



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN**

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLAN

TOPICOS SELECTOS DE LA PRODUCCION AGRICOLA ACTUAL.

PROPAGACION MASIVA E INTENSIVA DE *Tamarix* spp

EMPLEANDO LAS METODOLOGIAS EXISTENTES Y VARIANTES,

IMPLEMENTADAS PARA LA FORESTACION EXTENSIVA EN EL

EX-LAGO DE TEXCOCO

TRABAJO DE SEMINARIO

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO AGRICOLA

P R E S E N T A

APOLINAR EDGARDO MORALES JIMENEZ

ASESOR: M.C. EDVINO JOSAFAT VEGA ROJAS

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX., 1997



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 ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

DEPARTAMENTO DE
EXÁMENES 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-Cuatitlán, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el Trabajo de Seminario:

Temas Selectos de la Producción Agrícola Actual. Propagación
Masiva e intensiva de IamariX spp aplicando las Metodologías
Existentes y Variantes Implementadas para la Forestación Extensiva
en el Ex-Lago de Texcoco.

que presenta el pasante: Apolinar Edgardo Morales Jiménez
con número de cuenta: 7944179-7 para obtener el Título de:
Ingeniero Agrícola

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

ATENTAMENTE.

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Comisión Local, Edo. de México, a 17 de enero de 19 97

MODULO:
1º
4º
Asesor

PROFESOR:
M.C. Laura Bertha Reyes Sánchez
Biol. Elva Martínez Holgín
M.C. Edvino J. Vega Rojas

FIRMA:

DEP/VCROSEN

DEDICATORIA

A MI FAMILIA: POR SER LA RAZON DE MI EXISTIR

**FRANCISCO MORALES FLORES
AMADA JIMENEZ GOMEZ**

A MIS HERMANOS.

**AMADA, EDITII, MAYRA, LOURDES, NORMA, CLAUDIA, FRANCISCO, RICARDO
Y SAID.**

A MARIA DE JESUS GOMEZ CHAMIZO

**BUSCA EN EL RITMO DE LA NATURALEZA
LA ARMONIA DE TU ESPIRITU**

NEZAHUALCOYOTL

AGRADECIMIENTOS

AL M.C. EDVINO JOSEFAT VEGA ROJAS POR SU ENSEÑANZA, ORIENTACION Y APOYO.

AL PROYECTO LAGO DE TEXCOCO, POR SER UN EJEMPLO DE LA CAPACIDAD QUE TIENE EL HOMBRE PARA REGENERAR LO QUE EL MISMO DESTRUYE.

A LOS TECNICOS DE LA SUBGERENCIA DE DESARROLLO AGROPECUARIO Y FORESTAL POR EL EQUIPO DE TRABAJO QUE HEMOS CONFORMADO.

INDICE

	Pág.
Resumen.	1
1. Justificación.	2
2. Introducción.	4
3. Objetivos.	5
4. Localización y descripción del área de estudio.	6
5. Revisión de literatura.	11
5.1 Acciones del Proyecto Lago de Texcoco.	12
5.2 Origen y distribución geográfica del género <u>Tamarix</u> .	13
5.3 Requerimientos.	14
5.4 Tolerancia de las especies a la salinidad.	15
5.5 Respuestas y adaptación.	16
5.6 Adaptaciones fisiológicas.	18
5.7 Efecto de las sales en las diferentes etapas de crecimiento.	20
5.8 Propagación por semilla.	21
5.9 Propagación por estaca.	23
5.10 Generalidades de la aplicación de cultivo de tejidos a especies leñosas.	31
6. Propagación asexual via estaca de <u>Tamarix aphylla</u> y <u>Tamarix chinensis</u> .	35
Resumen.	35
Introducción.	35
6.1 Identificación y establecimiento de zonas de extracción de material vegetativo.	36
6.2 Instalaciones y equipo utilizado en la propagación por estaca.	37
6.3 Substrato.	40
6.4 Selección de material vegetativo.	44
6.5 Metodología.	45
6.6 Resultados.	46
Costos para la producción de 1'000,000 de plantas de <u>Tamarix aphylla</u>	49
6.7 Conclusiones.	50
6.8 Metodología de producción de <u>Tamarix aphylla</u> en condiciones de invernadero y vivero en el centro del Ex-Lago de Texcoco.	51
6.9 Recomendaciones.	55

	pág.
7. Metodología de producción de <u>Tamarix chinensis</u> via semilla en los invernaderos y viveros del Ex-Lago de Texcoco.	58
Resumen.	58
Introducción.	59
7.1 Identificación y establecimiento de zonas de extracción de semilla	60
7.2 Instalaciones y equipo utilizado en la propagación por semilla.	64
7.3 Colecta y beneficio de semilla.	64
7.4 Pruebas de germinación con diferentes sustratos.	66
7.5 Cuidados en la siembra.	68
7.6 Sustratos y recipientes para trasplante.	69
7.7 Trasplante.	71
7.8 Cuidados después del trasplante. Costos para la producción de 1'000,000 plantas de <u>Tamarix chinensis</u> .	71
7.9 Conclusiones.	73
7.10 Recomendaciones.	74
8. Desarrollo de una tecnología de micropropagación masiva de <u>Tamarix</u> spp.	80
Resumen.	80
Introducción.	80
8.1 Metodología de producción.	81
8.2 Manejo de la planta original.	81
8.3 Selección de material.	82
8.4 Establecimiento de cultivos asépticos.	82
8.5 Medio de cultivo.	83
8.6 Inoculación.	83
8.7 Multiplicación.	83
8.8 Enraizamiento.	83
8.9 Aclimatación a condiciones de Invernadero.	84
8.10 Conclusiones.	85
8.11 Recomendaciones.	86
9. Resultados Generales.	89
Conclusiones.	90
Recomendaciones.	91
Bibliografía consultada.	92

INDICE DE FIGURAS

Figura	Descripción	pág.
1	Barreras Rompevientos <u>I. aphylla</u> .	39
2	Instalaciones vivero e invernadero.	39
3	Corte de rama para vareta.	56
4	Estacado de vareta.	56
5	Endurecimiento de <u>I. aphylla</u> .	57
6	Ataque de <u>Phytium</u> sp en <u>Tamarix</u> .	57
7	Establecimiento de árboles en bordos.	63
8	Construcción de drenaje agrícola.	76
9	Establecimiento de zonas de arbolado.	76
10	Arboles productores de semilla.	77
11	Semillas de <u>Tamarix chinensis</u> .	77
12	Camas de germinación.	78
13	Plántulas de <u>Tamarix chinensis</u> .	78
14	Endurecimiento de planta en invernadero.	79
15	Sistema de riego por aspersión.	79
16	Planta original en brotación.	87
17	Remojo en solución de hipoclorito.	87
18	Explantos desinfectados.	88
19	Cultivos asépticos de <u>Tamarix</u> spp.	88

INDICE DE CUADROS

Cuadro	Descripción	pág.
1	Clasificación de plantas halófitas.	16
2	Sitios de extracción de rama para corte de vareta.	69
3	Resultados análisis bacteriológicos proceso de composteo.	41
4	Análisis de sustratos y mezclas utilizadas en el vivero.	42
5	Sitios donde se puede recolectar semilla.	61
6	Resultados de porcentajes de germinación en tres diferentes sustratos.	68
7	Características del sustrato tierra lama.	70
8	Efectos del tamaño de explante sobre el porcentaje de contaminación.	84
9	Resultados de las pruebas de aclimatación.	85
10	Resultados Generales.	89

INDICE DE CROQUIS

1	Localización Ex-Lago de Texcoco.	7
2	Localización del vivero centro del lago.	8
3	Ubicación de barreras rompevientos para la extracción de rama para corte de vareta.	38
4	Ubicación de plantaciones de <u>Tamarix chinensis</u> donde se puede colectar semilla.	62

INDICE DE GRAFICAS

1	Estacado con enraizadores condiciones de invernadero.	47
2	Estacado directo en condiciones de invernadero.	47
3	Estacado directo condiciones de vivero.	48

RESUMEN

Con este trabajo se pretende establecer un antecedente y dar las bases de una serie de metodologías de propagación que se han generado en los viveros del Ex-Lago de Texcoco, metodologías que se han desarrollado, por la necesidad de establecer cubiertas vegetales capaces de soportar las condiciones adversas de salinidad que imperan en lo que fue el lago de Texcoco.

Las dos metodologías desarrolladas a nivel intensivo y que se están llevando a la práctica, es la propagación asexual de *Tamarix aphylla* via estacado, con minivaretas de 10-15 cm de longitud y 0.5-1.5 cm de diámetro bajo condiciones de invernadero y utilizando como sustrato tierra lama y estiércol en proporción 9:1. La propagación de ésta especie requiere un tiempo de 7 meses para que la planta adquiera un porte y características adecuadas para poder salir a plantación, en las zonas definitivas de establecimiento.

La especie *T. aphylla* por las condiciones de salinidad que imperan en la zona no produce semilla viable.

También con mucho éxito se está propagando la especie de *Tamarix chinensis* via semilla en condiciones de invernadero y en camas de germinación, la semilla alcanza hasta un 90% de germinación, se trasplanta después de 20-25 días de la siembra en envases de polietileno negro de 13 x 22 cm donde permanece en áreas de crecimiento dentro del invernadero por un periodo de 90 días antes de ser endurecida y trasladada al vivero, donde permanece 60 días más.

El tiempo que requiere la planta para alcanzar un porte y características adecuadas para su plantación en sitio definitivo en campo, es de 6 meses. La propagación por cultivo de tejidos es una opción de las dos formas antes descritas, sin embargo por las instalaciones y equipo especial que requieren y su costo de producción no es recomendable a nivel intensivo.

1. JUSTIFICACION

Los trabajos que se han venido realizando desde 1973 en el Ex-lago de Texcoco para controlar las tolvaneras que se generaban en el área, así como para manejar y aprovechar los recursos hidráulicos disponibles en la zona, han cambiado en forma muy favorable en relación a condiciones inhóspitas que existían en los años sesentas, de tal manera, que se considera que para 1992 se cumplieron en su mayoría los objetivos planteados en la primera etapa del Proyecto Lago de Texcoco.

En 1992 se inició la segunda etapa de este proyecto, el cual contempla entre sus principales objetivos la forestación de miles de hectáreas. Este nuevo programa de carácter eminentemente ecológico motivó la necesidad de iniciar la construcción de viveros e invernaderos para la multiplicación intensiva de miles de árboles forestales, así como desarrollar metodologías particulares de propagación masiva de las especies que mejor se han adaptado a las condiciones extremadamente adversas de salinidad y drenaje que presentan los suelos del Ex-lago. Estas especies son las plantas halófitas del género Tamarix.

Así hasta 1991 los programas anuales que se tenían para la propagación de este tipo de árboles no rebasaba la cantidad de 300,000 por lo que siempre se habían realizado por el método asexual de varetas.

Este método presenta varias limitaciones que impiden llevar a cabo la producción masiva que se pretende hacer, las cuales son:

a) La existencia de árboles de este tipo en la zona para proveer el material vegetativo no es muy abundante; b) una poda intensiva contradice el objetivo de barreras rompevientos para lo cual fueron plantados los árboles; y c) se requiere el empleo de mucha mano de obra para la recolección, preparación y estacado de las varetas.

Estas limitantes propiciaron la búsqueda y desarrollo de alternativas que permitan la propagación masiva e intensiva de Tamarix spp. Dentro de las metodologías de propagación que se han desarrollado en este trabajo se encuentra la reproducción de Tamarix chinensis vía semilla, por ser la única especie de las tres existentes en el ex-lago que produce semilla viable. También se han desarrollado las técnicas de propagación de minivaretas que es una modificación de la técnica tradicionalmente utilizada en la propagación vegetativa de Tamarix spp.

Por lo anterior, este trabajo trata de exponer los procedimientos que se siguieron para llevar a cabo la propagación intensiva de Tamarix chinensis vía sexual y la propagación vía asexual de Tamarix aphylla bajo la técnica de minivaretas.

Ya que consideramos estas dos formas de propagación como alternativas que solucionan la necesidad de propagar intensivamente este árbol y permiten utilizar racionalmente las existencias vegetativas de las áreas arboladas de la zona. Estas alternativas son las que se desarrollan en el presente trabajo.

2. INTRODUCCION

Con la desecación del Lago de Texcoco se dejó al descubierto una superficie de aproximadamente 150 km² de terreno con elevados niveles de salinidad, sodicidad, alcalinidad, mal drenaje y nivel freático salino a poca profundidad, factores que impidieron la colonización vegetal natural del área. La ausencia de cobertura vegetal y la falta de estructura del suelo causadas por un exceso de sales y una elevada alcalinidad, fue motivo de fuertes tolveneras que durante muchos años se generaron en el área, originando serios problemas de contaminación a la Cd. de Mexico y áreas aledañas.

Por su ubicación Geográfica en relación con el área metropolitana, la Zona Federal del Ex-lago de Texcoco constituye un entorno potencial para llevar a cabo diversos programas de beneficio a la ciudadanía; es así que el Proyecto Texcoco depende de la Comisión Nacional del Agua, como institución gubernamental ha realizado diversas acciones, en las que se cuentan, la regulación hidrológica y aprovechamiento de las aguas residuales, la eliminación de tolveneras a través del establecimiento de cubiertas y cortinas vegetales, construcción de lagos artificiales y rellenos sanitarios entre otras.

Desde su creación el actual Proyecto Texcoco se ha dado a la tarea de recuperar la Ecología de la Zona Federal del Ex-lago de Texcoco, actualmente este objetivo se ha reforzado dando un giro con la aprobación en 1992 de la 2^a etapa del proyecto Texcoco que tiene como premisa principal la forestación extensiva de varios miles de hectáreas.

Para este nuevo programa se requiera elevar la producción de arboles de Tamarix spp que es el género de bñzal que mejor prospera bajo las condiciones salino-sódicas de los suelos del Ex-lago.

La tarea de incrementar la producción de varios millones de arboles anualmente llevó a buscar alternativas de propagación diferentes a las tradicionales que únicamente consistían en la multiplicación por vía asexual (vegetativa) con un mínimo de material disponible.

Las nuevas alternativas de propagación que se implementaron fueron la propagación por semilla (sexual) y el cultivo de tejidos (micropropagación) que aunados a los de multiplicación vegetativa con nuevos métodos lograron satisfacer la demanda de plantas requerida; estos procedimientos de propagación se exponen en el presente estudio considerando que las técnicas y metodología empleadas, fueron desarrolladas por el personal de esta institución, CNA.

3. OBJETIVOS

- GENERAL

Propagar en forma masiva e intensiva plantas del genero Tamarix empleando las diferentes formas de multiplicación, con variantes de estas y metodologías modificadas para la forestación extensiva del Ex-lago de Texcoco.

- PARTICULARES

- Identificar la metodología de propagación más eficiente en relación con las características de Tamarix y condiciones medioambientales de la localidad e implementar las técnicas más adecuadas.
- Producir en condiciones de invernadero y viveros, brinzales halófitos adaptables a las condiciones salino-sódicas de la Zona del Ex-lago, Tamarix spp. permitiendo dar suficiencia a las necesidades de material vegetativo, adecuado a las actividades de forestación y replantación.

4. LOCALIZACION Y DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

Localización Geográfica.- La zona de estudio correspondiente a la Zona Federal del Ex-lago de Texcoco, se encuentra ubicada dentro de la Cuenca del Valle de México, la zona comprendida por el Ex-lago de Texcoco se localiza entre los 19° 22'-19° 37' de Latitud Norte y entre 98° 54'-99° 03' de Longitud Oeste de Greenwich, así como entre los 2236 y 2240 m.s.n.m. colinda al Oeste y Sureste con la ciudad de México, comprende parte de los municipios de Chimalhuacán, Texcoco, Nezahualcóyotl y Atenco en el Estado de México (Velazquez, 1981) (Croquis 1).

Topografía.- De acuerdo con Estudios y Proyectos S.A., 1972. El área presenta, 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 cáusticos, los primeros derivados de erupciones volcánicas, y los segundos fueron arrastrados por diferentes corrientes que descargan 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 con problemas de drenaje y de ensaltramiento, así como áreas de inundación (Gutiérrez, 1993).

Clima.- El Vaso del Ex-Lago de Texcoco se encuentra a una altura de 2.236 m.s.n.m., por lo tanto presenta un clima según la clasificación de Koopen modificado por Enriqueta García como BSKW (w) (i), semi-seco, con verano fresco, lluvioso y en invierno lluvias menores al 5% del total anual, temperatura media anual mayor de 18°C. 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 (Sistema Alimetro Mexicano, 1983).

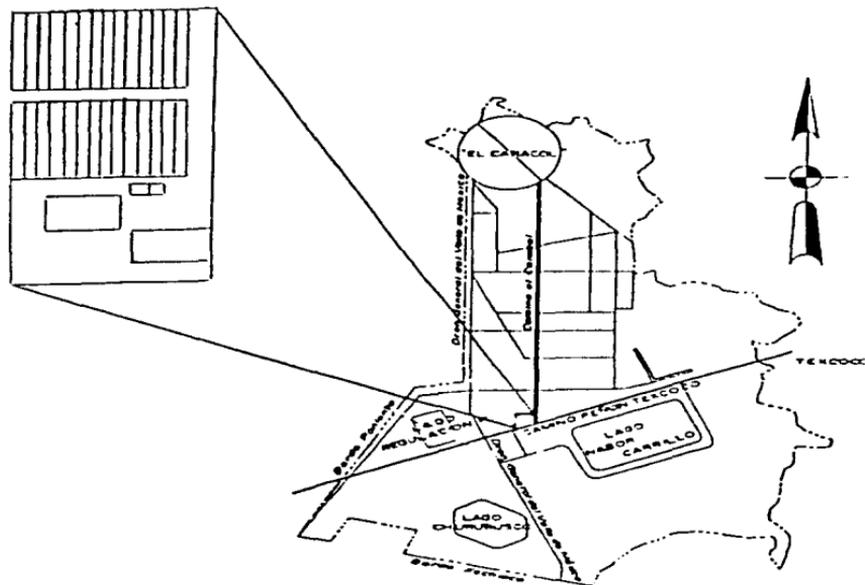
Precipitación.- Comprende un periodo lluvioso de 6 meses, de mayo a octubre con 530.1 mm y un periodo seco de noviembre a abril con 70 mm total precipitación 600.1 mm.

Vientos.- Según Llerena (1982), 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.

Croquis 1. Localización de la Zona Federal del Ex-Lago De Texcoco



Croquis 2. Localización del vivero "Anexo Lago" dentro de la zona federal.



Suelos.- De acuerdo con Becerra (1983), el problema básico que ha limitado el desarrollo vegetal en el área, radica en los suelos. Durante muchos siglos desembocaron en el lago los escurrimientos de las montañas circunvecinas, arrastrando consigo cierta cantidad de sales disueltas y siendo ésta una cuenca cerrada en donde el agua solo tenía salida hacia la atmósfera por evaporación, con el tiempo se produjo una acumulación paulatina de sales. Con la desecación del lago, se dejó al descubierto una superficie de casi 150 Km² con severas limitantes para la colonización vegetal del área, como fueron:

- Elevado contenido de sales solubles registrándose valores de hasta 200 mmhos/cm en el extracto de saturación del suelo, y con una excesiva predominancia de sodio, carbonatos y cloruros.
- Contenidos extremos de sodio intercambiable, cuyos valores comunmente fluctúan entre 50 y 100.
- Fuerte alcalinidad, ya que el pH de estos suelos generalmente varía entre 9 y 11.
- Presencia en el perfil del suelo de un material agua-sedimento con características excepcionales de retención de humedad y sales, comunmente llamado jaboncillo, se han reportado contenidos de hasta 300% de agua en base a suelo seco. (Llerena, 1978).
- Nivel freático salino a poca profundidad en la zona federal este nivel fluctúa entre 0 y 2 m de profundidad, y su contenido de sales puede ser de hasta tres veces el del agua de mar (Pedraza, 1988).

En el área los suelos predominantes han sido clasificados por Velázquez (1981) como inceptisoles por ser de formación reciente; el mismo autor indica por su uso potencial, los suelos del Ex-Lago son de clase 5' a 8', no recomendándose su uso en la agricultura sino preferentemente para el desarrollo de vida silvestre.

Anguiano Lozano, 1983 determinó las características físico-químicas del suelo del Ex-lago de Texcoco. En general el suelo de esta zona 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 absorción de sodio intercambiable) de 60.

Actualmente con la pastización y el riego con aguas negras y tratadas efectuados por la Gerencia del Lago de Texcoco se han ido modificando las características físicas y químicas de los suelos, reduciendo los factores limitantes para el desarrollo de la vegetación nativa que tolera el exceso de sales; se han instalado sistemas de drenaje parcelario, además de la aplicación de mejoradores y de lavado de suelos (Velázquez, 1981).

