



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSGRADO EN CIENCIAS FORESTALES

**EVALUACIÓN DE UNA PLANTACIÓN ESTABLECIDA EN
CONDICIONES DE SUELOS SALINOS DEL EX LAGO DE
TEXCOCO**

CARLOS ANTONIO REYNOSO MORALES

T E S I N A

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRÍA TECNOLÓGICA EN CONSERVACIÓN Y MANEJO
SUSTENTABLE DE BOSQUES**

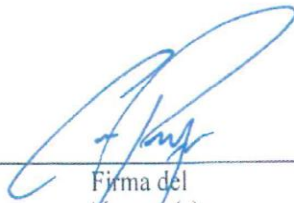
MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO

2018

**CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR Y
DE LAS REGALIAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACION**

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, el que suscribe Carlos Antonio Reynoso Morales, Alumno (a) de esta Institución, estoy de acuerdo en ser partícipe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta institución, bajo la dirección del Profesor Arnulfo Aldrete, por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis Evaluación de una Plantación Establecida en Condiciones de Suelos Salinos del Ex Lago de Texcoco y de los productos de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre el colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, El Consejero o Director de Tesis y el que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

Montecillo, Mpio. de Texcoco, Edo. de México, a 19 de abril de 2018



Firma del
Alumno (a)



Dr. Arnulfo Aldrete

Vo. Bo. del Consejero o Director de Tesis

La presente tesina titulada: **Evaluación de una plantación establecida en condiciones de suelos salinos del ex Lago de Texcoco**; realizada por el alumno: Carlos Antonio Reynoso Morales, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRÍA TECNOLÓGICA EN CONSERVACIÓN Y MANEJO
SUSTENTABLE DE BOSQUES.

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO



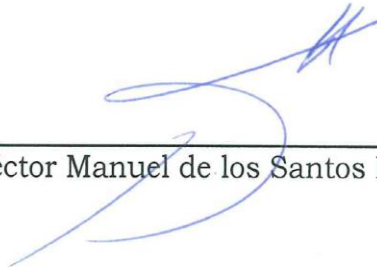
Dr. Arnulfo Aldrete

ASESOR



Dr. Alejandro Velázquez Martínez

ASESOR



Dr. Héctor Manuel de los Santos Posadas

Montecillo, Texcoco, Estado de México, 2018

EVALUACIÓN DE UNA PLANTACIÓN ESTABLECIDA EN CONDICIONES DE SUELOS SALINOS DEL EX LAGO DE TEXCOCO.

Carlos Antonio Reynoso Morales, M.T.
Colegio de Postgraduados, 2018.

RESUMEN

Con la finalidad de dar sustentabilidad al proyecto de construcción del Nuevo Aeropuerto de la Ciudad de México (NAICM); se determinó llevar a cabo un programa de restauración ecológica, para crear un conjunto de áreas verdes y arboladas.

Para ello, la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) llevó a cabo un proyecto piloto de forestación en una superficie de 111 hectáreas, bajo un enfoque de integralidad, en la que se plantaron cerca de 180 mil plantas de los géneros *Casuarina spp.*, *Tamarix spp.* y *Callitropsis spp.*; con el objetivo de evaluar los resultados de la aplicación de este enfoque, orientado a la recuperación de la calidad de sitio.

De acuerdo los niveles de supervivencia y desarrollo evaluados, el proyecto resultó exitoso en sus primeras etapas, pese a las condiciones de sitio, siendo *Tamarix spp.* la especie con mejor desempeño; aunque una asociación de Casuarina y Tamarisco, parece ser la mejor opción, de acuerdo a los resultados.

El enfoque de restauración integral, constituyó el factor determinante para el éxito de la plantación; sobre todo si se compara con obras similares, ubicadas en áreas aledañas al proyecto, llevadas a cabo en forma tradicional.

Palabras clave: Casuarina, Cedro, CONAFOR, Desarrollo, Forestación, Mantenimiento, NAICM, Restauración, Supervivencia, Tamarisco.

EVALUATION OF A PLANTATION ESTABLISHED IN SALINE SOIL CONDITIONS OF THE EX LAKE OF TEXCOCO.

Carlos Antonio Reynoso Morales, M.T.
Colegio de Postgraduados, 2018.

ABSTRACT

In the interest of giving sustainability to the Nuevo Aeropuerto de la Ciudad de México (NAICM) construction project, it was decided to establish an ecological restoration program to create a group of green and tree-covered areas.

For this purpose, Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) carried out a pilot forestation project on an area of 111 hectares under an integrated approach, in which nearly 180,000 plants of the genera *Casuarina spp*; *Tamarix spp*; and *Callitropsis spp*. were planted, with the objective of evaluating the results of the application of this focus, aimed at restoring the quality of the site.

According to the survival and development of the species evaluated, the project was successful in its early stages, despite the site conditions, with *Tamarix spp*. being the best performing species; although an association of *Casuarina* and Salt Cedar, seems to be the best option, according to the results.

The integral restoration focus was the principal factor for the success of the plantation, especially if compared to similar works, located in areas adjacent to the project, carried out traditionally.

Keywords: Casuarina, Cedar, CONAFOR, Development, Forestry, Maintenance, NAICIM, Restoration, Survival, Salt Cedar.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Comisión Nacional Forestal, por haberme brindado la oportunidad de cursar la Maestría Tecnológica en Conservación y Manejo Sustentable de Bosques. No hubiese sido posible empatar mis actividades profesionales del día a día, con los estudios necesarios para alcanzar el Grado; sin todas las facilidades y apoyos brindados por CONAFOR y sus autoridades; particularmente al Ingeniero Jesús Carrasco Gómez, Coordinador General de Conservación y Restauración.

Muy especialmente, quiero agradecer al Ingeniero Alfredo Arciniega Mendoza, Gerente de Restauración Forestal, por el decidido apoyo que me brindó para poder concretar mis estudios y posteriormente, para los análisis y visitas de campo, que permitieron integrar este documento.

Al Colegio de Postgraduados; y a todos los docentes de los cuales tuve el gusto de recibir instrucción en esta nueva etapa de mi formación académica. Gracias por regalarme una parte de sus conocimientos.

Al Doctor Arnulfo Aldrete, por su orientación en la consolidación e integración del presente trabajo. Muy especialmente, gracias por su paciencia y apoyo.

A los Doctores Alejandro Velázquez y Héctor De Los Santos, por sus aportes al momento de revisar este trabajo.

A la empresa AQUAVITAL S.A de C.V; particularmente a los Ingenieros Antonio Francisco Lara Hernández y Marco Antonio Lara Bothi; por brindarme las facilidades necesarias para poder llevar acabo los análisis de campo, además de proporcionarme gran parte de la información que se requiere para describir el proceso de establecimiento de las plantaciones. Sin su apoyo, este estudio no hubiese podido concluirse satisfactoriamente. Mención aparte, sus atinados consejos.

Al Sr. Juan García García; y su equipo de trabajo, por el apoyo brindado en la toma de datos.

DEDICATORIA

A mi Esposa Nancy, gracias por toda tu paciencia. Fue duro para ti no contar con mi total disponibilidad durante los primeros meses de vida de nuestra hija. Mi reconocimiento a tu sacrificio; y mi gratitud por tu apoyo Peka.

A mis amados hijos: Andrea; y tú Bebe que vienes en camino. Son el motor de mi vida.

A mis padres Jesús y Alicia, gracias por siempre creer en mí.

Alejandro y Alma, hermanos. Gracias por su cariño.

CONTENIDO

RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
LISTA DE CUADROS	xi
LISTA DE FIGURAS	xii
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVO GENERAL	6
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	6
ANTECEDENTES	7
Selección de Especies	9
METODOLOGÍA	11
Ubicación del Proyecto	11
Delimitación de Polígonos	11
Especies	13
Tamarisco.	13
Casuarina.	16
Cedro Blanco.	19
Establecimiento de la Plantación	23
Delimitación y reconocimiento de los polígonos.	23
Condición general de las plantas.	23
Instalación de toma de abastecimiento de agua.	24
Instalación de línea principal de riego.	24
Instalación de línea secundaria de riego.	25
Chaponeo.	26
Subsoleo.	27
Zanja Bordo.	27
Instalación de manguera.	27
Goteros.	28
Apertura de cepas.	29

Mejoramiento de suelo.-----	29
Transporte y distribución de planta.-----	30
Plantación. -----	30
Tutoreo.-----	31
Apertura de brechas corta fuego.-----	32
Mantenimiento.-----	33
Evaluación de la plantación -----	33
RESULTADOS-----	35
Supervivencia -----	35
Desarrollo-----	39
Condición del Suelo -----	43
CONCLUSIONES-----	46
LITERATURA CITADA -----	48
ANEXO -----	50

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Número de individuos muertos por especie, por polígono	35
Cuadro 2. Individuos muertos e individuos plantados por polígono y por especie.	38
Cuadro 3. Alturas y diámetros promedio por polígono.	40
Cuadro 4. Incremento medio mensual, por especie.	43
Cuadro 5. Principales resultados del análisis de suelo.	44

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del área del proyecto	11
Figura 2. Polígonos seleccionados para la evaluación	12
Figura 3. Distribución actual del género <i>Tamarix</i> en Norteamérica, según CONABIO.....	14
Figura 4. Ejemplares de <i>Tamarix plumosa</i>	15
Figura 5. Ejemplar de <i>Tamarix aphylla</i> (Landscape management)	15
Figura 6. Distribución actual del género <i>Casuarina spp.</i> en América del Norte, de acuerdo con CONABIO.	17
Figura 7. Ejemplar de <i>Casuarina equisetifolia</i> (Michael Kesi).....	18
Figura 8. Ejemplar de <i>Casuarina cunninghamiana</i> (Belloch Forestal)	18
Figura 9. Distribución actual del género <i>Callitropsis spp.</i> en México, Centro y Sur América, de acuerdo con observaciones CONABIO.....	20
Figura 10. Ejemplar de <i>Callitropsis lusitanica</i> (Christopher J. Earle)	21
Figura 11. Ejemplar de <i>Callitropsis benthamii</i> (David Thornburg).....	21
Figura 12. Tubería y válvula.	24
Figura 13. Tubería y válvula.	24
Figura 14. Trazo y excavación para tendido de tubería.	25
Figura 15. Descarga de tubería de 16".	25
Figura 16. Tendido de tubería.	25
Figura 17. Instalación de tubería.	25
Figura 18. Tendido de tubería de 4".	26
Figura 19. Instalación de cruces.	26

Figura 20. Tendido de tubería de 2".	26
Figura 21. Instalación de tomas.	26
Figura 22. Chaponeo con desvaradora en polígono 5.	26
Figura 23. Chaponeo con desvaradora en polígono 4.	26
Figura 24. Subsoleo.	27
Figura 25. Subsoleo.	27
Figura 26. Formación de bordo.	27
Figura 27. Terreno con los bordos formados.	27
Figura 28. Distribución de manguera en campo.	28
Figura 29. Tendido de manguera.	28
Figura 30. Conexión de líneas.	28
Figura 31. Conexión de líneas.	28
Figura 32. Instalación de gotero.	28
Figura 33. Gotero en funcionamiento.	28
Figura 34. Apertura de cepas en polígono 4.	29
Figura 35. Apertura de cepas en polígono 5.	29
Figura 36. Descarga de tierra.	29
Figura 37. Descarga de abono.	29
Figura 38. Distribución y rellenado de cepa en polígono 4.	30
Figura 39. Distribución y rellenado de cepa en polígono 5.	30
Figura 40. Concentración de planta.	30
Figura 41. Distribución en terreno.	30
Figura 42. Mejoramiento de suelo.	31
Figura 43. Ajuste de líneas de riego.	31

Figura 44. Plantación de Casuarina.	31
Figura 45. Plantación de Cedro Blanco.....	31
Figura 46. Descarga de tutores.	32
Figura 47. Instalación de tutores.	32
Figura 48. Amarre de tutores.	32
Figura 49. Plantación establecida.....	32
Figura 50. Apertura de brecha.	32
Figura 51. Retiro de cubierta vegetal.	32
Figura 52. Labores culturales de mantenimiento.....	33
Figura 53. Deshierbes mecanizados.	33
Figura 54. Supervivencia general de las especies plantadas en proyecto, después de 18 meses.....	36
Figura 55. Mortalidad registrada en el proyecto, por especie.....	36
Figura 56. Porcentaje de mortalidad por especie, en relación a la cantidad de planta establecida.	37
Figura 57. Porcentaje de supervivencia por especie entre polígonos.....	38
Figura 58. Incremento en altura para toda la plantación.	41
Figura 59. Incremento en diámetro para toda la plantación.....	41
Figura 60. Tendencia de desarrollo en diámetro para toda la plantación.	41
Figura 61. Tendencia de desarrollo en altura para toda la plantación.	41
Figura 62. Diámetro promedio por polígono.	42
Figura 63. Altura promedio por polígono.	42
Figura 64. Incremento Promedio en diámetro por especie.....	42
Figura 65. Incremento Promedio en Altura por especie.....	42

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con (Herrero Campo 2005); la reforestación es una operación en el ámbito de la silvicultura, destinada a repoblar zonas que en el pasado histórico reciente (50 años), estaban cubiertas de bosques que fueron deforestados; ya sea para extraer la madera, ampliar la frontera agrícola o ganadera; para la expansión de áreas urbanas, o bien, deforestados por la ocurrencia de desastres naturales (incendios y huracanes, principalmente); sin embargo, es también común utilizar el mismo término para denominar a las plantaciones de árboles, generalmente masivas, en áreas donde estos no existieron; por lo menos en tiempos históricos recientes.

