantidad de árboles plantados en la zona federal del Ex-Lago de Texcoco (1981-1991)	15
2	Cantidad de árboles plantados en la zona federal del Ex-lago de Texcoco (1992-1996)	55

#### INDICE DE FOTOS

No.	Descripción	Pág.
1	Bordos para plantación	42
2	Maquinaria agrícola utilizada para formación de bordos de plantación	42
3	Desarrollo de los árboles plantados en terreno natural	51
4	Desarrollo de los árboles plantados con subdrenaje, bordos y riego	51
5	Desarrollo de los árboles plantados en zonas de relleno	52

## JUSTIFICACION

La Zona Federal del Ex-lago de Texcoco, con una superficie aproximada de 10,000 ha y una ubicación con colindancia inmediata a la zona urbana metropolitana en una longitud de aproximadamente 20 kilómetros por el lado oriente, constituye un área potencial para el desarrollo de diversos proyectos, destacando a la fecha los de acción ecológica con avances parciales que se han visto limitados por las condiciones adversas de los suelos, los cuales presentan elevadas concentraciones de sales y sodio.

Sin embargo, con base en las experiencias obtenidas durante 25 años desde la creación del actual Proyecto Lago de Texcoco, cuyos objetivos fueron la pastización y regulación de las aguas negras que confluyen en la zona provenientes de la Cd de México y su zona conurbada, en 1992 da inicio la segunda etapa de este Proyecto, teniendo como premisa la forestación extensiva, para cumplir este cometido, se tuvieron que utilizar y desarrollar diferentes técnicas y metodologías de plantación que permitan el adecuado prendimiento y desarrollo de los árboles bajo las condiciones adversas de los suelos de la Zona Federal del Ex-lago de Texcoco.

## 1. INTRODUCCION

Es innegable que día con día crecen en el Distrito Federal y área Metropolitana los problemas de contaminación, derivados éstos de las necesidades de la enorme población, que parece no detener su crecimiento, en un espacio cada vez más limitado y las acciones que contrarresten esta elevada contaminación no han surtido la efectividad deseada y el medio ambiente se deteriora, siendo para la población más difícil de soportar esta situación

Desde varios años atrás han surgido programas de carácter ecológico, que si bien es cierto, son ambiciosos y abarcan la solución a varios problemas, no han sido cristalizados y son diversos los factores que han intervenido para esto, siendo sobre todo el carácter o medio político con que son utilizadas, lo novedoso sin considerar consecuencias, corrupción, falta de presupuesto, programas truncados cambio de política etc

Una de las respuestas actuales al problema de la contaminación en el área metropolitana, que por su desarrollo y ubicación geográfica la constituyen los trabajos que se realizan en la Zona Federal del Ex-lago de Texcoco, sustentándose éstos en las experiencias de más de 25 años, desde la creación del Plan Lago de Texcoco en 1971, a la fecha con el Proyecto Lago de Texcoco, dependiente de la Comisión Nacional del Agua

## **2. OBJETIVOS**

### **General**

Forestar en forma intensiva y extensiva la Zona Federal del Ex-Lago de Texcoco, en condiciones de suelos salinos-sódicos

### **Particulares**

2.1 Evaluar las diferentes técnicas de acondicionamiento de suelos que se realizan en la zona federal del Ex-lago de Texcoco mediante los resultados de sobrevivencia, prendimiento y desarrollo de los árboles plantados.

2.2 Definir las prácticas de acondicionamiento de suelos más adecuadas técnica y económicamente para continuar la forestación masiva e intensiva de la Zona Federal del Ex-lago de Texcoco

2.3 Dar recomendaciones en cuanto a las prácticas más adecuadas de acuerdo con la problemática de los suelos de la zona.

### 3. ANTECEDENTES

El lago de Texcoco integrante del sistema lacustre del Valle de México, era uno de los más grandes llegando a cubrir el 20 % de la superficie total, también uno de los más antiguos y sus aguas presentaban la característica de ser salobres. Debido a lo anterior, desde la época prehispánica se construyeron obras para evitar el mezclado de sus aguas con las de los otros lagos de agua dulce, tal como el dique de Netzahualcóyotl o albarradón de los Indios. En esta época el lecho del vaso del Lago de Texcoco presentaba una altitud media inferior a la de la Cd. de México, sin embargo, debido a los hundimientos de ésta última esta situación se invirtió provocando que durante la época de lluvia debido a la torrencialidad de las mismas se presentaran grandes inundaciones y acumulación de azolves en las partes bajas, dicho problema se agravó debido al crecimiento poblacional de la ciudad. Para controlar las inundaciones se proyectaron obras para iniciar la desecación de los lagos tales como Tajo de Nochistongo (1608-1822), Túnel de Tequixquiac (1630-1866), Gran Canal de Desague (1879-1910), Desviación combinada (1914-1929), Túnel Nuevo de Tequixquiac (1937-1947), Emisor Poniente (1959-1964) y el Drenaje Profundo de la Ciudad de México (1967-1975) (Mallen, 1994).

De esta manera se evitó el problema de las inundaciones, pero se acentuó el de la falta de agua, por lo cual se tuvieron que perforar pozos profundos para satisfacer las necesidades de la creciente población, esto a su vez provocó un mayor hundimiento de la ciudad.

En el caso de los lagos más jóvenes, al quedar descubierta la superficie, ésta fue habitada o cubierta por vegetación natural, no sucediendo lo mismo en el lecho del Ex-lago de Texcoco, ya que la desecación dejó al descubierto

extensas zonas de suelos salino-sódicos. Lo anterior, aunado al hecho de que se depositaban de manera desordenada las aguas negras provenientes de la Cd de México, ocasionaba que durante la época de estiaje se presentaran tolvaneras en la zona, gigantescas nubes de polvo, sales y detritus que contaminaban el aire del área metropolitana del Distrito Federal y su zona conurbada, provocando malestar y enfermedades en sus habitantes (Llerena, *et al.*, 1989)

Como una respuesta del Ejecutivo Federal ante esta problemática en 1971, creó el Plan Lago de Texcoco ahora Proyecto Lago de Texcoco de la Comisión Nacional del Agua, el cual tenía en sus inicios como uno de los objetivos principales el mejoramiento de las condiciones ambientales, evitando las tolvaneras que se generaban en la zona; realizar las obras necesarias para llevar a cabo el control, manejo y aprovechamiento de los recursos hídricos de la cuenca, además del desarrollo integral de la zona. Para lograr lo anterior y después de varios estudios se definió el establecimiento de una cubierta vegetal para evitar la contaminación del aire, el encauzamiento y ordenamiento de los ríos de la parte oriental de la cuenca que confluyen a la zona y de las corrientes de aguas negras de las zonas urbanas que desembocaban en el área (Cruickshak, 1994)

Estos objetivos se han cumplido de manera satisfactoria, razón por la que a partir de 1992 dio inicio a la segunda etapa del Proyecto Lago de Texcoco, en la cual se plantea como uno de sus objetivos principales el establecimiento de especies forestales de manera masiva e intensiva utilizando millones de árboles y abarcando cientos de hectáreas respectivamente. Para poder cumplir con este objetivo se han realizado una serie de trabajos tendientes a determinar la metodología más apropiada para lograrlo (GLT, 1992)

Tomando como antecedentes los estudios realizados por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales (INIF) en coordinación con la Universidad Nacional

Autónoma de México y el Colegio de Postgraduados de Chapingo, en la zona federal del Ex-lago de Texcoco y los trabajos de forestación realizados desde 1981 con especies de tipo halófito (*Tamara* spp. *Casuarina equisetifolia*, *Atriplex* spp., etc.) sobre canales de riego. El presente trabajo se enfocó al análisis de los resultados y avances obtenidos en las plantaciones realizadas desde 1992 bajo diferentes condiciones de suelo obtenidas mediante la realización de prácticas de acondicionamiento barbecho, rastreo, formación de bordos, acarreo de suelo con características más favorables en cuanto al contenido de sales y sodio, etc. en el prendimiento y desarrollo de los árboles.

Por la ubicación y colindancia de la Zona Federal del Ex-lago de Texcoco, en relación con el área urbana, este programa constituye potencialmente a mediano y largo plazo una alternativa para disminuir los efectos de la contaminación en los habitantes del área urbana ya que funcionará como un pulmón que oxigene el aire que respira la población.

El desarrollo de este trabajo se detalla en el presente escrito resaltando nuevamente que las tecnologías aquí descritas fueron originadas por el personal técnico que labora en el Ex-lago de Texcoco, en base a estudios y experiencias adquiridas.

### 3.1 Características de los Suelos del Ex-Lago de Texcoco

Los suelos del Ex-Lago de Texcoco, formados por la acumulación de azolves provenientes de la parte alta de la cuenca oriental del Valle de México, entre los que se encuentran una capa de ceniza volcánica, presentan características físicas y químicas que los hacen especiales. En el Cuadro 1 se comparan dichas características con las de los suelos normales.

**Cuadro 1. Comparación de las características físicas y químicas de un suelo normal con las del suelo del Ex-lago de Texcoco.**

Característica	Suelo normal	Suelo del Ex-lago
Conductividad eléctrica (mmhos/cm a 25 °C)	0-4	8-120
Porcentaje de sodio intercambiable (%)	0-15	20-99
pH (0-14)	6.5-7.5	8.5-11
Nivel freático (m)	> 2.5	0-2.0
Conductividad hidráulica (cm/h)	2.0 - 12.0	0.1 - 2.0
Presencia de una capa de ceniza volcánica	no	si

GLT, 1992

### 3.2 Acciones Realizadas

Debido a lo anterior el Gobierno Federal inicia en 1971 una serie de actividades, respondiendo a dos objetivos fundamentales: primero, regular y aprovechar la descarga de las aguas negras y pluviales provenientes de la cuenca de captación y segundo, evitar daños ambientales originados por la pérdida de cuerpos lacustres de la zona. Respecto al primer objetivo, se ha logrado la regulación de los ríos la Compañía, Churubusco y ríos de Oriente mediante la

creación y operación de los lagos artificiales Churubusco, Regulación Horaria, Xalapango y Nabor Carrillo, los cuales tienen una superficie total de 1,703 ha. Asimismo, se cuenta con tratamiento secundario de aguas negras de 1.5 m<sup>3</sup>/s y un módulo experimental de tratamiento terciario con capacidad de 50 lps (GLT, 1992)

En relación con el mejoramiento ambiental de la zona, inicialmente se enfocaba a evitar las tolvaneras que afectaban a las áreas circunvecinas, lo cual se ha logrado al reducir en gran medida mediante el establecimiento de una cubierta vegetal con especies de tipo halófito, principalmente pasto salado (*Distichlis spicata*)