Vegetación. - Desde 1957 Reedowsky, citado por González (1980), menciona que el pasto salado Distichlis spicata L. constituía la comunidad más extendida en la zona, presentándose como un anillo alrededor de la porción central desnuda del lago, y limitado su avance hacia el centro del mismo por la elevada salinidad y alcalinidad de los suelos. En la actualidad, gran parte del área antes desprovista de vegetación ha sido cubierta con pasto salado, lo cual ha sido posible por las excepcionales características del pasto (Evans, 1987) y por el notable impulso a las actividades de pastización por parte de la Comisión del Lago de Texcoco (Llerena, 1978).

Al pasto salado le sigue en importancia la comunidad de Suaeda spp.; la adaptación de este género a las condiciones de salinidad es elevada (Evans, 1987) pero por su relativa sensibilidad a condiciones de sequía e inundación, por ser anual, no se utilizó para el establecimiento artificial de cobertura vegetal en el Ex-lago. Se le encuentra en casi toda el área, sólo o asociado con el pasto salado.

En algunas áreas donde las actividades de pastización, riegos y drenaje han mejorado las condiciones del suelo, se pueden encontrar algunos pastos diferentes del Distichlis, como son: Eragrostis obtusiflora, Hordeum jubatum, Muhlenbergia repens y otros. También es común encontrar en los canales de riego, una Chenopodiaceae (Chenopodium murale L.)

En cuanto a especies arbóreas o arbustivas se han establecido en la zona algunos de los géneros Tamarix, Casuarina, Eucalipto, Acacia, Atriplex y Nicotina; gran parte de estos se encuentran principalmente en zonas donde se deposita material de exportación (tierra producto de excavaciones procedente de la Cd. de México (Pedraza, 1988).

5. REVISION DE LITERATURA

ANTECEDENTES HISTORICOS DE LA ZONA

Durante la época en que el Valle de México fue una cuenca cerrada densamente arbolada, con una serie de lagos cuya parte mas baja era el Lago de Texcoco, la región gozaba de un clima favorable para su desarrollo y bienestar. A medida que se fueron creando asentamientos humanos en sus vertientes, el uso del suelo y el aprovechamiento de los recursos naturales se fueron incrementando, en principio sin riesgo alguno, hasta llegar a iniciar los procesos de deforestación y erosión con el consecuente azolve de los lagos (Gutiérrez, 1993)

En 1965, se llevaron a cabo estudios referentes a la desecación del Lago de Texcoco por la entonces Secretaria de Fomento, al respecto se hicieron trabajos sobre Zoología, Geografía y Climatología del lago, así como los posibles impactos del desagüe del Valle de México sobre las condiciones de salubridad y a la prevención de inundaciones en la ciudad de México; en forma adicional se pretendían evaluar las posibilidades de uso de las tierras desecadas para cultivos e industrias (Gutiérrez, 1993).

Posteriormente, se llevaron a cabo una serie de acciones y obras que intensificaron la desecación de los lagos en la Cuenca de México, iniciándose en 1930 a cargo de la entonces Comisión del Parque Agrícola de la ciudad de México, los trabajos de reforestación, bonificación de tierras ganadas al lago y el control de aguas brancas tributarias del Lago de Texcoco. En el periodo de 1934 a 1939, se rescataron dos áreas, una de ellas ubicadas al poniente con un superficie de 6.336 ha, de la cual una parte se logró regenerar agrológicamente y la otra al sur, con una superficie de 4.650 ha que fueron destinadas para el asentamiento de colonias proletarias (Gutiérrez 1993).

Finalmente en marzo de 1971, se encaro un problema tradicional en la Cuenca del Valle de México al crearse por iniciativa del Ejecutivo la Comisión de Estudios del Lago de Texcoco, hoy Gerencia Lago de Texcoco (Cruickshank, 1992).

Los principales problemas que dieron motivo a su creación fueron: La estrecha influencia del Lago en la Cuenca del Valle de México, en particular a su sistema hidráulico con efectos diversos e importantes en el abastecimiento de agua potable, el drenaje y la posibilidad de inundaciones en el área Metropolitana de la Ciudad de México. Las tolvaneras que se originaban en el antiguo Vaso del Lago, debido a las alteraciones que sufrió su régimen hidráulico; las dificultades técnicas y naturales para el aprovechamiento racional de las aguas, básicamente por la alta salinidad de sus acuíferos superiores, incremento demográfico del área metropolitana de la ciudad de

México que exige un mejor aprovechamiento de los terrenos adyacentes a la zona urbana entre los cuales se localizan los terrenos del Lago (Cruickshank, 1994).

5.1 ACCIONES DEL PROYECTO LAGO DE TEXCOCO

El Proyecto Lago de Texcoco es uno de los programas ecológicos más importantes a nivel mundial, ya que los resultados obtenidos confirman la capacidad del ser humano para contrarrestar parcialmente algunos de los errores de deterioro ambiental que en ocasiones consiente o inconscientemente ha cometido. Este proyecto multidisciplinario se generó para controlar la problemática de salinidad y sodicidad derivada por la desecación de su sistema lacustre que existía en el valle de México. En la primera etapa de este proyecto que comprendió de 1971 a 1991, fue posible erradicar las tolvaneras que se formaban en esta zona, así como crear un nuevo ecosistema formado por pastizales, árboles, lagos artificiales, y plantas de tratamiento.

En la segunda etapa de este proyecto que inicia por decreto presidencial en 1992, se pretende continuar con el manejo y aprovechamiento de sus recursos con la finalidad de contribuir aún más el mejoramiento de los suelos, de la atmósfera y ecología de la región, al mismo tiempo de servir como barrera, física para evitar el crecimiento de la zona urbana hacia esta zona (Cruickshank, 1994).

La problemática especial que presentan los suelos, así como las aguas disponibles para riego han obligado a generar metodología también muy especiales y particulares en todas las acciones de recuperación de suelos que se han llevado a cabo. Para el caso de la forestación extensiva que se inició en 1992, se están aplicando para este tipo de trabajos, las experiencias particulares generadas con anterioridad teniendo siempre en cuenta un fundamento técnico que respalde los trabajos prácticos (Llerena, 1992).

En el año 1992 y por decreto presidencial se establece un programa ecológico que representa la segunda etapa del proyecto lago de Texcoco, y contempla la forestación de varias miles de ha (Cruickshank, 1992).

El primer reto para cumplir con los programas ecológicos de forestación es el de lograr determinar bajo que condiciones de suelo se podría trabajar con relativo éxito, que tipo de árbol es el más adecuado para el establecimiento de las condiciones salino-sódicas y desarrollar la metodología de los trabajos de plantación.

El primer aspecto que se abordó fue el de determinar la especie arborea más adecuada, como antecedente tenemos que el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales en 1975 mencionó haber probado en la zona del Ex-lago de Texcoco las siguientes especies Gobernadora *Larrea tridentata*, Higuera *Ficus comunis*, Tabaquillo *Nicotiana glauca*, Kochia *Cochia scoparia*, Atriplex *Cercium salicoides* y

Tamarix spp sus resultados indicaron que existen serios problemas para el crecimiento y supervivencia de la mayoría de las especies probadas obteniéndose algunos de los mejores resultados con especie de los géneros Tamarix y Atriplex (Garzón Ceballos, 1986).

A su vez la Dirección General de Protección y Repoblación Forestal de la anterior Subsecretaría Forestal y de la fauna, en 1981 logro establecer arboles en varias ha del centro del lago.

En parte de esta forestación se utilizó material de importación para relleno y aguas de buena calidad de un pozo profundo, este aspecto incrementa considerablemente los costos de esta metodología, por lo que no fue posible implementarla a gran escala (Pedraza, 1987).

5.2 ORIGEN Y DISTRIBUCION GEOGRAFICA DEL GENERO Tamarix

El género Tamarix es originario de Euroasia y Africa pero algunas especies se introdujeron y se han naturalizado extensivamente en America, dentro de éstas se tienen reportadas las siguientes especies: T. africa poir, T. aphylla (L) karst, T. aralensis bunge, T. canarensis cild, T. chinensis hour, T. gallica L., T. parviflora D.C., T. ramosissima ledob (Bailey, 1987).

Baeya, menciona que el area nativa del género se extiende desde China y Mongolia y del 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 estas zonas se tienen reconocidas 54 especies

La especie T. parviflora se localiza en Turquía, Grecia, Islas de Creta, Yugoslavia, Albania; se introdujo y naturalizó en Italia, Córcega, España y Argelia.

Se conoce a T. parviflora también como T. tetrandra por Mc Clintock; esta especie responde fácilmente al ser cultivada (Gutiérrez, 1993).

El Tamarix, también conocido con el nombre común de Tamarisco, Taray, Plumerillo y Abeto salado, es un árbol o arbusto dicotiledóneo de la familia tamaricáceas; es originario del norte de Africa y Asia Occidental (USDA, 1964), el género incluye unas 75 especies, dependiendo de la especie, puede ser un árbol o arbusto caducifolio o perennifolia, generalmente con hábito de crecimiento esférico y de copa abierta. Usualmente es de poca altura alcanzando algunas especies apenas 3-5 m; la más alta según (Waisel, 1991) es T. aphylla que 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 y de color rosado, siendo en algunas especies muy vistosas, las flores son bisexuales y presentan 4 o 5 pétalos y sépalos, 4 a 10 estambres y de 3-4 estigmas.

El fruto del 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 (Waisel, citado por Gutiérrez, 1993).

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 2000 de estas glándulas por centímetro 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, 1988). También se reporta que la transpiración del 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 en años recientes se ha utilizado extensivamente para reforestación de habitats áridos semisalinos, de todo el mundo (Waisel, citado por Gutiérrez, 1993) en la formación de barreras rompevientos (Flinta, 1960). También generalmente prefieren suelos arenosos semisalinos, aunque algunas especies crecen mejor en suelos pesados no es muy tolerante a las heladas.

En cuanto a su utilización, además de emplearse el Tamarix 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 de T. articulata para la producción de taninos.

5.3 REQUERIMIENTOS

Edáficos

La mayoría crece en suelos arenosos; T. africa 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 65% 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

Región climática árida, con 100 a 375 mm de lluvia con inviernos más secos (w); sobreviviendo donde hay solamente una lluvia en promedio anual de 100 mm pero su crecimiento óptimo es probablemente con 350 a 500 mm. T. aphylla, es recomendado en Australia para cultivarlo en áreas tan secas con 175 mm; la mayoría de los Tamarix crecen muy bien donde estén altas las temperaturas, siendo las temperaturas máximas de 43 °C y la mínima de 5 °C muy resistentes a la sequía, pero no a las heladas (T. aphylla) (FAO, 1980 citado por Mejía, 1993).

5.4 TOLERANCIA DE LAS ESPECIES A LA SALINIDAD

Con base en la ley del mínimo establecida por Leibig en 1842, los ecólogos han indicado que todos los organismos vivos necesitan un nivel mínimo de factores ambientales para su desarrollo, señalando que el eslabón más débil de la cadena ecológica puede controlar a los organismos. Posteriormente, se formuló la ley del máximo, la cual indica que después de un cierto nivel de un factor ambiental, los organismos no pueden desarrollarse. En 1973 Shelford propuso la ley de tolerancia mediante la cual explica que existe un rango de factores ambientales en el cual los organismos se desarrollan en forma óptima. En relación con las tres leyes mencionadas, se observa que la complejidad que presentan las interacciones entre factores ambientales y organismos es más clara en situaciones en extremo adversas (Evans, 1987).

En relación a la tolerancia de las especies vegetales a la salinidad, se puede definir como el rendimiento relativo de la especie a un nivel dado de salinidad. Dicha tolerancia varía en un rango muy amplio, no sólo entre las distintas especies, sino también en individuos de la misma especie, dependiendo para estos últimos del estado de desarrollo de las prácticas de manejo aplicadas (nego de lavado, aplicación de mejoradores, etc.); que si resultan adecuadas pueden reducir considerablemente el efecto de las sales sobre las plantas. Así mismo, la tolerancia de las sales puede definirse como la capacidad que tienen ciertas especies a desarrollarse en condiciones de salinidad, sin afectar en forma drástica su división celular y la plasticidad de sus paredes celulares (Aceves, 1979).

Según Aceves (1979), en función a la reacción que manifiestan a la salinidad, las plantas se clasifican en dos grupos básicos:

Halófitas (plantas que han desarrollado características y propiedades que les permiten establecerse en hábitats salinos) y **Glicofitas** (plantas que desarrollan en hábitats no salinos) por su forma de adaptación a los suelos salinos, las halófitas se dividen en:

Euhalófitas (plantas con capacidad para acumular grandes cantidades de sal en sus tejidos y son las más tolerantes a la salinidad); Crino-halófitas (plantas que forman glándulas excretoras que les permiten una intensa eliminación de sales); Glicohalófitas (plantas que desarrollan raíces selectivas a las sales que permiten el paso de cierta cantidad y tipo de iones) y Locahalófitas (plantas que almacenan sales en estructuras especiales, controlando su distribución en sus tejidos).

Las características fisiológicas importantes que permiten a las halófitas establecerse en medios salinos son: Capacidad para desarrollar altas presiones osmóticas en el Jugo celular contrarrestando el efecto de la presión osmótica en la solución del suelo la cual impide el suministro de agua a la planta; capacidad de acumular gran cantidad de sales en sus tejidos con su posterior regulamiento; capacidad de formación de protoplasma resistente al sodio y desarrollo de mecanismos que eliminan las sales directamente (Aceves, 1979).

CUADRO 1 CLASIFICACION DE PLANTAS HALOFITAS *

HALOFITAS QUE REQUIEREN SALES EJEMPLOS

- Obligatoriamente Salicornia spp.
- Preferentemente Suaedena spp.

HALOFITAS QUE RESISTEN SALES

- permitiendo un contenido elevado De sales en el protoplasma Suaedena monoica
- por acumulación de sales en Estructuras especiales Atriplex spp.
- por secreción de sales Tamarix spp.
- por retransporte de sales Salicornia spp.
- por evasión de sales Prosopis facta

* Información tomada de Waisel (1972)

5.5 RESPUESTAS Y ADAPTACION

La excesiva acumulación de sales se puede considerar el factor edáfico más importante, que limita la distribución de las plantas en los hábitats naturales (Tal, 1985), y ocasiona severos problemas a la agricultura.

Esto se debe fundamentalmente a tres procesos principales asociados con los hábitats 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 conduciendo a una disminución en la absorción de potasio, nitrógeno, fosfato, o bien dificulta la distribución interna de estos iones (Gorham, 1985).

A consecuencia de estas concentraciones externas de iones las halófitas manifiestan un número de vías por las cuales deben responder con cambios morfológicos, fisiológicos o bioquímicos para su sobrevivencia (Yeo, 1983).

Respuestas morfológicas

Se ha observado que la salinidad afecta el crecimiento radicular, y un pobre crecimiento de raíz en un ambiente salino se asocia con una deficiencia de calcio (Muhammed, 1974).

La salinidad además de afectar el desarrollo de la raíz, también ejerce efectos adversos sobre el tallo y hojas, por lo que es importante conocer la tasa de extracción y la actividad de la superficie fotosintética pues es la clave determinante en la productividad de las plantas. El desarrollo de la lamina foliar, su tamaño y forma, dependen de patrones coordinados de división y alargamiento por la constitución de células que son genéticamente controladas, pero modificadas de acuerdo a las condiciones medio ambientales (Kriedmann, 1986).

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 la mayoría de las plantas la acumulación de sales alrededor de la semilla impide 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 (Daubenmire, 1979).

En un medio salino el crecimiento de la hoja y la respuesta fotosintética podrían variar de acuerdo al tipo de iones y esta salinidad sería tolerada a través de la exclusión inicial y la distribución subsecuente de iones vía red vascular, o la migración a través del apoplasto y ajuste osmótico para mantener la turgencia.

Por lo que una respuesta rápida por ejemplo de plantas Glicófitas, expuestas a la salinidad, es que el crecimiento de las hojas es más lento y el crecimiento de la raíz es casi siempre menos afectado que el crecimiento del tallo, mientras que la proporción raíz-tallo se incrementa (Munns, 1986).

5.6 ADAPTACIONES FISIOLÓGICAS

Algunos mecanismos que operan en la raíz

La conducción de NaCl hacia las ramas es facilitado por un transporte pasivo y favorecida por la transpiración lo que indica un acoplamiento entre el flujo total del volumen y el flujo 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 (Yeo y Flowers, citado por Gutierrez, 1993).

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 éste aumenta la proporción relativa de iones de sodio (Gorham, citado por Mejía, 1993).

Broyer et al, citado por Hodges (1964) a 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 (Flowers y Yeo, 1981). Por lo que la entrada excesiva de sales necesita de un ajuste osmótico.

Además la concentración de 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 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 iónica interna (Flowers y Yeo, 1981).

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 (Lunch, 1987).

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 translocación del Na y Cl dentro del tallo y particularmente en hojas. Una baja concentración de Na y Cl, es regulada por la raíz aun cuando existen elevados niveles de Na y Cl en el sustrato. Para el Na⁺ hay evidencias de la translocación por el tallo a través de la raíz, y este flujo solo puede contribuir a bajos niveles de Na⁺ dentro del tallo (González y Vasquez, 1994).

Munns et al 1986, argumentan 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. Señala que las sales no son tóxicas dentro del tallo y que sólo 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 o 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 o adaptación a la salinidad (Hever, citado por Dovahue, 1981).

La reducción del crecimiento es ocasionada por niveles de salinidad que puede 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 (Schwarz, citado por Ortiz, 1992).

Hay una tendencia a correlacionar la respiración con las relaciones energéticas en el medio salino, principalmente por el acoplamiento entre la respiración y conservación de energía (Rains, 1972).

La actividad fotosintética es el mayor factor en la determinación de crecimiento y producción de materia seca, por lo que la sensibilidad de la fotosíntesis a la salinidad en diferentes cultivos (Hever, 1987).

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 (Gorham, 1985; Kingsbury et al. 1984 y Yeo, 1983).

Los estomas como estructuras foliares de las plantas son el mecanismo por el cual se regulan en gran parte las relaciones hidrocárbónicas entre la planta y el medio aéreo, ya que a través de ellos pasa la mayor parte de CO₂ 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 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, que son responsables de la regulación del ajuste osmótico (Binzel, citado por Buckman, 1970)

Las típicas halófitas utilizan el Na y 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 con la válvula, dentro de la cual mucho del Na y Cl idealmente es compartimentalizado. En respuesta a niveles modernos 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 (Binzel, 1987; Yeo, 1986)

5.7 EFECTOS DE LAS SALES EN LAS DIFERENTES ETAPAS DE CRECIMIENTO

Las altas concentraciones de sales inorgánicas en el medio de crecimiento retardan el desarrollo de muchas plantas, dependiente 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 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 (*Sporobolus airoides*) una planta altamente tolerante, (Mozafar, 1986).

Existen plantas sensibles 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 (Marschner, citado por Garzón, 1986).

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 (Yeo, 1985 y Muhamend, 1987).

Al parecer el efecto tóxico es más importante que el de la dificultad de la absorción del agua cuando la salinidad no es excesiva, aunque en suelos muy salinos, la elevada presión osmótica es el factor principal (Arévalo, 1987; Pizarro, 1978; y Moran, 1977).

Según Aceves, las plantas bajo condiciones de salinidad no crecen debido a que las sales afectan la división celular y producen 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:

La división celular y 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 bajo condiciones de salinidad sin que se afecte la división y el crecimiento celular y por lo tanto sin que se afecte su producción.

5.8 PROPAGACION POR SEMILLA

Una de las características de la producción por semilla es la variación que puede existir dentro de grupos de plántulas. En la naturaleza esta propiedad es importante, ya que hace posible la adaptación continua de una especie.

Se utilizan semillas en la reproducción de especies donde los métodos vegetativos alternativos no son factibles, o la producción en masa por esos métodos sería antieconómica e impráctica. Por ejemplo los árboles y arbustos que se usan para reforestación cubiertas para fauna silvestre y en orillas de caminos.

Origen

El origen de la semilla es importante cuando se cultivan plantas de una sola especie en un amplia gama de condiciones ecológicas. Pueden existir variaciones en morfología, fisiología adaptación al clima, al suelo y a resistencia a enfermedades que constituyen razas específicas, ecotipos que son característicos de una calidad en particular. (Carol Duffus, 1985)

Selección de árboles por semilla

Aunque las fuentes locales de semillas de especies forestales pueden producir las plantas mejor adaptadas a un sitio dado, puede ser necesario seleccionar árboles individuales productores de semilla para mejorar la calidad en características específicas.

Por ejemplo; forma del tallo, hábito de ramificación, velocidad de crecimiento, resistencia a las enfermedades, etc.