En la actualidad, la reforestación constituye la actividad de mejoramiento del ambiente, más aceptada por la población; y a la que los gobiernos ponen mayor atención (Protección de la Fauna Mexicana A.C. 1990)

No obstante lo anterior, existen sitios donde un manejo inadecuado de los recursos naturales, ha llevado a la degradación total del ecosistema, remplazándolo por pastizales, matorrales; e inclusive transformándolos en suelos yermos; en donde una baja fertilidad, así como una estructura deficiente del suelo (compactación, anegamiento, salinización u otras limitaciones físicas y químicas) constituyen sus principales características. En este mismo sentido, la erosión del suelo, los incendios recurrentes y el

incremento de la susceptibilidad a los mismos; así como la ausencia de simbiontes radiculares o fúngicos, la falta de microhábitats adecuados para la germinación y el establecimiento de semillas; y una severa competencia con otras plantas (especialmente pastos y helechos); nos dan como resultado, condiciones de medio sumamente difíciles para lograr el restablecimiento de las funciones y productividad del ecosistema (OIMT 2002).

En estos casos extremos, una reforestación tradicional es insuficiente; si lo que se busca es restablecer la capacidad productiva del terreno, así como la calidad de los servicios medioambientales que proporciona; por lo que toda actividad orientada a dicho fin, necesariamente deberá de plantearse bajo el concepto de “Rehabilitación Ecológica” como mínimo.

El concepto de “Rehabilitación Ecológica”, hace referencia a la recuperación de la funcionalidad del ecosistema; según (Díaz Toledano 2016) la rehabilitación no necesariamente restablece la condición natural; más bien se centra en restituir los procesos, la productividad y los servicios ofrecidos por el ecosistema.

La principal diferencia con la “Restauración Ecológica” radica en que además de lo anterior; centra también sus esfuerzos, en el restablecimiento de la composición de especies y estructura de las comunidades (Díaz Toledano 2016)

La rehabilitación de las tierras forestales degradadas, se puede llevar a cabo facilitando la recuperación natural; protegiéndolas contra alteraciones crónicas, estabilizando el área o mediante el manejo de los recursos hídricos; sin embargo, la estabilidad ecológica puede recuperarse más rápidamente mediante la plantación de especies colonizadoras o especies marco, que ayuden a cumplir las funciones básicas de protección (OIMT 2002).

De acuerdo con un “Estudio Agrológico” llevada a cabo en 1971, como parte del proceso de planeación del “Proyecto Lago de Texcoco”; se determinó que el área se encuentra en su mayor parte afectada por altos contenidos de sales y sodio, que dificultan el establecimiento directo de especies vegetales.

Con base en los resultados de este estudio, la “Comisión del Lago de Texcoco”, inicio ensayos para determinar las especies más idóneas, así como la metodología más adecuada, para llevar a cabo trabajos de forestación en dicha área; a través de los cuales, se determinó que con el establecimiento de barreras de *Tamarix spp*, sobre el talud interior de los bordos de los canales de riego, construidos para aplicar agua al pasto salado, se podrían obtener los mejores resultados (Comisión Nacional del Agua 2007).

Por lo anterior, entre los años 1981 a 1982 se inició una plantación masiva de “Barreras Rompevientos”; sin embargo, no se obtuvo el porcentaje de

prendimiento esperado, debido principalmente a problemas de suministro de agua a los canales. Para 1992, cuando se inició la segunda etapa del “Proyecto Texcoco”, se decidió cubrir la mayor parte de la zona federal de áreas boscosas.

No obstante lo anterior, de acuerdo con (CONAGUA y UACH 2004), la mayoría de los trabajos de barreras arboladas que se hicieron a través del programa, no tuvieron el éxito deseado, salvo en lugares muy localizados, donde seguramente las características del suelo y disponibilidad de agua, ofrecieron condiciones de medio más idóneas.

Derivado de los compromisos establecidos por el Gobierno de la Republica, para dar sustentabilidad al proyecto de construcción del NAICM; que señala entre sus objetivos relevantes, en materia de medio ambiente, el “Rescate de una Zona Ambientalmente Degradada”; se determinó rescatar las zonas de vegetación mediante un programa de restauración ecológica, para crear un conjunto de áreas verdes y arboladas, en una superficie estimada de 3,000 hectáreas (Grupo Aeroportuario de la Ciudad de México 2016).

Dada la magnitud del compromiso, la CONAFOR recibió la encomienda de llevar a cabo un programa piloto en el que se pudieran obtener mejores resultados que los ya descritos; por lo que a través de un contratista externo se llevó a cabo un proyecto de forestación, en una superficie de 111 hectáreas, dividida en dos polígonos (uno de 59 hectáreas y otro de

52); en la que se plantaron cerca de 180 mil plantas de los géneros *Casuarina spp.*, *Tamarix spp.* y *Callitropsis spp.*; con una densidad de 1,600 plantas por hectárea.

Dicho proyecto, fue concebido como un proyecto de “Rehabilitación Forestal”, dado el objetivo que persigue, de restablecer la calidad de los servicios medioambientales del área; por lo que, buscando mejorar las difíciles condiciones que presenta la zona, se dio al proyecto un enfoque integral, en el que la plantación de árboles se ve acompañada de acciones de mejora de suelo, mantenimiento de la plantación, control de plagas, fertilización y riego, entre otras.

El presente trabajo pretende evaluar los resultados de la aplicación de este enfoque de recuperación de la calidad de sitio en el establecimiento de forestaciones y conocer la adaptación que tuvieron las especies seleccionadas y su crecimiento actual.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar la supervivencia y desarrollo inicial en una plantación establecida en un suelo salino, en el ex Lago de Texcoco, Estado de México.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Comparar el desempeño de tres especies forestales (Tamarisco, Casuarina y Cedro blanco); y su adaptación a las condiciones de suelo salino.

Analizar el efecto de los trabajos de mantenimiento en relación a los niveles de supervivencia y crecimiento de la plantación.

Analizar las características físicas y químicas del suelo en el sitio de plantación.

ANTECEDENTES

La reforestación en México es una actividad de gran importancia para restaurar y volver productivas las áreas deforestadas y degradadas, no obstante; y a pesar de todos los esfuerzos por parte de los sectores público y privado; los resultados no han sido del todo alentadores. A nivel nacional, solo un 40 % de las áreas reforestadas cuentan con un nivel aceptable de supervivencia y calidad (Wightman y Cruz 2003).

Según datos presentados por Vanegas-López (2016), entre los años 2004 y 2014; la supervivencia de las reforestaciones realizadas por la CONAFOR a nivel nacional fue de 44.79 %. De acuerdo con la autora, dicho porcentaje es significativamente menor, en relación a trabajos similares hechos en EE.UU, en dónde los porcentajes de supervivencia son superiores al 70 %.

Es preciso hacer hincapié en el hecho de que en la mayoría de los predios donde la CONAFOR otorga recursos públicos para realizar acciones de restauración forestal, las condiciones son diferentes a las encontradas en otros países; como son, suelos con mayor degradación, imposibilidad de brindar riego, entre otros (Vanegas López 2016).

Lo anterior, si bien nos muestra un avance significativo en la calidad de los trabajos de reforestación (fruto de las mejoras en la calidad y manejo del germoplasma, producción de planta, su transporte y plantación), deja pendiente aún el tema del acompañamiento al desarrollo inicial de las

reforestaciones, hasta su total establecimiento en campo, el cual, de acuerdo con (Wightman y Cruz 2003) no ocurre si no hasta entre los tres y los cinco años después de la plantación.

Más recientemente, los programas de restauración forestal, han comenzado a operarse bajo un enfoque de integralidad, en el cual, además de la reforestación en sí, se han incluido casi de manera generalizada, obras de conservación y restauración de suelos; así como la protección contra incendios y el aislamiento de las áreas intervenidas, para evitar daños a las plantas en sus etapas de crecimiento inicial. Sin embargo, una vez concluida la fase de plantación, las obras suelen ser abandonadas; e inclusive en algunos casos, los predios vuelven a ser empleados para fines distintos.

De acuerdo con la más reciente evaluación del Programa Nacional Forestal (UACH 2014), en general, el nivel de supervivencia de las plantaciones establecidas en 2014 fue de 56.62 %; lo cual, si bien representa un avance en relación a las estimaciones de años anteriores, aún se encuentra lejos de escenarios más idóneos, dados los objetivos perseguidos por dicho programa.

En este mismo estudio (UACH 2014), se reporta que las dos principales causas de mortalidad en plantaciones forestales, fueron sequías o heladas, así como la competencia con vegetación, con un 38 % de los casos. Si a esto agregamos la incidencia de factores como condiciones de degradación

de los predios y el poco o nulo mantenimiento, es fácil explicar por qué aún no se han alcanzado mayores niveles de supervivencia.

Selección de Especies

La existencia del lago de Texcoco, ha estado ligada íntimamente con el desarrollo social y urbano del Valle de México. En la época prehispánica, la zona lacustre llegó a cubrir hasta 2,000 km², aproximadamente 20 % de la superficie total de la cuenca (Muciño 2001).

Conforme el área lacustre se fue desecando, dejó al descubierto una superficie de alrededor de 150 km², cuyas características de salinidad, sodicidad y alcalinidad son extremas. Asociado a esto, el área presenta niveles freáticos someros (por lo que el agua disponible es muy alcalina) y un drenaje muy deficiente. A todo esto se agrega una capa de cenizas volcánicas, depositadas durante siglos en el lecho del ex-lago que forman un “jaboncillo” con características alofánicas, que limitan aún más el establecimiento de vegetación natural y/o inducida, con lo que las condiciones del área, históricamente han generado un foco de contaminación para las áreas urbanas (Comisión Nacional del Agua 2007).

A partir de 1971, como parte de los trabajos realizados por el Proyecto Lago de Texcoco, se llevó a cabo un “Estudio Agrológico Detallado de 3,000 Hectáreas en la Zona Federal del Ex-lago de Texcoco”, que permitió contar con información minuciosa del área, pudiendo así determinar la

posibilidad de mejorar los suelos del lago para fines agrícolas y evaluar la posibilidad de establecer y mantener una cubierta vegetal capaz de disminuir las tolvaneras (CONAGUA y UACH 2004).

Entre las soluciones y recomendaciones que se desprendieron de dicho estudio, para el caso de las tolvaneras, se decidió dotar de una cobertura vegetal a las áreas desnudas y establecer cortinas rompevientos, para contrarrestar el efecto de las corrientes de aire que propiciaban la erosión eólica de los suelos, además de contribuir a mejorar las condiciones ambientales de la región (Comisión Nacional del Agua 2007).

Después de una serie de ensayos, en dónde se probaron varias especies, tanto herbáceas, como arbustivas y arbóreas, se decidió concentrar esfuerzos en dos tipos de plantas en particular *Distichlis spicata* (Pasto Salado) y diferentes especies del genero *Tamarix* (Abeto Salado o Tamarisco); sin embargo, también se llegaron a emplear, en menor proporción, géneros como *Suaeda sp*; *Eragrostis sp*. *Sesuvium sp*; así como *Atriplex sp*; y más recientemente, se han venido introduciendo otras especies como *Casuarina sp*. y *Callitropsis sp*. en áreas ligeramente elevadas y con mejores características de suelo.

METODOLOGÍA

Ubicación del Proyecto

El área del proyecto se encuentra ubicada en la zona federal del Ex-lago de Texcoco; y está delimitada por la Zona Metropolitana de la Ciudad de México y por los municipios de Nezahualcóyotl, Chimalhuacán, Texcoco y Atenco del Estado de México. En particular el área del proyecto seleccionada para la evaluación se localiza en terrenos accesibles y contiguos a la Autopista Peñón- Texcoco (Figura 1).