De acuerdo con los logros y los ajustes de los programas anuales de trabajo que se ejecutan en la zona, se han ido reorientando las actividades, surgiendo objetivos complementarios como son conservar y mejorar la operatividad del sistema de lagos artificiales como regulador de las corrientes que capta, ampliar la capacidad de tratamiento y reutilización de aguas residuales, establecer un equilibrio entre los elementos ecológicos de la zona, abatiendo daños ambientales y de salud que repercuten en la población, fomentar y proteger el establecimiento de nichos ecológicos para la fauna silvestre, incluyendo especies acuáticas migratorias, mejorar la arquitectura del paisaje creando condiciones adecuadas para el establecimiento de áreas verdes con posibilidades de esparcimiento, operar en forma eficiente y sanitaria las áreas destinadas al control de desechos sólidos y regular el crecimiento urbano en las áreas aledañas (Tome, 1995)

### **3.2.1 Programa de pastización**

El programa de pastización se realizó y se sigue realizando en la actualidad, en su totalidad con el pasto salado (*Distichlis spicata*), el cual es un pasto originario

de la zona. A continuación se dan algunas características de dicho pasto, así como la metodología definida para su propagación en la zona

### **Características Generales del Pasto Salado (*Distichlis spicata*) L. Greene.**

#### *Características botánicas*

Familia	Gramineae
Subfamilia	Festucoideae
Tribu	Festuceae
Género	<u>Distichlis</u>
Especie	<u>spicata</u> (L) Greene

#### *Descripción.*

Planta perenne, con rizomas fuertes extendidos, tallos rígidos de 10 a 40 cm de altura; hojas numerosas opuestas, en vainas apretadas sobrepuestas, puntiagudas, de menos de 10 cm de largo, panícula color pálido verdoso, de 1 a 6 cm de longitud, espigas con 5 a 9 flores de 6 a 10 cm de largo, comprimida, producción de estolones por arriba o por abajo de la superficie del suelo

Este pasto posee características que facilitan su desarrollo en arcillas compactadas y suelos inundados (Hansen *et al.*, 1976 citado por Mellik, 1979) estas características son:

- Rizomas puntiagudos con numerosas células silíceas
- Red aerenquimatosa en los rizomas y vainas de las hojas y raíces

En la anatomía del pasto salado destacan las incrustaciones de sílice en las células de la epidermis y los espacios intercelulares de sus tallos y raíces. Presenta en las hojas dos tipos de estomas, los ocultos y los expuestos, además

de las glándulas salinas compuestas de dos células ubicadas dentro de la epidermis de las hojas

En cuanto a la fisiología, el pasto salado puede sobrevivir bajo condiciones de elevadas concentraciones de sales y sodio en el suelo, asimismo, es resistente a periodos prolongados y alternados de sequía e inundación

#### *Distribución*

El pasto salado se encuentra reportado en lugares con altas concentraciones de sales, como son los valles endorreicos litorales y esteros costeros y las ciénegas salinas. En Estados Unidos se distribuye de Nueva Escocia a Florida y Texas, y de la Columbia Británica a California; también se encuentra en Cuba y la Vertiente del Pacífico de Sudamérica. En México ocupa franjas lacustres, se extiende en los estados de Chihuahua, Coahuila, Durango, Zacatecas, San Luis Potosí, México y Tlaxcala

#### **Características agronómicas y zootécnicas.**

##### *Agronómicas*

La plantación se realiza por medio de material vegetativo. Esto debido a que por las altas concentraciones de sales y sodio del terreno, la semilla del mismo no germina, por lo cual no se puede llevar a cabo la propagación del mismo vía semilla

A continuación se describe la metodología que se ha desarrollado en la zona federal del Ex-Lago de Texcoco para su establecimiento y propagación

- Se realiza la preparación del terreno consistente en barbecho, rastreo, surcado y formación de bordos melgueros
- Se elige una zona en donde el pasto se desarrolle con normalidad, para utilizarla como banco de préstamo

- Utilizando una pala recta se extraen del banco de préstamo los "cepellones" o tepes; los cuales son cubos de suelo de 20 X 20 X 30 cm los cuales contienen tallos, raíces y rizomas del pasto
- Los tepellones" o tepes" se llevan al sitio donde se va a efectuar la plantación por medio de remolques y tractor
- La plantación se realiza utilizando una pala recta con la que se abre un hoyo en donde se depositan los tepes" La separación entre los mismos de 1 m La densidad de siembra es de 2.500 cepellones/ha
- Cuando la zona no cuenta con riego, se recomienda efectar la plantación al inicio de la temporada de lluvias para asegurar un adecuado prendimiento Aunque se logra una mayor producción forrajera con el sistema bajo riego

En caso de que se cuente con riego se recomienda aplicar de tres a cuatro riegos anuales para asegurar el prendimiento del mismo, con un intervalo de dos meses entre riegos, suspendiendo los mismos en la época de máxima lluvia. La lámina por aplica, dependerá de las condiciones climatológicas de la zona

También se realiza colecta de semilla, la cual es germinada en vivero y posteriormente plantada en el lugar definitivo En este caso se utiliza sueto con características similares a las del terreno es donde se va a plantar, pero menos drásticas, con esto último se aumenta la sobrevivencia del pasto una vez que se trasplanta

#### *Zootécnicas*

El pasto salado es un forraje pobremente pastoreado por la fauna silvestre y en forma regular por el ganado

El Cuadro 2 muestra el rendimiento diario y el porcentaje de proteína y fibra cruda, efectuando cortes de pasto salado en el Ex-lago de Texcoco.

**Cuadro 2. Producción, composición química en base seca del pasto salado (*Distichlis spicata* L. Green) con diferentes periodos entre cortes.**

PARAMETROS	PERIODO ENTRE CORTES (Días)						
	7	14	21	28	35	42	49
Rendimiento diario (kg/ha)	44.2	23.2	32.6	43.3	45.9	47.7	50.7
Proteínas cruda (%)	19.7	18.4	21.6	20.1	18.6	18.8	15.8
Fibra cruda (%)	23.3	22.6	23.1	24.5	23.6	24.1	26.1
Digestibilidad de la materia seca (%)	45.3	45.7	44.2	43.4	38.5		

Garza Treviño, datos sin publicar.

Con período entre cortes de 7 y 14 días no hubo recuperación de forraje. En bovinos, se obtuvo ganancia promedio de peso vivo de 413 g/animal/día, en un lapso de agosto a noviembre. En invierno obtuvo ganancias de 16.8 g/animal/día. En ovinos en pastoreo invernal obtuvo un promedio de 34.1 g/animal/día de ganancia de peso.

Mellink *et al.* (1979) encontraron que con tres diferentes tratamientos no se cubren los requerimientos nutricionales de los ovinos, por lo que es recomendable bajo estas condiciones de manejo se suplementen dietas que cubran sus deficiencias nutricionales.

Se ha encontrado que el porcentaje de proteína cruda disminuye de 15 % el 30 de julio a 5 % el 20 de septiembre, permaneciendo después constante. El Cuadro 3 muestra la composición química del pasto salado.

**Cuadro 3. Composición química del pasto salado (*Distichlis spicata* L. Greene)**

PARAMETROS	AUTOR	
	1	2
Materia seca (%)	100.0	100.0
Materia orgánica (%)	-	95.5
Cenizas (%)	12.3	4.5
Fibra cruda (%)	31.2	13.4
Extracto entero (%)	2.1	2.7
Extracto libre de nitrógeno (%)	45.6	69.2
Proteína cruda (%)	8.8	10.2
Proteína digestible (%)	4.5	6.5
Energía digestible (ovino) (cal/kg)	2,205	3,470
Energía metabolizable (kcal/kg)	1,808	2,840
Nutrientes digestibles, totales	50.0	78.7

1 Consejo Nacional de Investigación (NCR, 1975)  
2 McDowell et al., 1974

### 3.2.2 Pruebas de forestación

Como una práctica complementaria a los trabajos de pastización, a partir de 1981, se han realizado trabajos de forestación, siguiendo la metodología de los bordos, es decir, plantar los árboles en el talud interno de los canales de riego, en donde se mantiene constante la humedad.

El material vegetativo utilizado fue el que se produce en los viveros del Proyecto Lago de Texcoco, atendiendo a las recomendaciones de estudios realizados con anterioridad en cuanto a las especies que mejor se adaptan al suelo de la zona.

En 1989 se inició la formación de bosquetes y barreras arboladas en zonas que se rellenaron con suelo de la Cd. de México, proveniente de las excavaciones del sistema de transporte colectivo metro. En estas áreas que ocupan más de 20

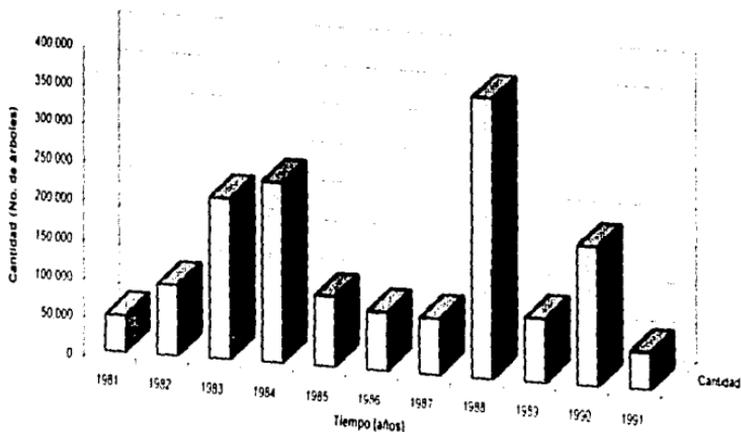
ha, sido posible la plantación de otras especies arbóreas diferentes de Tamarix, ya que las condiciones físicas y químicas de los suelos son mejores que las que prevalecen en la zona. En el Cuadro 4 se muestra la cantidad de árboles plantados por el Proyecto Lago de Texcoco, sobre los taludes de los canales de riego de las zonas pastizadas y en áreas con relleno de material proveniente de otras partes, correspondientes al periodo de 1981 a 1991, en los cuales se ha registrado una sobrevivencia promedio de 48 %

**Cuadro 4. Plantación de árboles en la zona Federal del Ex-lago de Texcoco (1981-1991)**

Año	Cantidad de árboles
1981	47,240
1982	91,445
1983	207,705
1984	233,400
1985	91,213
1986	75,790
1987	73,200
1988	361,628
1989	82,342
1990	180,576
1991	47,503
<b>TOTAL</b>	<b>1,492,042</b>

La variación que se observa en la cantidad de árboles plantados se debe principalmente a la heterogeneidad en el presupuesto asignado al Proyecto y en específico al área de forestación. Asimismo, durante este periodo el objetivo principal era la pastización y la forestación se veía como una práctica de apoyo a la misma. En la gráfica 1 se muestra esquemáticamente la variación de estos datos.