En consecuencia un paso inicial en la selección de una fuente de semilla es evaluar las características de los árboles que rodean a los individuos escogidos para producir semilla, ya que siendo la mayor parte de las especies arbóreas leñosas la polinización cruzada, con la selección de los polinizadores se puede obtener semilla de mejor calidad (Musalem, 1979).

Es importante que se defina una zona de producción de semilla, que abarque una región específica que comprende un grupo de árboles que ha sido separado permanentemente como fuente de semilla. El uso de áreas de ese tipo como fuente de semilla se hace una evaluación de los árboles productores de semilla respecto a las características deseadas.

Los árboles fuera de tipo son eliminados. Se pueden también remover otros árboles o arbustos que puedan interferir con las operaciones y también puede ser deseable hacer un aclareo para dejar un mayor espacio al desarrollo de los individuos restantes y a la producción de semilla (Anibal Niembre, 1979).

Las plantas superiores se reproducen por semilla, la cual consiste en un embrión y su reserva alimenticia almacenada rodeada por cubiertas protectoras. Cuando la semilla se separa de la planta en que fue producida, esta quiescente, esto es, no muestra signos externos de actividad dentro del embrión, que resulta en la ruptura de las cubiertas de la semilla y en la emergencia de una nueva plantula capaz de existencia independiente se conoce como germinación.

Para que la germinación pueda tener lugar, deben llenarse tres condiciones:

- 1) La semilla debe ser viable; esto es el embrión debe estar vivo y capaz de germinar
- 2) En la semilla las condiciones internas deben ser favorables para la germinación; esto es, debe haber desaparecido cualquier barrera física o química para la germinación.
- 3) La semilla debe estar expuesta a condiciones ambientales favorables, siendo factores esenciales la disponibilidad de agua, temperatura apropiada, provisión de oxígeno y en

ocasiones luz (P. W. Daniel et al, 1979).

El manejo de la cosecha previo a su uso en propagación comprende los pasos siguientes:

- a) Determinación del estado apropiado para la cosecha.
- b) Cosecha o recolección de la semilla
- c) Extracción de la semilla del fruto
- d) Limpieza según se requiera
- e) Almacenamiento de la semilla hasta que se emplee

Una semilla a llegado a la madurez cuando se le puede separar del fruto o de la planta sin perjudicar su germinación. Es decir por lo general la cosecha se facilita si el fruto ha madurado; esto es, ha adquirido las características que conducen a la diseminación natural.

Usualmente las semillas se almacenan por tiempos variables después de cosecharlas. La viabilidad al final de cualquier periodo de almacenamiento depende de:

- 1) La viabilidad inicial en la cosecha la que es determinada por factores de producción y métodos de manejo
- 2) La tasa con que se pierde esta velocidad de cambio fisiológico o envejecimiento y esta asociada:
 - a) Con la clase o especie de semilla
 - b) Las condiciones ambientales de almacenamiento, en forma especial la temperatura y la humedad relativa.

Algunas semillas son de vida corta y normalmente pierden su viabilidad con rapidez, aun en unos cuantos días o semanas.

Las semillas de ciertos árboles como el álamo Populus, algunas especies de arces Acer el sauce Salix y el olmo Ulmus maduran en primavera, caen en el suelo y germinan de inmediato. Si las condiciones no son favorables para la germinación, pierden su viabilidad en unos cuantos días o semanas. Esas semillas se manejan con más efectividad sembrándolas relativamente pronto después de cosecharlas (José Abdon, 1985).

5.9 PROPAGACION POR ESTACAS

Estaca es una rama verde que se clava en tierra o sustratos para formar raíces.

Las estacas pueden clasificarse de acuerdo a la parte de planta de la cual fueron obtenidas: estacas de tallo de madera dura, de madera semidura, de madera suave,

herbáceas y hoja con yemas.

Estacas de tallo. En la propagación de estacas de tallo se obtienen segmentos de ramas que contienen yemas terminales o laterales, con la expectativa de que las condiciones apropiadas formaran raíces adventicias y se obtendrán plantas independientes (Hartmann y Kester 1983).

Estacas de madera dura. Las estacas de especies siempreverdes de hoja angosta, son lentas para enraizar, debido al factor juvenilidad, las estacas tomadas de plantas madres jóvenes enraizan más fácilmente que aquellas tomadas de árboles viejos.

El enraizamiento de estacas de madera dura (especies caducifolias) es uno de los métodos de propagación más fácil y menos costoso; las estacas son fáciles de preparar, no son perecedoras. Las estacas se colectan en la estación de reposo (fines de otoño, el invierno o inicio de la primavera), en los brotes del crecimiento de la estación anterior, de un año (Hartmann y Kester, 1980).

La mejor época para el enraizamiento de las estacas de plantas siempre verdes de hoja angosta, es entre fines de otoño y finales de invierno (Hartmann y Kester 1983).

El origen de la mayoría de las estacas de las raíces adventicias en las estacas de tallo, se encuentra en grupos de células con capacidad meristemática. Generalmente el origen de las raíces adventicias de las estacas se localiza en el tejido del floema secundario, en su época juvenil, aunque también puede originarse de los rayos vasculares, del cambium de la medula. Las raíces adventicias en los tallos se originan endógenamente; es decir, se originan dentro del tejido del tallo y crecen hacia afuera, pero en tallos de Tamarix se ha observado que esas raíces se originan en las lenticelas, con conexión subsecuente de los filamentos procambiales a los del tallo materno (Hartmann y Kester, 1983).

Frecuentemente, las primeras raíces adventicias aparecen a través del callo suponiendo por ello que la formación de éste es esencial para el enraizado (Carrera, 1977).

El proceso de desarrollo de las raíces adventicias en las estacas de tallo, pueden dividirse en tres etapas: (1) desdiferenciación celular seguida por la iniciación de grupos de células meristemáticas (las iniciales de la raíz); (2) la diferenciación de esos grupos de células en primordios de la raíz reconocibles; y (3) el crecimiento y la emergencia de las raíces nuevas, incluyendo la ruptura de otros tejidos del tallo, y la formación de conexiones vasculares con los tejidos conductivos de la estaca (Hartmann y Kester, 1984).

CONDICIONES EXOGENEAS QUE INFLUYEN EN EL ENRAIZADO

Juvenilidad

Los árboles de escasos años no producen yemas florales, sino exclusivamente yemas vegetativas, por lo que el desarrollo significa exclusivamente la formación de más tejidos de órganos semejantes, a los que ya existían, así los meristemos apicales producen nuevos brotes con hojas, y el cambium determina el aumento en grosor. Esta es la llamada etapa juvenil, que suele durar varios años (Calderón, 1989).

En la vida del árbol, podrían considerarse tres etapas críticas y típicas de sus estados y relacionar la aparente disponibilidad que de Nitrógeno existe en los tres momentos. De esta manera en la vida del árbol, podrían presentarse tres estados típicos de la relación Carbono/Nitrógeno. Estas tres etapas son

1. Relación Carbono/Nitrógeno baja (C/N) corresponde a la etapa Juvenil del árbol, en la cual el crecimiento vegetativo es muy grande y produce follaje sumamente vigoroso.
2. Relación Carbono/Nitrógeno normal (C/N) es la etapa que se llama de madurez en la que existe equilibrio o proporcional balance entre el crecimiento vegetativo y la diferenciación.
3. Relación Carbono/Nitrógeno alta (C/N) se presenta en la etapa conocida como vejez. En ella la diferenciación floral constituida en elevado porcentaje por elementos estériles debido a una deficiente nutrición, crecimiento vegetativo es muy reducido. Para la propagación forestal es conveniente mantener baja la relación Carbono/Nitrógeno (Calderón, 1989).

La fase juvenil (en algunas plantas) se caracteriza, aparte de sus propiedades morfológicas, por su gran facilidad de formar raíces adventicias y esta propiedad de iniciar raíces adventicias, es un proceso común en algunas especies y decrece o es baja en formas maduras (Janick, 1979; Borchert, 1976).

Heuser (1976), menciona que entre los factores indispensables para el enraizamiento de estacas; la juvenilidad viene a ser una de las condiciones más importantes. A través de las auxinas se puede incrementar el potencial de enraizamiento de un gran número de plantas, sin embargo, existen algunas de difícil enraizamiento, las cuales responden muy poco a tratamientos de auxinas.

Algunas formas juveniles de plantas de fácil enraizamiento, contienen sustancias llamadas cofactores de enraizamiento, las cuales son capaces de estimular la iniciación de raíces. Además de los cofactores, se han encontrado sustancias inhibitoras que regulan el proceso de enraizamiento. Las evidencias experimentales

Indican que los cofactores de enraizamiento, tienen un importante papel en el proceso de formación de raíz, y se ha demostrado la presencia de componentes no móviles en la iniciación de raíz. Con estacas de difícil enraizamiento, la edad ontogénica de las plantas puede ser muy crítica, generalmente, las estacas de plantas en la fase de crecimiento juvenil, enraizan más fácilmente que aquellas tomadas de plantas en fase de crecimiento adulto.

Conducción nutricional

La nutrición mineral balanceada generalmente resulta en mayor enraizado que cuando hay deficiencias, excepto que calores bajos de nitrógeno frecuentemente ayudan a un enraizado por una disgregación de carbohidratos o posiblemente por la reducción de niveles de citocinas (Hartmann y Kester, 1978).

Idealmente la planta madre no debe de ser estresada con falta de agua, de tener un nivel adecuado de carbohidratos y un contenido razonable de nutrientes.

Los carbohidratos suplen energía y esqueletos de carbono y probablemente se encargan de la calidad de la reacción para el enraizamiento más que cualquier otro componente bioquímico endógeno.

En la selección de las plantas madres, debe de existir un equilibrio de contenido bajo de nitrógeno y contenido elevado de carbohidratos para favorecer el enraizamiento (Hartman y Kester, 1978), por lo que se debe bajar la fertilización nitrogenada y favorecer la acumulación de reservas nutricionales.

Arye, et al (1974), mencionan que la acumulación de materiales de reserva en los brotes utilizados es esencial en el proceso de enraizamiento. En algunos casos, con tratamientos auxínicos se obtienen altos niveles de enraizamiento pero no necesariamente inducen a un mejor desarrollo del sistema radical. Los niveles bajos de sobrevivencia han sido relacionados con deficiencias de factores nutricionales o de crecimiento en los brotes de donde se han obtenido las estacas.

Posición y etapas de desarrollo

Se ha comprobado que no todas las partes vegetativas de un árbol ofrecen las mismas facilidades de enraizamiento, sino que hay diferencias en ese proceso determinadas por la relación carbono/nitrógeno del material que se use. Así está bien determinado que siempre hay un mejor, más rápido y abundante enraizamiento en estacas en que esa relación es alta, es decir, que tienen un elevado porcentaje de hidratos de carbono (Calderón, 1989).

Las estacas deben tener una amplia provisión de nutrientes almacenados para alimentar a las raíces y ramas, que de ordinario tienen pocas reservas alimenticias.

se descartan. Las mejores estacas se obtienen de las partes central y basal (Hartmann y Kestor, 1983).

Según Calderón (1989), nunca deberán ser utilizadas para el estacado de madera dura las puntas o extremidades superiores de ramas que todavía conservan las cualidades de crecer y que siguen portando hijas. Tanto la edad de la rama que a su vez porta el brote que será estacado, tienen influencia en el enraizamiento. Parece ser que éste es más efectivo a menor edad de las ramificaciones y que se consigue mejor respuesta de material obtenido de árboles jóvenes. Por ello al cortar las estacas es conveniente tener en cuenta que aquellas que estén bien maduras y representen partes basales de ramas tendrán mayor oportunidad de prendimiento que otras de la misma edad, que posean menor cantidad de carbohidratos y sus tejidos sean suculentos.

Seleccionar regiones de las ramas que se tienen más alto contenido de carbohidratos. En un análisis químico de ramas de rosales, del tipo usado para hacer estacas, el contenido de nitrógeno aumento uniformemente de la base a la punta. En posición, se observó un gradiente descendiente de almidón de la base a la punta. Por lo consiguiente las porciones basales de esas ramas tendrán el equilibrio de poco nitrógeno y abundancia de carbohidratos que favorecen un buen enraizamiento.

Una estaca terminal con crecimiento activo estará más baja en carbohidratos que una estaca más abajo en la misma rama, sin embargo podrían enraizar igualmente o diferentemente y la causa exacta raramente se puede determinar. La posición de las estacas puede afectar la reacción del enraizamiento. Las ramas largas pueden ser cortadas en varias estacas, pero el enraizamiento de las estacas, desde las estacas terminales hasta las estaca subterminales o las terminales mismas, no hay una regla exacta que determine cual posición de corte sirve mejor para el enraizamiento solo a través de pruebas (Michael y Charles, 1987).

A través de las estaciones del año, las ramillas del árbol se encuentran en diferentes estados fisiológicos, los cuales afectan el desarrollo de las raíces en las estacas. Para la mayoría de las coníferas los mejores resultados se obtienen si las estacas se colectan en el periodo comprendido de finales de otoño y los últimos días de invierno.

Se recomienda que las estacas deben plantarse durante los meses frios de octubre a marzo, y que algunas pueden enraizar durante el verano.

Otro factor que influye en la facilidad, proporción y velocidad de enraizado de estacas, es la posición que ocupan éstas en el árbol o en la rama (Carrera, 1977).

En algunas plantas leñosas, con frecuencia se hacen estacas de madera dura cortando ramas largas y obteniendo de cuatro a ocho estacas de cada una. Se sabe que la composición química de esas ramas hay marcadas diferencias de la base a la

punta. En las estacas tomadas de diferentes partes de la rama en ocasiones se observa variación en la producción de raíces y en muchos casos el mayor porcentaje de raíces se obtiene en estacas procedentes de la porción basal de la rama. En determinaciones en plantas leñosas de iniciales de raíz preformadas se ha encontrado (cuando menos en algunas plantas) que decrecen marcadamente de la base a la punta de la rama. En consecuencia, la capacidad de enraizamiento de las porciones basales de esas ramas debe ser mucho mayor que la de las partes apicales.

Bien puede ser que en tallos leñosos de un año o más de edad, donde tal vez se han formado algunas iniciales de raíz, posiblemente bajo la influencia de sustancias promotoras de raíces procedentes de las yemas y de hojas, el mejor material para estacas se encuentre en la porción basal de esas ramas (Hartmann y Kester, 1984).

Arye, et al. (1974), tomaron estacas mensualmente para estudiar el efecto de la estación en el enraizamiento de estacas basales a principios de julio pero hubo una diferencia significativa en los niveles de enraizamiento al comparar estacas basales o terminales respecto al brote de donde se obtiene. Otro efecto estacional, fue el número que se obtuvo cuando estas fueron colectadas en la segunda mitad de septiembre y en octubre, coincidiendo con el momento en que el crecimiento vegetativo disminuye y la acumulación de material de reserva aumenta. En julio, cuando se obtuvo el mejor enraizamiento, ya se había iniciado la acumulación de material de reserva.

FACTORES EXOGENOS QUE INFLUYEN EN EL ENRAIZAMIENTO DE ESTACAS

Temperatura

Temperaturas diurnas del aire de 21 a 27 °C, y nocturnas de 15 °C resultan satisfactorias para el enraizamiento de estacas, debido a que las bajas temperaturas promueven la formación y desarrollo de primordios radicales y el crecimiento posterior de raíces se favorece por temperaturas altas.

Las temperaturas del aire excesivamente elevadas tienden a estimular el desarrollo de las yemas con anticipación a la de las raíces y aumentar la pérdida de agua por las hojas es importante que se logre el desarrollo de las raíces antes que el del tallo (Hartmann y Henster, 1983).

Luz

La intensidad y duración de la luz deben ser lo suficientemente amplias para que se acumulen más carbohidratos almacenados, en general los días largos o la iluminación continua resultan más efectivos que los días cortos (Fogg, 1967).

Agua

En especies de enraizado más lento, la transpiración de las hojas se debe reducir hasta que se formen las raíces por ello la presión del vapor de agua de la atmósfera que la rodea debe mantenerse tan semejante como sea posible a la presión de agua que existe en los espacios intracelulares de la hoja (Calderón, 1985).

Medio de enraizamiento

El medio de enraizamiento tiene tres funciones.

a) Mantener la estaca en su lugar durante el periodo de enraizado; b) Proporcionar humedad a la estaca y c) Permitir la penetración del aire a la base de la misma ya que un medio de enraizamiento ideal proporciona suficiente porosidad para permitir una buena aireación, una alta capacidad para retención de agua y buen drenaje (Maldonado, 1986).

NIVELES HORMONALES Y REGULADORES DE CRECIMIENTO

Históricamente Sachs (1880), postuló la existencia de una sustancia rizógena producida en las hojas, con movimiento basipétalo el cual fue confirmado por Thimann y Koepflin, 1935 quienes establecen que la auxina es una hormona principal del enraizado. Más tarde, Went, 1938 propuso un nuevo factor producido en las hojas, con movimiento también basipétalo, el cual conjuntamente con las auxinas promueven el enraizamiento y al que llamo rizocalina.

Bhattacharya et al. (1978), coinciden con otros investigadores en que hay un balance entre carbohidratos y auxinas para la óptima producción de raíces, ya que la efectividad de la aplicación exógena de bases nitrógenadas es determinada por la presencia de carbohidratos y auxinas. Parece ser que el AIA actúa como disparador a nivel de transcripción, sirviendo las bases nitrogenadas como precursores de nucleótidos para la síntesis de ADN y ARN, mientras que los azúcares a través de la glucólisis pueden servir como fuentes de energía.

Las auxinas reguladores del crecimiento que entre otros fenómenos fisiológicos en los que intervienen, poseen la propiedad particular de estimular la extensión de la pared celular acompañada de entrada de agua a la célula, y como consecuencia de ello inducen alargamiento celular (Sirvori et al, citado por Mejía, 1993).

Las auxinas pueden ser fitohormonas como el caso del ácido indolacético, o bien reguladores sintéticos, como el caso de los ácidos indolpropiónico, indolbutírico, neftalebacético, 2,4- diclorofenoxiacético (Grajales, citado por Alonso, 1993).

Finalmente podemos decir que las condiciones necesarias para un buen enraizamiento de las estacas son:

- Presencia en las estacas de sustancias de reserva y de reguladores de crecimiento, capaces de favorecer el desarrollo de las raíces y brotes.
- Presencia de primordios radiculares que normalmente se diferencian en los nudos, capaces de desarrollarse y originar raíces, cuando las estacas son puestas en condiciones favorables de temperatura y humedad.
- Humedad suficiente en la tierra y en el medio que se ponen a enraizar.
- Temperatura más bien elevada, siendo óptima la de 20-30 °C.
- Presencia de luz que favorece el desarrollo, ya no de las raíces, sino de brotes que con el desarrollo de las hojas se produce la asimilación de sustancias orgánicas que favorecen las raíces.
- Blandura del terreno para la circulación del aire, ya que el oxígeno es indispensable para la formación de raíces.
- Respecto a la polaridad, las estacas deben ser plantadas con la parte basal, que tiende a salir raíces, hacia abajo si no se presenta la polaridad, las estacas están destinadas a dar malos resultados (Nico, 1981 citado por Marin y Rodríguez, 1993).

Reguladores del crecimiento

Sobre el uso de reguladores de crecimiento, Hartmann y Kester (1978), mencionan que para la formación de raíces en las estacas es evidente que ciertos niveles de sustancias naturales vegetales del crecimiento son más favorables que otras. Hay varios grupos de tales sustancias, dentro de las cuales las auxinas son consideradas las de mayor interés. El conocimiento de la acción de las auxinas se ha traducido en diversas aplicaciones prácticas en la promoción de raíces adventicias en estacas.

En estacas de especies de difícil enraizamiento, la respuesta a la aplicación de auxinas no es muy clara.

Choong et al. (1969), trabajaron con especies de fácil y difícil enraizamiento y concluyeron que en las hojas de estacas de fácil enraizamiento existe otro factor o complejo que promueve el enraizamiento, además de la auxina que probablemente se elaboraban en las hojas y que actuaban como cofactores del enraizamiento.

Estudios fisiológicos realizados con estacas de chicharo han dilucidado el papel de las auxinas en el intrincado proceso de la iniciación de raíces. En las estacas de chicharo se encontró que la formación y el desarrollo de las raíces se efectuaba en dos periodos básicos:

1.- Un periodo de iniciación en el cual se forman los meristemas de la raíz. Este periodo puede a su vez dividirse en dos etapas:

a) Una etapa con auxina activa, que dura unos cuatro días, durante la cual para que se formen las raíces se debe proporcionar auxina, procedente ya sea de una yema terminal o de auxina aplicada (si la estaca ha sido decapitada). Esta etapa va seguida por:

b) Una etapa inactiva de auxina. Suspendiendo la auxina en esta etapa (que dura unos cuatro días), no se afecta adversamente la formación de raíces.