Figura 1. Ubicación del área del proyecto

Delimitación de Polígonos

El proyecto forma parte de una serie de acuerdos que se celebraron entre la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y la Comisión Nacional Forestal

(CONAFOR), con el objetivo de disminuir la contaminación por partículas sólidas en suspensión, que se generan por tolvaneras, a través de la forestación del área. Este proyecto representa un ejercicio piloto que permitirá evaluar los resultados que arroja la aplicación de una metodología de forestación, apegada a los principios de la rehabilitación ecológica; con la finalidad de servir como modelo a programas similares, que se tiene previsto implementar en un futuro dentro de la cuenca.

El proyecto comprende una superficie de 111 hectáreas, dividida en dos polígonos de 59 y 52 hectáreas (denominados como polígonos 4 y 5 respectivamente). El trazo de los mismos, obedeció a la disponibilidad de terreno que CONAGUA tiene dentro de la Zona Federal del Ex-lago de Texcoco. En la Figura 2 se aprecia la localización de ambos polígonos.

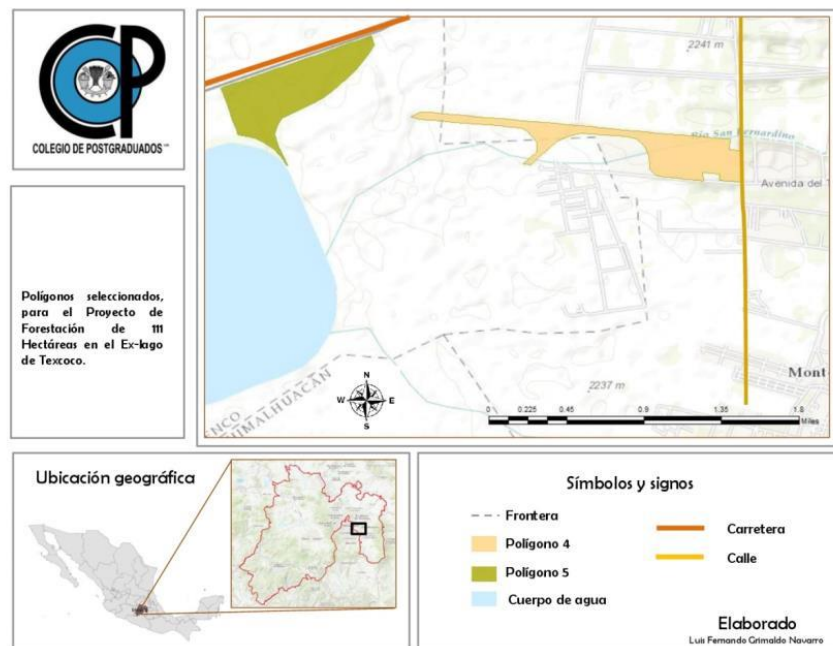


Figura 2. Polígonos seleccionados para la evaluación

Especies

Es importante recordar que el área dónde se delimitaron los polígonos – principalmente el polígono cinco–, está constituida por terrenos de uso agrícola, por lo que existen áreas pequeñas en dónde las condiciones de suelo son mejores.

Por lo anterior, se decidió dar valor a las experiencias resultantes de trabajos previos en el área; así como a los diferentes estudios que se han venido llevando a cabo en la zona, algunos de los cuales se citan aquí; y se optó por emplear especies de los géneros *Tamarix*, *Casuarina* y *Callitropsis*; las dos primeras con características muy particulares, que han mostrado cierta tolerancia a las condiciones adversas del sitio; en tanto que la tercera (Cedro Blanco), fue destinada para aquellas zonas que en apariencia, presentaban una condición de suelo más favorable.

Tamarisco. De acuerdo con algunos autores, el género *Tamarix*, incluye alrededor de 200 taxones específicos e intraspecíficos; sin embargo, (Baum, 1978) citado por (Venturella 2007) redujo el número a 69 (54 especies y 15 variedades). En la Figura 3 se presenta un mapa de distribución actual del género *Tamarix* en Norteamérica.

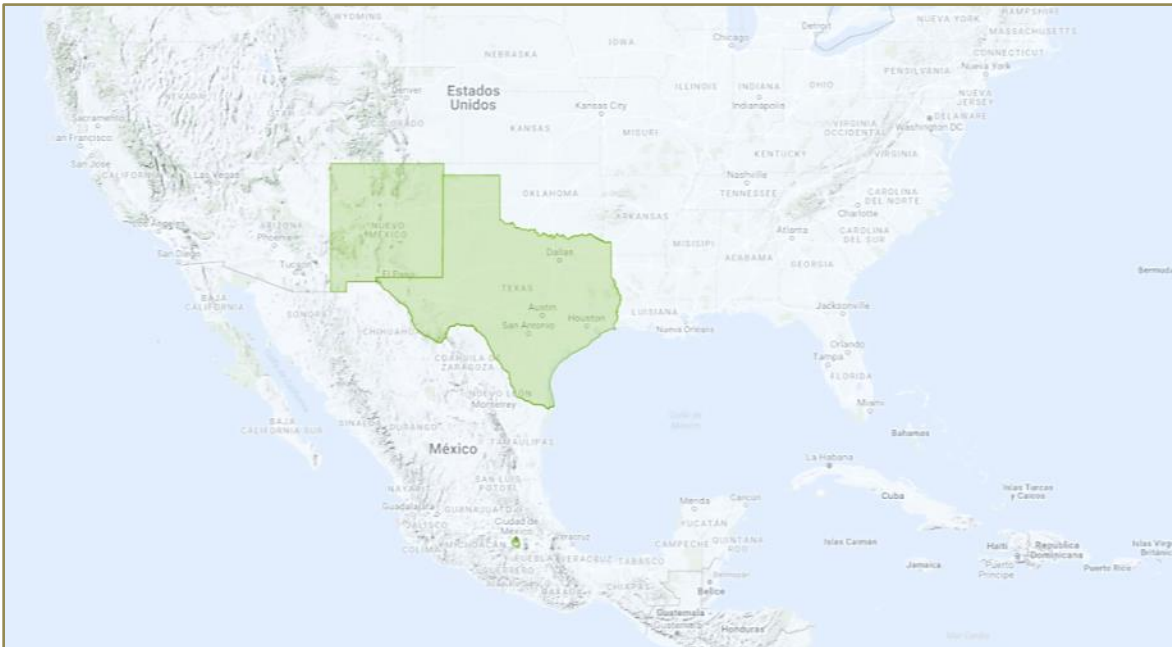


Figura 3. Distribución actual del género *Tamarix* en Norteamérica, según CONABIO.

La mayoría de los Tamariscos, son arbustos caducifolios (Figura 4) o árboles pequeños (3 a 5 m de altura), aunque existen algunas especies como *T. aphylla* (Figura 5) en la que los ejemplares pueden alcanzar hasta 15 m. Se les suele encontrar formando matorrales densos en suelos húmedos y salinos (bordes de lagunas y áreas pantanosas); aunque también se les encuentra en lugares aparentemente desérticos –siempre que su sistema radicular sea capaz de alcanzar la capa freática del suelo–. Se caracterizan por tener ramas esbeltas y follaje gris-verde. La corteza de los ejemplares jóvenes es lisa y de color café rojizo; y a medida que las plantas envejecen, la corteza se torna purpúrea, estriada y surcada. Las hojas son triangulares, escumiformes y se superponen entre sí a lo largo

del tallo; y a menudo presentan secreciones salinas (Muzika y Swearingen 2005).



Figura 4. Ejemplares de *Tamarix plumosa*



Figura 5. Ejemplar de *Tamarix aphylla*
(Landscape management)

Todas las especies, presentan numerosos racimos durante la época de floración, lo que las hace inconfundibles frente a otros géneros; no obstante, establecer con precisión a que especie pertenece un ejemplar en concreto, es muy complicado, ya que es necesario que el individuo se encuentre en etapa de floración –todos los criterios que permiten diferenciar unas especie de otras, con seguridad, están relacionados con la presencia de inflorescencias– y, sin embargo, las flores solo están presentes durante una época del año, si a esto agregamos su tamaño reducido; hace que su identificación precisa, resulte poco fiable sin un estudio detallado de laboratorio (Ecotono 2010).

De acuerdo con (Venturella 2007), *Tamarix* se caracteriza por una considerable similitud morfológica y ecológica de taxones, una gran

variabilidad infraspecífica y teratología de elementos florales. El número de individuos en la inflorescencia, en ocasiones es constante, pero este parámetro, no puede considerarse válido para identificar especímenes, si no está correlacionada con la posición que guardan en el racimo, así como la posición recíproca de los elementos florales, la variabilidad en su número, etc.

De acuerdo con (CONABIO, 2017.), los tamariscos se pueden propagar en forma vegetativa (raíces adventicias o tallos enterrados) y por semilla; siendo el primero el método más empleado. La reproducción sexual de la especie, presenta el problema, o beneficio, de que la germinación exige largos periodos con el suelo saturado; por lo que resulta muy útil para áreas inundables.

Casuarina. De acuerdo a la información publicada en la página del Jardín Botánico Nacional de Australia y el Centro de Investigación de la Biodiversidad Nacional de Australia (Australian National Botanic Gardens 2011); el género *Casuarina*, está constituido por 17 especies arbóreas de la familia *Casuarinaceae*; misma que es originaria de Australia, el Subcontinente Indio, el Sudeste Asiático y las islas del Océano Pacífico occidental. Originalmente, se consideraba a dicho género como el único de la familia, aunque en épocas recientes, se consideran cuatro géneros (*Allocasuarina*, *Ceuthostoma*, *Gymnostoma* y *Casuarina*). En la Figura 6 se

presenta un mapa de distribución actual del género *Casuarina* en Norteamérica.



Figura 6. Distribución actual del género *Casuarina* spp. en América del Norte, de acuerdo con CONABIO.

Son árboles, a veces arbustos, perennes; que suelen crecer hasta los 35 m de altura Figuras 7 y 8. El follaje está constituido por ramas delgadas, muy ramificadas, de color verde a verde grisáceo, que llevan hojas de escala diminuta en espirales de 5 a 20. Las flores apétalas, se producen en pequeñas inflorescencias. La mayoría de las especies son dioicas, pero algunas son monoicas. El fruto es una estructura ovalada amaderada que se asemeja superficialmente a un cono; y está compuesto por numerosos carpelos, cada uno conteniendo una sola semilla con un ala pequeña (Australian National Botanic Gardens 2011).



Figura 7. Ejemplar de *Casuarina equisetifolia* (Michael Kesl)



Figura 8. Ejemplar de *Casuarina cunninghamiana* (Belloch Forestal)

El nombre genérico se deriva de la palabra malaya “Kasuari” que empleaban los nativos para designar al pájaro Casuario (*Casuarius spp.*), dada la semejanza que guarda el arreglo del follaje de la planta, con las plumas del ave. La esbeltez de sus ramas, así como las inconspicuas hojas en forma de escama, además de la apariencia de su fruto, la asemeja a un pino; por lo que es comúnmente denominada como “Pino Salado” (Australian National Botanic Gardens 2011).

Las casuarinas son comúnmente cultivadas en áreas tropicales, subtropicales y templadas en todo el mundo; debido a sus particulares características de resistencia a los ambientes adversos como son: las sequias, los altos niveles de salinidad y sodicidad, y a su tolerancia a ventarrones, entre otras, por lo que se emplea principalmente como

barrera rompeviento, aunque en México se le utiliza también como un valioso elemento en los trabajos de recuperación de áreas degradadas (Australian National Botanic Gardens 2011)

Es importante mencionar que existen referencias de su uso (en forma de composta) para acidificar el pH de suelos calcáreos y delgados.

Especies como *Casuarina equisetifolia* y *C. glauca* se han naturalizado en países como Argentina, Bermudas, Cuba, China, Egipto, Israel, Iraq, Mauricio, Kenya, México, Estados de Unidos, entre otros; e inclusive es ya considerada como especie invasora en algunas áreas (Sur de Florida, EE.UU); adicionalmente, se le atribuyen propiedades alelopáticas a la mayoría de las especies del género (Australian National Botanic Gardens 2011).

Cedro Blanco. Es una especie heliófita que llega a formar bosques de poca extensión, sobre todo en las partes altas del bosque mesófilo de montaña. Habita en climas que van desde el templado semifrío al templado subhúmedo, Cb(w²) a C(w), en altitudes de 1,400 a 3,600 msnm. En la Figura 9, se presenta un mapa de distribución actual del género *Callitropsis* en México, Centro y Sur América (Luna Vega 2003).