Gráfica 1. Cantidad de árboles plantados en la Zona Federal del Ex-lago de Texcoco (1981-1991)



### **3.2.3 Prácticas de mejoramiento de suelos**

Paralelamente a los trabajos antes mencionados, se han llevado a cabo prácticas de recuperación de suelos salino-sódicos, tendientes a mejorar las condiciones del mismo a un nivel tal que se asegure un adecuado prendimiento y desarrollo de las especies vegetales que se planten y buscando la diversificación de las especies que aquí se establecen. Las especies de árboles que actualmente se están utilizando en los programas de forestación son las del género Tamarix, Casuarina, Eucalyptus y Atriplex ya que son las que han demostrado una mejor adaptación a las condiciones de los suelos de la zona. A continuación se describen de manera general las prácticas de mejoramiento de suelos realizadas en la zona.

#### **Vegetativas**

La pastización es en sí una práctica de mejoramiento de suelos, ya que con las raíces del pasto se logra romper la capa de jaboncillo que se localiza en el perfil del suelo, una vez que esta capa de ceniza volcánica entra en contacto con el aire, se inicia el proceso de deshidratación que es irreversible y ayuda a la transformación de los sedimentos en suelos. Además, debido a que las praderas de pasto se utilizaron como potreros para el pastoreo extensivo, los animales depositaban en el suelo materia orgánica, misma que se incorporaba al suelo a través del pisoteo de los mismos animales, por lo cual en estos sitios el desarrollo del pasto fue bueno.

#### **Mecánicas**

- Subsoleo

Para romper la capa de ceniza volcánica que en algunos sitios se localiza desde los 40 cm de profundidad, se realiza el subsoleo profundo, buscando además invertir el perfil del suelo y con ello provocar aireación y la deshidratación del suelo.

- **Formación de bordos**

Con la formación de bordos tipo canal se busca proporcionar al árbol una mayor profundidad de suelo en donde pueda desarrollar su sistema radicular. En base a un estudio interno efectuado con árboles establecidos sobre los canales de riego, se observó que éstos sólo desarrollan su sistema radicular a una profundidad de 70 cm, que es donde inicia el jaboncillo.

Con la formación de bordos, también se logra la remoción del suelo, ayudando con ello a la aireación, intemperización y lavado de sales de la zona de raíces

### **Hidrotécnicas**

- **Construcción de una red general de drenes a cielo abierto**

La finalidad de la red fue el abatimiento del nivel freático de la zona para propiciar con ello condiciones de aireación más adecuadas a las especies vegetales que aquí se desarrollan. Lo anterior, mediante la evacuación de los excesos de agua producto de la lluvia o del riego, a través del bombeo de la misma al canal de sales que cruza por la parte oeste de zona

- **Construcción de drenaje subterráneo a nivel parcelario**

Se definieron "módulos" de prueba en los cuales se instalaron drenes parcelarios subterráneos entubados y a cielo abierto, para estos últimos se utilizaron diferentes materiales de conducción y filtros. En ambos tipos de drenes se probaron diferentes espaciamientos. Los primeros resultados reportados indican que hubo un mejor funcionamiento de los drenes subterráneos entubados que los construidos a cielo abierto, ya que durante la construcción de estos últimos existen derrumbes del terreno, lo cual dificulta y obstruye el funcionamiento de los mismos. En cuanto al material se probó el barro cocido y los tubos de albañal, siendo éstos últimos los que presentaron mayor durabilidad. En lo que se refiere a los filtros, se utilizaron las pacas de

forraje, tezontle y grava. Siendo la combinación de los dos últimos los que mejor funcionaron.

En cuanto a la separación, se encontró que ésta es inversamente proporcional a la cantidad de sales evacuadas. Por lo cual se recomienda analizar el óptimo económico a fin de elegir aquella que evacue sales y permita disminuir costos. La separación promedio de estos drenes fue de 60 m.

A partir de 1992 se ha llevado a cabo la construcción de drenaje parcelario en la zona federal de manera extensiva con fines de forestación de suelos. La separación promedio entre drenes que se ha utilizado es de 40 m, el material es tubería de PVC de alta densidad de 4" de diámetro con filtro de tela sintética conocida comúnmente como "calcetín".

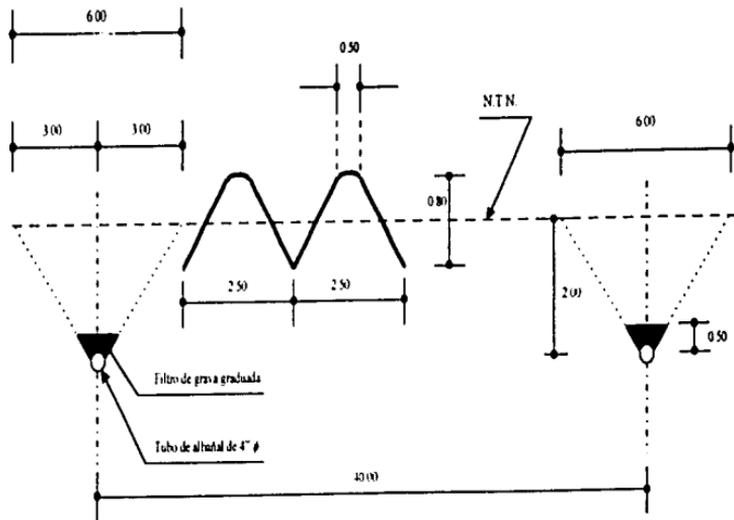
La superficie con subdrenaje hasta 1995 es de 1,190 ha, de la cuales sólo 230 ha se construyeron con la metodología inicial y la mayor parte (960 ha) se ha construido utilizando la metodología definida a partir de 1992. En la Figura 1 se muestra un corte transversal del sistema de drenaje parcelario y los bordos construidos en la zona federal del Ex-lago de Texcoco.

- Aplicación de láminas de lavado de sales

Una vez instalado el drenaje parcelario, se probaron diferentes láminas de lavado de los suelos: 50, 100, 150 y 200 cm por ciclo del cultivo, resultando la de 150 cm mejor en cuanto a la cantidad de sales evacuadas (Serrano, *et al.*, 1982).

### **Químicas**

Aplicación de mejoradores químicos para eliminar el exceso de sodio intercambiable. Debido a sus características químicas los suelos de la zona se clasifican como suelos salino-sódicos, es necesario llevar a cabo la aplicación de mejoradores químicos que permitan la evacuación de los excesos de sodio.



Notas:

- Aproximaciones en metros
- NTN Nivel de Terreno Natural

UBICACION DE DRENES PARCELARIOS Y BORDOS PARA FORESTACION

Figura 1. Corte transversal del sistema de drenaje parcelario y bordos.

En general no se encontró diferencia significativa en cuanto al compuesto químico utilizado. En la zona se han realizado aplicaciones de azufre, yeso, cal, Polisul, Ac Sulfúrico, y combinaciones de estos

## **4. REVISION BIBLIOGRAFICA**

### **4.1 Conceptos Básicos**

#### **4.1.1 Definición de suelos salino-sódicos**

Los suelos salinos han sido descritos e inclusive se les han dado nombre como el de alcali negro, manchas lisas y nieve de verano, estos nombres vienen de la apariencia que estos suelos tienen en la superficie. Con el aumento de la concentración de sales en el mismo, se impide el crecimiento de las plantas. Si el pH del suelo es alto, los coloides orgánicos se dispersan formando charcos negros como de petróleo. Al secarse, el suelo queda con costras negras en la superficie. Límites arbitrarios de contenido de sal (CE) y porcentaje de sodio intercambiable (PSI), son establecidos en la ciencia del suelo para definir suelos salino sódicos. En lo que al contenido de sal se refiere, se ha tomado el valor de la conductividad eléctrica (CE) de 4 mmhos/cm en el extracto de saturación del suelo a 25 °C, para diferenciar entre un suelo salino y uno normal, y en cuanto al por ciento de sodio intercambiable (PSI), el límite es de 15 %. De esta manera se tienen cuatro diferentes clasificaciones de suelo. Suelo normal (CE < 4 mmhos/cm y PSI < 15), suelo salino (CE > 4 y PSI < 15), suelo salino-sódico (CE > 4 y PSI > 15); suelo sódico (CE < 4 y PSI > 15)

Estos parámetros, como se mencionó anteriormente se han establecido de manera arbitraria, por lo cual para definir el grado de afectación de un suelo hay que tomar en cuenta otros aspectos, como son el origen de la salinidad, las propiedades físicas del suelo, factores climáticos, el tipo de cultivo a establecer, el agua de riego, etc.

#### **4.1.2 Respuestas y adaptación de las planta a los excesos de sal en el suelo**

La excesiva acumulación de sales se puede considerar el factor edáfico más importante, que limita la distribución de las plantas en los hábitats naturales y ocasiona severos problemas a la agricultura

Esto se debe fundamentalmente a tres procesos principales asociados con los hábitat salinos, como lo es un estrés hídrico alto, más un potencial hídrico negativo (alta presión osmótica) del medio radicular, iones tóxicos específicos asociados con un excesivo consumo de cloruros y sodio, y un desequilibrio en el balance de nutrientes causado por un exceso de sodio o cloruro conducen a una disminución en la adsorción de potasio, nitrógeno, fosfato o bien dificulta la distribución interna de estos iones

A consecuencia de estas concentraciones extremas de iones las halófitas manifiestan un número de vías por las cuales deben responder a cambios morfológicos, fisiológicos o bioquímicos para su sobrevivencia

##### **Respuestas morfológicas**

Se ha observado que la salinidad afecta el crecimiento radicular, y un pobre crecimiento radicular en suelos salinos se asocia con una deficiencia de calcio (Ca). La salinidad además de afectar el crecimiento de la raíz, también ejerce efectos adversos sobre el tallo y hojas, por lo cual es importante conocer la tasa de extracción y la actividad de la superficie fotosintética pues la clave determinante en la productividad de las plantas. El desarrollo de la lámina foliar, su tamaño y forma, dependen de los patrones coordinados de división y alargamiento por la constitución de células que son genéticamente controladas, pero modificadas de acuerdo a las condiciones medioambientales (Kriedmann, 1986, citado por Aceves, 1979)

Una de las manifestaciones principales de las plantas establecidas en suelos altamente salinos es una disminución considerable en su tamaño, el follaje presenta un color verde azulado y en ocasiones se presentan en el terreno manchones sin planta que pueden ser indicadores de las mayores concentraciones de sal en el suelo. Estos manchones se relacionan más directamente con la etapa de germinación ya que en la mayoría de las plantas la acumulación de sales alrededor de las semillas impiden su germinación. Sin embargo, las sales tienen otros efectos directos que no se relacionan con la presión osmótica de la solución del suelo, sino que son efectos específicos que ocasionan daños tóxicos en la planta a nivel enzimático o nutricional (Daubemire, 1979)

### **Adaptaciones fisiológicas**

#### *Mecanismos que operan en la raíz*

La conducción de cloruro de sodio (NaCl) hacia las ramas de la planta es facilitado por un transporte pasivo y favorecida por la transpiración lo que indica un acoplamiento entre el flujo total del volumen y el volumen total del soluto, durante los movimientos radiales a través de la raíz o bien a un aumento en las fuerzas de difusión de la conducción de iones en el xilema

La tasa de movimiento hídrico a través de la raíz, determinado por la transpiración tiene dos efectos importantes sobre la conducción de iones; el primero de ellos es la concentración local de la exclusión de iones en la región de la superficie radicular y en el apoplasto del cortex causado por el flujo de masas de la solución externa dentro de la raíz, lo cual incrementa el estrés sal/agua experimentado por la planta; el segundo, es el paso del flujo de solutos dentro de la vía xilema, vía la endodermis inmadura y/o a través de las raíces dañadas que pueden ser afectadas, con este aumenta la proporción relativa de iones de sodio.