2.- Un periodo de elongación y crecimiento de la raíz, durante el cual la punta de la raíz crece hacia afuera a través de la corteza, emergiendo finalmente de la epidermis del tallo. Entonces en los primordios de la nueva raíz se desarrolla un sistema vascular y se conecta con los haces vasculares adyacentes. En este periodo no se registra respuesta a la auxina.

Westwood (1972), menciona que el balance entre auxinas y otras sustancias constituyentes de los tejidos de las plantas, controlan la formación de órganos y es la base para el enraizamiento. Este balance puede ser logrado por varias combinaciones de factores genéticos químicos y ambientales. Los siguientes fenómenos son importantes para el enraizamiento del papel de los reguladores del crecimiento en el enraizamiento: 1) la brotación y el enraizado son fuertemente polares y el movimiento de las auxinas y cofactores es basipétalo principalmente. 2) en general los tejidos juveniles contienen más promotores del enraizamiento que los tejidos adultos. 3) aunque haya actividad en las yemas, los tratamientos auxínicos ayudan en el enraizamiento y la estación en que se han tomado los materiales. 4) las giberelinas y las citocininas tienden a inhibir el enraizamiento, mientras que el etileno y ácido absísico pueden mejorarlo; los productos sintéticos como ácido succínico, Cloromequat y el ácido triodobenzónico dan respuestas variables.

5.10 GENERALIDADES DE LA APLICACIÓN DE CULTIVO DE TEJIDOS A ESPECIES LEÑOSAS

Aunque generalmente las especies forestales se reproducen más fácilmente por semilla, existen factores adversos que inducen a una inhibición en la fertilidad de las especies, bajo producción de semilla y reducción en su potencial de viabilidad. Por medio de la propagación vegetativa se obtienen propágulos idénticos al progenito

seleccionado, preservando así sus características genéticas y fisiológicas; esto permite la multiplicación de genotipos valiosos de acuerdo a las características seleccionadas para los fines que se pretenden (crecimiento y desarrollo; resistencia a plagas y enfermedades, sobre vivencia y adaptabilidad a medios adversos, etc.).

No obstante los métodos convencionales de propagación vegetativa (injerto, enraizado de estacas y acodos) llegan a tener limitantes para su manejo intensivo, por lo que la investigación, principalmente en el campo de la fisiología vegetal ha desarrollado una técnica moderna denominada cultivo de tejidos, siendo una de sus múltiples aplicaciones la propagación vegetativa denominada micropropagación, mediante la cual es posible obtener un mayor conocimiento de los factores fisiológicos y ambientales involucrados en establecimiento de las especies de interés.

A principios de siglo fue cuando se llevaron a cabo los primeros intentos de esta técnica de cultivo, y fue hasta 1934 cuando Gautherat experimento el método con especies leñosas obteniendo poco éxito.

El termino cultivo de tejidos se define como un cultivo aséptico de células, tejidos u órganos vegetales intactos en condiciones de laboratorio, cuyo propósito es el de inducir la formación de órganos o partes faltantes para la obtención de un individuo completo. La técnica se basa en el principio que estableció que cualquier célula somática joven o en proceso de diferenciación tiene un elevado potencial para reproducir una planta completa, si se coloca en condiciones adecuadas, las que en forma general serían.

- Utilización de explantes o propágulos vegetativos de tamaño reducido; (tejidos o porciones menores de 1 cm) lo cual permite obtener una gran cantidad de propágulos de un sólo individuo seleccionado.
- Asepsia total de herramientas, medio de cultivo, material biológico y manejo. Lo anterior con el fin de evitar la presencia de cualquier tipo de patógenos que puedan afectar los explantes.
- Establecimiento de un medio de cultivo adecuado, integrado por una mezcla de macro y micronutrientes, vitaminas, promotoras de crecimiento, fuente de energía.
- Control riguroso de factores ambientales que influyen en el potencial morfogénico (luz, temperatura, aire, humedad).

Las características de esta técnica le dan ventajas sobre los métodos vegetativos tradicionales en cuanto a obtener resultados satisfactorios en especies que por factores internos y/o externos se encuentran limitadas para lograr una reproducción aceptable. Sin embargo conviene señalar sus desventajas en relación al mayor grado de complejidad y necesidad de mayores inversiones, lo cual sólo se justifica en

proyectos de mayores dimensiones, y de objetivos primordiales, así como por el logro del máximo potencial morfogenético de los individuos seleccionados.

Teóricamente, se puede considerar que toda célula ó tejido meristemático en estado de diferenciación colocado en medio aséptico puede reproducirse no obstante la elección del explante o tejido más adecuado, depende de las características intrínsecas de la especie, así como de los objetivos que se pretenden alcanzar. En este sentido Hinton y Hubtinen mencionan que en el caso de especies leñosas el material vegetativo puede obtenerse tanto de tejidos somáticos ó vegetativos como de tejidos gametofíticos o reproductivos, siendo el primero de mayor uso (FIRA, 1992).

Para la reproducción de especies leñosas mediante tejidos somáticos se emplean meristemas secundarios o explantes de cambios obtenidos de ramos y tallos del árbol por arbusto asimismo, pueden obtenerse de meristemas primarios como son meristemas apicales, yemas y brotes terminales o auxiliares, partes florales, y partes o tejidos derivados del embrión (cotiledones o hipocótilo). En el proceso de la técnica de cultivo de tejidos, la fase más importante es la morfogénesis o diferenciación, por medio de la cual un tejido relativamente sencillo da origen a las partes faltantes de un individuo completo este proceso en cultivo *in vitro* puede realizarse de dos formas, por organogénesis y por embriogénesis.

La organogénesis consiste en la formación de brotes y/o raíces a partir de centros meristemoides que aparecen en la superficie del tejido cultivado. En el proceso de embriogénesis o formación de embriones se producen embriones bipolares a partir de embriones somáticos. La elección del proceso de morfogénesis depende de una diversidad de factores internos y externos que actúan en forma compleja como respuesta a características internas del explante y a las condiciones ambientales del cultivo.

La técnica a emplear consiste en la manipulación específica de los principales factores morfogenéticos. En el caso de la organogénesis, los mecanismos de inducción de órganos son más sencillos de lograr sin embargo, la embriogénesis proporciona mayores posibilidades de obtener gran cantidad de propágulos por explante o por individuo seleccionado (Tome, 1992).

**TECNICAS DE PRODUCCION DE Tamarix spp.
EN INVERNADEROS Y VIVEROS
PARA LA RESTAURACION ECOLOGICA FORESTAL
DE LA ZONA FEDERAL DEL EX-LAGO DE TEXCOCO**

6. PRODUCCION ASEXUAL VIA ESTACAS DE Tamarix aphylla y Tamarix chinensis

RESUMEN

Este apartado tiene la finalidad de señalar la metodología que se han generado y desarrollado a nivel extensivo, en la propagación de Tamarix spp. en los viveros e invernaderos del Ex-Lago de Toxcoco.

Existen cerca de 27 km de barreras rompevientos donde se tienen establecidos árboles del género Tamarix, sitios identificados y considerados para la extracción de rama para corte de vareta.

El sustrato más adecuado y que mejor se ha adaptado a las condiciones técnicas y económicas de producción del vivero del centro del lago, es la mezcla de tierra lama y estiércol en proporción 9:1, con este sustrato y el estacado de minivaretas de 10-15 cm de longitud en condiciones de invernadero, se tienen porcentajes de enraizamiento del 92% en un periodo de 20-30 días a partir de su estacado, resultados obtenidos para la especie aphylla. El tiempo que se requiere para que las plantas de esta especie producidas por estacas, alcancen la altura y porte requeridos para ser plantados al sitio definitivo, es de un mínimo de 7 meses.

INTRODUCCION

La única especie que se ha logrado establecer con cierto éxito en la zona, es un árbol halófito del género Tamarix.

La producción de esta especie se hacia vegetativamente por varetas de 25 a 30 cm de longitud, que se extraían de los 300,000 árboles ya establecidos en la zona.

En 1992 surge un nuevo programa que demandó la necesidad de incrementar de inmediato la producción de árboles halófitos del género Tamarix de 200 mil que se venían produciendo anualmente hacia 1991. a 9'388,000 que se requieren actualmente para cubrir las metas planteadas hasta el año 2000.

La metodología que tradicionalmente se venia utilizando para la propagación de este género, era del tipo vegetativo con vareta de 20 a 30 cm de longitud dado que las existencias forestales escasas de la zona limitaban con esta práctica llevar a cabo la producción masiva requerida, además de propiciar una poda intensiva a los árboles que contradecía el objetivo de barreras rompevientos por la cual fueron plantados, en

este sentido fue necesario buscar nuevas alternativas y metodología de propagación intensiva en los viveros del proyecto del lago, con la base de que el género Tamarix ha sido el mejor adaptado a las condiciones salino-sódicas del lugar.

Después de realizar pruebas con diferentes tamaños de varetas, se llegó a la conclusión que es factible utilizar minivaretas para la producción de esta especie, lo cual ya se está implementando intensivamente.

METODOLOGIA DE PRODUCCION

La presente información pretende establecer y señalar las excelentes metodologías de producción que se han implementado en base a pruebas y experiencia generada de 1992 a 1995, en los viveros e invernaderos del ex-lago de Texcoco.

La producción de brinzales en viveros e invernaderos, es la actividad que se lleva a cabo a través de contrato de grupos de mano de obra campesina y es muy importante observar los calendarios de producción, pues se elaboran bajo aspectos técnicos de manejo del material vegetativo a reproducir (especie, cantidad de rama existente, épocas de semillación, época de lluvias, etc.).

6.1 IDENTIFICACION Y ESTABLECIMIENTO DE ZONAS DE EXTRACCION DE MATERIAL VEGETATIVO

Debido a las condiciones salino-sódicas del Ex-lago de Texcoco, el primer aspecto que se consideró fue el de determinar la especie arbórea más adecuada.

En 1975 el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, experimentó la tolerancia de adaptabilidad de la Gobernadora Laurea tridentada, Higuera Recinus comunis, Tabaquillo Nicotinum glauca, Kochia Cochia scoparia, Atriplex Cercium saliahus y Tamarix spp. sus resultados indicaron que la especie del género Tamarix tiene buena adaptación.

Para 1981 la Dirección General de Protección de Repoblación Forestal, estableció varias has de Tamarix spp en el Centro del Ex-lago de Texcoco.

De igual forma el Proyecto Lago de Texcoco estableció con gran éxito barreras rompevientos con la plantación de Tamarix aphylla y Tamarix chinensis, en aproximadamente 27 km de canales de riego, en base a estos resultados y a la necesidad de producción intensiva; se han identificado los sitios donde se puede extraer material vegetativo o corte de rama para vareta de Tamarix aphylla (Croquis 3), (Cuadro 2), (Figura 1).

Cuadro 2. Sitios donde se puede extraer ramas para corte de vareta de Tamarix aphylla.

ZONA	SITIO	KILOMETROS ESTABLECIDOS	AÑO DE PLANTACION	ALTURA DE ARBOLES
ORIENTE	POTRERO DE ORIENTE	1.5	1985-90	6.8 m
	ORIENTE II	2.5	1984-88	4.6 m
	ORIENTE III	2.0	1988-91	4.6 m
	CAMINO A TEPETZINGO	3.0	1985-90	6.8 m
SOSA TEXCOCO	CAMINO A CARACOL	2.5	1982-84	6.8 m
POTREROS	POTRERO III N C	1.0	1992-94	4.6 m
	CAMINO PENON TEXCOCO	4.0	1988-92	4.8 m

6.2 INSTALACIONES Y EQUIPO UTILIZADO EN LA PROPAGACIÓN POR ESTACA

Hasta 1991 el vivero del Ex-lago de Texcoco tenía una superficie de 2.4 ha, debido a que las metas anuales no rebasan las 200 mil plantas, que se regaban con agua de pozo y se daba mantenimiento con una plantilla de 20 personas.

A partir de 1992 se diseñó un vivero, con capacidad para 5'400,000 plantas, se construyeron 27 naves de producción con dimensiones de 12 m de ancho por 120 m de largo.

Así mismo, se diseñó un sistema de riego por aspersión semiportátil con aspersores sectoriales de círculo, construyendo dos cisternas con capacidad de 200 m³ cada una.

Se construyeron dos invernaderos de estructura de perfil tubular galvanizado 2" x 2" calibre 14, 2" x 2" y 1" x 1" calibre 16, forradas de polietileno doble capa calibre UV 720 contra rayos ultra violeta, de 40 m de ancho por 69 m de largo, con cortinas laterales y turno soplador (Figura 2).

Croquis 3. Ubicación de barreras rompevientos para la extracción de rama para corte de vareta.

— Barreras Rompevientos

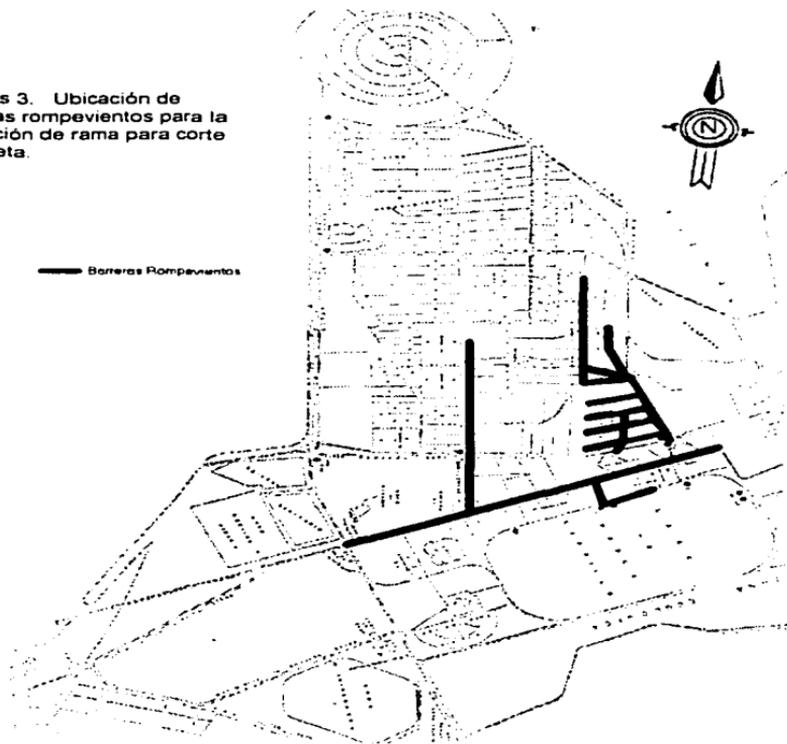




FIGURA 1. Barrera rompevientos de Tamarix aphylla en Potrero de Oriente

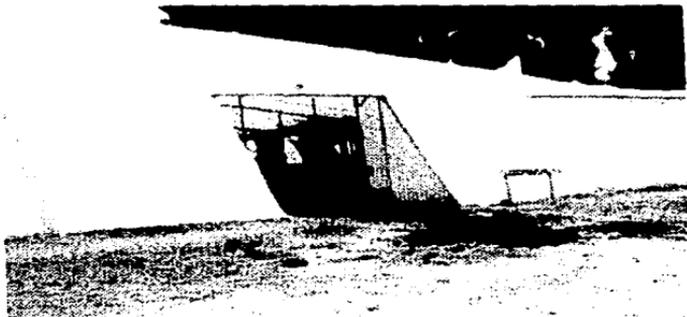


FIGURA 2. Instalaciones de vivero e invernadero "Anexo Lago"

Dentro de uno de los invernaderos se diseñaron camas de germinación y enraizamiento de perfil tubular galvanizado y asbesto cemento de 1.25 m de ancho por 16 m de largo y 1.20 m de altura al piso y profundidad para sustrato de 10 cm.

6.3 SUSTRATO

En 1991 se implantó en toda la región una veda parcial forestal que limita la extracción de tierra de monte como sustrato para vivero, por lo que para proveer las fuertes cantidades de sustrato que se requieren en los programas de producción, se experimentó la utilización de otros sustratos y otras mezclas de las cuales a continuación se describen.

Aunque el género Tamanix es tolerante a la salinidad y sequía o exceso de humedad, sin embargo es posible señalar que para este factor las características más deseables son:

- a) Ser suficientemente firme y denso para mantener en su lugar a las estacas; que su volumen no varíe mucho seco o mojado.
- b) Retener bastante la humedad para un mayor espaciamiento de los riegos.
- c) Ser poroso para que la aireación y el escurrimiento del exceso de agua se filtre.
- d) Estar libre de semillas de malezas.
- e) Tener pH cercano a la neutralidad.

Entre los sustratos que se han experimentado y aplicado con relativo éxito tenemos:

COMPOSTEO DE LODOS ACTIVADOS

La planta de tratamiento de aguas negras del Proyecto Lago de Texcoco utiliza el sistema de tratamiento de lodos activados, procesando aguas de origen municipal, por lo cual no hay la presencia de metales traza y si por el contrario un alto contenido de materia orgánica, siendo esta situación muy favorable para su utilización como abono orgánico en vegetales y suelo.

Los lodos residuales son un recurso potencial como abono orgánico, en el Proyecto Lago de Texcoco se genera la posibilidad de emplearlo como sustrato para vivero.

El composteo es una alternativa para el manejo de lodos residuales, ya que siendo un proceso biológico que estabiliza estos subproductos para su disposición final, que

permite dar un tratamiento a residuos sólidos mediante la descomposición biológica de los componentes orgánicos, bajo condiciones aeróbicas controladas, hasta llegar a un estado que puedan ser manejados (EPA, 1985).

La composta consiste en formar una mezcla homogénea de lodos con el material deseado cuyo proceso de composteo requiere de 3 a 4 semanas para estabilizarse, tiempo en que la composta debe ser mezclada para que el proceso biológico de transformación actúe sobre el lodo y se generen elevadas temperaturas, con lo cual se eliminan los microorganismos dañinos (EPA, 1985) (Cuadro 3).

Lavado de composta para el desplazamiento de sales: Antes de emplear la composta como sustrato fue necesario desplazar sales contenidas en ésta y reducir así la concentración y efecto negativo que pudieran ejercer sobre las plantas, tanto en el prendimiento de varetas como en el desarrollo en la etapa de vivero.

Cuadro 3. Resultados de los análisis bacteriológicos efectuados durante el proceso de composteo a una mezcla de lodo más tierra de monte en proporción 3:1

INDICADORES	MUESTREOS INICIAL	Y 5 DIAS	ANÁLISIS 11 DIAS	18 DIAS
Coliformes Totales (col/ml)	1.00E+05	2.00E+06	1.00E+06	Negativo
Cuentas Standar (col/ml)	6.36E+07	4.00E+08	1.40E+08	1.56E+08
Coliformes Totales (NMP/100 ml)	4.00E+05	7.00E+05	4.00E+05	Negativo
Coliformes Fecales (col/ml)	3.00E+05	Negativo	Negativo	Negativo
Hongos y Levaduras (col/ml)	4.00E+05	2.00E+06	Negativo	Negativo
Huevecillos de A. Lumbricoides	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
Salmonella sp	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo

Fuente: Solano, 1996.

Cuadro 4. Análisis de sustratos y mezclas utilizados en los viveros del centro del lago de Texcoco.

	PROPORCION	C E mmhos/cm	TEXTURA %			RAS mg/lit	PSI	M.O.	% DE ENRAIZAMIENTO
			ARENA	LIMO	ARCILLA				
LODO RESIDUAL (sin lavar)	1	22	84	8.7	7.3	6.3	20.5	MUY RICO	2.5
			ARENOSO FRANCO						
LODO RESIDUAL (lavado) 1.3 m	1	4	84	8.7	7.3	1.29	13.61	MUY RICO	67
			ARENOSO FRANCO						
TIERRA REZAGA	1	8	48	34.7	17.3	12.70	52.70	RICO	42
			FRANCO						
TIERRA LAMA	1	0.37	58	24.7	17.3	6.26	3.32	POBRE (0.5)	85
			FRANCO ARENOSO						
TIERRA LAMA + ESTIERCOL	9.1	0.4	58	24.7	17.3	6.26	3.32		95
			FRANCO ARENOSO						

Resultados de % de enraizamiento obtenidos en condiciones de invernadero y con estacas de 1-2.5 cm de diámetro y longitudes de 10-15 cm.

Fuente: Sorge, 1993; Solano, 1996 y Subgerencia de Desarrollo Agropecuario y Forestal, 1992-1995.

Los sustratos que se exponen en el Cuadro 4 son propuestas y alternativas a la utilización de tierra de monte.

Son sustratos que se encuentran en abundancia cerca de la zona y de los cuales podemos señalar lo siguiente:

a) **Lodo residual:** Debido a su contenido de materia orgánica y el lugar donde proviene, no se puede considerar como un suelo propiamente dicho si no que es material orgánico.