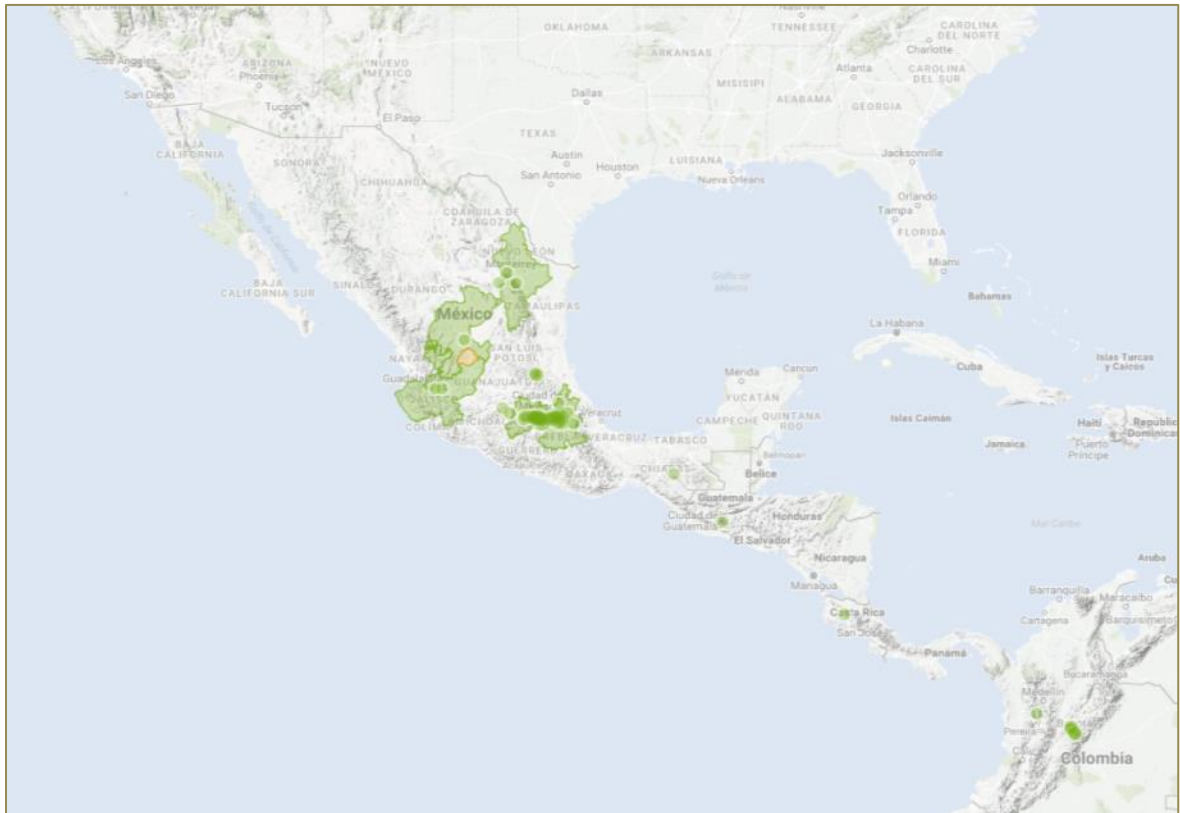


Figura 9. Distribución actual del género *Callitropsis* spp. en México, Centro y Sur América, de acuerdo con observaciones CONABIO.

De acuerdo con (The Gymnosperm Database y Earle 2015), existen dudas considerables en relación al nivel de profundidad con que se han estudiado las poblaciones del género, presentes desde Sonora hasta Chiapas; como para concluir que todas pueden ser asignadas a determinada especie del género.

(Farjon 2005) analizó el problema y concluyó que todos los especímenes del sur, desde los 22° de latitud aproximadamente, pueden ser asignados a uno de dos taxones, a los que llamó *C. lusitanica* var. *Lusitanica* y *C.*

lusitanica var. *Benthamii*, y que actualmente se identifican como *C. lusitanica* y *C. benthamii* (Figuras 10 y 11).



Figura 10. Ejemplar de *Callitropsis lusitanica* (Christopher J. Earle)



Figura 11. Ejemplar de *Callitropsis benthamii* (David Thornburg)

Son árboles de hasta 30 m de alto, con el tronco hasta 1.5 m de diámetro, corteza rojiza, delgada, fisurada longitudinalmente; ramas no arregladas en un plano, extendidas o ascendentes formando una copa cónica. Hojas agudas o subagudas, escuamiformes, adpresas-ascendentes, frecuentemente carinadas cerca del ápice, algunas veces con los márgenes erosos-denticulados, las más jóvenes verdes o glaucas, con glándula abaxial inconspicua. Estróbilos masculinos elipsoides, amarillos. Estróbilos femeninos maduros de 1.5 a 2 cm de diámetro, cafés, globosos, glaucos; escamas ovulíferas 6-8, peltadas con un mucrón carnosos, cónico, frecuentemente curvo de 5.6 milím de largo, leñosas cuando maduras;

cada escama fértil con numerosas semillas. Semillas aplanadas, con alas laterales rudimentarias (Luna Vega 2003).

Su distribución en México es amplia; se le encuentra principalmente en las cadenas montañosas del País (Sierra Madre Oriental, Sierra Madre del Sur, Sierra Madre Occidental, Meseta Central de Chiapas y parte del Eje Neovolcánico). Se han reportado poblaciones naturales en los estados de Aguascalientes (San José de Gracia), Chiapas (Amatenengo del Valle), Chihuahua (Madera), Durango (Santiago Papasquiario), Querétaro (Landa de Matamoros y Jalpan), Guanajuato (Jerécuaro), Hidalgo (Eloxochitlán y Zimapán), Jalisco (Cuautitlán y Tolimán), Michoacán (Angangueo, Pátzcuaro, Quiroga y Senguio), Estado de México (Amecameca, Chalco, Nepantla y Texcoco), Oaxaca (Totontepec y Zimatlán), Puebla (Atlixco y Tepatlaxco) y Sinaloa (Badiraguato) (Luna Vega 2003).

Durante mucho tiempo se ha debatido si este taxón es realmente de origen “mexicano”. El origen de la discusión entre botánicos mexicanos y centroamericanos; es el hecho de que Miller describió las especies del género, a partir del análisis de ejemplares encontrados en Portugal; no obstante, existe evidencia contundente, de que los árboles de dónde se tomó dicho material, fueron traídos de hecho desde México o América Central (fueron plantados en 1634 en Bussaco cerca de Coimbra en Portugal); y de hecho, no hay otra fuente del “Nuevo Mundo” para

Cupressus en una fecha tan temprana (The Gymnosperm Database y Earle 2015).

Establecimiento de la Plantación

A continuación, se describirán las actividades que se realizaron para el establecimiento de la plantación, en ambos polígonos. Se trabajó en el polígono cinco, durante el último trimestre del 2015; mientras que para el polígono cuatro, las actividades se llevaron a cabo durante el primer semestre del 2016; en ambos casos, las actividades fueron prácticamente las mismas; aunque en un periodo diferente del año.

Delimitación y reconocimiento de los polígonos. Las poligonales donde se desarrollaron las actividades, fueron establecidos de acuerdo a los espacios disponibles en la Zona Federal que se encuentran fuera de las áreas destinadas para el proyecto de ampliación del sistema de regulación y control de inundaciones, que forma parte de los proyectos complementarios del NAICM.

Por lo anterior, se tuvo que adaptar la metodología de trabajo, para hacer frente a las necesidades y limitantes que presentó el terreno disponible.

Condición general de las plantas. La totalidad de la planta que se usó en el proyecto, en la plantación inicial, provino del “Vivero El Ranchito”,

propiedad de CONAGUA, y presentaba alturas de 1.20 a 1.60 m para el cedro y la casuarina y de 0.80 y 1.20 m para el tamarisco; teniendo en promedio, las tres especies, un diámetro muy similar de alrededor de 0.5 cm.

Instalación de toma de abastecimiento de agua. Se instaló una derivación de la línea principal de CONAGUA, con tubería de PVC hidráulico de 16”, incluyendo válvula (Figuras 12 y 13).



Figura 12. Tubería y válvula.



Figura 13. Tubería y válvula.

Instalación de línea principal de riego. Tendido de tubería de PVC hidráulico de 16”, 12”, 8” y 6”; junto con sus respectivos cruces en arroyos y canales hechos de material. El trabajo incluyó el trazo, excavación (Figura 14), cama de arena, descarga (Figura 15) y tendido de tubería

(Figura 16), instalación de la tubería (Figura 17), atraques de concreto, relleno de la excavación, pruebas hidráulicas; y purgado de líneas.



Figura 14. Trazo y excavación para tendido de tubería.



Figura 15. Descarga de tubería de 16”.



Figura 16. Tendido de tubería.



Figura 17. Instalación de tubería.

Instalación de línea secundaria de riego. Se instaló tubería de PVC hidráulico de 4” y 2”, que incluyó el trazo, excavación, cama de arena, tendido de tubería (Figuras 18 y 20), instalación de cruces (Figura 19), instalación de tomas (Figura 21), atraques de concreto, relleno de la excavación, pruebas hidráulicas y purgado de líneas.



Figura 18. Tendido de tubería de 4”.



Figura 19. Instalación de cruces.



Figura 20. Tendido de tubería de 2”.



Figura 21. Instalación de tomas.

Chaponeo. Esta labor se llevó a cabo con una desvaradora montada en tractor (Figuras 22 y 23), para eliminar malezas competidoras en ambos polígonos.



Figura 22. Chaponeo con desvaradora en polígono 5.



Figura 23. Chaponeo con desvaradora en polígono 4.

Subsoleo. Se llevó a cabo con tractor agrícola (Figuras 24 y 25) a una profundidad de 50 cm y un espaciamiento de 3 m entre líneas.



Figura 24. Subsoleo.



Figura 25. Subsoleo.

Zanja Bordo. Se realizó con bordero agrícola o “Rastra Savannah” (Figura 26), a una profundidad de excavación de 30 cm; y una altura del bordo sobre el nivel del suelo, de al menos otros 30 cm (Figura 27).



Figura 26. Formación de bordo.



Figura 27. Terreno con los bordos formados.

Instalación de manguera. Se instaló manguera de PE de 16 mm para 2.5 ATM. La instalación incluyó conectores iniciales, codos, coples, tapón final de polietileno, válvulas, test, manómetro de glicerina con aguja. El proceso

incluyó la distribución (Figura 28) y tendido de mangueras (Figura 29) y conexión a líneas secundarias (Figuras 30 y 31).



Figura 28. Distribución de manguera en campo.



Figura 29. Tendido de manguera.



Figura 30. Conexión de líneas.



Figura 31. Conexión de líneas.

Goteros. Se instalaron 86,612 goteros auto compensables de 4 LPH (Figuras 32 y 33).



Figura 32. Instalación de gotero.



Figura 33. Gotero en funcionamiento.

Apertura de cepas. Se cavaron cepas comunes de 40 cm de ancho por 40 cm de largo por 40 cm de profundidad en el terreno. Para este proceso se utilizaron palas (Figuras 34 y 35).



Figura 34. Apertura de cepas en polígono 4.



Figura 35. Apertura de cepas en polígono 5.

Mejoramiento de suelo. Se agregaron 19 litros de una mezcla de tierra y abono orgánico (composta), por cada cepa, con la finalidad mejorar las propiedades fisicoquímicas del suelo. En las Figuras 36 a 39 se ilustra el proceso.



Figura 36. Descarga de tierra.



Figura 37. Descarga de abono.



Figura 38. Distribución y rellenado de cepa en polígono 4.



Figura 39. Distribución y rellenado de cepa en polígono 5.

Transporte y distribución de planta. La planta fue acarreada desde el vivero, al sitio de concentración (Figura 40) y, finalmente a campo (Figura 41) para su posterior plantación.



Figura 40. Concentración de planta.



Figura 41. Distribución en terreno.

Plantación. Se establecieron 1,600 plantas por ha de las tres especies seleccionadas. El proceso incluyó actividades de mejoramiento de suelo (Figura 42), ajuste de líneas de riego (Figura 43) y plantación (Figuras 44 y 45).



Figura 42. Mejoramiento de suelo.



Figura 43. Ajuste de líneas de riego.



Figura 44.
Plantación de
Casuarina.



Figura 45.
Plantación de
Cedro Blanco.

Tutoreo. Se instalaron varas de madera recta de altura variable, con un grosor mínimo de 2.54 cm; colocadas al momento de la plantación, enterradas a una profundidad de 60 cm; y sujetas al árbol plantado en su último tercio, mediante una banda elástica de 5 cm de ancho (Figuras 46 a 49).