Se ha interpretado este tipo de relaciones sugiriendo que los iones de la raíz llegan pasivamente al xilema con el fluido de la transpiración y un ligero incremento en la transpiración serviría a la reducción del flujo de iones del xilema al tejido cortical y consecuentemente al libre transporte a los sitios para la absorción de iones externos

Existe una extensa variación en el transporte de sales a través de las raíces, entre cultivos y entre plantas por lo que la entrada excesiva de sales necesita de un ajuste osmótico

Además la concentración de  $\text{Na}^+$  en la materia seca de la raíz y tallo aumenta con el nivel de salinidad. Siendo probable que la respiración de la raíz está relacionada con el daño del tallo que posiblemente lleva una reducción en el suministro de carbohidratos y no a la acumulación de  $\text{Na}^+$  en la raíz

Concluyendo que la variación en el transporte de sales es una propiedad de las raíces necesarias para mantener la tasa de respiración y constante la concentración interna

También se ha establecido que el estrés salino reduce el crecimiento de la planta por causa de los efectos osmóticos sobre la disponibilidad hídrica, y también por los efectos tóxicos de los iones de las sales. Además el estrés salino inhibe la conducción y transporte de nutrientes minerales como el calcio en plantas no halófitas

El efecto del estrés salino sobre el nutriente calcio es particularmente interesante, ya que el calcio es un factor importante, en la resistencia de las plantas al estrés salino. El calcio además es esencial en la selectividad de los procesos de transporte en la membrana celular.

### *Mecanismos que operan en el tallo*

Las típicas diferencias en la sensibilidad a las sales de NaCl dentro de especies y variedades de plantas de cultivo, están relacionadas con las diferencias en la traslocación de Na y Cl dentro del tallo y particularmente en hojas. Una baja concentración de Na y Cl, es regulada por la raíz aun cuando existan elevados niveles de Na y Cl en el sustrato. Para el Na hay evidencias de la traslocación por el tallo a través de la raíz, y este flujo solo puede contribuir a bajos niveles de Na dentro del tallo (González y Vázquez, 1994)

Se ha argumentado que no hay evidencias directas sobre los efectos específicos de la sal sobre el tallo, sino que las evidencias existentes son indirectas. Una de estas evidencias es la rapidez con la cual la expansión de la hoja se restablece después del movimiento de las sales en el medio radicular. Señalan, que las sales no son tóxicas dentro del tallo y que solo limitan el crecimiento, ya que la concentración de sales dentro del tallo no disminuye. Este argumento es aplicado a las células en expansión que se encuentran en el tallo debiendo existir un crecimiento celular lento, una vez que son removidas del medio radicular (asumiendo que el suministro de sal en el floema y xilema cesa inmediatamente)

### *Mecanismos que operan en la hoja*

Uno de los efectos obvios del estrés salino es la reducción en el crecimiento, seguido por una disminución en la producción. La duración en la exposición al estrés también juega un papel importante en los procesos de recuperación adaptación a la salinidad.

La reducción del crecimiento es ocasionada por niveles de salinidad que pueden estar definidos por el desvío de asimilados en el mantenimiento de respiración, pudiendo servir como un criterio para la evaluación de la habilidad de la planta para responder al estrés. Hay una tendencia a correlacionar la respiración con

las relaciones con las energéticas en el medio salino, principalmente por el acoplamiento entre la respiración y conservación de energía

La actividad fotosintética es el mayor factor en la determinación del crecimiento y producción de materia seca por lo que se ha estudiado la sensibilidad de la fotosíntesis a la salinidad en diferentes cultivos

Por lo tanto la reducción de la fotosíntesis en plantas estresadas resulta de la combinación de varios factores incluyendo un aumento estomático, resistencia mesofílica y un decremento en el área foliar total, además de una reducción en la tasa de respiración

Los estomas como estructuras foliares de las plantas son el mecanismo por el cual se regulan en gran parte las relaciones hidrocarbónicas entre la planta y el medio aéreo ya que a través de ellos pasa la mayor parte de  $\text{CO}_2$  que penetra en las hojas y también por este medio se difunde la mayor parte de vapor de agua hacia la atmósfera

Elevadas concentraciones de  $\text{NaCl}$  pueden reducir el crecimiento por un déficit hídrico o un exceso de iones, por lo que en algunas plantas glicófitas ocurre el ajuste osmótico como una respuesta fundamental de las células, las cuales son expuestas a la salinidad y es necesario para la sobrevivencia y el crecimiento bajo condiciones salinas. El ajuste osmótico en respuesta a la salinidad es el resultado de la acumulación de solutos que ocurre a través de la toma de solutos y/o a la síntesis de compuestos orgánicos. La identificación de los solutos, los cuales se acumulan hacia el esclarecimiento de los mecanismos bioquímicos y fisiológicos, los cuales son responsables de la regulación del ajuste osmótico

Las típicas halófitas utilizan el  $\text{Na}$  y el  $\text{Cl}$  como principal elemento en el ajuste osmótico, si bien los solutos orgánicos aparentemente tienen un papel importante en el balance de la presión osmótica del citoplasma, son la válvula, dentro de la cual mucho del  $\text{Na}$  y  $\text{Cl}$  idealmente es compartimentalizado. En

respuesta a niveles moderados de salinidad, algunas plantas glicófitas muestran la exclusión de Na y Cl como un mecanismo de tolerancia, usando en lugar de la síntesis la acumulación de compuestos orgánicos para el ajuste osmótico

#### *Efectos de las sales en diferentes etapas de crecimiento*

Las altas concentraciones de sales inorgánicas en el medio del crecimiento retardan el desarrollo de muchas plantas, dependiendo de la naturaleza de las sales presentes, el estado de crecimiento y la tolerancia a las sales o mecanismos de evitación en los tejidos de la planta

Se ha reportado que los iones de Cl<sup>-</sup> son responsables de la inhibición en la germinación de la semilla de la variedad de trigo "Jowar" y en la germinación de la semilla de zacate salado (*Distichlis spicata*) una planta altamente tolerante

Existen plantas resistentes a la salinidad durante la germinación, como sucede con la remolacha que es relativamente tolerante a las sales, sin embargo, en el estado de germinación es sensible a la salinidad

También se presentan plantas resistentes a la salinidad durante la etapa de germinación, como es el caso del arroz que germina bajo condiciones de salinidad, pero en el estado de plántula es más sensible a las sales que pueden ser en ocasiones letales

Según Aceves (1979), las plantas bajo condiciones de salinidad no crecen debido a que las sales afectan la división celular y provocan el endurecimiento 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 pueden definir como el grado al cual las plantas se pueden desarrollar

Una de las manifestaciones principales de las plantas establecidas en suelos altamente salino es una disminución considerable de su tamaño, el follaje presenta un color verde azulado y en ocasiones se presentan en el terreno manchones sin planta que pueden ser indicadores de las mayores concentraciones de sal en el suelo. Estos manchones se relacionan más directamente con la etapa de germinación ya que en la mayoría de las plantas la acumulación de sales alrededor de la semilla impide su germinación. Sin embargo, las sales tienen otros efectos directos específicos que no se relacionan y que ocasionan daños tóxicos.

#### **4.2 Características de Tamarix sp.**

##### **Origen y distribución geográfica del género Tamarix.**

El género Tamarix es originario de Euroasia y África pero algunas especies se introdujeron y se han naturalizado extensivamente en América. Dentro de éstas se tienen reportadas las siguientes especies T. aphylla (L.) Karst., T. aralensis Bunge, T. canariensis Willd., T. chinensis Hour., T. gallica L., T. parviflora D.C., T. ramosissima Ledeb. (Pedraza, 1985).

Este mismo autor menciona que el área 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 África, también incluye las Islas Canarias y el sur de África. Dentro de estas zonas se tienen reconocidas 54 especies.

La especie T. parviflora se localiza en Turquía, Grecia, Islas Creta, Yugoslavia, Albania, se introdujo y naturalizó en Italia, Córcega, España y Argelia. Esta especie recibe también el nombre de T. tetrandra por Mc Clintock, esta especie responde fácilmente al ser cultivada (Sorge, 1993).

Los nombres comunes de Tamarix son tamarisco, taray, plumerillo y abeto salado, es un árbol o arbusto dicotiledonio de la familia Tamaricaceae, es originario del norte de Africa y Asia Occidental (USDA, 1964), el género incluye unas 75 especies, dependiendo de la cual puede ser caducifolio o perenne, generalmente su hábito de crecimiento es esférico y de copa abierta Usualmente es de poca altura, algunas especies apenas alcanzan 3 a 5 m, la más alta es el T. aphylla puede alcanzar hasta 15 m La raíz es más bien superficial aunque se reporta que puede crecer lateralmente más de 30 m y hasta 10 m de profundidad en dunas de arena (Pedraza, 1988)

Las hojas de Tamarix son pequeñas y envolventes, las flores también son pequeñas de color rosado, siendo en algunas especies muy vistosas, estas son bisexuales y presentan cuatro o cinco pétalos y sépalos, de cuatro a diez estambres y de tres a cuatro estigmas (SEDENA, 1994)

El fruto de Tamarix es capsular, con muchas semillas, las cuales pueden transportarse mediante el viento a grandes distancias por su tamaño y por la presencia de vilano Sin embargo, la propagación por semilla es poco común en este género, por el corto periodo de viabilidad (SEDENA, 1994)

Todas las especies de Tamarix son halófitas, siendo su principal adaptación para ello la eliminación de sales mediante secreción glandular Algunas especies del género presentan hasta 2.000 de estas glándulas por centimetro cuadrado, siendo con frecuencia la excreción salina tan alta que en atmósfera seca cristaliza

Los iones que más excreta el Tamarix son los cloruros y el sodio (Pedraza, 1986) También se reporta que la transpiración de Tamarix en medio salino, siempre que la disponibilidad de agua sea amplia, y por otro lado, se ha observado que esta planta bajo ciertas condiciones absorbe humedad del ambiente durante la noche.