El empleo de grandes volúmenes de lodo residual requiere de un equipo e instalaciones adecuadas, así como de personal capacitado.

A diciembre de 1996 ya se tiene gran parte de instalaciones y equipo. Sólo faltaba organizar y programar la captación, beneficio y tratamiento de lodos residuales a composta para vivero.

Según estudios, trabajos de tesis y bibliografía consultada al respecto, el lodo residual es un buen sustrato para vivero, esto se debe a que los contenidos nutritivos como materia orgánica, N (nitrógeno), P (fosforo), K (potasio), son los más altos con respecto a los otros sustratos mencionados (Cuadro 4), otra variación de este sustrato con respecto a la tierra de rezaga y tierra lama, es el pH y el contenido de SO_4 (sulfatos). El pH es ácido (en los otros sustratos es alcalino), cuestión de detalle ya que la C.E. es elevada, esto se debe al alto contenido de SO_4 y de M.O. que se manifiesta con una alta CIC.

b) **Tierra de rezaga.** El banco de tierra de rezaga se encuentra localizado a 8 km del vivero, dentro de la zona federal del ex-lago de Texcoco.

Este material es producto de excavaciones en el Distrito Federal generalmente de las obras del metro, es un material líquido que se deposita en celdas para que pierda su humedad al medio ambiente.

Como lo señala el análisis de sustratos (Cuadro 4), éstos tienen un RAS y un PSI elevado pero sobre todo el porcentaje de prendimiento de estacas es de apenas el 40% aún en condiciones controladas de invernadero. Si le agregamos a esta situación que a partir de 1996 el DDF tiene concesionada el área donde se deposita la tierra de rezaga. Definitivamente esta opción no es viable, a pesar de que la tierra de rezaga tiene un buen contenido de materia orgánica y podría funcionar con algunas mezclas de sustrato.

c) **Tierra lama.** Este sustrato se obtiene de azolves de cauces o ríos de la Cuenca Tributaria al oriente de la zona federal del Ex-lago de Texcoco.

Es un material abundante, su banco de extracción se encuentra a 20-50 km del vivero del Ex-lago de Texcoco actualmente se realizan contratos de acarreo y sin mayor dificultad se extraen, se manejan y se acarfean sin necesidad de equipo o maquinaria especial.

Como se muestra en el Cuadro 4, la tierra lama es un material pobre en M.O. el RAS y el PSI es menor en relación a los demás sustratos mencionados. su pH es alcalino.

Este aspecto no importa debido a que se están propagando especies halófitas, su textura franco-arenosa coincide según menciona la literatura con el tipo de suelos en donde más comúnmente crecen (textura arenosa), finalmente consideramos que por todo lo anterior expuesto y al 85% de prendimiento de varetas es de las mejores alternativas y que ha funcionado perfectamente en la actualidad.

d) **Mezcla tierra lama estiércol.** En base a los razonamientos anteriores a la necesidad de sustratos y a la disposición de presupuesto, actualmente se está trabajando con una mezcla de tierra lama y estiércol en una proporción 9:1 con esta

mezcla se enriquece la tierra lama con M.O., es decir con estiércol que en la zona es un material abundante.

6.4 SELECCION DE MATERIAL VEGETATIVO

En 1992 cuando inició la propagación intensiva de Tamanx se estableció una línea de producción por estaca en base a las dos especies dominantes en la zona T. chinensis y T. aphylla.

Apartir de 1993-94 se investiga y se experimenta con éxito la propagación via semilla do T. chinensis.

También, se identifica que T. aphylla por las condiciones salino-sódicas del terreno se estableco y desarrolla, pero no produce flores.

A la fecha sólo se produce asexualmente en este sentido se determina producir T. aphylla mediante estacado en vivero, esto representa un 25 % de la producción total anual de Tamanx.

La producción de T. chinensis se realiza via semilla en condiciones de invernadero por el abundante banco de semilla que existe la producción corresponde aproximadamente al 75 %, de las metas anual.

Identificados los sitios de extracción de rama para corte de vareta, se procede a seleccionar los individuos bien desarrollados es decir plantas madres de aspecto vigoroso, árboles adultos de aproximadamente 5-8 m de altura (Figura 1).

Las ramas que se obtienen de estas plantas madres son de madera dura o semidura la anterior estación de crecimiento o de madera más vieja, con todo y hojas, siendo la época de colecta a principios de primavera, cuando se inician los programas de producción de la Subgerencia de Desarrollo Agropecuario y Forestal del Ex-lago de Texcoco.

Debido a que las plantas madres se encuentran establecidas en los taludes de los canales de riego, estas presentan buen vigor durante todo el año. Se cortan ramas verticales preferentemente de la parte basal y media del árbol con diámetros que varían de 1-2.5 cm (Figura 3).

COLECTA DE VARETA

Acción de extraer del árbol adecuado, material vegetativo o rama con características deseables para el estacado. Esta actividad se rige por la época estacional del año y por el inicio de los programas de producción del Lago de Texcoco.

Durante los meses de noviembre a febrero disminuyen las existencias de rama en las cortinas arboladas de Tamarix spp. dentro de la zona federal del Ex-lago de Texcoco.

Esta actividad se realiza a muy temprana hora, para prevenir que se deshidrate el material. Para estos trabajos se utilizan machetes y tijeras podadoras de mango largo, se hacen manojos con las ramas y se llevan a vivero para el inmediato corte de vareta para estacado.

CORTE DE VARETA

Esta determinación es importante y básica ya que a partir de estas prácticas experimentales y resultados comprobados a nivel intensivo, es como se han desarrollado las técnicas y las metodología de propagación de Tamarix aphylla en los programas de forestación del Ex-lago de Texcoco.

A continuación se expone el trabajo experimental que ha determinado la metodología adecuada a seguir en la propagación de Tamarix spp en los viveros del lago de Texcoco.

6.5 METODOLOGIA

Se conoce como "estaca" a aquella parte de una planta, que con yemas es capaz de formar raíces y después una planta entera con las mismas características que la planta madre; asimismo se entiende por "estacado" a la propagación vegetativa de plantas por medio de estacas (Hernández, Díaz, 1977).

Para determinar el tamaño óptimo mínimo de estacado de Tamarix spp se utilizaron dos de las tres especies identificadas y adaptadas a la zona, que son Tamarix chinensis y Tamarix aphylla a éstas especies arbóreas distribuidas en distintas áreas de la zona federal se les cortaron ramas con machetes y/o tijeras podadoras y fueron seleccionadas de tal forma que su grosor fuera de 0.5 a 2.0 cm y su edad de 1 a 2 años, (lo cual se estima a través de su grosor de limnificación).

Estas ramas una vez en el área de vivero, se limpiaron y se trozaron en diferentes dimensiones de tamaño pequeño tanto de diámetro como de longitud por lo que se denominaron minivaretas, en el caso de diámetro se utilizaron 4 diferentes dimensiones que varían de 0.5 a 2.0 cm a intervalos de 0.5 cm.

En el caso de las longitudes se usaron los diferentes tamaños que variaron de 1 a 10 cm con intervalos de 1 cm.

Combinando los diferentes valores de diámetro y longitud (longitudes para cada uno

de los cuatro diámetros), se establecieron primeramente bajo condiciones de invernadero y en camas especiales de enraizamiento con agrolita como sustrato, 40 tratamientos con 200 repeticiones para cada una de las dos especies de *Tamarix* mencionadas. Para evaluar su respuesta de enraizamiento las minivaretas fueron impregnadas previamente con pintura en un extremo (parte superior) para disminuir su deshidratación, y enraizador en el otro extremo (parte enterrada). Posteriormente las minivaretas ya enraizadas se trasplantaron a los envases forestales con sustrato que se tiene destinado para su desarrollo definitivo en vivero.

Con los resultados obtenidos a los 25 a 30 días posteriores al estacado en los 80 tratamiento antes descritos, se llevo a cabo un segundo grupo de pruebas de enraizado, las cuales consisten en evaluar su respuesta directa en los envases de vivero con dimensiones de 13 x 22 cm tanto en condiciones de invernadero como de vivero (intemperie).

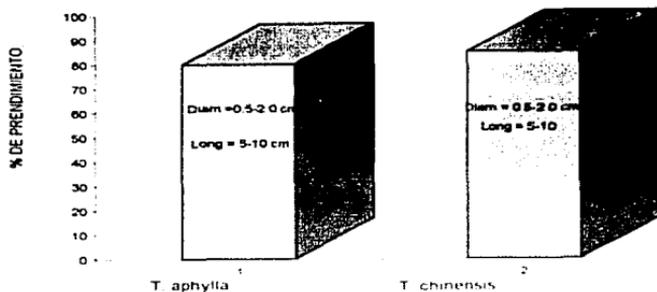
En esta ocasión, únicamente se probaron dos tipos de minivaretas, las de 0.5 cm de diámetro por 5 cm de longitud en invernadero y las de 1.5 cm de diámetro por 10 cm de longitud en invernadero y la de 1.5 cm diámetro por 10 cm de longitud en condiciones de vivero (intemperie); en ambos casos se probaron 2100 minivaretas de cada una de las dos especies seleccionadas.

6.6 RESULTADOS

En la Gráfica 1 se representan los resultados obtenidos en las pruebas de enraizamiento de minivaretas de diámetro de 0.5 a 2.0 cm y longitudes de 5.0 a 10.0 cm, tanto para *T. chinensis* como para *T. aphylla* en camas de enraizamiento con sustrato de agrolita bajo condiciones de invernadero. Cabe aclarar que se decidió desechar los resultados obtenidos con longitudes menores a 5 cm debido a que se detectó desde el principio de los trabajos, que en la práctica son muy difíciles de manejar, al menos con la técnica de corte que se practica actualmente en los viveros del Ex-lago. El periodo de prendimiento para las especies fue de 20 a 25 días a partir de su fecha de estacado.

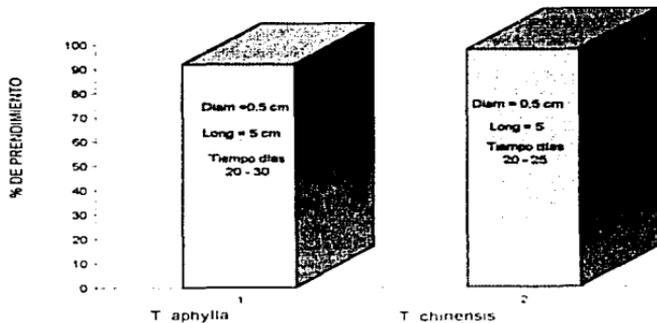
En la Gráfica 1 se observa que en general el porcentaje de prendimiento en los enraizadores fue alto (80% para *T. aphylla* y del 85 % para *T. chinensis*). Sin embargo, estos porcentajes promedio disminuyen hasta el 75% después de ser trasplantados al envase forestal, consideramos que sucede por problemas de manejo durante el trasplante o por el cambio de hábitat, además de que se aprecia un alargamiento en el ciclo de producción como consecuencia del periodo de adaptación del trasplante. No obstante, el número de individuos que se obtiene con minivaretas a partir de un volumen determinado de ramas, superó al número de plantas que se producía anteriormente utilizando la técnica que tradicionalmente se empleaba en los viveros del Ex-lago de Texcoco.

Gráfica 1. Estacado con enlazadores en condiciones de invernadero



En la Gráfica 2, se muestran los resultados obtenidos de las pruebas de enraizamiento directo en envases de 13 x 22 cm con sustrato de tierra de monte y bajo condiciones de invernadero.

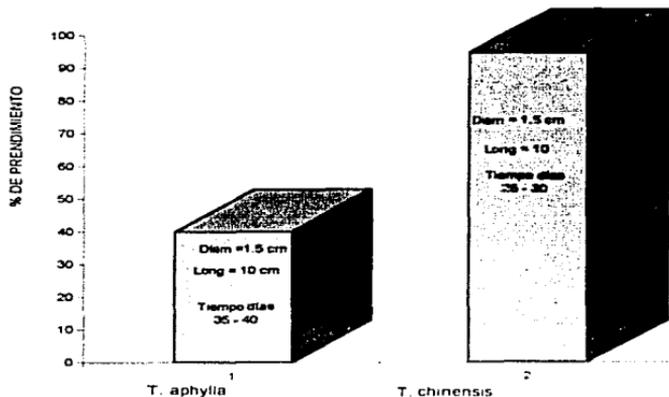
Gráfica 2. Estacado directo en condiciones de invernadero



Los diámetros y longitudes representadas en Gráfica 2 para minivaretas de *T. aphylla* y *T. chinensis* son respectivamente de 0.5 y 5 cm en ambas especies. La primera especie presentó un periodo de prendimiento de 20 a 30 días a partir de su estacado con un porcentaje de prendimiento del 92 %; la segunda presentó un periodo de prendimiento de 20 - 30 días a partir de su estacado con un porcentaje de prendimiento del 98 %. Por lo tanto, con este método se obtienen mayores rendimientos en ambas especies con mínimos volúmenes de rama, principalmente en *Tamarix aphylla* especie que resulta difícil de propagar vegetativamente a través del método tradicional de producción.

En la Gráfica 3 se muestran los resultados obtenidos en las pruebas de enraizamiento de minivaretas bajo condiciones de vivero (intemperie), para minivaretas de diámetro de 1.5 cm y longitudes de 10.0 cm, tanto para *T. aphylla* como para *T. chinensis*.

Gráfica 3. Estacado directo en condiciones de vivero (intemperie)



Tamarix aphylla presenta un período de prendimiento que va de 35 - 40 días a partir de su estacado y con un porcentaje de prendimiento del 40 %; T. chinensis presentó un período de prendimiento de 25 a 30 días a partir de su estacado con un porcentaje de prendimiento del 95 %. Por lo tanto con este método se obtienen máximos rendimientos en T. chinensis. Los resultados para T. aphylla, hacen descartar la posibilidad de propagar esta especie mediante minivaretas en condiciones de intemperie (vivero).

COSTOS PARA LA PRODUCCION DE 1'000,000 DE PLANTAS DE Tamarix aphylla PARA EL PROGRAMA DE FORESTACION 1997 EN EL EX-LAGO DE TEXCOCO.

a) Contrato de M.O.C.	\$	250,390.05
b) Bolsa 5000 Kg	\$	69,000.00
c) Sustrato 1350 m ³ (+ 150 m ³ de estiércol)	\$	195,000.00
d) Agroquímicos	\$	5,000.00
- Enraizador:		
- Fungicida:		
- Insecticida:		
e) Herramientas y equipo	\$	10,000.00
- Palas rectas		
- Navajas		
- Azadones		
- Sistema de riego		
	\$	529,890.05
Precio unitario de producción <u>Tamarix aphylla</u>	=	\$ 0.53

6.7 CONCLUSIONES

1. La utilización de minivaretas en producción intensiva de Tamarix spp permite incrementar de 3 a 4 veces más el número de individuos a producir a partir de un volumen dado de ramas, comparado con la metodología tradicional de varetas.
2. La producción obtenida por minivareta tanto de Tamarix aphylla como de Tamarix chinensis en camas de enraizamiento resulto del 75 al 80 %.
3. En condiciones de invernadero los mayores prendimientos de minivareta tanto de Tamarix chinensis (98%) como de Tamarix aphylla (95%) se obtuvieron con minivaretas de 5.0 cm en longitud y 0.5 cm de diametro
4. En condiciones de intemperie, el máximo prendimiento de minivaretas de Tamarix chinensis fue de 96% y el mínimo de Tamarix aphylla fue de 40%, los cuales se obtuvieron con minivaretas de 10 cm de longitud y 1.5 cm de diametro.
5. La especie de Tamarix chinensis es la que responde más rápidamente a la propagación vegetativa por minivareta, teniendo altos prendimientos en un periodo de tiempo de 20 - 25 y hasta 30 días después del estacado, dependiendo de las condiciones ambientales en que se establecen (invernadero o intemperie).
6. La especie de Tamarix aphylla es la que responde más lentamente a la propagación vegetativa por minivareta; el prendimiento en condiciones de intemperie tarda de 35 a 40 días, mientras que en condiciones de invernadero el prendimiento es de 20 a 30 días.
7. El sustrato que se esta utilizando en los viveros del Centro del Lago de Texcoco, por su disponibilidad económica y el porcentaje de enraizamiento que tuvieron las minivaretas, es una mezcla de tierra lama y estercol en la proporción 9:1.
8. El tiempo que se requiere para que las plantas de Tamarix aphylla producidas por estaca alcancen la altura y porte requeridos para ser plantados al sitio definitivo, es de un mínimo de 7 meses.

6.8 METODOLOGIAS DE PRODUCCION DE Tamarix aphylla EN CONDICIONES DE INVERNADERO Y VIVERO EN EL CENTRO DEL LAGO DE TEXCOCO.

En base a los resultados obtenidos en las pruebas de porcentajes de prendimiento de minivaretas, a la característica de la especie Tamarix aphylla establecida en las cortinas rompevientos en la zona federal del Ex-lago de Texcoco, la cual no produce semilla. A las necesidades de producir esta especie para cumplir con objetivos y metas programadas de forestación; y gracias a la identificación de Tamarix chinensis como una especie que produce mucha semilla y es factible su propagación mediante este método.

Bajo estos criterios se ha determinado producir sólo Tamarix aphylla via asexual mediante estacado.

Para la producción de Tamarix aphylla se a determinado destinar uno de los dos invernaderos existentes en el centro del lago.

En seguida se mencionan las actividades establecidas en los viveros de producción del Centro del Lago, para la propagación intensiva de Tamarix aphylla.

1) Acondicionamiento de terreno para llenado de envase.

Acción de acondicionar dentro del invernadero las áreas destinadas al llenado de envase, los trabajos que se realizan son básicamente limpieza, afine de suelo, trazo de camas para llenado de bolsa, las dimensiones de las camas dentro del invernadero son de 15 m de largo por 1.10 m de ancho, con estas dimensiones se facilitan las maniobras de trabajo en el invernadero.

2) Cernido y acarreo de sustrato.

Acción de hacer pasar el sustrato, mezcla de tierra lama y estiércol en proporción 9:1, por una malla metálica de .5 cm y transportarlo en carretilla al invernadero donde será utilizado para el llenado de envase forestal, para llenar 1'000,000 de envase con las dimensiones arriba señaladas se requiere cernir 1,500 m³ de sustrato.

3) Llenado de envase y aporque de camas.

Acción de introducir sustrato para vivero en un envase de polietileno de 13 x 22 cm color negro, calibre 300, con perforaciones en la base de la bolsa. El tamaño de la bolsa está en relación al periodo que dura la planta en vivero antes de ser llevada a plantación.

El aporque de camas consiste en apilar tierra en las orillas de las camas de producción para que los envases no se caigan o se maltraten durante el manejo que se les proporciona a las plantas riegos deshierbos, etc. aproximadamente se pueden colocar 200,000 envases dentro del invernadero.

4) **Colecta de vareta.**

Acción de extraer del arbolado de Tamarix aphylla material vegetativo o rama con características deseables para el estacado, en áreas establecidas dentro de la zona federal del Ex-lago de Texcoco.

Regularmente esta actividad se realiza a finales de abril a octubre, se colecta rama con brotes jóvenes (8-12 meses), no se recomienda rama leñosa (Figura 3).

5) **Corte y enraizamiento de estacas.**

Acción de segmentar la rama o vara extraída del árbol madre de .5 a 1.5 cm de diámetro y 10-15 cm de longitud. Se cortan segmentos tanto de la parte basal, media o apical de la rama.

El corte de la vareta es sesgado a 45° aproximadamente, con los brotes hacia arriba, en la parte apical se aplica pintura de esmalte blanca para evitar deshidratación y enfermedades fungosas (Figura 4)

En la parte basal de la estaca se aplica, enraizador, radix 10,000 ó raizone plus, esta acción tiene dos objetivos: como hormona para acelerar el enraizamiento y como fungicida.

La estaca finalmente ya preparada se entierra aproximadamente 5 cm en posición vertical. Antes de estacar es conveniente dar un riego a las bolsas con sustrato para proveer de humedad a la estaca.

6) **Riegos.**

El primer riego se da inmediatamente después del estacado, con un sistema de riego por aspersión, durante los primeros 40, 50 días se humedece diariamente preferentemente por las mañanas después de este tiempo y hasta que la planta se retira del invernadero se aplica agua cada 3er día.

Cuando se riega por la tarde y como el invernadero permanece cerrado durante la noche existe el problema de fungosis principalmente de Phytlum sp se controla regando por la mañana y ventilando el invernadero.

7) Deshierbe de envase.

Acción de arrancar manualmente las malezas que crecen dentro de los envases y junto a las plantas que ahí mismo se desarrollan, esta actividad se inicia desde los 15-20 días después del estacado y se lleva a cabo regularmente cada 30 días en invernadero aparecen hierbas como, pasto salado, pasto jardinero, quelito, toloache, romero, entre otros.