Figura 46. Descarga de tutores.



Figura 47. Instalación de tutores.



Figura 48. Amarre de tutores.



Figura 49. Plantación establecida.

Apertura de brechas corta fuego. Se abrieron brechas corta fuego mediante la excavación de 5 a 10 cm de profundidad y 3 m de ancho (Figuras 50 y 51); en el perímetro y en la parte interna de cada polígono. Se consideraron 70 m de zanja de 30 x 30 cm, por cada kilómetro de brecha, para desvío de escurrimientos.



Figura 50. Apertura de brecha.



Figura 51. Retiro de cubierta vegetal.

Mantenimiento. Se integró un equipo de 20 personas por polígono para llevar a cabo labores de mantenimiento y deshierbes (Figuras 52 y 53), tanto a la plantación, como al sistema de riego.



Figura 52. Labores culturales de mantenimiento.



Figura 53. Deshierbes mecanizados.

Evaluación de la plantación

Con la finalidad de poder tener certeza en cuanto a los niveles de supervivencia y desarrollo de la plantación, así como los resultados alcanzados con la aplicación de la metodología de restauración integral, se decidió llevar a cabo una evaluación de la plantación, la cual se dividió en dos etapas.

Durante la primera etapa se midieron los niveles de supervivencia, para lo cual se llevó a cabo un conteo general en las 111 hectáreas en el que se incluyó la totalidad de las plantas establecidas. En dicha evaluación (mayo de 2017), se contabilizó el total de plantas muertas, por especie y por polígono; con la finalidad de contrastarla con el número de plantas que se

establecieron en un principio, de acuerdo a la densidad de proyecto (1,600 plantas por hectárea).

La segunda etapa (julio del 2017) tuvo como objetivo, evaluar el desarrollo de la plantación; para lo cual se establecieron cinco parcelas de medición – tres en el polígono cinco y dos en el polígono cuatro–, de 1,000 m² cada una (25 x 40 m), en las cuales se midió el número de individuos vivos por especie, así como su diámetro a la base; y la altura.

La ubicación de las parcelas, se llevó a cabo en forma dirigida, procurando ubicarlas conforme a las distintas condiciones de sitio que evidentemente se diferenciaban entre sí, dentro de cada poligonal; en el polígono cuatro, únicamente se seleccionaran dos sitios –en este sitio, el terreno presentaba dos condiciones distintas–, en tanto que para el polígono cinco pudieron identificarse tres condiciones diferentes.

Adicionalmente, se tomaron muestras de suelo en cada una de las parcelas, para realizar análisis de laboratorio y determinar así el nivel de fertilidad, la textura y salinidad en el área de estudio.

RESULTADOS

Es importante hacer la acotación de que la comparación de datos entre polígonos, nos arroja datos meramente informativos, ya que no es posible llevar a cabo un análisis más detallado, dada la diferencia de varios meses entre el periodo de plantación del polígono cinco, con el del polígono cuatro.

Supervivencia

Como resultado del conteo general del número de individuos muertos, llevado a cabo durante la primera semana del mes de mayo de 2017, se obtuvieron los siguientes resultados:

Cuadro 1. Número de individuos muertos por especie, por polígono

Polígono	Casuarina	Tamarisco	Cedro Blanco	Total
4	1,510	6,252	0	7,762
5	1,570	1,559	2,382	5,511
Total	3,080	7,811	2,382	13,273

Como puede observarse en el Cuadro 1, la mortalidad apenas superó los 13,000 individuos, lo que nos arroja una mortandad de 7.5 % –en relación con los 177,600 individuos plantados en inicio– y una supervivencia de 92.5 % (Figura 54).

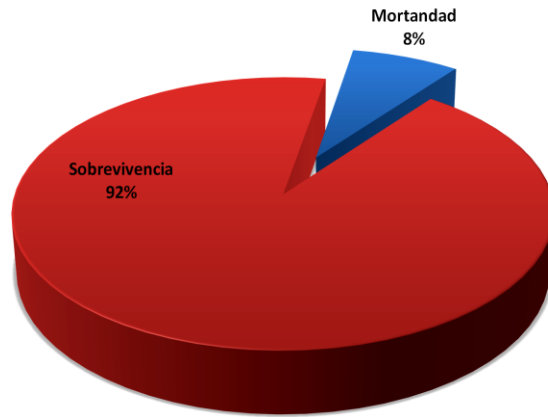


Figura 54. Supervivencia general de las especies plantadas en proyecto, después de 18 meses.

Haciendo un análisis por especie, podemos apreciar una marcada tendencia en los niveles de mortandad para *Tamarix spp.* ya que representó casi un 60 % del total de plantas muertas, en tanto que *Callitropsis lusitanica*, es en apariencia la especie que mejor desempeño tuvo en relación a las demás, con tan solo un 18 % de mortalidad (Figura 55).

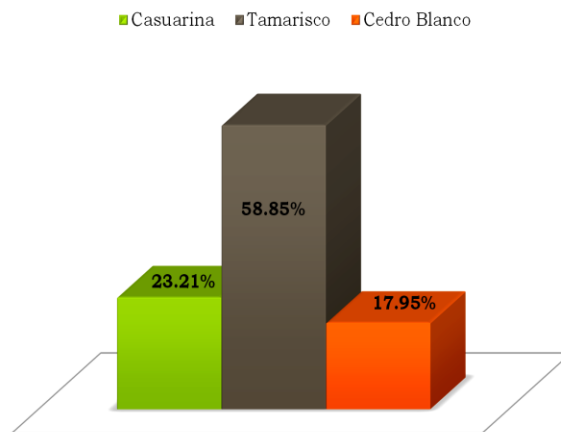


Figura 55. Mortalidad registrada en el proyecto, por especie.

No obstante lo anterior, si hacemos esta misma comparación por especie, se observa un cambio notable en la tendencia; donde *Callitropsis lusitanica* fue la especie que tuvo un mayor número de bajas, en relación a la cantidad de plantas establecidas de inicio; en tanto que *Casuarina spp.* mostró los mejores niveles de supervivencia, siendo la especie con mejor desempeño (Figura 56).

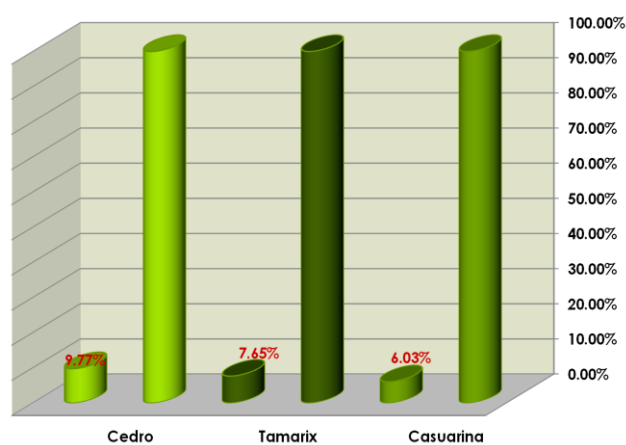


Figura 56. Porcentaje de mortalidad por especie, en relación a la cantidad de planta establecida.

Es importante resaltar que la diferencia en los niveles de supervivencia entre la casuarina y el tamarisco es mínima, mientras que el cedro blanco, pese a presentar un mayor porcentaje de mortandad, no se aleja de manera significativa de los resultados obtenidos por la casuarina.

Un análisis de los niveles de supervivencia general entre polígonos (Cuadros 1 y 2), nos permite observar una diferencia mínima entre un polígono y otro, de apenas 1.6 %.

Cuadro 2. Individuos muertos e individuos plantados por polígono y por especie.

Polígono	Casuarina		Tamarisco		Cedro blanco		Total Plantadas	Total Muertas
	Plantadas	Muertas	Plantadas	Muertas	Plantadas	Muertas		
4	23,600	1,510	70,800	6,252	0	0	94,400	7,762
5	27,470	1,570	31,360	1,559	24,370	2,382	83,200	5,511
Total	51,070	3,080	102,160	7,811	24,370	2,382	177,600	13,273

Si analizamos los datos de supervivencia por especie, entre polígonos, se observan diferencias un poco más contrastantes, aunque para este caso en particular, solo es posible hacer la comparación entre *Tamarix spp* y *Casuarina spp*; ya que no se establecieron plantas de *Callitropsis lusitanica* en el polígono cuatro.

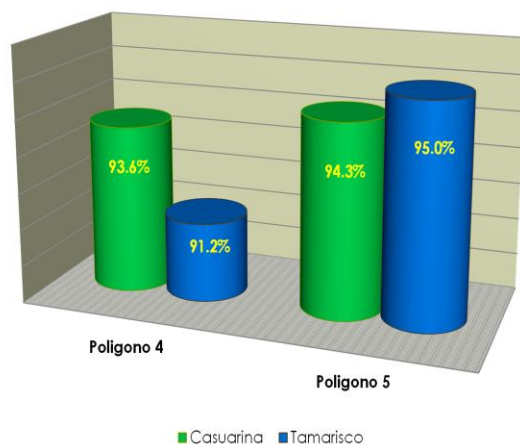


Figura 57. Porcentaje de supervivencia por especie entre polígonos.

La Figura 57, nos muestra una diferencia de apenas un punto porcentual para *Callitropisis lusitanica*, en tanto que *Tamarix spp.*, mostró una diferencia mayor con casi cuatro puntos porcentuales.

Desarrollo

En una reforestación tradicional, los niveles de supervivencia encontrados, nos indicarían un proyecto exitoso; sin embargo, y no obstante la mala calidad de sitio, este proyecto recibió un mantenimiento constante que incluyó riego, por lo que para poder hablar de éxito, es necesario que además de sobrevivir, las plantas tengan un nivel de desarrollo aceptable, del cual podemos darnos una idea midiendo su crecimiento en diámetro y altura; para ello, durante el mes de julio de 2017, se establecieron cinco parcelas de medición –tres en el polígono cinco y dos en el polígono cuatro–, de 1,000 m² cada una (25 x 40 m), en las cuales se midió el número de individuos vivos por especie, así como su diámetro y altura.

Es necesario tener presente la diferencia en fechas de plantación que se tiene entre uno y otro polígono, por lo que análisis general de desarrollo, solo deberá considerarse como informativo y referirse con las reservas del caso.

Los datos obtenidos (Cuadro 3), nos permiten darnos una idea del nivel de desarrollo de la plantación (ambos polígonos), mediante el análisis comparativo de las alturas y diámetros promedio encontrados, contra los datos de las condiciones promedio que se reportaron al momento de su establecimiento.

Haciendo un análisis en dónde incluimos la totalidad de las mediciones hechas, sin diferenciar por polígono y especie, se obtuvo una muestra de 692 individuos.

Cuadro 3. Alturas y diámetros promedio por polígono.

Especie	Polígono 4			Polígono 5		
	<i>Plantas</i>	<i>Ø Promedio</i>	<i>Altura Promedio</i>	<i>Plantas</i>	<i>Ø Promedio</i>	<i>Altura Promedio</i>
Tamarisco	184	1.44	135.7	176	1.41	147.97
Casuarina	39	2.72	194.77	181	3.2	240.13
Cedro	11	1.39	145.18	101	3.01	219.5
Total	234	1.65	145.99	458	2.47	200.14

Es importante considerar que no se tiene con exactitud los datos del diámetro y altura iniciales de los individuos muestreados, por lo que será necesario tomar como referencia la altura y diámetro reportadas al momento de la entrega de la planta por parte del productor, las cuales serían de 1.20 metros para la altura (promedio) y de 0.5 cm en el diámetro.

El Cuadro 3, nos muestra los datos promedio obtenidos de las mediciones echas durante el mes de julio de 2017, lo cual nos arroja un resultado general de 2.19 cm para el diámetro y 181.83 cm en la altura.

Estos datos permiten darnos, una idea general del desarrollo de la plantación, pues podemos observar un incremento en diámetro de alrededor de 1.7 cm, en tanto que para la altura, el incremento rebasó los 61 cm (Figuras 58 y 59).

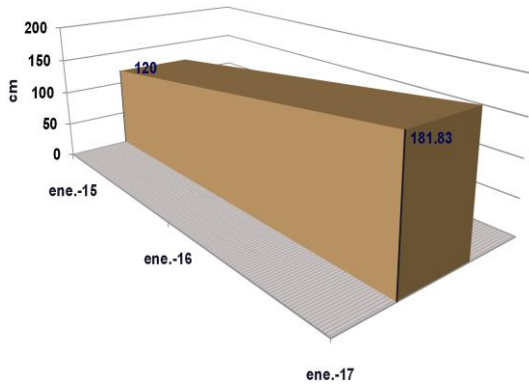


Figura 58. Incremento en altura para toda la plantación.