Debido a su facilidad para propagarlo vegetativamente, el Tamarix ha sido distribuido ampliamente desde tiempos antiguos y en años recientes se ha utilizado extensivamente para reforestación de hábitats áridos semisalinos, de todo el mundo y en la formación de barreras rompevientos (Flinta, 1960). Generalmente prefiere suelos arenosos semisalinos, aunque algunas especies crecen mejor en suelos pesados, no es muy tolerante a las heladas. En cuanto a su utilización, el Tamarix se usa en prácticas contra la erosión y en algunos casos con fines de ornato. Flinta (1960) menciona que se puede utilizar como combustible, en la construcción de muebles y en el caso particular del T articulata para la producción de taninos.

#### **Requerimientos edáficos y climáticos**

##### *Edáficos*

La mayoría crece en suelos arenosos. T aphylla 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 muy bien en suelos arenosos. T aphylla es muy resistente a los suelos salados; crece en Pakistán en suelos con el 5 a 10 % de arcilla, el 30 % de arena fina y el 75 % de arena gruesa, la capa freática, a una profundidad mayor de 30 m, pero también crece donde está cerca de la superficie (Flinta, 1960).

##### *Climáticos*

Se adapta a la región climática árida con 100 a 375 mm de lluvia anual, con inviernos más secos (w), sobreviviendo donde hay solamente una lluvia en promedio anual de 100 mm, pero su crecimiento óptimo es con 350 a 500 mm anuales. El T aphylla se recomienda en Australia para cultivarlo en áreas secas de 175 mm anuales; la mayoría de las especies de Tamarix crecen muy bien donde se tienen temperaturas altas, siendo las temperaturas máximas de 43 °C y la mínima temperatura de 5 °C (FAO, 1980, citado por Mejía, 1993).

### 4.3 Estudios e investigaciones realizadas en la zona

A partir de 1974 el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales (INIF) conjuntamente con la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y el Colegio de Postgraduados (CP) elaboraron el "Plan de Trabajo e Investigación" basado en las siguientes premisas (Cedillo, 1974)

- Las especies arbóreas que han resistido más el alto contenido de sales y sodio del suelo son *Tamanx plumosa* y *Casuarina equisetifolia*
- No es posible la adaptación de especies arbóreas a nivel del suelo por la profundidad del nivel freático y la capilaridad del suelo es imprescindible la construcción de bordos
- La metodología que se proponga no debe involucrar el lavado químico de los suelos ni la construcción de macetas individuales por el costo que esto representa
- Cualquier solución que se plantee, deberá involucrar el área problema en su totalidad.

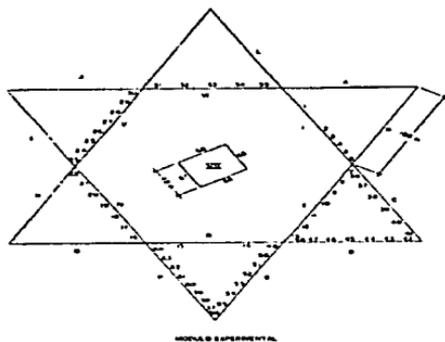
Teniendo en cuenta los principios anteriores, se elaboró un programa que involucraba la construcción de una red de bordos de diferentes dimensiones y materiales formando una retícula con ejes perpendiculares a la dirección de los vientos dominantes (NE 60° ) y ejes siguiendo el drenaje natural espaciados a 300 m, en la Figura 2 se observan unidades de operación de forma hexagonal estrellada que se le denominaron "módulos"; las especies que se plantaron fueron *Casuarina equisetifolia* y *Tamanx plumosa*, en cepa común sin otro tratamiento que un riego de auxilio en la época seca (30 litros por semana por planta). La fecha de plantación fue de marzo a junio, la cantidad 7,000 arbolitos de un año de edad. Los resultados obtenidos mostraron que la especie que

mayor sobrevivencia presentó fue la de Tamarix plumosa así mismo se observa una cubierta vegetal herbácea en forma de invasoras, lo bastante grande como para esperar que en las condiciones más severas de la zona problema la solución en cuanto a árboles, son precisamente estas especies implantadas sobre la corona de bordos y auxiliadas con riegos mínimos

Rascón (1979) evaluó el establecimiento de Casuarina equisetifolia, Eucalyptus sp., Tamarix sp. y Schinus molle previo un lavado al suelo y con mejoradores (yeso, azufre, estiércol y composta) Obteniendo un porcentaje de sobrevivencia mayor con la utilización de mejoradores químicos

Garzón (1986) prueba la construcción de bordos de diferentes dimensiones (hasta 7.5 m<sup>2</sup> de sección transversal), plantando especies de Tamarix plumosa, Casuarina equisetifolia y Atriplex sp. En los resultados obtenidos se observa que se tuvo una alta mortandad, resultado de la severa limitante de los suelos de la zona para el establecimiento y desarrollo de cualquier tipo de árbol

La Dirección General de Protección y Repoblación Forestal, encargada de la forestación semi-extensiva del Ex-lago, a partir de 1972 y hasta 1981 logró establecer plantaciones de Tamarix sp. y Atriplex sp. sobre bordos, en un área de aproximadamente 40 ha, utilizando en parte material de otras zonas para relleno y regándolos con agua de buena calidad de un pozo profundo, a la fecha subsisten 2 bosquetes de 5 ha cada uno (bosquete Peceras y bosquete "Anexo lago"



Clave de Tratamientos  
 I, A - bordos.  
 2, B, C - talas.  
 1, 2, 3 - tratamientos

Figura 2. Módulo Experimental en forma hexagonal.  
 Fuente: Cedillo, 1974.

Pedraza (1988) realizó una evaluación de la plantación efectuada de 1981 a 1985, las cuales se hicieron siguiendo la metodología desarrollada por Llerena en 1981, dicha metodología consiste en plantar los árboles en el talud interno de los canales que se utilizan para el riego de las áreas pastizadas con zacate salado (*Distichlis spicata*), en donde debido a lo anterior se puede mantener la humedad casi constante, proporcionando con esto condiciones favorables para el establecimiento y desarrollo de los árboles. Se evaluó más de medio millón de árboles, reportando una sobrevivencia promedio del 48 %

## 5. DESARROLLO

Los trabajos se efectuaron en su totalidad en terrenos de la zona federal del Ex-lago de Texcoco

### 5.1 Descripción de la zona

#### Localización Geográfica.

La zona Federal del Ex-Lago de Texcoco se ubica en la mesa central en la República Mexicana, dentro de la cuenca del Valle de México, entre las coordenadas 19° 22' a 19° 37' de latitud Norte y 98° 54' a 99° 03' de longitud Oeste (Figura 3), con una altitud media de 2,200 msnm

#### Clima

De acuerdo con la clasificación climática de Kopen, modificada por Enriqueta García para México, la zona presenta un clima Bskw (x) (t) semiseco, con verano fresco y lluvioso. De acuerdo con los datos de la estación meteorológica [Campamento Central], se registran los siguientes valores medios (1979-1995) de los principales elementos climáticos

- Precipitación media anual 520 mm
- Temperatura media de 15.6 °C.
- Evaporación de 2,200 mm
- Vientos de 9 a 11 m/s de febrero a Mayo

#### Geología

Como resultado de los estudios realizados en la perforación del pozo geológico Texcoco y el hallazgo del conglomerado Texcoco, se ha supuesto que la cuenca se formó como consecuencia del levantamiento de las rocas cretácicas a finales de la Revolución Laramide, lo que permitió el almacenamiento de agua



**Figura 3. Localización a nivel Nacional de la zona federal del Ex-lago de Texcoco.**  
 Fuente: Vázquez y Salas (1990).

y la formación de varios lagos. Los materiales geológicos hasta los 180 m de profundidad que caracterizan a la zona, están constituidos por estratos predominantemente arcillosos, aunque desde luego existen también lechos arenosos, limosos y en menor cantidad los orgánicos. Esto último, se debe muy probablemente a las condiciones de fuerte salinidad que han prevalecido a través de la historia del lago, de tal forma que han limitado las condiciones de vida adecuadas para el crecimiento de vegetación de pantana de forma abundante, que pudiera proveer los depósitos de materia orgánica. Dentro de esta planicie también hay sedimentos de origen químico y biológico; entre los primeros se tienen evaporitas, sulfatos, carbonatos de calcio, hidróxidos de fierro, etc., entre los biológicos se encuentran restos de organismos animales y vegetales acuáticos, como son ostracodos, moluscos y las diatomeas (Velázquez, *et al.*, 1980)

### **Hidrología**

Sobre el lecho del Ex-Lago de Texcoco se concentran los escurrimientos de los siguientes ríos: San Juan Teotihuacán, Papalotla, Xalapango, Coxacoaco, Texcoco, Chapingo, San Bernardino, Santa Mónica, Coatepec, San Francisco, La Compañía y Churubusco.

Una característica de las aguas subterráneas de la zona, es la existencia de un acuífero de alta concentración salina, localizado alrededor de los 30 m de profundidad (Velázquez, *et al.*, 1980).

### **suelo**

Aun cuando técnicamente las depósitos aluviales que se localizan en el sitio de estudio no son suelos, éstos se clasifican como "Inceptisoles" por ser de formación reciente. De acuerdo con la carta de DETENAL los suelos de la zona

se clasifican como Solonchak gléyco en fase sódica y con textura fina Geológicamente es un suelo lacustre La parte profunda del suelo tiene arcillas amorfas (alofano) que trae como consecuencia que el agua que fluye de los drenes y ríos abastecedores, con altos contenidos de sales, no se infiltre, sino que se evapore depositando sales en el suelo (Mellick y Quintanilla, 1979)

De acuerdo con Velázquez (1980), las características generales de los suelos del Ex-Lago de Texcoco son las siguientes se encuentran en terrenos planos y se clasifican como salino-sódicos, con valores de pH que varían de 7.8 a 10.5, siendo los más frecuentes de 9 a 10 La conductividad eléctrica varía de 0.337 a 87 mmhos/cm Las texturas dominantes son las francas aunque varían de arena francosa a arcillas Con respecto a los perfiles del suelo, generalmente se identifican tres estratos un horizonte A, caracterizado por la presencia de raíces; una capa localmente denominada "jaboncillo" altamente salina y sódica, húmeda de color verde a rojizo, una capa de color negro de textura arenosa

### **Vegetación**

Las comunidades vegetales que se distinguen en el área son pasto salado (*Distichlis spicata*), romerito (*Suaeda nigra*), zacahuistle (*Eragrostis obtusiflora*), en menor proporción se encuentran plantas del género *Bouteloua*, *Muhlenbergia*, *Hordeum* y *Cynodon*

## **5.2 Metodología de trabajo**

Las técnicas de acondicionamiento de terreno para la forestación seleccionadas para realizar el muestreo y evaluación durante el presente trabajo fueron las siguientes: plantación de árboles en terreno natural, bajo condiciones de temporal; plantación de árboles en áreas con subdrenaje, bordos y riego, y plantación de árboles en zona de relleno con material de otras zonas, bajo condiciones de temporal.

A continuación se da la descripción de cada una de las técnicas de acondicionamiento de terreno y de la metodología de plantación.