8) Fertilización, combate de plagas y enfermedades.

A los 60 días de establecida la estaca se aplican hormonas de crecimiento mediante fertilización foliar 100% giberelinas como el Ac giberelico, bigib y agromil B se aplica con mochila de aspersión.

El ataque de hongos como Phytlum sp o Dumping up se controlan regando por la mañana y ventilando el invernadero o cuando el ataque es muy severo se aplica ridomil polvo (Figura 6).

Es muy común el ataque de pulgón negro Mysus persice.

9) Endurecimiento de planta.

Actividad que consiste en aclimatar la planta en el invernadero para sacar a condiciones medio ambientales de vivero. En invernadero se tienen condiciones de temperatura de 28-30°C en vivero la temperatura promedio es de 18°C.

La mecánica a seguir para el endurecimiento de la planta es a 65-75 días de establecida la estaca se comienza a disminuir la frecuencia de los riegos hasta llegar a un riego cada 3er. día, de igual forma en tiempo (65-75 días), el invernadero no se cierran es decir las cortinas laterales que controlan la temperatura se mantienen abiertas.

De esta forma cuando la planta tiene 90 días de establecida en invernadero, cuenta ya con 25-30 días de endurecimiento. Por lo cual se procede a sacarla a vivero (Figura 5).

10) Carga y descarga de planta de invernadero a vivero.

Acción de sacar planta endurecida que desarrollo en envase forestal en carretillas, remolques o camión y descarga de la planta en otras áreas previamente acondicionadas dentro del vivero, la planta que se saca a camas de producción en vivero, tiene 90 días, altura de 80-100 cm y porcentajes de prendimiento de 85-90%. Se recomienda podar la planta 30-40 cm antes de sacarla a vivero para que desarrolle rebrotes.

La frecuencia de sacar la planta de invernadero a vivero, está en relación a la cantidad de planta que se programa anualmente por lo regular la planta se saca a vivero cada 100 días (Figura 5).

11) Acondicionamiento de terreno en vivero.

En vivero se acondicionan áreas para acomodar la planta producida en invernadero, se acondicionan camas de producción de 12 m de ancho por 120 m de largo, se trazan, se limpian y se afinan las áreas asignadas para esta acción.

12) Riegos, deshierbe y remoción de envase.

Los riegos se proporcionan cada 3er. día con un sistema de riego por aspersión semiportátil con aspersores sectionales.

En un principio se utilizó agua tratada para el riego, sin embargo la C.E. que presentaba el agua es de 6-8 mmhos/cm lo cual dañaba a la planta en condiciones de riego, actualmente se utiliza agua de pozo que se almacena en las cisternas para riego.

El deshierbe de envase y pasillos de camas de producción se realiza de igual forma que en invernadero, la frecuencia de esta actividad depende del tiempo en que permanece la planta en vivero antes de ser llevada a campo para su plantación, y la época estacional del año, regularmente la planta permanece en vivero dos meses por lo cual requiere de dos deshierbes durante este periodo.

La remoción de envase consiste en mover de su lugar original, hacia una cama de producción vecina o bien en la misma cama, envases con planta cuyo desarrollo radicular sobresale del envase y se introduce en el terreno natural del vivero. Esta acción se debe desarrollar de 15 a 30 días antes de que la planta salga a campo para su plantación.

13) Vaciado de envase.

Acción de extraer el sustrato de los envases que no tienen planta y que resultan de la remoción, o de los acarros. De esta actividad resulta que se puede recuperar parte del sustrato para vivero empleado originalmente y envases que realmente no fueron utilizados.

Podemos considerar que la planta de Tamarix aphylla está en condiciones de ser llevada a campo para su plantación. Cuando tiene de 7 meses desde su propagación, 80-100 cm de altura, sin presencia de plagas o enfermedades, removida y con suficiente humedad con estas características el Tamarix sale a campo, quedando finalmente un 80% de la planta inicialmente propagada por estaca en invernadero.

6. 9 RECOMENDACIONES

- 1.- Es recomendable que la reproducción de Tamarix aphylla por medio de minivareta sólo se realice bajo condiciones de invernadero.
- 2.- Se recomienda el beneficio y la utilización de lodo residual de la planta de tratamiento de Lago de Texcoco, como fuente para obtener sustrato de buena calidad.
- 3.- Se sugiere experimentar, el estacado de Tamarix spp. directamente en el terreno en las zonas de plantación definitiva.
- 4.- Experimentar otros géneros de plantas halófitas con posibilidad de propagar y desarrollar en las condiciones salino-sódicas del Lago de Texcoco.



FIGURA 3 Corte de rama
para vareta



FIGURA 4. Estacado de vareta



FIGURA 5. Endurecimiento de Tamarix aphylla.

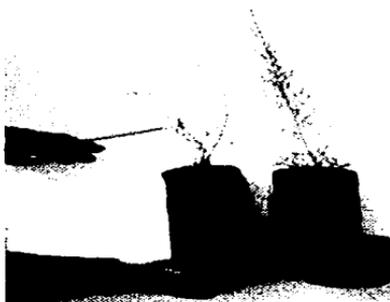


FIGURA 6. Ataque de Phitium sp. En Tamarix sp.

7. METODOLOGIA DE PRODUCCION DE Tamarix chinensis VIA SEMILLA EN LOS VIVEROS DEL EX-LAGO DE TEXCOCO.

RESUMEN

En este apartado se exponen los procedimientos y las metodología desarrolladas en los invernaderos y viveros del Ex-Lago de Texcoco para llevar a cabo la propagación masiva e intensiva de Tamarix chinensis via semilla. Por las condiciones salino-sódicas la especie de T. chinensis es la única de las dos existentes en el Ex-Lago que produce semilla viable.

Se han identificado cerca de 10.5 Km de barreras rompevientos y 120 ha de plantaciones de la especie de T. chinensis donde se puede coleccionar semilla, para esto se tiene que programar en coordinación a los calendarios de propagación, ya que la semilla pierde viabilidad rápidamente 50% 15 días después de su recolección.

El sustrato adecuado en los viveros del Centro del Ex-Lago por su abundancia, economía y porcentajes de germinación, es la mezcla de tierra lama y estiércol en proporción 9:1, con este sustrato se alcanzan porcentajes de germinación del 90%.

Bajo condiciones de invernadero las plántulas de T. chinensis a los 20-25 días después de la siembra están listas para el trasplante con corte de 4-5 cm, en bolsas de polietileno negro de 13 x 22 cm la planta permanece en invernadero 90 días alcanzando un porte de 80-150 cm.

En el invernadero a la planta se le practica un proceso de endurecimiento 15-20 días antes de sacarla a vivero, donde permanece 60 días después de este tiempo la planta está lista y en condiciones de establecerse en campo. El tiempo que se requiere para que las plantas de esta especie producida por semilla, alcancen el porte requerido y las condiciones adecuadas para ser plantadas en campo es de un mínimo de 6 meses.

INTRODUCCION

El Programa ecológico que está llevando a cabo el Proyecto Texcoco, en su segunda etapa a partir de 1992, contempla la forestación de varios miles de hectáreas, para lo cual se ha iniciado también dentro de los viveros e invernaderos de este proyecto la multiplicación intensiva de millones de plantas halófitas.

En 1991 se tenía un vivero de especies forestales halófitas, con una capacidad de producción anual de trescientas mil plantas, por lo que para estar en posibilidades de cumplir las nuevas metas fijadas en el programa masivo de forestación, se inició a finales de 1991 la construcción de infraestructura necesaria para ampliar la capacidad de dicho vivero a cinco millones cuatrocientos mil árboles. El cual ya está terminado y en operación (Figura 2).

La única especie que se ha logrado establecer con cierto éxito en la zona, es un árbol halófito de la variedad Tamarix.

La reproducción de esta especie se hacía vegetativamente por varetas de 25-30 cm de largo, que se extraían de los 300,000 árboles ya establecidos en la zona, esta cantidad de árboles no era suficiente para proveer el material vegetativo para la multiplicación de plantas, para lograr las nuevas metas de producción planteadas de 9'388,000 árboles. Se inició a principios de 1992 la búsqueda y desarrollo de nuevas tecnologías de producción para subsanar esta limitante.

Dentro de las metodología que se desarrollaron con gran éxito se encuentra la producción de Tamarix chinensis vía semilla, por ser la única especie de las dos existentes en el Ex-lago que produce semilla viable.

A la fecha los resultados han sido positivos y se están aplicando intensivamente.

METODOLOGIA DE PRODUCCION

La presente metodología pretende establecer y señalar los buenos resultados de producción vía semilla de la especie halófila Tamarix chinensis metodología que se han generado de 1992 a 1995 en viveros e invernaderos del Ex-lago de Texcoco.

A partir de 1992 se ha realizado recolección y pruebas de germinación de la especie chinensis, que como ya se mencionó es la única especie de las dos existentes en el lago de Texcoco, que produce semilla viable.

La construcción de equipo e instalaciones, la recolección de semilla, su almacenamiento, condiciones de germinación, trasplante cuidado y mantenimiento de la plántula a requerido de tiempo, estudios y experimentación, que se ha generado en el lago de Texcoco debido a que esta especie no se propaga a nivel comercial en México ni en ninguna otra parte del mundo

Es un árbol nativo del norte de Africa se desarrolla en climas áridos y en America se encuentra en el Sur de los Estados Unidos y Norte de México.

En las condiciones salino-sódicas y clima del Ex-lago de Texcoco se ha adaptado muy bien desde 1981. Por lo tanto en 1993 se generó una metodología de producción intensiva vía semilla de la cual se expone en este trabajo.

7.1 IDENTIFICACION Y ESTABLECIMIENTO DE ZONAS DE EXTRACCION DE SEMILLA

Para 1985 el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales experimento con éxito la tolerancia y adaptabilidad de la especie Tamarix aphylla y T. chinensis, bajo condiciones salino-sódicas del Ex-lago de Texcoco.

De igual forma, el Proyecto Lago de Texcoco estableció 27 km aproximadamente de barreras rompevientos halófitas, en los taludes de los canales de riego.

A partir de 1992 se establecen plantaciones principalmente de Tamarix chinensis. En zonas donde existe infraestructura de riego y construcción de un drenaje agrícola, ya que dos de las principales limitantes que presentan los suelos de esta zona son los altos contenidos de sales y los mantos freáticos someros, condiciones que dificultan el establecimiento y desarrollo radicular de los árboles establecidos. Por lo anterior, se requiere establecer en las zonas más conflictivas, un sistema de drenaje agrícola para contrarrestar la problemática descrita y mejorar las condiciones internas de los suelos. El sistema de drenaje que se esta construyendo son zanjas de aproximadamente 1.80 m de profundidad y 30 cm de ancho, depositando en el fondo de la excavación un ducto de plástico perforado cubierto por diferentes tipos de filtros.

Los drenes se construyen a una distancia que varia de 15 a 60 m, entre si en el sentido perpendicular a las lineas de corriente internas (Figura 8).

Los requerimientos del género empleado como es el Tamarix spp. en las condiciones que caracterizan a las áreas de plantación, hacen necesario un nuevo acondicionamiento del terreno con labores agrícolas como son: barbecho, rastreo doble, paso de niveladora y formación de bordos. Los dos primeros tienen como propósito mejora sus características físicas favoreciendo la infiltración y permeabilidad del suelo; la nivelación y bordos facilitan el control y aplicación del riego siendo estas últimas por sus dimensiones (2.70 m de base por 0.80 m de altura) la condición más importante para el establecimiento y desarrollo de los arbolitos ya que al ser plantados a dos tercios de altura del bordo sus raíces quedan fuera de la parte inundable y de la mayor concentración de sales que tienden a acumularse en el lomo del bordo (Figura 7).

Finalmente el establecimiento de arbolado puede estar acondicionado con drenaje subterráneo, o si las condiciones de drenaje natural y del suelo lo permiten se puede hacer la plantación sin la necesidad de instalar subdrenaje (Figura 9).

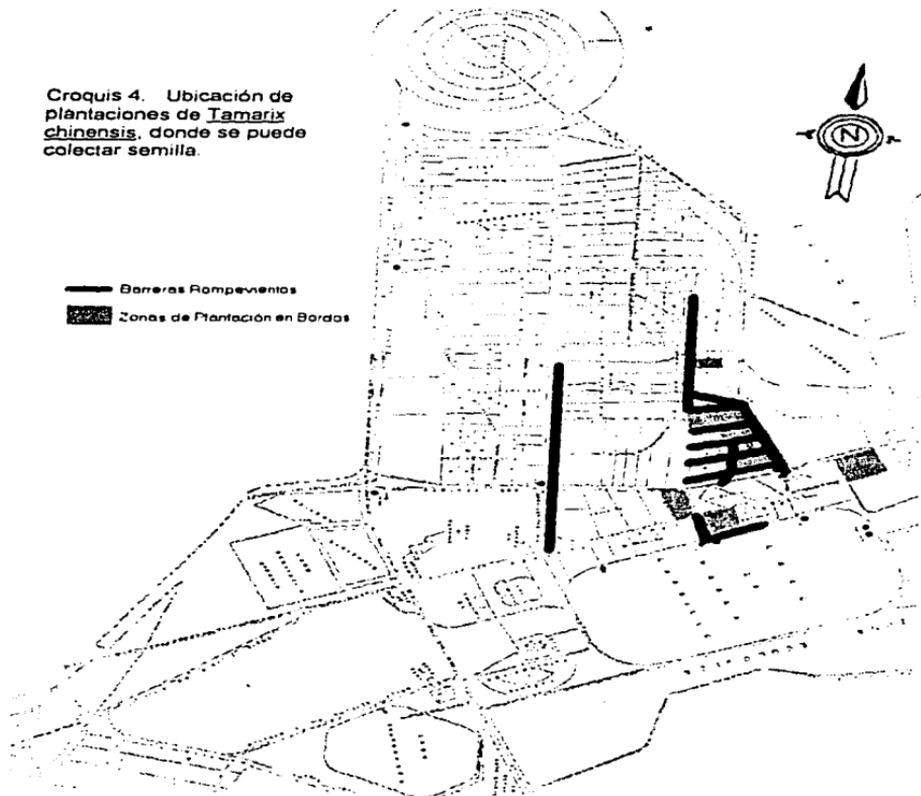
En este sentido se han identificado zonas donde se pueden realizar recolección de semilla de especie T. chinensis (Croquis 4).

Cuadro 5. Sitios donde se puede recolectar semilla de Tamarix chinensis

ZONA	SITIO	SUPERFICIE	AÑO DE PLANTACION
BARRERAS ROMPEVIENTOS	POTRERO DE OTE.	1.5 Km	1985-1990
	ORIENTE II	2.5 Km	1984-1988
	CAMINO TEPETZINGO	3.0 Km	1985-1990
	CAMINO CARACOL	2.5 Km	1982-1984
	POTRERO III N.C.	1.0 Km	1992-1994
POTREROS Y ZONA ORIENTE	TUBERA SECC. A	15 Ha	1993
	POTRERO III N.C.	20 Ha	1992
	POTRERO I SEC. C	20 Ha	1994
	POTRERO DE OTE.	40 Ha	1992
	III B DE ORIENTE	5 Ha	1993
	ORIENTE II	20 Ha	1993

Croquis 4. Ubicación de plantaciones de Tamarix chinensis, donde se puede coleccionar semilla.

— Barreras Rompevientos
■ Zonas de Plantación en Bordas



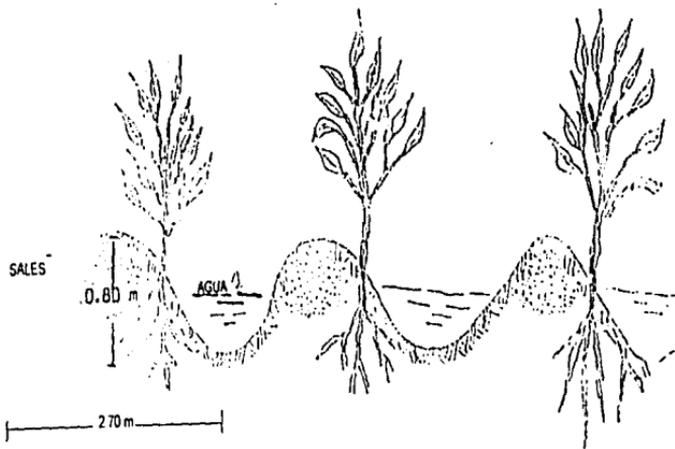


FIGURA 7. Establecimiento y desarrollo de los arbolitos al ser plantados en dos tercios de altura del borde, sus raíces quedan fuera de la mayor concentración de sales que tienden a acumularse en el lomo del borde.

7.2 INSTALACIONES Y EQUIPO UTILIZADO EN LA PROPAGACION POR SEMILLA

Al igual que en la propagación por estaca, se destino un invernadero exclusivamente para la multiplicación de Tamarix chinensis via semilla.

La estructura del invernadero es de perfil tubular galvanizado 2" x 2" calibre 14 2" x 2" y 1" x 1" calibre 16, forrado de polietileno doble capa UV 720 contra rayos ultravioleta, de 40 m de ancho por 69 m de largo, con cortinas laterales y turbo soplador.

Dentro del invernadero en la parte norte se construyeron 20 camas de germinación de perfil tubular galvanizado y asbesto cemento de 1.25 m de ancho por 16 m de largo y 1.20 m de altura y profundidad para sustrato de 10 cm (Figura 12). Las camas de germinación cuentan con un sistema de riego por goteo nebulizador y malla sombra al 35%.

7.3 COLECTA Y BENEFICIO DE SEMILLA

Generalidades

Algunas características inherentes al arbolado, determinan en gran medida la producción de semilla. Estas características pueden deberse a causas de origen genético o bien a la influencia del medio ambiente donde se desarrolla la semilla. Estas características pueden interactuar entre si o bien pueden ejercer su influencia separadamente, pero lo importante es que marcan en mayor o menor grado el índice de producción de semilla en los árboles.

SELECCION DE LOS ARBOLES PRODUCTORES DE SEMILLA

La recolección debe efectuarse a partir de arbolado ubicado en zonas cercanas a las áreas de forestación, a objeto de que las semillas se adapten al medio donde van a ser sembradas. Es decir los lugares de recolección deben de tener una notable semejanza a las condiciones de salinidad donde se va a establecer las plantas.

La selección del arbolado productor de semilla es un proceso que requiere de cierto conocimiento y experiencia.

Es en esta fase donde la recolección de semilla viene a ser el instrumento por medio

del cual se pueden mejorar las características de las futuras masas forestales.

Para lograr lo anterior, la recolección se realiza en arbolado fenotípicamente superior a la media de la población (Figura 10).

Esto implica que los árboles elegidos deben reunir ciertas características considerando las siguientes las más importantes.

- a) ser sanos fuertes y vigorosos.
- b) ser preferentemente los dominantes.
- c) haber demostrado ser buenos productores de semilla en años anteriores
- d) árboles establecidos en condiciones de salinidad, similar a las áreas donde se establecerán las plantaciones.

EPOCA DE COLECTA

Se está trabajando con la elaboración de un registro fenológico local que permita determinar la época de fructificación de Tamanix chinensis, para planear con éxito las salidas de recolección.

Sin embargo a la fecha se ha establecido que las primeras flores aparecen a mediados de marzo y después de 30 días la flor madura, es decir se puede recolectar semilla a partir del 15 de abril.

El árbol de T. chinensis produce semilla en forma continua hasta el mes de agosto. En el árbol la semilla madura primero en la base de la rama para terminar en la parte apical.

CANTIDAD DE SEMILLA QUE SE RECOLECTA POR ARBOL

La semilla es creada en pequeñas cápsulas producidas en panículas terminales. La semilla tiene forma cilíndrica de 0.2 mm de diámetro y 0.7 mm de largo, con un popo semillero o ramillete de vello de cerca de 5 mm de largo.

La semilla es ligeramente de color ambar, en una delgada y transparente cascara (Figura 11).

El número de semillas de una muestra con impurezas es de aproximadamente 2400

por gramo y tiene un tamaño de 1/4 de milímetro (T. J. Hodgson, 1994)

En 1996 se registraron datos de 10 árboles adultos de aproximadamente 10 años de establecidos en taludes de canales de riego, en la zona de potrero de oriente (Figura 10).

Se sembraron 750 g de semilla limpia, obteniendo finalmente 150.000 plantulas.

PROCESO DE LIMPIEZA

La colecta se realiza a muy temprana hora, las ramas con semillas colectadas se ponen a secar debido a que no madura la semilla en forma homogénea, es decir al momento de ser cosechada la semilla, ésta madura primero en la base de la rama.

Después de 24 a 36 horas la semilla en la rama se seca y revienta, en este momento se sacude la rama y se obtiene todo el plumerillo con basura y ramilla.

Se almacena en un lugar fresco y sombreado en sobres de papel.