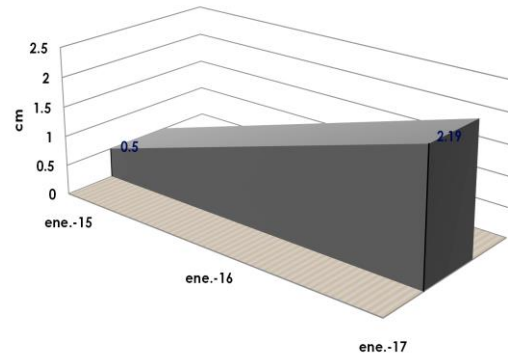


Figura 59. Incremento en diámetro para toda la plantación.

Con la finalidad de conocer el comportamiento que ha tenido la plantación, en cuanto a su desarrollo en altura y diámetro, se analizaron los datos mediante regresión lineal simple; con lo cual podemos representar gráficamente la tendencia que ha venido manifestando la plantación durante el periodo de tiempo observado (Figuras 60 y 61).

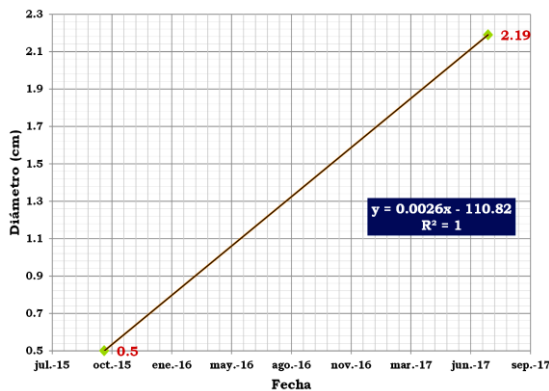


Figura 60. Tendencia de desarrollo en diámetro para toda la plantación.

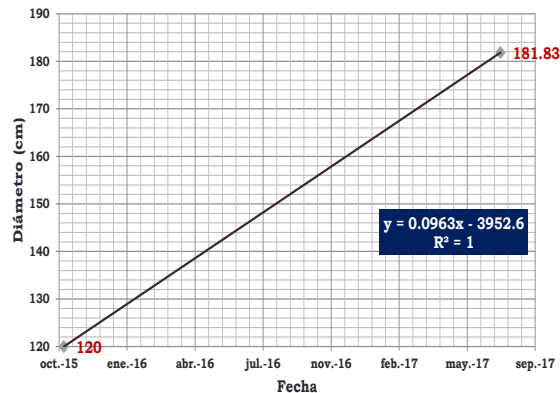


Figura 61. Tendencia de desarrollo en altura para toda la plantación.

Si revisamos la información presentada en Cuadro 3, así como las Figuras 62 y 63, se observa una marcada diferencia entre ambos polígonos, para los datos de altura y diámetro (0.82 cm de diferencia en diámetro y 54.15

cm en la altura), situación que se explica por la diferencia de varios meses, en el periodo de plantación.

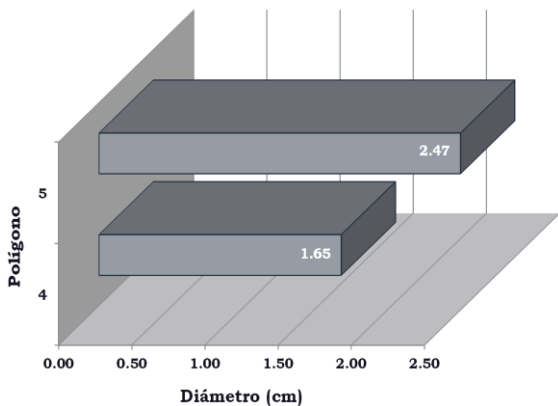


Figura 62. Diámetro promedio por polígono.

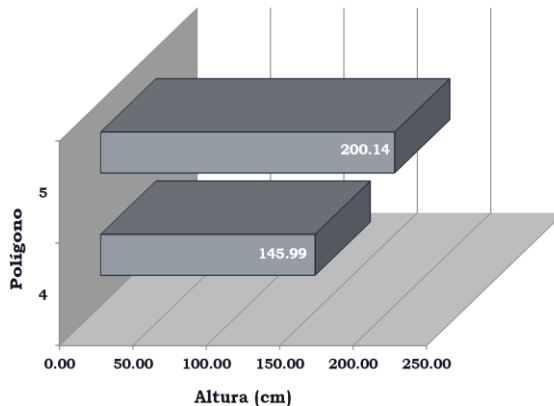


Figura 63. Altura promedio por polígono.

Un análisis general por especie, nos permite tener una idea sobre la respuesta de cada una de ellas, a las condiciones particulares del área de plantación.

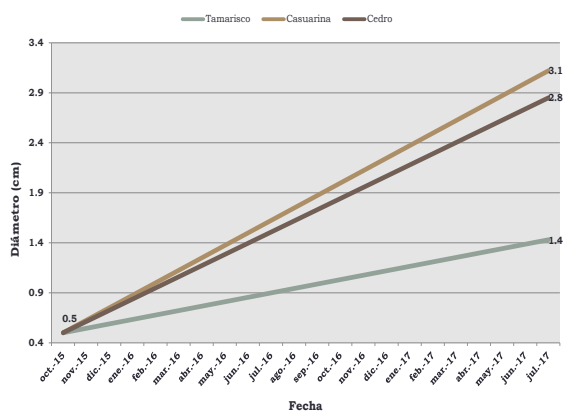


Figura 64. Incremento Promedio en diámetro por especie.

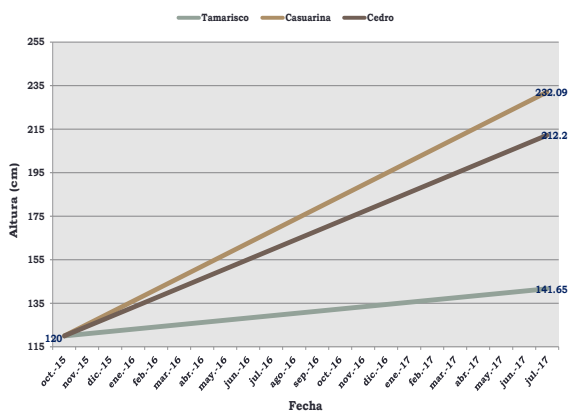


Figura 65. Incremento Promedio en Altura por especie.

Como se observa en las Figuras 64 y 65, si bien las tres especies tuvieron un incremento en la altura y el diámetro promedio, en relación a la

referencia inicial, la respuesta de la casuarina es notablemente mayor; tanto en altura como en diámetro (Cuadro 4).

Cuadro 4. Incremento medio mensual, por especie.

Especie	Incremento Promedio Mensual	
	<i>Diámetro (cm)</i>	<i>Altura (cm)</i>
Casuarina	0.1248	5.3376
Cedro	0.1119	4.3905
Tamarisco	0.0443	1.0310

Conviene señalar que si bien Tamarix aparentemente tuvo un desarrollo más moderado en relación a las otras dos, debemos recordar que el hábito de crecimiento para esta especie es arbustivo, por lo que un incremento de más de 1 cm por mes, en promedio, es notable.

No obstante que la Casuarina es la que muestra una mejor adaptación a las condiciones de área, tanto *Casuarina spp*; como *Callitropsis lusitanica*, mostraron un desarrollo sobresaliente.

Condición del Suelo

Como se mencionó anteriormente, con el objeto de poder caracterizar adecuadamente, cada una de las cinco condiciones generales del área de plantación, se tomaron muestras de suelo en cada uno de los sitio de muestreo; y mediante una serie de análisis, se determinó el nivel de fertilidad, la textura y salinidad (se anexan resultados). El Cuadro 5, nos presenta una síntesis de los resultados más representativos.

Cuadro 5. Principales resultados del análisis de suelo.

Polígono 4			
Parámetro	Sitio	Valor	Interpretación
PH	1	10.09	Muy fuertemente alcalino
	2	9.54	
C.E (d Sm⁻¹)	1	4.18	Alto contenido de sales (Fuertemente salino)
	2	0.76	Bajo contenido de sales (ligeramente salino)
M.O (%)	1	4.37	Bajo
	2	5.72	Bajo
N - Inorgánico (mg Kg⁻¹)	1	22.8	Medio
	2	22.8	
Fosforo (mg K⁻¹)	1	2.85	Muy Bajo
	2	2.58	
Ca (mg Kg⁻¹)	1	6713	Medio
	2	3471	Bajo
Mg (mg Kg⁻¹)	1	3460	Alto
	2	962	Bajo
Textura (% arena - limo - arcilla)	1	54.8/ 22.6/ 22.7	Franco - arcillo - arenoso
	2	59.5/ 23.8/ 16.7	Franco - arenoso
Na (me L⁻¹)	1	43.15	Extremadamente Sódico
	2	7.31	No Sódico
Polígono 5			
Parámetro	Sitio	Valor	Interpretación
PH	1	7.82	Ligeramente alcalino
	2	7.48	Ligeramente alcalino
	3	10.33	Muy fuertemente alcalino
C.E (d Sm⁻¹)	1	0.76	Bajo contenido de sales (ligeramente salino)
	2	0.13	Bajo contenido de sales (no salino)
	3	13.77	Muy Alto (muy fuertemente salino)
M.O (%)	1	4.03	Bajo
	2	1.34	Bajo
	3	3.36	Bajo
N - Inorgánico (mg Kg⁻¹)	1	22.8	Medio
	2	26.3	
	3	47.3	Alto
Fosforo (mg K⁻¹)	1	16.68	Medio
	2	2.48	Muy Bajo
	3	28.69	Adecuado
Ca (mg Kg⁻¹)	1	4160	Medio
	2	3731	Bajo
	3	2552	Bajo
Mg (mg Kg⁻¹)	1	1215	Bajo
	2	1736	Medio
	3	213	Muy Bajo
Textura (% arena - limo - arcilla)	1	11.5/ 35.8/ 52.7	Arcilla
	2	46.8/ 22.6/ 30.7	Franco - arcillo - arenoso
	3	26.8/ 42.6/ 30.7	Franco - arcilloso
Na (me L⁻¹)	1	5.43	No Sódico
	2	3.03	
	3	125.8	Extremadamente Sódico

Como podemos observar en el Cuadro 5, de manera general, ambos polígonos presentan suelos alcalino – sódicos y un bajo contenido de materia orgánica; con una textura franco – arcillosa.

Las concentraciones tanto del nitrógeno como del fosforo, así como las bases de intercambio, indican una fertilidad baja en el suelo.

Los niveles de sodio, el potencial de hidrogeno y la conductividad eléctrica, así como las bases de intercambio, nos indican una mejor condición de suelos para el polígono cinco, no obstante que la muestra tres de dicha área, se tomó en la parte que a simple vista, presenta las peores condiciones de suelo.

CONCLUSIONES

La supervivencia en campo fue mayor a la esperada de inicio, dadas las condiciones de sitio, siendo *Casuarina spp.* la especie más exitosa, aunque con un margen muy pequeño, sobre *Tamarix spp.*

Casuarina spp. resultó la especie con mejor adaptación a las condiciones del área; sin embargo, es de resaltar, que si bien *Tamarix spp.* en apariencia tuvo un desarrollo más moderado en crecimiento en relación con las otras dos, es importante recordar que el hábito de crecimiento para esta especie es arbustivo, si a su vez se toma en cuenta el elevado nivel de supervivencia, se puede concluir que el Tamarisco es la especie con mejor desempeño.

Los resultados indican que una asociación de Casuarina y Tamarisco, es la mejor opción, en plantas leñosas, para este tipo de terrenos.

El suelo presenta una condición alcalina con presencia importante de sales, así como una sodicidad elevada y un bajo contenido de materia orgánica, con una textura franco – arcillosa; de baja fertilidad.

El enfoque de restauración integral influyó de manera definitiva en los patrones de supervivencia y desarrollo, sobre todo al comparar el estado actual de la plantación, con los relictos de reforestaciones anteriores, llevadas a cabo en áreas aledañas al proyecto.

Es importante continuar con evaluaciones periódicas (mínimo cada 12 meses), de diámetro y altura, con la finalidad de que una vez que se cuente con un número suficiente de mediciones, podamos llevar a cabo una simulación del comportamiento futuro de dichos parámetros; a través de un modelo de regresión.