### **Plantación de árboles en terreno natural, bajo condiciones de temporal**

Se analizó la información proporcionada por el plano de vegetación aparente de la zona federal del Ex-lago de Texcoco y los datos de niveles freáticos, para correlacionar la información anterior, se realizó un recorrido de campo. Los sitios que se eligieron fueron aquellos en los que se observó la presencia de abundante pasto salado, así como de otras especies diferentes a éste, ya que esto se considera un indicativo de la mejoría de los suelos al permitir a especies menos resistentes a las sales su establecimiento y propagación. Asimismo, se seleccionaron sitios en donde la profundidad del nivel freático se mantuviera por abajo de 1.0 m durante la mayor parte del año. Los sitios específicos para forestación bajo estas condiciones cubren una superficie de 150 ha, las cuales se localizan en partes altas del microrelieve, donde los niveles freáticos son mayor a los 1.0 m, presentan una cobertura vegetal de 80 a 100 % constituida por pasto salado, zacahuistle, eragrostis y otras especies herbáceas anuales. Por las características señaladas, estos sitios presentan un menor grado de afectación salina.

Los árboles que se utilizaron se produjeron en los viveros del Proyecto Lago de Texcoco, en el vivero "Anexo Lago"

La plantación se llevó a cabo en el periodo de lluvias, comprendido en los meses de junio a septiembre, utilizando especies del género *Tamarix* sp., con una densidad de 2.500 árboles/ha plantándose en marco real de 2 x 2 m, en cepas de 25 x 25 cm construidas con pala recta compactando con el pie alrededor del árbol una vez que se ha llenado la cepa, con el fin de fijar mejor el árbol al suelo, los sitios seleccionados se observan en la Figura 4

#### **Plantación de árboles en áreas con subdrenaje, bordos y riego.**

Se efectuó la plantación en áreas que ya contaban con subdrenaje parcelario, así como con infraestructura de riego y drenaje general, para permitir la aplicación continua de agua y el arrastre de sales mediante el sistema de drenaje y lograr mantener el nivel freático por abajo de la zona radicular

La práctica de construcción de bordos se lleva a cabo para aumentar la capa de suelo disponible para el desarrollo del sistema radicular de los árboles. Además de acuerdo con los estudios realizados con anterioridad se ha observado que esta práctica aumenta la sobrevivencia de los árboles. Esta segunda alternativa se llevó a cabo en una superficie de 250 ha, las cuales cuentan con subdrenaje parcelario y suministro de riego continuo, para la construcción de los bordos con las dimensiones requeridas (2.50 m de base x 0.50 m de corona, Foto 1), se utilizó un tractor agrícola de 140 HP con doble rodada trasera e implemento modificado canaleta" (Foto 2). En la Figura 5 se observa la disposición en planta del drenaje parcelario, en la cual se aprecia la separación entre drenes, la ubicación de los bordos. Cabe señalar, que para evitar filtraciones durante el riego, sobre la línea del subdrenaje parcelario no se construye bordo,

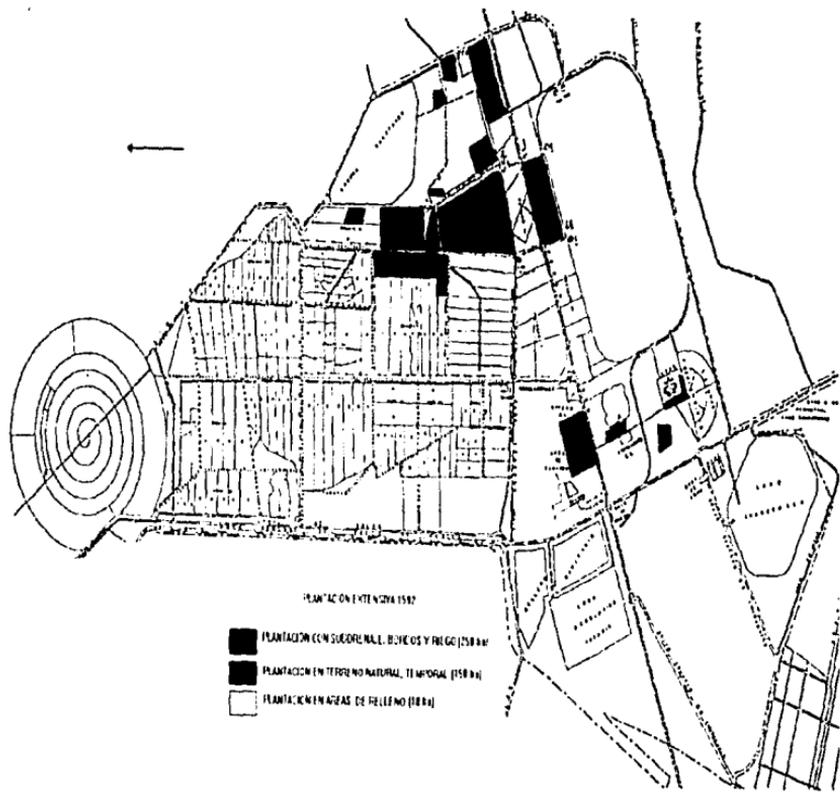


Figura 4. Localización de los sitios de plantación extensiva 1992.

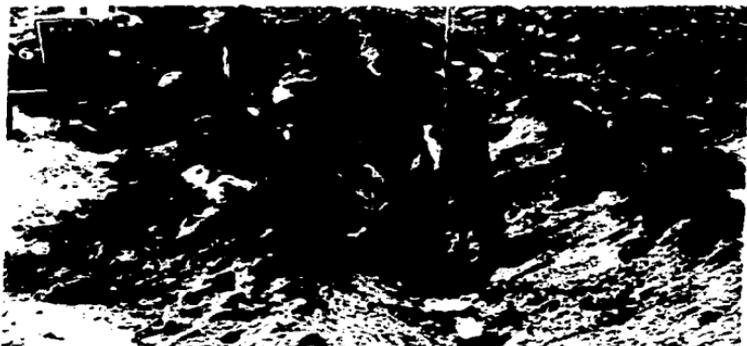
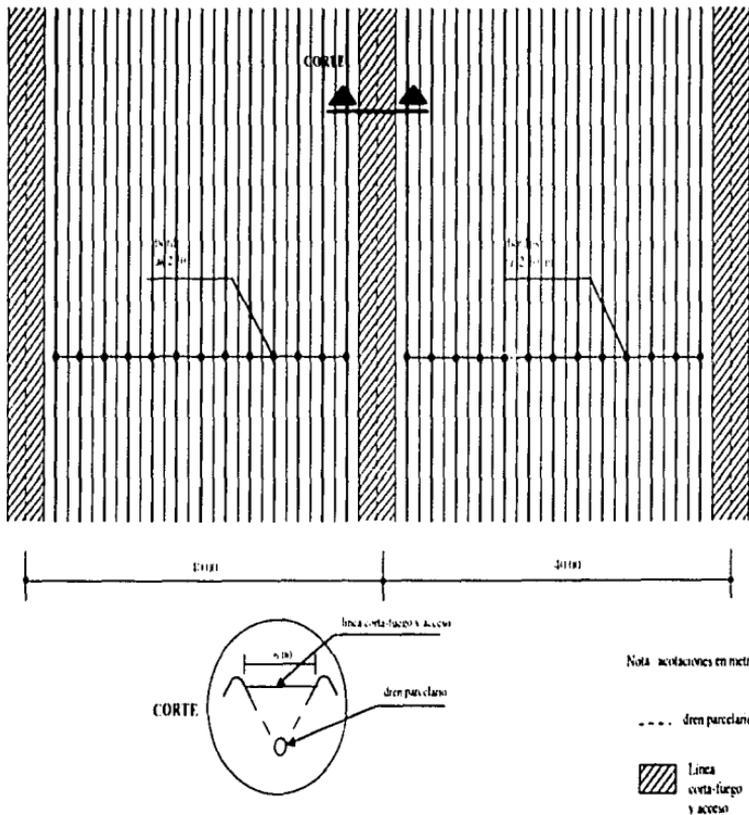


Foto 1 Bordes para plantación: 2,5 m de base, 1,5 m de altura y 0,5 m de corona



Foto 2 Maquinaria agrícola utilizada para formación de bordos de plantación



VISTA EN PLANTA DE SISTEMA DE DRENAJE PARCELARIO Y BORDOS PARA PLANTACION DE ARBOLES

Figura 5. Distribución de los bordos de plantación y sistema de drenaje parcelario

esto sirve para formación de calles que permitan el acceso de los tractores que transportan la planta desde el vivero a los sitios de plantación

Con la construcción de bordos se pretende aumentar la vida útil del árbol, ya que se proporcionan condiciones favorables como son disponibilidad de una capa de suelo más profunda y humedad constante. con lo anterior, se ejerce un abatimiento de sales en la superficie por medio de la infiltración del agua en el suelo que es evacuada a través del subdrenaje parcelario construido

El árbol queda establecido en ambos taludes del bordo, en cepas cavadas a 20 cm arriba de la línea de mojado del riego que corresponde aproximadamente a las 2/3 parte de la altura del bordo, Figura 6 Con esto se logra que el árbol quede ubicado en la parte del bordo donde se tiene la menor concentración de sales, ya que las sales que logran ascender por capilaridad quedan en la corona del bordo Estableciéndose en un arreglo a tres bolillo, las especies manejadas fueron principalmente *Tamarix* sp y en menor porcentaje *Casuarina* sp y *Eucalyptus* sp, con una densidad promedio de 2,500 árboles/ha

La ubicación de los sitios en los cuales se aplicó esta técnica se observan en la Figura 4.

#### **Plantación de árboles en zonas de relleno con material de otras zona, bajo condiciones de temporal.**

Se utilizaron las áreas disponibles para efectuar esta práctica, ya que la preparación de las mismas es tardado por tratarse de materiales no homogéneos que en ocasiones acarrean una gran cantidad de escombros y varillas que dificultan la colocación y el extendido del material sobre el terreno.

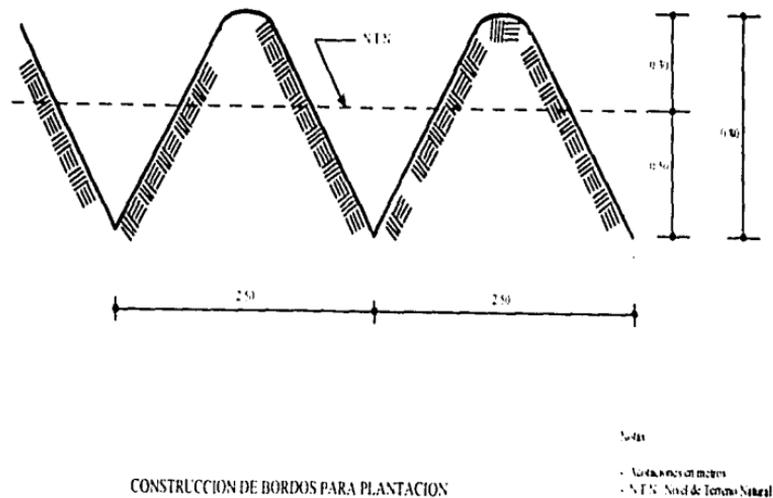


Figura 6. Ubicaci3n del 6rbor sobre el bordo de plantaci3n y dimensiones de 6ste 6ltimo.