La semilla de Tamarix chinensis presenta un alto poder germinativo hasta un lapso promedio de 15 días post-cosecha; después de este periodo disminuye rápidamente su viabilidad, ya que a los 15 días sólo germina un 50 %, y este porcentaje decrece aún más con el tiempo.

SIEMBRA DE Tamarix chinensis EN CAMAS DE GERMINACION

Las camas de germinación son los semilleros que se encuentran dentro del invernadero, son estructuras destinadas a la obtención de plántulas utilizadas para el trasplante en bolsas de polietileno negro, en donde se terminaran de desarrollar las plantas de Tamarix (Figura 13).

7.4 PRUEBAS DE GERMINACION CON DIFERENTES SUSTRATOS

El sustrato es fundamental para lograr una buena germinación. La mayoría de las pruebas de germinación en Tamarix fue realizada en laboratorio sobre papel filtro en cajas de petri, logrando una nacencia del 90% en un tiempo de 24 horas, incluso se detecto que la semilla germinaba hasta en un tiempo de 4 horas.

Las características más importantes que consideramos para seleccionar nuestro sustrato son las siguientes:

- a) Que no sea tóxico para la semilla y plántulas.
- b) Que este libre de microorganismos
- c) Que tenga buena textura y que permita un buen drenaje y adecuada aireación.
- d) Que sea económico y abundante en la zona.

Se realizaron varias pruebas en base a los criterios arriba señalados resultando lo siguiente.

PRUEBA CON SUSTRATO DE VIVERO

Se realizó utilizando una de los tipos de sustrato que se empleaba en vivero, siendo en esta ocasión una mezcla de tierra de rezaga, tierra lama y abono orgánico, en proporción 6:3:1 y se aplicaron riegos con agua de buena calidad. En este caso se observó que la emergencia de plántulas se presentaba en un periodo de 72, horas con porcentaje de nacerencia de 70 %. En las diferentes etapas de crecimiento que tuvieron las plantas bajo estas condiciones, siempre presentaron buen desarrollo 3-4 cm, follaje denso y aspecto vigoroso.

PRUEBA CON TIERRA NEGRA Y TIERRA LAMA

La proporción utilizada fue 1:1, las propiedades dominantes de éstos materiales en cuanto a textura, son arcilloso limosa y arena respectivamente; la tierra lama se empleó para dar mayor porosidad y favorecer el desarrollo radicular. A ésta mezcla se agregó una base de gravilla fina para drenar más fácilmente el exceso de agua de riego. Antes de sembrar se niveló y removió el sustrato.

La emergencia de plántula se presentó a las 72 horas con una nacerencia del 85 % en periodo promedio de 21 a 25 días, las plántulas alcanzaron una altura de 3 a 4 cm y un sistema radicular bien desarrollado.

Con apoyo de los resultados anteriores, con la abundancia de los materiales que se dispone y la económica de éstos, actualmente se trabaja con el siguiente sustrato.

TIERRA LAMA Y ABONO ORGANICO

El sustrato que nos ha resultado es tierra lama y abono orgánico en una proporción de 9:1 se mezcla y cierne con malla de 0.5 cm. La emergencia de plántulas se

presenta a las 24 horas, con porcentaje de 90 %.

Después de 25 a 30 días alcanza una altura de 4.5 cm y raíz vigorosa de 3 cm con buen follaje (Figura 13).

Cuadro 6. Resultados de porcentajes de germinación en tres diferentes sustratos, en camas de germinación y condiciones de invernadero.

Sustrato (PROPORCIÓN)	% DE GERMINACION	TIEMPO EMERGENCIA DE PLANTULAS	ALTURA DE PLANTULA 21-30 DIAS
Tierra lama-rezaga y abono orgánico proporción 6:3:1	70	72 horas	3-4 cm
Tierra negra y tierra lama proporción 1:1	85	72 horas	3-4 cm
Tierra lama y abono orgánico proporción 9:1	90	24 horas	4-5 cm

7.5 CUIDADOS EN LA SIEMBRA

Epoca de siembra

Debido a que dentro del invernadero debemos ser capaces de dar las condiciones necesarias para un buen desarrollo de las plantas, nuestras fechas de siembra estarán determinadas en forma preferente a las necesidades de planta que se tienen programadas durante el año y a la disposición de semilla.

Siembra

Se practica el método de siembra al voleo, consiste en esparcir la semilla en forma uniforme en la superficie de la cama de germinación, se logran establecer al rededor de 150,000 plántulas en 16 m², se siembra con un sustrato de 10 cm de espesor preferentemente húmedo, cubriéndolas posteriormente con una capa muy delgada de tierra con el propósito de que la semilla no vuele con el viento.

Sombras

Después de la siembra se recomienda colocar una malla sombra al 35%, se ha detectado sobre todo, que la germinación disminuye cuando la luz pega directamente sobre las camas de germinación y a pesar de que la luz no es importante en los

procesos de germinación, si actúa indirectamente modificando la temperatura. La malla se debe retirar máximo de 10-15 días de la germinación.

Riego

Las plantas deben conservarse con una humedad aceptable, sobre todo al nivel radicular. El riego no debe aplicarse en las horas de mucho calor para evitar enfermedades de tipo fungoso.

Durante los primeros 10 días se le proporcionan 2 a 3 riegos al día durante 10 minutos cada riego, después disminuye a 1 riego diario o bien dependiendo del clima. Cuando la plántula crece el riego se hace más espaciado. Se riega con agua potable, se han registrado pérdidas de planta cuando se riega con agua tratada.

Fertilización

Después de que la plántula comienza a brotar y desarrollarse, esto es después de 10 días de la siembra se aplica ácido giberélico a razón de 10 g/200 l de agua/ha, con éstas aplicaciones la plántula después de 25-30 días alcanza un desarrollo de hasta 5 cm.

Control de Plagas y Enfermedades

Cuando la plántula está en camas de germinación y se suministra mucha humedad y elevadas temperaturas las plántulas sufren el ataque de Phytium, controlándose con Ridomil y ventilando el área.

7.6 SUSTRATOS Y RECIPIENTES PARA TRASPLANTE

El sustrato que se está utilizando es una mezcla de tierra lama y abono orgánico en proporción 9:1 esta mezcla es la más económica y la que mejores resultados a dado. Con este sustrato se tiene una textura liviana que facilita el drenaje, aireación medio donde la planta desarrolla un buen sistema radicular con el abono orgánico se obtienen un medio nutritivo adecuado.

Cuadro 7. Características del sustrato, tierra lama.

TEXTURA	MIGAJON ARENOSO
ARENA %	73.60
ARCILLA %	13.40
LIMO %	13.00
M.O.	10.50
pH	8.0
C.E. mmhos/cm	0.366
NITROGENO TOTAL %.	0.04
Ca ppm	16.0
Na ppm	52.9
K ppm	12.9
SO4 ppm	0.29
CIC meq/100 g	9.2

Fuente: Sanchez , 1984

En relación a los recipientes utilizados para el trasplante, se está utilizando bolsas de polietileno 13 x 22 color negro calibre 300 con perforaciones en la base.

La ventaja que se tiene al utilizar este tipo de envase es:

- Son livianos
- Muy manuable
- Resistentes y durables
- Mejor aprovechamiento del agua
- No son caros

En cuanto al tamaño del envase se han determinado estas dimensiones en base a las características del Tamarix, costos de producción espacio disponible, costo del envase, costo del sustrato y tamaño de planta deseado.

Llenado de bolsas

El llenado de las bolsas se realiza en forma manual mediante la contratación de mano de obra campesina. es conveniente cribar el sustrato antes de proceder a llenar las macetas, una malla adecuada para esto es de 0.5 cm.

Los recipientes se colocan en camas de producción de 15.0 m largo x 1.10 m ancho dentro del invernadero, donde quedan listas para el trasplante dentro del invernadero se pueden colocar hasta 200,000 envases.

7.7 TRASPLANTE

Es la acción de llevar las plantas obtenidas en almácigos a los envases colocados previamente en las secciones de crecimiento.

Se trasplanta manualmente ocupando personal con experiencia en esta actividad, mediante la contratación de mano de obra campesina.

La plántula se saca de las camas de germinación cuando tiene de 20-25 días después de la plantación y una altura de planta de 4-5 cm. Antes de sacar la plántula de las camas de germinación se aplica un riego pesado para desbancar el sustrato y sacar la raíz. Posteriormente, se prepara una mezcla con raizal 400 polvo blanco, se sumerge la plántula y se trasplanta inmediatamente.

Las plántulas se llevan a los envases, en donde, con un lápiz de trasplante, se introduce en el sustrato contenido en la bolsa con tal cuidado que la raíz no debe quedar doblada, ya que se presenta lo que se llama cola de cochino, es decir la raíz crece doblada no permitiendo que la planta se desarrolle normalmente y se dificulta su establecimiento en campo.

Por lo tanto se procura que la raíz de la plántula quede lo más recta posible, además de ubicarla en el centro de la bolsa. El sustrato se aprieta con los dedos doblados y, posteriormente se aplica un riego, para eliminar los espacios de aire.

De los trasplantes efectuados dentro del invernadero resulta una mortandad del 20%, este resultado se debe al mal manejo de la plántula y la característica de la propia especie de resentir el trasplante.

7.8 CUIDADOS DESPUES DEL TRASPLANTE

El tiempo que duran las plantas en el área de crecimiento dentro del invernadero es de aproximadamente 3 meses, cuando la planta alcanza un desarrollo de 80-150 cm, y una raíz abundante y vigorosa.

Los cuidados son similares a los que se tienen en las camas de germinación y básicamente son los siguientes:

- a) **Riegos.**
Un riego diario por la mañana en los primeros 30 días después del trasplanto, posteriormente se riega cada dos días.
- b) **Deshierbes.**
Generalmente se practican 3 deshierbes en el periodo que la planta permanece en invernaderos, en la medida que la planta crece, no permite que la hierba se desarrolle.
- c) **Fertilización.**
Durante los 4 meses que dura la planta en condiciones de invernadero se aplica en una ocasión a la mitad de este periodo, reguladores de crecimiento, fertilización foliar 100 % (A.C. Giberélico, Biogib o Agromil B).
- d) **Combate de plagas y enfermedades.**
Durante este periodo es muy común el ataque del pulgón negro mysus persicae y orugas de mariposas se controla con aplicaciones de Foley líquido.

Así mismo el ataque de Phytium se controla aplicando el riego por la mañana y ventilando el invernadero. Cuando el ataque es severo se aplica químico ridomil polvo 81 pH.
- e) **Remoción de envase.**
Consiste en mover de su lugar original planta cuyo desarrollo radicular sobresale del envase y se introduce en el terreno natural del invernadero esta actividad se realiza 30 días antes de que la planta salga al vivero.
- f) **Endurecimiento de planta.**
La meteorología a seguir para el endurecimiento de planta es similar a la utilizada en la propagación por estaca. De 15-20 días antes de sacar la planta de condiciones de invernadero a vivero se comienza a disminuir la frecuencia de los riegos hasta llegar a 1 riego cada 3er día, las cortinas laterales del invernadero no se cierran para disminuir la temperatura durante estos 15-20 días antes de sacar la planta (Figura 14).

CUIDADOS EN ZONA DE VIVEROS

En vivero la planta dura aproximadamente dos meses antes de salir a los sitios de plantación.

Una vez que sale la planta del invernadero se realizan las mismas actividades efectuadas en la propagación por estaca (Figura 15).

Es decir:

- a) Carga y descarga de planta de invernadero a vivero.
- b) Acondicionamiento de terreno en vivero.
- c) Riego y remoción de envases
- d) Vaciado de envase.

COSTOS PARA LA PRODUCCION DE 1'000,000 DE PLANTAS DE Tamarix chinensis PARA EL PROGRAMA DE FORESTACION 1997 EN EL EX-LAGO DE TEXCOCO.

a) Contrato de M.O.C.	\$	239,340.05
b) Bolsa 5000 Kg	\$	69,000.00
c) Sustrato 1350 m ³ (+ 150 m ³ de estiércol)	\$	195,000.00
d) Agroquímicos	\$	5,000.00
- Enraizador:		
- Fungicida:		
- Insecticida:		
e) Herramientas y equipo	\$	10,000.00
- Palas rectas		
- Navajas		
- Azadones		
- Sistema de riego		
	\$	518,340.05

Precio unitario = \$ 0.52
de producción
Tamarix chinensis.

7.9 CONCLUSIONES

- 1.- El árbol de Tamarix chinensis es la única especie de las existentes en la zona federal del Ex-Lago de Texcoco, capaz de producir semilla viable en cantidades suficientes para realizar una propagación masiva de este tipo de árboles por el método sexual.
- 2.- Las etapas de producción de semillas de Tamarix chinensis es de los meses de abril a agosto, así como, dado que cuando la semilla llega a su madurez fisiológica en la inflorescencia, se libera fácilmente por la acción del viento y lluvia, por lo cual el proceso de recolección deberá efectuarse oportunamente.
- 3.- La semilla de Tamarix chinensis presenta un alto poder germinativo hasta un lapso promedio de 15 días postcosecha; después de este periodo disminuye rápidamente su viabilidad, ya que a los 25 días sólo germina un 50%, y este porcentaje decrece aún más con el tiempo.
- 4.- La propagación de Tamarix chinensis por vía semilla, es una alternativa que permite la producción masiva e intensiva de plantas, con una menor utilización de mano de obra que cuando se utiliza el método convencional de propagación por varetas.
- 5.- El tiempo que se requiere para que las plantas de Tamarix chinensis reproducidas por semilla alcancen la altura y porte requeridos para ser plantadas al sitio definitivo, es un mínimo de 6 meses.

7. 10 RECOMENDACIONES

- 1.- Establecer exclusivamente áreas semilleras con tres diferentes características de salinidad baja, media, alta.
- 2.- Elaborar un registro fenológico para determinar la óptima época de colecta.
- 3.- Realizar investigaciones para determinar las características de almacenamiento de la semilla de Tamarix chinensis.
- 4.- Se recomienda la siembra directa en el envase de vivero, para reducir el manejo y evitar el paso del trasplante.

**FIGURA 8. Construcción
de drenaje agrícola**



**FIGURA 9. Establecimiento
de zonas de arbolado.**

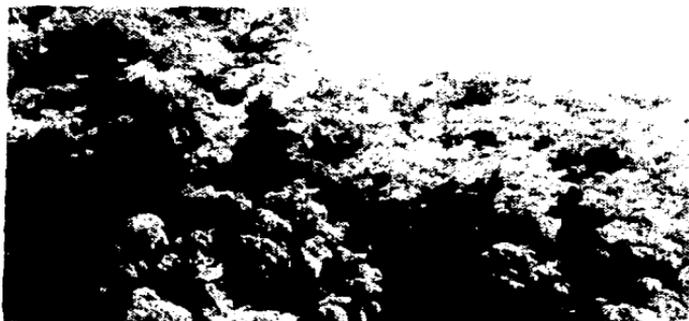


FIGURA 10. Arboles productores de semilla



FIGURA11. Semillas de Tamnix chinensis.



FIGURA 12 Camas de germinación

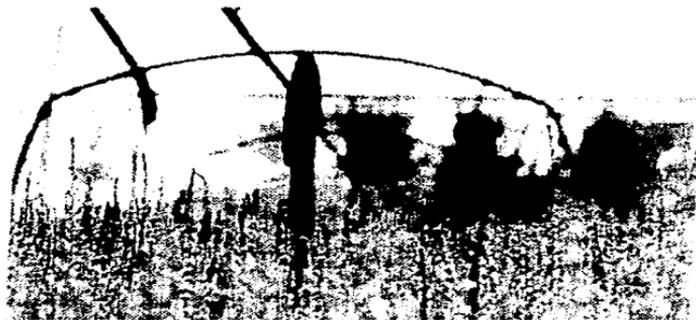


FIGURA 13 Plantulas de *Taraxacum chinensis*

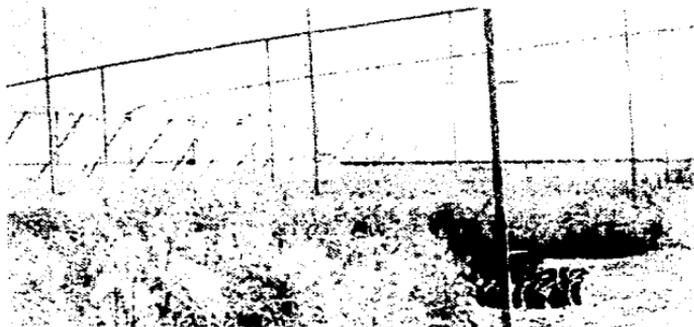


FIGURA 14. Endurecimiento de planta en invernadero



FIGURA 15. Sistema de riego por aspersión

8. DESARROLLO DE UNA TECNOLOGIA DE MICROPROPAGACION MASIVA DE *Tamarix* spp.

RESUMEN

La técnica de cultivo de tejidos, tiene dentro de sus múltiples aplicaciones la propagación vegetativa denominada micropropagación, esta tecnología es una alternativa para producir principalmente *Tamarix aphylla* ya que esta especie no produce semilla en las condiciones de salinidad del Ex-Lago de Texcoco.

El material que se empleo para la multiplicación proviene de estacas seleccionadas en campo de tres zonas caracterizadas por su grado de grado de salinidad (medio, alto, muy alto).

El modelo micropropagacion para *T. aphylla* requiere de mejoras, ya que no presenta una respuesta favorable al cultivo IN VITRO por lo tanto los costos resultan elevados para aplicarse a nivel comercial, no así para *T. chinensis* donde se ha obtenido en promedio una tasa de multiplicacion de 4-6 semanas. El porcentaje de estacas enraizadas y de sobrevivencia en aclimatación es de 90%.

INTRODUCCION

Aunque generalmente las especies forestales se reproducen más fácilmente por semilla, existen factores adversos que inducen a una inhibición en la fertilidad de las especies, bajo producción por semilla y reducción en su potencial de viabilidad.

Por medio de la propagación vegetativa se obtienen propágulos idénticos al progenitor seleccionado, preservando así sus características genéticas y fisiológicas: esto permite la multiplicación de genotipos valiosos de acuerdo a las características seleccionadas para los fines que se pretenden crecimiento y desarrollo; resistencia a plagas y enfermedades, sobrevivencia y adaptabilidad a medios adversos, etc.

No obstante los métodos convencionales de propagación vegetativa (injerto, enraizado de estacas y acodos) llegan a tener limitantes para su manejo intensivo, por lo que la investigación, vegetal ha desarrollado una técnica moderna denominada cultivo de tejidos, siendo una de sus múltiples aplicaciones la propagación vegetativa denominada micropropagacion, mediante la cual es posible obtener un mayor conocimiento de los factores fisiológicos y ambientales involucrados en establecimiento de las especies de interés.

En 1992 se aprueba la 2ª etapa del Proyecto Lago de Texcoco, la cual tiene como meta principal el de forestar las zonas pastizadas, lo cual implica producir millones de plantas halófitas del género *Tamarix*, esta especie se ha adoptado a las condiciones salinas de los suelos del Ex-lago de Texcoco, bajo las condiciones ambientales que imperan en la zona.

En 1992 no se tenía bien desarrollada la tecnología de producción de *Tamarix* via semilla, por lo tanto se desarrollo la técnica de micropropagación de *Tamarix* spp. Esta tecnología es una alternativa para producir principalmente *Tamarix aphylla* ya que esta especie no produce semillas en las condiciones de salinidad del Ex-lago de Texcoco.

8.1 METODOLOGIAS DE PRODUCCION

DESCRIPCION DEL MATERIAL ORIGINAL

El material que se empleó para la multiplicación proviene de estacas colectadas de árboles seleccionados en campo. Para la selección de árboles elite se delimitaron tres zonas caracterizadas por su grado de salinidad (medio, alto y muy alto). Los individuos se seleccionaron, tomando como criterio su porte, sanidad y vigor, teniendo cuidado de su entorno para asegurar que el grado de competencia fuera similar en todos los casos.

Se seleccionaron clones, los cuales pertenecen a las tres especies que mejor se han adaptado en la zona.

8.2 MANEJO DE PLANTA ORIGINAL

Las plantas que se emplearon en la obtención de explantes para la siembra se manejan en invernadero con ventilación natural, en donde se tienen temperaturas mínimas de 15 C y máximas de 38 C. Las plantas se mantienen sobre bancales donde la intensidad luminosa a medio día llega a ser de 24,300 lux (Figura 16).

Para el manejo fitosanitario se integran un rol de aplicaciones con los siguientes productos.

- A) Furadan, 1 ml/l; Rabilán, 2 g/l; Terramicina agricola 1 g/l; Adherente INEX, 1 ml Bayfolán , 5 ml/l
- B) Ambush, 1 ml/l; Roudal, 2 g/l; Terramicina agricola 1 g/l; Polyquel fe 6 ml/l; INEX, 2 ml/l

En el caso de insecticidas, se manejó una rotación con malathión, furadan y ambush.