LITERATURA CITADA

- Australian National Botanic Gardens. 2011. Australian National Botanic Gardens - Botanical Web Portal. Disponible en: <https://www.anbg.gov.au/index.html> [Consultado Mayo 27, 2017].
- Comisión Nacional del Agua, 2007. *Proyecto Lago de Texcoco* F. de J. González Garza y M. E. Cortés Romero, eds., México D.F: Secretaría de Medioambiente y Recursos Naturales.
- CONABIO. 2017. NaturaLista. <http://www.naturalista.mx/> [Consultado Julio 8, 2017].
- CONAGUA y UACH. 2004. Plan de consolidación del rescate hidroecológico de la zona federal del ex lago de Texcoco. pp:1-178. http://qacontent.edomex.gob.mx/idc/groups/public/documents/edomex_archivo/carl_pdf_fquin.pdf.
- Díaz-Toledano, D. 2016. Restauración Ambiental y términos similares - Ibero-Rest. <http://ibero-rest.com/restauracion-ambiental/> [Consultado Febrero 25, 2017].
- Ecotono, E. 2010. La identificación de los tarays: el género Tamarix en España (2). , p.disco estaminal, Tamarix, Tamarix africana, Tamari. <http://enelecotono.blogspot.mx/2010/12/la-identificacion-de-los-tarays-el.html> [Consultado Abril 26, 2017].
- Farjon, A. 2005. *A monograph of Cupressaceae and Sciadopitysl*, Royal Botanic Gardens, Kew.
- Grupo Aeroportuario de la Ciudad de México, 2016. Sustentabilidad y restauración ambiental. p.32. <http://www.aeropuerto.gob.mx/doc/ambientales/14-sustentabilidad-y-restauracion-ambiental.pdf>.
- Herrero-Campo, T. 2005. *Reforestación participativa*, Consejería de Medio Ambiente.
- Luna-Vega, M.I. 2003. Cupressus lusitanica. *Taxones del bosque mesófilo de montaña de la Sierra Madre Oriental incluidos en la norma oficial mexicana*, pp:1-5.
- Muciño, D. 2001. *Estudio general del caso: Lago de Texcoco, México*,
- Muzika, R.-M. y Swearingen, J.M. 2005. *Fact Sheet: Saltcedar*.

- OIMT, 2002. Directrices de la OIMT para la restauración, ordenación y rehabilitación de bosques tropicales secundarios y degradados Organización Internacional de las Maderas Tropicales. p.89. <http://www.unsa.edu.ar/bibnat/openaccess/ps13s.pdf> 1545/Downloads/[es]PDF.pdf.
- Protección de la Fauna Mexicana A.C. 1990. Donde hacemos crecer a los árboles: Manual de reforestación 2. 16 p.
- The Gymnosperm Database y Earle, C.J., 2015. Cupressus lusitanica (Mexican cypress) description. http://www.conifers.org/cu/Cupressus_lusitanica.php [Consultado Junio 16, 2017].
- UACH, 2014. *Monitoreo de Restauración Forestal y Reversión Productiva 2014*, Zapopan, Jalisco.
- Vanegas-López, M. 2016. Manual de mejores prácticas de restauración de ecosistemas degradados, utilizando para reforestación solo especies nativas en zonas prioritarias. Informe final dentro del proyecto GEF 00089333 “Aumentar las capacidades de México para manejar especies exóticas. 158 p.
- Venturella, G., 2007. The genus Tamarix (Tamaricaceae) in Sicily : first contribution. , (2005), pp.25–46. <http://147.163.105.223/flora/17-025.pdf>.
- Wightman, K.E. y Cruz, B.S., 2003. La cadena de la reforestación y la importancia en la calidad de las plantas. *Foresta Veracruzana*, 5(1), pp.45–51. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49750108>.

ANEXO



UACH DEPARTAMENTO DE SUELOS
LABORATORIO CENTRAL UNIVERSITARIO



SALINIDAD DE SUELO

N° CONTROL	pH	C. E. dS m ⁻¹	Ca me L ⁻¹	Mg me L ⁻¹	Na me L ⁻¹	K me L ⁻¹
1186	9.18	12.08	0.99	0.37	43.15	13.40

N° CONTROL	CO ₃ me L ⁻¹	HCO ₃ me L ⁻¹	Cl me L ⁻¹	SO ₄ me L ⁻¹	B mg L ⁻¹
1186	1.21	0.97	23.00	4.15	9.38

METODOLOGIA:

pH: POTENCIOMETRICO EN EL EXTRACTO DE LA PASTA

CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (CE): PUENTE DE CONDUCTIVIDAD ELECTRICA EN EL EXTRACTO DE LA PASTA.

CALCIO, MAGNESIO, HIERRO, MANGANESO (Ca, Mg, Fe, Mn): ESPECTROFOTOMETRIA DE ABSORCION ATOMICA EN EXTRACTO DE LA PASTA

SODIO, POTASIO (Na, K): ESPECTROFOTOMETRIA DE EMISION DE FLAMA EN EL EXTRACTO DE LA PASTA

CARBONATOS, BICARBONATOS (CO₃, HCO₃): VOLUMETRIA DE ACIDO SULFURICO (H₂SO₄) EN EL EXTRACTO DE LA PASTA.

CLORUROS (Cl): VOLUMETRIA DE NITRATO DE PLATA (AgNO₃) EN EL EXTRACTO DE LA PASTA.

SULFATOS (SO₄): TURBIDIMETRIA DE CLORURO DE BARIO (BaCl₂) EN EL EXTRACTO DE LA PASTA.

BORO (B): FOTOCOLORIMETRIA CON AZOMETINA H EN EL EXTRACTO DE LA PASTA.

IDENTIFICACION:

1186: P4, L1.

ATENTAMENTE.

DR. EDMUNDO ROBLEDO SANTOYO
JEFE DEL LABORATORIO CENTRAL UNIVERSITARIO

ERS/ Anged

Km. 38.5 Carretera Federal México - Texcoco, Chapingo, Méx., CP. 56230, Tel. (01 595) 95-2-16-36, (01 595) 2 1500 ext.6738, 6739 Y 6681
Correo electrónico: labcen.chapingo@gmail.com



16 DE AGOSTO DE 2017.
No. DE OFICIO: 280

USUARIO: **CARLOS ANTONIO REYNOSO MORALES**

PROCEDENCIA: LAGO DE TEXCOCO, TEXCOCO

TIPO DE MUESTRA: SUELO (1 MUESTRA)

FERTILIDAD DEL SUELO

Nº CONTROL	pH	C. E. d Sm ⁻¹	MO %	N. Inorg. mg Kg ⁻¹	P mg Kg ⁻¹	K mg Kg ⁻¹	Ca mg Kg ⁻¹
1187	9.54	0.76	5.72	22.8	2.58	6320	3471

Nº CONTROL	Mg mg Kg ⁻¹	Fe mg Kg ⁻¹	Cu mg Kg ⁻¹	Zn mg Kg ⁻¹	Mn mg Kg ⁻¹	B mg Kg ⁻¹	Dens. Apar. g cm ⁻³
1187	962	5.56	0.62	0.66	1.61	15.00	10.3

Nº CONTROL	Arena %	Limo %	Arcilla %	Textura
1187	59.5	23.8	16.7	FRANCO-ARENOSO

METODOLOGIA:

pH: POTENCIOMETRICO, RELACION SUELO-AGUA, 1:2.

CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (CE): PUENTE DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA EN SUSPENSIÓN MUESTRA: AGUA, 1:2.

MATERIA ORGANICA (MO): WALKLEY Y BLACK.

NITROGENO INORGANICO (N. Inorg.): EXTRAIDO CON CLORURO DE POTASIO 2N Y DETERMINADO POR ARRASTRE DE VAPOR.

FOSFORO ASIMILABLE (P): OLSEN.

POTASIO (K): EXTRAIDO EN ACETATO DE AMONIO 1.0 N, pH 7.0, RELACIÓN 1:20 Y DETERMINADO POR ESPECTROFOTOMETRIA DE EMISIÓN DE FLAMA.

CALCIO, MAGNESIO (Ca, Mg): EXTRAIDO CON ACETATO DE AMONIO 1.0 N, pH 7.0, RELACIÓN 1:20 Y DETERMINADO POR ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATOMICA.

HIERRO, COBRE, ZINC, MANGANESO (Fe, Cu, Zn, Mn): EXTRAIDO CON DTPA RELACIÓN 1:4 Y DETERMINADO POR ESPECTROFOTOMETRIA DE ABSORCIÓN ATOMICA.

BORO (B): EXTRAIDO CON CaCl₂ 1.0M Y DETERMINADO POR FOTOCOLORIMETRIA CON AZOMETINA-H.

DENSIDAD APARENTE (DAP.): METODO DE LA PROBETA.

TEXTURA (TEX): HIDROMETRO DE BOUYOUCOS.



SALINIDAD DE SUELO

Nº CONTROL	pH	C. E. dS m ⁻¹	Ca me L ⁻¹	Mg me L ⁻¹	Na me L ⁻¹	K me L ⁻¹
1187	8.62	1.07	1.54	0.52	7.31	2.81

Nº CONTROL	CO ₃ me L ⁻¹	HCO ₃ me L ⁻¹	Cl me L ⁻¹	SO ₄ me L ⁻¹	B mg L ⁻¹
1187	1.45	0.73	12.00	2.87	4.65

METODOLOGIA:

pH: POTENCIOMETRICO EN EL EXTRACTO DE LA PASTA

CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (CE): PUENTE DE CONDUCTIVIDAD ELECTRICA EN EL EXTRACTO DE LA PASTA.

CALCIO, MAGNESIO, HIERRO, MANGANESO (Ca, Mg, Fe, Mn): ESPECTROFOTOMETRIA DE ABSORCION ATOMICA EN EXTRACTO DE LA PASTA

SODIO, POTASIO (Na, K): ESPECTROFOTOMETRIA DE EMISION DE FLAMA EN EL EXTRACTO DE LA PASTA

CARBONATOS, BICARBONATOS (CO₃, HCO₃): VOLUMETRIA DE ACIDO SULFURICO (H₂SO₄) EN EL EXTRACTO DE LA PASTA.

CLORUROS (Cl): VOLUMETRIA DE NITRATO DE PLATA (AgNO₃) EN EL EXTRACTO DE LA PASTA.

SULFATOS (SO₄): TURBIDIMETRIA DE CLORURO DE BARIO (BaCl₂) EN EL EXTRACTO DE LA PASTA.

BORO (B): FOTOCOLORIMETRIA CON AZOMETINA H EN EL EXTRACTO DE LA PASTA.

IDENTIFICACION:

1187: P4, L2.

ATENTAMENTE.

DR. EDMUNDO ROBLEDO SANTOYO
JEFE DEL LABORATORIO CENTRAL UNIVERSITARIO

ERSI  Angeleno



16 DE AGOSTO DE 2017.
No. DE OFICIO: 281

USUARIO: **CARLOS ANTONIO REYNOSO MORALES**

PROCEDENCIA: LAGO DE TEXCOCO, TEXCOCO

TIPO DE MUESTRA: SUELO (1 MUESTRA)

FERTILIDAD DEL SUELO

Nº CONTROL	pH	C. E. d Sm ⁻¹	MO %	N. Inorg. mg Kg ⁻¹	P mg Kg ⁻¹	K mg Kg ⁻¹	Ca mg Kg ⁻¹
1188	7.82	0.76	4.03	22.8	16.68	3000	4160

Nº CONTROL	Mg mg Kg ⁻¹	Fe mg Kg ⁻¹	Cu mg Kg ⁻¹	Zn mg Kg ⁻¹	Mn mg Kg ⁻¹	B mg Kg ⁻¹	Dens. Apar. g cm ⁻³
1188	1215	21.40	3.38	4.22	9.53	5.48	1.28

Nº CONTROL	Arena %	Limo %	Arcilla %	Textura
1188	11.5	35.8	52.7	ARCILLA

METODOLOGIA:

pH: POTENCIOMETRICO, RELACION SUELO-AGUA, 1:2.

CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (CE): PUENTE DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA EN SUSPENSIÓN MUESTRA: AGUA, 1:2.

MATERIA ORGANICA (MO): WALKLEY Y BLACK.

NITROGENO INORGANICO (N. Inorg.): EXTRAIDO CON CLORURO DE POTASIO 2N Y DETERMINADO POR ARRASTRE DE VAPOR.

FOSFORO ASIMILABLE (P): OLSEN.

POTASIO (K): EXTRAIDO EN ACETATO DE AMONIO 1.0 N, pH 7.0, RELACIÓN 1:20 Y DETERMINADO POR ESPECTROFOTOMETRIA DE EMISIÓN DE FLAMA.