La superficie disponible está en función de los programas de trabajos del Departamento del Distrito Federal, que es el encargado de efectuar estos trabajos

El espesor de la capa de suelo formada es de 1 0 m como mínimo, la superficie destinada para la forestación fue de 10 ha, estableciéndose en el periodo de lluvias (junio-septiembre)

Tomando en cuenta que las características físicas y químicas del suelo utilizado para el relleno son mejores que las del terreno natural, se utilizaron otras especies de árboles menos resistentes a las sales como son *Eucalyptus spp* , *Casuanna spp* y *Cupresus spp* , la plantación se hizo en bloques, alternando las diferentes especies de árboles, en un arreglo de marco real de 3 x 3 m, con una densidad promedio de 1,200 árboles/ha

El método de plantación fue similar a los anteriores casos, únicamente se modificaron las dimensiones de la cepa (40 x 40 cm) debido a la presentación del envase. La ubicación de los sitios seleccionados para llevar a cabo esta metodología se indican en la Figura 4

### **5.3 Recopilación de Información y Análisis de Resultados**

La metodología utilizada para llevar a cabo el análisis de los resultados obtenidos se describe a continuación

#### **Recopilación de información a nivel de campo**

Se llevo a cabo un muestreo, a los dos años de plantados, de manera aleatoria sistemática de los sitios donde se probaron las diferentes Técnicas de acondicionamiento de terreno. Los parámetros empleados para determinar la sobrevivencia del árbol fue la presencia de brotes y hojas, así como la coloración del follaje del árbol.

## **Evaluación**

La evaluación de los resultados se realizó llevando a cabo un conteo del prendimiento de los árboles que sobrevivieron en cada una de las condiciones antes descritas. El criterio utilizado para definir el número de individuos vivos fue la presencia de brotes de hojas verdes o la manifestación de tejidos húmedos y flexibles en el tallo. El conteo se hizo mediante un muestreo aleatorio simple, siguiendo las líneas de plantación sobre los bordos y en el caso de los árboles plantados en terreno natural y relleno siguiendo la alineación, tomando en cada caso un 2 % de la muestra total de árboles plantados.

## 6. RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 5 se muestran los resultados obtenidos con las diferentes técnicas de plantación efectuadas.

**Cuadro 5. Resultados obtenidos por sitio y técnica de plantación.**

Técnica de plantación*	Sitio de plantación	Superficie (ha)	Arboles plantados	Arboles vivos**
1	Anexo Venados y Vivero	45 00	61,526 00	18,765 00
1	Tepetzingo	3 00	4 000 00	2 345 00
1	Laguna Xalapango Centro	6 00	8,000 00	2 016 00
1	El Oriente	30 00	57 217 00	17 654 00
1	Cárcamo Oriente	3 00	4 000 00	1 033 00
1	Texcoco Norte	14 00	29,000 00	6 542 00
1	Laguna Xalapango Caseta	4 50	4 000 00	1 099 00
1	Colector de Ríos	6 00	8 000 00	2 390 00
1	Laguna Xalapango Bordo	3 00	12 000 00	5 673 00
1	Camino Oriente	3 00	14 000 00	5,468 00
1	Lago Recreativo	6 00	13 000 00	2,576 00
1	Planta de Tratamiento	8 00	22 000 00	8 734 00
1	Anexo Granja Avícola	5 00	16 000 00	4 510 00
1	Bordo Nabor Carrillo	2 50	68,000 00	18 715 00
1	San Felipe	5 00	6 090 00	1 316 00
1	Anexo Tubera	6 00	4 000 00	1 054 00
	<b>Subtotal</b>	<b>150.00</b>	<b>330,743.00</b>	<b>99,880.00</b>
2	Tubera	35 00	78 608 00	46 900 00
2	Potrero Oriente	104 00	160 880 00	95 308 00
2	II-A Oriente	8 00	14 650 00	6 805 00
2	III-B Oriente	25 00	60 150 00	37,180 00
2	P. III Nabor Carrillo	36 50	78 074 00	49,203 00
2	III A- Oriente	17 00	29 000 00	16,453 00
2	Bordos de canales p/riego	24 50	82,000 00	50 211 00
	<b>Subtotal</b>	<b>250.00</b>	<b>503,362.00</b>	<b>302,060.00</b>
3	Anexo Lago Recreativo	6 00	1,505 00	1,430 70
3	Venados	4 00	1 504 00	1 270 88
	<b>Subtotal</b>	<b>10.00</b>	<b>3,010.00</b>	<b>2,701.58</b>
	<b>Total</b>	<b>410.00</b>	<b>837,115.00</b>	<b>404,641.58</b>

\* 1= Terreno natural, 2= Con subdrenaje, bordos y riego, 3= Con suelo de relleno

\*\* En el momento de la evaluación (dos años)

En el Cuadro 6 Se observa un resumen de los resultados de prendimiento obtenidos de acuerdo con el tipo de técnica aplicada

**Cuadro 6. Resultados obtenidos de acuerdo al tipo de Técnica de acondicionamiento del terreno.**

Tipo de práctica	Superficie (ha)	Género	No. de individuos plantados	Porcentaje de prendimiento
Terreno natural	150	<u>Tamarix</u>	349,526	30
Con subdrenaje parcelario, bordos y riego	250	<u>Tamarix</u>	484,579	65
		<u>Casuarina</u>		
		<u>Eucalyptus</u>		
Con suelo de relleno bajo temporal	10	<u>Eucalyptus</u> <u>Casuarina</u> <u>Cupressus</u>	12,000	90

#### **Plantación de árboles en terreno natural, bajo condiciones de temporal**

En este cuadro se observa que los árboles que se plantaron en condiciones de terreno natural, presentaron el porcentaje de sobrevivencia menor, así mismo tuvieron un pobre desarrollo tanto de tallos como de hojas, teniendo un crecimiento promedio de 50 cm. las hojas presentaban una coloración amarillo verdosa con quemaduras en los ápices y bordes de las mismas, el desarrollo del sistema radicular fue relativamente poco con longitudes de 15 a 20 cm, con quemaduras las raicillas más alejadas (Foto 3), sin embargo, si se considera que las plantaciones se efectuaron en zonas donde la inversión fue mínima, los

resultados obtenidos se consideran satisfactorios, y se tomara como alternativa para trabajos subsecuentes. Es importante mencionar que la elección de los sitios para llevar a cabo esta técnica es determinante ya que en función de esto estarán los resultados que se obtengan, resaltando aquí la experiencia de los Técnicos del Proyecto

#### **Plantación de árboles en áreas con subdrenaje, bordos y riego.**

En el caso de las plantaciones que se realizaron en áreas con subdrenaje parcelario, sobre bordos y con riego continuo, se obtuvo un 65 % de sobrevivencia y se observó un adecuado desarrollo de los árboles, presentando una buena adaptabilidad, manifestándose tanto en la altura promedio que fue de 85 cm, así como por la presencia de un mayor contenido de follaje, ramas y brotes vegetativos, las hojas presentaron una coloración verde intenso y el desarrollo del sistema radicular fue mayor que en el caso anterior, permitiendo un mayor arraigamiento del árbol al suelo, en la Foto 4 se observa un área con árboles plantados utilizando esta técnica

#### **Plantación de árboles en zonas con material de relleno, bajo condiciones de temporal.**

Finalmente en las zonas de plantación con relleno de material procedente de las excavaciones del metro de la ciudad de México, se tuvo un prendimiento del 90 %, el desarrollo general de los árboles fue superior al de las dos condiciones mencionadas anteriormente, la cantidad de ramas, follaje y brotes fue mayor (Foto 5). Aquí es importante hacer la anotación de que los trabajos de excavación, transporte, colocación y acabado del material de relleno son por



Foto 3 Desarrollo de los árboles plantados en terreno natural



Foto 4 Desarrollo de los árboles plantados con subdrenaje, bordes y riego



Foto 5 Desarrollo de los árboles plantados en zonas de relleno



representa costo alguno. También es importante mencionar que a largo plazo se pueden presentar problemas de ensalitramiento de los suelos debido al ascenso capilar de las sales por ser principalmente arcillas las que componen estos materiales.

La técnica de plantación que más se ha utilizado es la de bordos con riego y subdrenaje. En la Figura 7 se observan las superficies en las cuales se ha utilizado dicha metodología. En el Cuadro 7 se muestran los resultados de las plantaciones efectuadas en la zona federal del Ex-lago de Texcoco de 1992 a 1996, dichos datos se observan en la Gráfica 2.

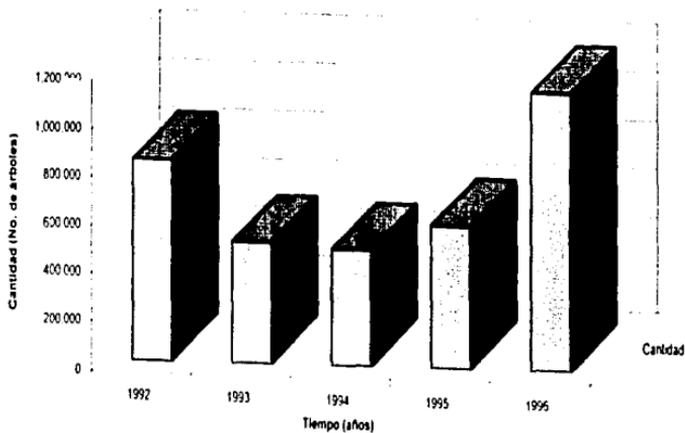
**Cuadro 7. Cantidad de árboles plantados en la zona federal del Ex-lago de Texcoco, por parte de la Comisión Nacional del Agua (1992-1996).**

<b>Año</b>	<b>Cantidad</b>
1992	834,405
1993	500,000
1994	477,385
1995	591,100
1996	1,148,140
<b>Total</b>	<b>3,551,030</b>

Con lo cual, se tiene un total de árboles plantados por el Proyecto Lago de Texcoco, durante el período 1981-1996 de 5,043,072 árboles, en una superficie de 758 ha.



**Gráfica 2. Cantidad de árboles plantados en la Zona Federal del Ex-lago de Texcoco (1992-1996)**



Durante 1995, se realizó otra evaluación de las plantaciones (efectuadas bajo condiciones de subdrenaje, riego y bordos) con el objetivo de determinar el índice de sobrevivencia en los diferentes sitios de plantación. El criterio que se aplicó para identificación de los individuos vivos fue la existencia de al menos un brote de hojas verdes o la manifestación de tejidos húmedos y flexibles en el tallo. El muestreo se realizó siguiendo una línea en dirección de los bordos de plantación. La sobrevivencia estimada oscila de 35.1 a 81.2 por ciento, con cifras intermedias que representan la variabilidad en las condiciones ambientales que prevalecen en cada sitio. Mediante los índices relativos calculados se observa que la mayor sobrevivencia excede 1.3 veces a la menor. El cálculo del promedio ponderado, de acuerdo a las superficies de plantación, indican que la sobrevivencia es de 55.9 % (Informe de plantación 1995 de la Subgerencia de Desarrollo Agropecuario y Forestal).