Las plantas se podan cada vez que se colecta material, para promover la brotación de yemas laterales.

La fertilización de las plantas se realizó una vez por semana con la siguiente solución para 1000 l.

Nitrato de potasio	761 g
Super triple	450 g
Sulfato de amonio	580 g
Sulfato de calcio	580 g
Sulfato de magnesio	244 g
Sulfato de hierro	7 g

8.3 SELECCION DE MATERIAL

El material vegetativo que se empleo para el establecimiento de cultivos acépticos, proviene de árboles obtenidos via estacado de clones seleccionados en la zona federal del Proyecto Lago de Texcoco y manejados como planta original.

Para esta actividad se cortan las puntas en crecimiento y se colocan dentro de frascos con agua para evitar su deshidratación, mientras se procede a seleccionarlos para su desinfección superficial.

Se seleccionaron las tres especies de Tamarix existentes en la zona del Ex-lago de Texcoco Tamarix aphylla, T. chinensis y T. articulata.

8.4 ESTABLECIMIENTO DE CULTIVOS ASEPTICOS

Como explantes se emplean brotes tiernos de 2.5 cm, que se obtienen de la parte media y alta de la planta original. Estas secciones se sumergieron en una solución con fungiciada de contacto (captan) y terramicina agrícola (agrimicin 500), donde permanecen por espacio de una hora con agitación continua.

Transcurridos 15 minutos, se enjuagaron las ramas con agua estéril y se colocaron durante 30 minutos en una solución de hipoclorito de sodio (clorex 15% u/v) (Figura 17), cambiándose la solución cuando ha transcurrido la mitad de este tiempo (15 minutos). A continuación se dieron tres enjuagues con agua estéril y se procedió a realizar la siembra dentro de las cámaras de flujo laminar.

8.5 MEDIO DE CULTIVO

Se empleó un medio de cultivo para enraizamiento de microestacas compuesto por las sales inorgánicas y vitaminas de Murashige y Skoog (1962), complementado con ácido idobutírico (3 mg/l), azúcar (30 g/l); se ajustó el pH a 5.7 con ácido clorhídrico o hidróxido de sodio IN según sea lo necesario, se solidificó con Agar (7 g/l). Este mismo medio se empleó tanto para la etapa de multiplicación como para la de enraizamiento el medio de cultivo se sirvió en frascos tipo "Gerber" a razón de 20 ml por frasco, y se esterilizó en autoclave de 121 °C y 1.2 lb/pulg.² de presión durante 15 minutos. Finalmente se solidifica con Agar (8 g/l) antes de servirlo se agrega carbón activado (5 g/l).

8.6 INCUBACION

El periodo de incubación se llevó a cabo en un anaquel con temperatura controlada a 25°C y con intensidad luminosa de 2000 lux. Transcurridas seis semanas, se desarrollaron brotes de hasta 3 cm de longitud y hasta cuatro raíces de esta misma longitud, en este momento las plantas están listas para pasar a la etapa de aclimatación en invernadero.

Se tuvo un porcentaje de contaminación de 20 % en el establecimiento de cultivo aséptico y de 3% en la etapa de multiplicación-enraizamiento (Cuadro N° 8), (Figura 19).

8.7 MULTIPLICACION

Esta etapa se realizó, aprovechando los brotes que se desarrollaron en la base de los propágulos que estaban en enraizamiento. De esta forma se obtuvo un promedio de 4 brotes por cada propágulo enraizado.

La multiplicación se realiza en condiciones de asepsia en la cámara de flujo laminar, los cortes se realizan sobre papeles esterilizados con la ayuda de pinzas y bisturí de disección flameados en una lámpara de alcohol.

8.8 ENRAIZAMIENTO

Los brotes que se destinaron al enraizamiento fueron de dos tipos. Unos fueron los provenientes de la planta original, los cuales pasaron por un proceso de desinfección antes de sembrar en el medio de cultivo, (Figura 18), el segundo correspondió a los brotes basales que se obtuvieron durante el proceso de limpieza de raíces, los cuales

se encontraban en condiciones de cultivo aséptico, por lo que una vez cortados se sembraron directamente en un medio de cultivo fresco.

Los brotes que se ponen a enraizar requieren un período de incubación de 6 semanas, para que generen suficientes raíces para soportar el paso a condiciones naturales y además adquieran el tamaño suficiente para multiplicarse en el área de aclimatación.

8.9 ACLIMATACION A CONDICIONES DE INVERNADERO

Las plantas obtenidas *in vitro* se pasaron al invernadero de aclimatación en dos presentaciones: una dentro del frasco de cultivo en la cual los operadores sacaron el contenido y limpiaron el Agar adherido a las raíces. La segunda presentación fueron plantas limpias, para lo cual se trabajó en la cámara de flujo laminar aprovechando los brotes basales para ponerse nuevos lotes en enraizamiento.

Una vez limpias las plantas, se colocaron en una solución de fungicida y antibióticos con el auxilio de unas pinzas de disección, se trasplantaron a contenedores con sustratos pasteurizados. Durante el proceso de trasplante, se asperja continuamente agua sobre las hojas de las plantas para evitar su deshidratación (Cuadro 8).

Una vez trasplantadas las plántulas lo más rápidamente posible, pasaron a las áreas de adaptación donde se controlan los factores luz, temperatura y humedad relativa (Cuadro 9).

El sustrato que se empleó estuvo compuesto por agrolita, gorminaza y Peat moss en proporciones 3:1:1 respectivamente.

Cuadro 8. Efecto del tamaño de explante sobre el porcentaje de contaminación.

Tamaño del explante (cm)	Estado del tejido	Porcentaje de contaminación
2.5	Tierno	20
2.5	Lignificado	59
4	Tierno	45
4	Lignificado	60

Cuadro 9. Resultados de la prueba de aclimatación, de las plantas obtenidas por micropropagación a condiciones de invernadero

ACTIVIDAD	RESULTADO
Sobrevivencia en aclimatación	90 %
Periodo de adaptación	15 días
Periodo de endurecimiento	18 días
Intensidad luminosa	8.000 - 10.000 lux
Temperatura	22-28 C
SUSTRATOS	
a) Agrolita, Germinaza, Tierra de hoja	2:1:1 (Proporciones)
b) Agrolita, Germinaza, Peat Moss	3:1:1 (Proporciones)

COSTOS PARA LA PRODUCCION DE 30,000 PLANTAS DE Tamarix aphylla MEDIANTE LA METODOLOGIA DE MICROPROPAGACION.

a) Colecta de material vegetativo de árboles ELITE <u>Tamarix aphylla</u> establecidos en el Ex-lago de Texcoco	\$	9,155.00
b) Multiplicación de 30,000 plantas de <u>Tamarix aphylla</u> mediante el método de micropropagación	\$	36,621.00
Precio Unitario de propagación de <u>Tamarix aphylla</u>	\$	1.51

8.10 CONCLUSIONES

- 1.- El método de micropropagación masiva de Tamarix desarrollado en el centro demostrativo Tezoyuca, Mor., puede manejarse a escala comercial solo en el caso de T. chinensis.
- 2.- El modelo de micropropagación para T. aphylla requiere de mejoras, ya que no presenta una respuesta favorable al cultivo IN VITRO por lo que los costos resultan elevados para aplicarse a nivel comercial.

- 3.- En *T. chinensis* se ha obtenido en promedio una tasa de multiplicación de 4 a 6 semanas. El porcentaje de estacas enraizadas y de sobrevivencia en aclimatación es de 90 %.

8.11 RECOMENDACIONES

El empleo de la técnica de micropropagación implica algunas ventajas sobre métodos tradicionales, como su elevada tasa de multiplicación; se requiere de poco material original; se reduce en un alto porcentaje la transmisión de enfermedades vasculares; y mediante técnicas especializadas, es posible realizar limpieza total de tales enfermedades.

Para aprovechar el máximo las ventajas mencionadas, podemos sugerir lo siguiente:

- 1.- Emplear el método de micropropagación masiva para la multiplicación de individuos sobresalientes (élite), dentro de cada ambiente.
- 2.- Realizar un manejo fitosanitario riguroso en las poblaciones obtenidas por cultivo in vitro para conservar su sanidad, y por lo consiguiente, su potencial de desarrollo vegetativo.
- 3.- Aprovechar las poblaciones obtenidas por cultivo IN VITRO como fuente de abastecimiento de material vegetativo, para su multiplicación por métodos convencionales.
- 4.- Realizar una evaluación de todos los clones propagados dentro de cada sitio de colecta, para evaluar su comportamiento bajo diferentes condiciones de salinidad en el suelo.



FIGURA 16 Planta original en brotación



FIGURA 17 Remojo en
solucion de hipoclorito

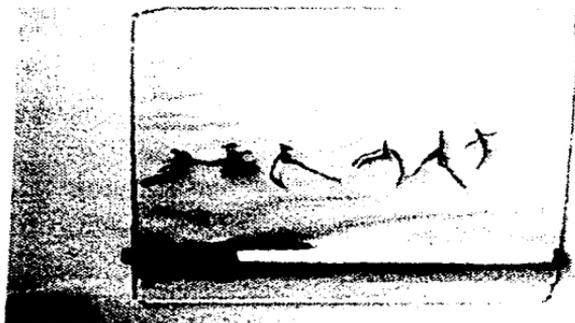


FIGURA 18. Explantos desinfectados.



FIGURA 19. Cultivos asepticos de *Tamarix* spp.

9. RESULTADOS GENERALES

Cuadro 10. Resultados Generales de las metodologías de propagación de Tamarix spp. en invernaderos y viveros del Ex-lago de Texcoco.

Forma de propagación	Precio unitario de producción	Tiempo para su plantación a sitio definitivo (meses)	Características físicas de la planta al momento de su plantación
Semilla	0.52	6	80-150 cm de altura, abundante raíz fibrosa
Estacado	0.53	7	80-100 cm de altura, raíz principal, regular desarrollo
Micropropagación	1.54	5	30-50 cm de altura, planta amacollada, raíz fibrosa, regular desarrollo

CONCLUSIONES

- 1.- La utilización de minivaretas en producción intensiva de Tamarix spp. permite incrementar de tres a cuatro veces más el número de individuos a producir a partir de un volumen dado de ramas, comparado con la metodología tradicional de varetas.
- 2.- El tiempo que se requiere para que las plantas de Tamarix aphylla producidas por estaca alcancen la altura y porte requeridos para ser plantados al sitio definitivo, es de mínimo 7 meses y su precio unitario de producción es de \$0.53.
- 3.- El árbol de Tamarix chinensis es la única especie de las existentes en la Zona Federal del Ex-lago de Texcoco capaz de producir semilla viable en cantidades suficientes para realizar una propagación masiva por el método sexual.
- 4.- El tiempo que se requiere para que las plantas de Tamarix chinensis reproducidas por semilla alcancen la altura y porte requeridos, para ser plantadas al sitio definitivo es de mínimo 6 meses, y su precio unitario de producción es de \$0.52.
- 5.- El modelo de micropropagación de Tamarix aphylla requiere de mejoras, ya que no presenta una respuesta favorable al cultivo *in vitro*, por lo que los costos resultan elevados para su aplicación a nivel comercial.

RECOMENDACIONES

- 1.- Es recomendable que la reproducción de Tamarix aphylla por medio de minivaretas sólo se realice bajo condiciones de invernadero.
- 2.- Se sugiere experimentar, el estacado de Tamarix spp. directamente en el terreno de la zona de plantación.
- 3.- Establecer exclusivamente áreas semilleras en tres sitios con diferentes características de salinidad: baja, media y alta.
- 4.- Emplear el método de micropropagación masiva para la multiplicación de individuos sobresalientes (ELITE), dentro de cada ambiente, salinidad baja, media y alta.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- Abdon, Larracilla José. 1985. "Estudio en vivero de tres especies de bosque tropical caducifolio bajo diferentes combinaciones de sustrato". Tesis profesional. Chapingo, México.
- Aceves, N.E. 1979. "El ensaltramiento de los suelos bajo riego (identificación, control, combate y adaptación)", Colegio de Posgraduados, Chapingo, México.
- Agripefor, 1980. "Evaluación del programa de forestación del Proyecto Lago de Texcoco" Contrato GAVM-PT-FE-02-90, Instituto de estudios, investigaciones y servicios Agripefor, Chapingo, México.
- Alonso Rangel, Maria Dolores. 1993. "Empieo de tres enraizadores comerciales (Radix 1,500 ppm; Radix 10,000 ppm y Raizone plus) en la multiplicación de Tamarix spp en el vaso del Ex-lago de Texcoco". Estado de México Tesis Profesional, UNAM FESC, Edo. de México.
- Arye, G. G.; O. Yair and Z. Naaftali. 1974. "Mist propagation of peachand scientia Hort.
- Baileya, 1967. Quarterly journal of horticultural taxonomy u 15. January-March N.L. The New York.
- Baileya, 1987. "Introduced and naturalized Tamarisks in the united states and Canada", Journal of horticultura Taxonomy, Vol. 15.
- Banco de México FIRA. 1992. "Micropropagación masiva de Tamarix spp" Reporte de Avances, Cuernavaca, Morelos.
- Battacharya, S.; Nanda, K. 1978. The promotive effec of purine and pyrimidice basas in rooting hypocotyl cuttin of phaseolus mungo in relation to auxin and nutrition. Physiol plant.
- Becerra, M. A. 1983. "Uso del azufre para recuperar suelos salino-sódicos en el Ex-Lago de Texcoco". Tesis Profesional. UACH, Chapingo, México.
- Borchert, R. 1976. "The concept of juvenility in woody plants". Acta Hort.
- Buckman, O. M. C. N. Brady. 1970. "Naturaleza y propiedades de los suelos", Ed. Montaner y Sinon, S. A., Barcelona, España.

- Calderón, Alcaraz Esteban. 1989. "Manual de fruticultor moderno". Ediciones Ciencia y Técnica, S. A., Tomo III, México.
- Carrera, G. S. 1977. "La propagación vegetativa en el género pinus" Ciencia Forestal, INIF. México.
- Carol Duffus, Colin Slangthor. 1985. "Las semillas y sus usos" Ed. Agteditor, S.A.
- Colin Slangther, Carol Duffus. 1985. "Las semillas y sus usos", Editores AGT, S.A.
- Cruickshank García, Gerardo. 1992. "Avances del Proyecto Lago de Texcoco", Reporte interno. CNA, México.
- Cruickshank García, Gerardo. 1994. "Proyecto Lago de Texcoco, Rescate Hidroecológico". CNA, México.
- Dovahue, Roy L. et Al. 1981. "Introducción a los suelos y al crecimiento de las plantas", Editorial Prentice/Hall Internacional, Madrid España.
- Evans, M. 1987. "Factores limitantes para la colonización vegetal del lago de Texcoco", Tesis de maestría, Colegio de Posgraduados, Chapingo, México.
- Flinta, C. 1960 "Practiclas de plantación forestal en América latina". FAO, Roma, Italia.
- Garzón Ceballos, Carlos. 1986. "Estudio para la adaptación de especies forestales en el área del Ex-lago de Texcoco", Tesis, Chapingo, México.
- Gutiérrez, A. S. 1965. "Estudio para un mejor aprovechamiento del lago de Texcoco", Tesis profesional UNAM, México.
- Gutiérrez Cortes, Ismael Sorge. 1993. "Determinación del mejor sustrato disponible en la Zona Federal del Ex-lago de Texcoco para la propagación de (Tamarix parviflora), bajo condiciones de invernadero y de vivero", Tesis, UNAM FESC, Edo. de México.
- Hartman, H. T., and Kester, D.E. 1983. Plant propagation principles and practices. 4th Edition. New Jersey.
- Heuser, C. W. 1976 Juvenility and rooting colfactors. Acta Hort.
- Ildelfonso, de la Peña. 1980. "Salinidad de los suelos agrícolas su origen-clasificación, prevención y recuperación", Boletín técnico N° 10, SARH, México.

Janick, J. 1979. "Horticultural science". 3ª Ed. W. W. Freeman Co. San Francisco. U.S.A.

Llerena Villalpando, Félix Alberto; Tarín Vázquez, Miguel. 1978. "Establecimiento de pasto salado *Distichlis spicata* como cubierta vegetal en los suelos extremadamente salino-sódicos del Ex-lago de Texcoco", XI Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Villa Hermosa, Tabasco.

Llerena Villalpando, Félix Alberto. 1982. "Desarrollo de una metodología económica para el establecimiento de barreras rompevientos de *Tamarix* spp en el Ex-lago de Texcoco, México". Reporte interno CLT-SARH, México.

Llerena Villalpando, Félix Alberto. 1992. "Mejoramiento del ambiente en la zona metropolitana de la Cd. de México, mediante la forestación intensiva del Ex-lago de Texcoco". XXIII Congreso de la Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. La Habana Cuba.

Mejía Leyva, María. 1993. "Enraizamiento de estacas de Tamarisco (*Tamarix parviflora* y *Tamarix plumosa*) en tres tipos de estacas; basal, intermedia y apical, en la región del Ex-lago de Texcoco", Tesis Profesional, UNAM FESC, Edo. de México.

Michael A. and Charles W. Herser Jr. 1987. The reference manual of wood and plant propagation, from seed to tissue culture, library of congress cataloging in publication data varsity press, Inc. P.O.

Mohammed, S.; 1974. Root Formation in pea cuttings Physiol. Plant.

Mosalem, M. A.; Fierros A. M. 1979. "Viveros y plantaciones comerciales" Departamento de bosques UACH. Tesis profesional, Chapingo Méx.

Nabor Carrillo. 1969. "El hundimiento de la Ciudad de México, Proyecto Texcoco", Secretaría de Hacienda y Crédito Público FIDUCIARIA: Nacional financiera, S.A., México.

Niebro R., Anibal. 1979. "Semillas forestales" Departamento de bosques. Tesis profesional, Chapingo Méx.

Ortiz, O. M. 1992. "Los tipos de sales de los suelos salino-sódicos", UACH, Departamento de suelos, Chapingo, México.

Ortiz Olguín, Miguel. 1996. "Determinación botánica de especies (*Tamarix*)", Informe, UACH Chapingo, México.

Pedraza Cerón, Araceli. 1987. "Propagación y establecimiento de Tamarix spp en suelos altamente salinos del Ex-lago de Texcoco". Primera reunión nacional sobre halófitas, Hermosillo, Sonora, México.

Pedraza Cerón, Araceli. 1987. "Propagación y establecimiento de Tamarix spp. on suelos altamente salinos del Ex-lago de Texcoco". Reporte interno. SARH México.

Pedraza Cerón, Araceli. 1988. "Establecimiento y evaluación de barreras arboladas con Tamarix spp en suelos salino-sódicos del Ex-lago de Texcoco", Tesis Profesional, UACH Chapingo, México.

P. W. Daniel et al. 1979 "Principios de silvicultura". segunda edición en inglés, México.

Rascón Rincón, R. 1979. "Metodologías para el establecimiento de cuatro especies arbóreas en el vaso del Ex-lago de Texcoco", Tesis UACH.

Rzedowski, J.; 1957. "Algunas Asociaciones Vegetales de los Terrenos del Lago de Texcoco" Bol. Sociedad Botánica Mexicana. México.

SARH, CNA; "III Reunión nacional de halófitas y manejo de aguas suelos salinos", 1993. Memoria Colegio de Posgraduados Montecillos, México.

Sánchez Baez, José Luis; Pedraza Cerón, Leopoldo. 1994. "Técnicas de producción en vivero", Tesis Profesional, UACH Chapingo, México.

Sánchez, J. 1880. Stoff und form der pflanzenorgane II. Arb. Bot. Wursburg.

Sijas, A.J. 1978. "Comportamiento físico y químico de suelos ensalitrados sometidos a lavado con diluciones graduales". Tesis Profesional de maestría, C.P. Chapingo México.

Solano Velázquez, Miguel Angel. 1996. "Tópicos selectos de la producción agrícola actual. Utilización de lodos residuales como sustrato para viveros del Ex-lago de Texcoco", Tesis Profesional, UNAM FESC, Edo. de México.

Sosa Cedillo, E. 1975. "investigación sobre adaptación de especies forestales arboladas en el Ex-lago de Texcoco. INIFAP México.

Subgerencia de Desarrollo Agropecuario y Forestal. 1994-1995. Reportes técnicos, CNA, México.

USDA . 1962. "Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos", Editorial LIMUSA, México.

USDA. 1964. "Relación entre suelo-planta y agua". Editorial DIANA, México.

Velázquez, L. A. y O. P. Luna. 1981. "Estudio agrológico detallado del Ex-lago de Texcoco", SARH. CNA. CLT., México.

Westwood, M. N. 1972. The role of growth regulators in rooting. Acta Hort.