CALCIO, MAGNESIO (Ca, Mg): EXTRAIDO CON ACETATO DE AMONIO 1.0 N, pH 7.0, RELACIÓN 1:20 Y DETERMINADO POR ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATOMICA.

HIERRO, COBRE, ZINC, MANGANESO (Fe, Cu, Zn, Mn): EXTRAIDO CON DTPA RELACIÓN 1:4 Y DETERMINADO POR ESPECTROFOTOMETRIA DE ABSORCION ATOMICA.

BORO (B): EXTRAIDO CON CaCl₂ 1.0M Y DETERMINADO POR FOTOCOLORIMETRIA CON AZOMETINA-H.

DENSIDAD APARENTE (DAP.): METODO DE LA PROBETA.

TEXTURA (TEX): HIDROMETRO DE BOUYOCOS.



SALINIDAD DE SUELO

Nº CONTROL	pH	C. E. dS m ⁻¹	Ca me L ⁻¹	Mg me L ⁻¹	Na me L ⁻¹	K me L ⁻¹
1188	8.27	1.78	5.87	3.62	5.43	4.71

Nº CONTROL	CO ₃ me L ⁻¹	HCO ₃ me L ⁻¹	Cl me L ⁻¹	SO ₄ me L ⁻¹	B mg L ⁻¹
1188	1.21	0.97	13.00	1.57	0.65

ND: NO DETECTADO POR EL MÉTODO EMPLEADO

METODOLOGIA:

pH: POTENCIOMETRICO EN EL EXTRACTO DE LA PASTA

CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (CE): PUENTE DE CONDUCTIVIDAD ELECTRICA EN EL EXTRACTO DE LA PASTA.

CALCIO, MAGNESIO, HIERRO, MANGANESO (Ca, Mg, Fe, Mn): ESPECTROFOTOMETRIA DE ABSORCION ATOMICA EN EXTRACTO DE LA PASTA

SODIO, POTASIO (Na, K): ESPECTROFOTOMETRIA DE EMISION DE FLAMA EN EL EXTRACTO DE LA PASTA

CARBONATOS, BICARBONATOS (CO₃, HCO₃): VOLUMETRIA DE ACIDO SULFURICO (H₂SO₄) EN EL EXTRACTO DE LA PASTA.

CLORUROS (Cl): VOLUMETRIA DE NITRATO DE PLATA (AgNO₃) EN EL EXTRACTO DE LA PASTA.

SULFATOS (SO₄): TURBIDIMETRIA DE CLORURO DE BARIO (BaCl₂) EN EL EXTRACTO DE LA PASTA.

BORO (B): FOTOCOLORIMETRIA CON AZOMETINA H EN EL EXTRACTO DE LA PASTA.

IDENTIFICACION:

1188: P5, L1.

ATENTAMENTE.

DR. EDMUNDO ROBLEDO SANTOYO
JEFE DEL LABORATORIO CENTRAL UNIVERSITARIO

ERS/ *Hoyden*

Km. 38.5 Carretera Federal México –Texcoco, Chapingo, Méx., CP. 56230, Tel. (01 595) 95-2-16-36, (01 595) 2 1500 ext.6738, 6739 Y 6681
Correo electrónico: labcen.chapingo@gmail.com



16 DE AGOSTO DE 2017.
No. DE OFICIO: 282

USUARIO: **CARLOS ANTONIO REYNOSO MORALES**

PROCEDENCIA: **LAGO DE TEXCOCO, TEXCOCO**

TIPO DE MUESTRA: **SUELO (1 MUESTRA)**

FERTILIDAD DEL SUELO

Nº CONTROL	pH	C. E. d Sm ⁻¹	MO %	N. Inorg. mg Kg ⁻¹	P mg Kg ⁻¹	K mg Kg ⁻¹	Ca mg Kg ⁻¹
1189	7.48	0.13	1.34	26.3	2.48	670	3731

Nº CONTROL	Mg mg Kg ⁻¹	Fe mg Kg ⁻¹	Cu mg Kg ⁻¹	Zn mg Kg ⁻¹	Mn mg Kg ⁻¹	B mg Kg ⁻¹	Dens. Apar. g cm ⁻³
1189	1736	13.37	1.55	1.34	16.34	2.84	1.29

Nº CONTROL	Arena %	Limo %	Arcilla %	Textura
1189	46.8	22.6	30.7	FRANCO-ARCILLO-ARENOSO

METODOLOGIA:

pH: POTENCIOMETRICO, RELACION SUELO-AGUA, 1:2.

CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (CE): PUENTE DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA EN SUSPENSIÓN MUESTRA: AGUA, 1:2.

MATERIA ORGANICA (MO): WALKLEY Y BLACK.

NITROGENO INORGANICO (N. Inorg.): EXTRAIDO CON CLORURO DE POTASIO 2N Y DETERMINADO POR ARRASTRE DE VAPOR.

FOSFORO ASIMILABLE (P): OLSEN.

POTASIO (K): EXTRAIDO EN ACETATO DE AMONIO 1.0 N, pH 7.0, RELACIÓN 1:20 Y DETERMINADO POR ESPECTROFOTOMETRIA DE EMISIÓN DE FLAMA.

CALCIO, MAGNESIO (Ca, Mg): EXTRAIDO CON ACETATO DE AMONIO 1.0 N, pH 7.0, RELACIÓN 1:20 Y DETERMINADO POR ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATOMICA.

HIERRO, COBRE, ZINC, MANGANESO (Fe, Cu, Zn, Mn): EXTRAIDO CON DTPA RELACIÓN 1:4 Y DETERMINADO POR ESPECTROFOTOMETRIA DE ABSORCION ATOMICA.

BORO (B): EXTRAIDO CON CaCl₂ 1.0M Y DETERMINADO POR FOTOCOLORIMETRIA CON AZOMETINA-H.

DENSIDAD APARENTE (DAP.): METODO DE LA PROBETA.

TEXTURA (TEX): HIDROMETRO DE BOUYOUCOS.



SALINIDAD DE SUELO

Nº CONTROL	pH	C. E. dS m ⁻¹	Ca me L ⁻¹	Mg me L ⁻¹	Na me L ⁻¹	K me L ⁻¹
1189	7.92	0.71	4.39	1.96	3.03	0.61

Nº CONTROL	CO ₃ me L ⁻¹	HCO ₃ me L ⁻¹	Cl me L ⁻¹	SO ₄ me L ⁻¹	B mg L ⁻¹
1189	0.97	0.61	11.50	0.97	0.58

METODOLOGIA:

pH: POTENCIOMETRICO EN EL EXTRACTO DE LA PASTA

CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (CE): PUENTE DE CONDUCTIVIDAD ELECTRICA EN EL EXTRACTO DE LA PASTA.

CALCIO, MAGNESIO, HIERRO, MANGANESO (Ca, Mg, Fe, Mn): ESPECTROFOTOMETRIA DE ABSORCION ATOMICA EN EXTRACTO DE LA PASTA

SODIO, POTASIO (Na, K): ESPECTROFOTOMETRIA DE EMISION DE FLAMA EN EL EXTRACTO DE LA PASTA

CARBONATOS, BICARBONATOS (CO₃, HCO₃): VOLUMETRIA DE ACIDO SULFURICO (H₂SO₄) EN EL EXTRACTO DE LA PASTA.

CLORUROS (Cl): VOLUMETRIA DE NITRATO DE PLATA (AgNO₃) EN EL EXTRACTO DE LA PASTA.

SULFATOS (SO₄): TURBIDIMETRIA DE CLORURO DE BARIO (BaCl₂) EN EL EXTRACTO DE LA PASTA.

BORO (B): FOTOCOLORIMETRIA CON AZOMETINA H EN EL EXTRACTO DE LA PASTA.

IDENTIFICACION:

1189: P5, L2.

ATENTAMENTE.

DR. EDMUNDO ROBLEDO SANTOYO
JEFE DEL LABORATORIO CENTRAL UNIVERSITARIO

ERS/  *Soils*



16 DE AGOSTO DE 2016.
No. DE OFICIO: 283

USUARIO: **CARLOS ANTONIO REYNOSO MORALES**

PROCEDENCIA: LAGO DE TEXCOCO, TEXCOCO

TIPO DE MUESTRA: SUELO (1 MUESTRA)

FERTILIDAD DEL SUELO

Nº CONTROL	pH	C. E. d Sm ⁻¹	MO %	N. Inorg. mg Kg ⁻¹	P mg Kg ⁻¹	K mg Kg ⁻¹	Ca mg Kg ⁻¹
1190	10.33	13.77	3.36	47.3	28.69	7380	2552

Nº CONTROL	Mg mg Kg ⁻¹	Fe mg Kg ⁻¹	Cu mg Kg ⁻¹	Zn mg Kg ⁻¹	Mn mg Kg ⁻¹	B mg Kg ⁻¹	Dens. Apar. g cm ⁻³
1190	213	6.14	0.83	0.93	1.54	36.30	1.26

Nº CONTROL	Arena %	Limo %	Arcilla %	Textura
1190	26.8	42.6	30.7	FRANCO-ARCILLOSO

METODOLOGIA:

pH: POTENCIOMETRICO, RELACION SUELO-AGUA, 1:2.

CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (CE): PUENTE DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA EN SUSPENSIÓN MUESTRA: AGUA, 1:2.

MATERIA ORGANICA (MO): WALKLEY Y BLACK.

NITROGENO INORGANICO (N. Inorg.): EXTRAIDO CON CLORURO DE POTASIO 2N Y DETERMINADO POR ARRASTRE DE VAPOR.

FOSFORO ASIMILABLE (P): OLSEN.

POTASIO (K): EXTRAIDO EN ACETATO DE AMONIO 1.0 N, pH 7.0, RELACIÓN 1:20 Y DETERMINADO POR ESPECTROFOTOMETRIA DE EMISIÓN DE FLAMA.

CALCIO, MAGNESIO (Ca, Mg): EXTRAIDO CON ACETATO DE AMONIO 1.0 N, pH 7.0, RELACIÓN 1:20 Y DETERMINADO POR ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATOMICA.

HIERRO, COBRE, ZINC, MANGANESO (Fe, Cu, Zn, Mn): EXTRAIDO CON DTPA RELACIÓN 1:4 Y DETERMINADO POR ESPECTROFOTOMETRIA DE ABSORCION ATOMICA.

BORO (B): EXTRAIDO CON CaCl₂ 1.0M Y DETERMINADO POR FOTOCOLORIMETRIA CON AZOMETINA-H.

DENSIDAD APARENTE (DAP.): METODO DE LA PROBETA.

TEXTURA (TEX): HIDROMETRO DE BOUYOUCOS.



SALINIDAD DE SUELO

Nº CONTROL	pH	C. E. dS m ⁻¹	Ca me L ⁻¹	Mg me L ⁻¹	Na me L ⁻¹	K me L ⁻¹
1190	9.65	50.30	3.44	1.06	125.80	31.00

Nº CONTROL	CO ₃ me L ⁻¹	HCO ₃ me L ⁻¹	Cl me L ⁻¹	SO ₄ me L ⁻¹	B mg L ⁻¹
1190	8.47	1.98	559.00	12.06	13.14

METODOLOGIA:

pH: POTENCIOMETRICO EN EL EXTRACTO DE LA PASTA
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (CE): PUENTE DE CONDUCTIVIDAD ELECTRICA EN EL EXTRACTO DE LA PASTA.
CALCIO, MAGNESIO, HIERRO, MANGANESO (Ca, Mg, Fe, Mn): ESPECTROFOTOMETRIA DE ABSORCION ATOMICA EN EXTRACTO DE LA PASTA
SODIO, POTASIO (Na, K): ESPECTROFOTOMETRIA DE EMISION DE FLAMA EN EL EXTRACTO DE LA PASTA
CARBONATOS, BICARBONATOS (CO₃, HCO₃): VOLUMETRIA DE ACIDO SULFURICO (H₂SO₄) EN EL EXTRACTO DE LA PASTA.
CLORUROS (Cl): VOLUMETRIA DE NITRATO DE PLATA (AgNO₃) EN EL EXTRACTO DE LA PASTA.
SULFATOS (SO₄): TURBIDIMETRIA DE CLORURO DE BARIO (BaCl₂) EN EL EXTRACTO DE LA PASTA.
BORO (B): FOTOCOLORIMETRIA CON AZOMETINA H EN EL EXTRACTO DE LA PASTA.

IDENTIFICACION:

1190: P5, L3.

ATENTAMENTE.

DR. EDMUNDO ROBLEDO SANTOYO
JEFE DEL LABORATORIO CENTRAL UNIVERSITARIO