Considerando los datos anteriores y la cantidad de árboles plantados; asimismo, debido a que la técnica de plantación que se ha utilizado en su mayoría es la de bordos con subdrenaje y riego, en donde se tienen un porcentaje de prendimiento promedio 56 %, se tienen aproximadamente 3,000,000 de árboles vivos en una superficie de 758 ha.

Por parte del Departamento del Distrito Federal se han realizado plantaciones de árboles en áreas de relleno sanitario y bordos de los lagos artificiales, en el Cuadro 8 se indican los sitios, superficies y número de árboles plantados por esta Dependencia.

**Cuadro 8. Cantidad de árboles plantados por el Departamento del Distrito Federal 1992-1996 en la zona federal del Ex-lago de Texcoco.**

Sitio	Géneros plantados	Superficie (ha)	Cantidad de árboles
Ex-tiro Gustavo A Madero y Venustiano Carranza	<u>Casuarina</u> , <u>Eucalyptus</u> , <u>Tamarix</u> , <u>Acacia</u>	31 66	132,995
Periférico III Etapa	<u>Casuarina</u> , <u>Eucalyptus</u> , <u>Tamarix</u> , <u>Acacia</u> , <u>Schinus</u>	21 42	119,178
Colonia del Sol	<u>Casuarina</u> , <u>Eucalyptus</u> , <u>Ligustrum</u>	4 84	3,725
Zona 8 IV Etapa	<u>Casuarina</u> , <u>Tamarix</u> y <u>Acacia</u>	11 95	30,652
Acc Planta de Recicl	<u>Casuarina</u> , <u>Tamarix</u>	32 03	127,324
Aut Peñón- Texcoco	<u>Tamarix</u>	8 00	50,000
Lago Recreativo	<u>Tamarix</u>	15 00	10,000
Diversas partes	Idem a las anteriores	-	24,374
<b>Total</b>		<b>124.90</b>	<b>486,778</b>

Fuente: Responsable de las plantaciones del D D F

De acuerdo con los datos reportados en el cuadro anterior, se observa que en estos sitios se ha plantado una mayor diversidad de especies. La densidad promedio empleada es 3,894 árboles/ha. Considerando un porcentaje de prendimiento del 90 % se tienen 438,100 árboles establecidos, que sumados a los plantados por la Comisión Nacional del Agua a través de la Gerencia Lago de Texcoco dan un total de 3,438,100 árboles en una superficie de 883 ha.

## 7. CONCLUSIONES

- 1.- Las condiciones extremadamente adversas de salinidad y sodicidad que se presentan en los suelos del Ex-Lago de Texcoco, requieren de metodología especiales de acondicionamiento de terreno para llevar a cabo los trabajos de forestación intensiva y extensiva.
- 2.- La plantación de árboles bajo condiciones naturales fue la metodología que presentó los menores prendimientos (30 %); sin embargo, es la que requiere de la menor inversión para efectuar la plantación, por lo cual hay que analizar las zonas en donde sea posible llevarla a cabo.
- 3.- La construcción de bordos para la forestación con las dimensiones utilizadas en áreas con subdrenaje y riego, permitió obtener prendimientos del 65 %, sin embargo, tiene un elevado costo de infraestructura tanto de acondicionamiento de terreno, como de drenaje y riego.
- 4.- El acondicionamiento de terreno mediante relleno, para plantación de brinzales presentó mayores porcentajes de sobrevivencia, sin embargo, al igual que la práctica anterior, su aplicación resulta muy costosa, además de que se tienen que realizar estudios a largo plazo para observar si las sales no ascienden por capilaridad, ocasionando la muerte prematura de los árboles. Esta práctica fue posible llevarla a cabo debido a que los gastos de acondicionamiento fueron proporcionados por el Departamento del Distrito Federal.

5.- La lluvia es un factor determinante en el adecuado prendimiento de los árboles, sobre todo cuando a estos no se les aplican riegos de auxilio.

6.- Los trabajos de forestación contribuirán a mediano y largo plazo al mejoramiento de la calidad del aire en la zona metropolitana, así como a mejorar el aspecto faunístico y escénico de la zona federal, y se creará una barrera física que impedirá la ampliación de la mancha urbana

7.- El acondicionamiento de terreno con relleno permite realizar plantaciones con especies diferentes al género Tamanx

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

## **8. RECOMENDACIONES**

- 1.- Llevar a cabo las plantaciones durante la época de lluvias, para asegurar un porcentaje de sobrevivencia adecuado, en las etapas críticas de adaptación del árbol
- 2.- Tratar de aplicar al menos un riego de auxilio a las zonas en donde se plantan los árboles bajo condiciones de terreno natural, ya que de esta manera se disminuye el estrés inicial provocado por el cambio en las condiciones de vida del árbol, al salir del vivero al sitio de plantación.
- 3 - Aumentar la densidad de siembra en aquellas áreas en las cuales se cuente con riego, ya que esto asegura un buen prendimiento de los mismos, de esta manera se evitarán las replantaciones
- 4.- Continuar con las evaluaciones periódicas de las plantaciones que se efectúen, tomando parámetros como son altura del árbol, desarrollo de follaje e inclusive profundidad radicular.

## 9. BIBLIOGRAFIA

- 1 - Aceves Navarro, Everardo 1979 - **El ensalitramiento de los suelos bajo riego (Identificación, Combate y Adaptación)**. Colegio de Postgraduados Chapingo, México
- 2 - Cruickshank García, Gerardo 1994.- **Proyecto Lago de Texcoco, Rescate Hidroecológico** Comisión Nacional del Agua México, D F
- 3 - Daubenmire F R 1979 - **Ecología Vegetal** Tratado de Autoecología de plantas Editorial Limusa México, D F 495 p
- 4 - Flinta, M C 1960 - **Prácticas de plantación forestal en América Latina** Colección FAO Montes Roma, Italia 499 p
- 5 - Garzón Ceballos, Carlos 1986 **Estudios para la adaptación de especies forestales en el área del Ex-lago de Texcoco** Tesis Profesional Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México, 178 p
- 6 - Gerencia Lago de Texcoco 1992 - **Reporte Interno de Actividades** Subgerencia de Desarrollo Agropecuario y Forestal Campamento Central del Lago de Texcoco México
- 7 - Gutiérrez A, S 1965.- **Estudio para un mejor aprovechamiento del Lago de Texcoco** Tesis Profesional Universidad Nacional Autónoma de México México, D F
- 8 - Gutiérrez Cortes, Ismael Sorge- 1993 - **Determinación del mejor sustrato disponible en la Zona Federal del Ex-Lago de Texcoco para propagación de Tamarix plumosa, bajo condiciones de invernadero y de vivero**. Tesis Profesional. Universidad Nacional Autónoma de México México, D.F.

- 9.- Llerena Villalpando, F. Alberto. 1981. **Desarrollo de una metodología para el establecimiento de cortinas arboladas bajo condiciones naturales en los suelos extremadamente salino-sódicos del Ex-lago de Texcoco**. Reporte Interno. Comisión del Lago de Texcoco. S A R H.
- 10.- Llerena Villalpando, F. Alberto, Rene Martínez Elizondo y Benjamín Sánchez Bernal 1989 - **Aspectos Generales de la cuenca del Valle de México: Evaluación y Perspectivas**. Seminario sobre aguas residuales de la zona metropolitana de la Cd de México. Impactos y Perspectivas. Fundación Friedrich Ebert y Departamento del Distrito Federal. México. D F.
- 11.- Mallen Rivera, Carlos 1994 - **El Lago de Texcoco**. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- 12.- McDowell, L. R.; J. H. Conrad, J. E. Thomas y L. E. Harris 1974 - **Latin America tables of feed composition**. Universidad de Florida, Gainesville, Flo., U.S.A. p. 174.
- 13.- Mellink Bijtel, Eric y Alejandro Quintanilla Nieto 1979.- **Valor nutritivo del zacate salado (*Distichlis spicata* (L.) Greene), producido en el Ex-Lago de Texcoco**. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- 14.- Morales Rodríguez, Juan Arturo. 1980 - **Evaluación del pasto salado (*Distichlis spicata*) como fuente de forraje para rumiantes**. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D F.
- 15.- N.C.R. 1975.- **Necesidades Nutritivas de los ovinos**. Buenos Aires, Argentina. 74 p.
- 16 - Pedraza Ceron, Araceli. 1986 - **Establecimiento y evaluación de barreras arboladas con *Tamarix spp.* en suelos salino-sódicos del Ex-lago de**

**Texcoco** Tesis profesional Universidad Autónoma Chapingo Chapingo, México, 93 p

17 - Peña de la, Idelfonso 1980 - **Salinidad de los suelos agrícolas, su Origen y Clasificación, Prevención y Recuperación.** Boletín Técnico No 10 Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos México

18 - Rascón Rincón R 1979 **Metodología para el establecimiento de cuatro especies arbóreas en el Vaso del Ex-lago de Texcoco** Tesis Profesional Escuela Nacional de Agricultura Chapingo, México 22 p

19 - SARH 1988 **Comisión del Lago de Texcoco.** Proyecto Lago de Texcoco México, Distrito Federal 15 p

20 - Secretaria de la Defensa Nacional (SEDENA) 1994. **Análisis de la semilla de *Tamarix sp*** Reporte interno México, D F

21 - Sosa Cedillo, Roberto 1975 - **Investigación sobre adaptación de especies forestales arboladas en el Ex-lago de Texcoco.** Instituto Nacional de Investigaciones Forestales México

22 - Tome Trujano, Humberto Aurelio 1995.- **Comparación de crecimiento de plantaciones de *Tamarix plumosa* bajo diferentes condiciones en suelos salino-sódicos del Ex-Lago de Texcoco.** Tesis Profesional Universidad Autónoma Chapingo Chapingo, México

23 - USDA 1962. **Diagnóstico y Rehabilitación de suelos salinos y sódicos.** Editorial Limusa México D F 172 p

24 - USDA 1964 **Relación entre Suelo - Planta - Agua.** Editorial Diana México, D F 99 p

25- Vasquez Ruiz, Pablo y Bernardo Salas Salas. 1990.- **Análisis: Freaticométricos en una red de 43 pozos de observación del Ex-Lago de**

**Texcoco, México 1979-1989.** Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.

26.- Velázquez, L. A. y O. P. Luna. 1982. **Estudio Agrológico Detallado del Ex-lago de Texcoco, Edo. de México.** SARH. Comisión del Lago de Texcoco. 135 p.