

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



Efecto de la calidad de planta y preparación del sitio en la sobrevivencia y crecimiento de *Pinus cembroides* en sitios difíciles

Por:

SERGIO HUMBERTO OCHOA OLIVAS

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Marzo de 2010

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

Efecto de la calidad de planta y preparación del sitio en la sobrevivencia y crecimiento de *Pinus cembroides* en sitios difíciles

Por:

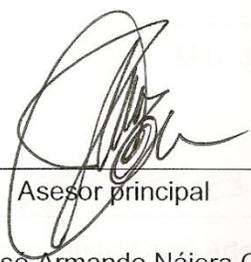
SERGIO HUMBERTO OCHOA OLIVAS

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

APROBADA:


Asesor principal
M.C. José Armando Nájera Castro


Coordinador de la División de
Agronomía
Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo

Coordinación
División de Agronomía

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Marzo de 2010

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

Efecto de la calidad de planta y preparación del sitio en la sobrevivencia y
crecimiento de *Pinus cembroides* en sitios difíciles

Por:

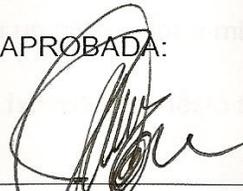
SERGIO HUMBERTO OCHOA OLIVAS

TESIS

Que se somete a consideración del H. Comité de Tesis como requisito parcial para
obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

APROBADA:



M.C. José Amando Nájera Castro

Asesor principal



Dr. Miguel Ángel Capó Arteaga

Asesor



Ing. Sergio Braham Sabag

Asesor

DEPARTAMENTO FORESTAL

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Marzo de 2010

AGRADECIMIENTOS

A **DIOS** por depositar en mí la confianza para poder lograr mis sueños y cuidar mi alma día con día.

A MI **ALMA MATER** por abrirme sus puertas y prepararme para enfrentar la vida con orgullo, profesionalismo y honestidad.

A **LOS MAESTROS DEL DEPARTAMENTO FORESTAL** que me brindaron sus conocimientos, así como su amistad, siempre les agradeceré toda su ayuda.

AL **PERSONAL ADMINISTRATIVO DE DEPTO. FORESTAL** por su colaboración al realizar muy bien sus labores cotidianas.

AL **M.C. JOSE ARMANDO NÁJERA CASTRO** por sus grandes enseñanzas tanto en el salón de clase como en campo al realizar las practicas y además por la ayuda que me brindó para poder llevar a cavo este proyecto.

AL **Dr. MIGUEL ÁNGEL CAPÓ ARTEAGA** por colaborar en gran parte conmigo para la realización de este proyecto, así como sus cátedras en algunas materias que me impartió.

AL **Ing. SERGIO BRAHAM SABAG** por colaborar en gran parte para que este proyecto se pudiera llevar a cavo, gracias por sus contribuciones a mi desarrollo profesional.

A **MIS COMPAS Y AMIGOS** Mónica, Jeiver, Adrian, J. Altamirano, A. Badillo, Lalo, Víctor H., Antonio, J. Borjas, Mario H., Danny, Roberto, Rigoberto, Balerío, Rufino, Genaro, Edilberto, Martin, Jaime, Marielena, Paloma, Bernardo, Deysi, Maricela, Carlos, Eddy, Alejandro, Santiago, Diego, Wendy, J. Isabel, Luis A.

A **MIS PAISANOS** en especial al Viejo.

DEDICATORIA

A **MIS PADRES:** Javier y Victoria por traerme a este mundo, por su amor, sus consejos y la oportunidad y apoyo para ser alguien en la vida. Solo le pido a Dios que si hay otra vida vuelvan a ser ellos mis padres.

A **MIS HERMANOS:** Héctor, Jorge, Ana y Caro quienes son mi principal orgullo en esta vida, porque me han ayudado a crecer y salir adelante.

A **MIS TIOS Y ABUELOS:** quienes nunca me han dejado de apoyar en momentos difíciles, aunque Pepe y mi tocayo ya no están con nosotros, todos siempre me exigen que sea mejor cada día.

A **MIS PRIMOS:** que me han sabido comprender y me han aliviado como debe ser.

A **FATIMA:** con quien comparto mis momentos de alegría y tristeza, que en este momento forma parte de mí y le da un gran valor a mi existencia.

A **MIS AMIGOS:** porque todos nos hemos propuesto ser grandes.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
I. INTRODUCCION.....	1
1.1 Objetivo.....	3
1.2 Hipótesis.....	3
II. REVISION DE LITERATURA.....	4
2.1 Descripción de la especie.....	4
2.2 Distribución.....	5
2.3 Origen y extensión.....	6
2.4 Hábitat.....	6
2.5 Importancia ecológica.....	6
2.6 Variables que se consideran al evaluar una plantación.....	9
2.7 Consideraciones importantes en plantaciones forestales.....	10
2.8 Características que influyen en el crecimiento de la planta.....	14
2.9 Trabajos de investigación afines.....	17
III. MATERIALES Y METODOS.....	21
3.1 Descripción y ubicación del área de estudio.....	21
3.1.1 Hidrología.....	21
3.1.2 Vegetación.....	21
3.1.3 Fauna.....	22
3.1.4 Clima.....	22
3.1.5 Suelo.....	22
3.2 Procedimiento de estudio.....	23
3.2.1 Preparación de la planta.....	23
3.2.2 Preparación del sitio.....	24

3.2.3 Plantación.....	24
3.2.4 Mediciones.....	24
3.3 Diseño experimental.....	25
3.4 Tratamientos.....	25
3.5 Unidad experimental.....	26
3.6 Variables evaluadas.....	27
3.6.1 Supervivencia.....	27
3.6.2 Crecimiento en diámetro basal, diámetro de copa y altura.....	27
IV. RESULTADOS Y DISCUSION.....	28
4.1 Resultados por factores.....	28
4.1.1 Crecimiento en diámetro basal.....	28
4.1.2 Crecimiento en diámetro de copa.....	32
4.1.3 Crecimiento en altura.....	35
4.1.4 Supervivencia.....	40
4.2 Resultados por tratamientos.....	40
4.2.1 Supervivencia.....	50
V. CONCLUSIONES.....	52
VI. RECOMENDACIONES.....	54
VII. LITERATURA CITADA.....	55
VIII. APENDICE.....	60

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	página
1. Necesidades de información asociadas a la evaluación de plantaciones.....	8
2. Medias de crecimiento en diámetro basal de cada evaluación para el factor B (preparación del sitio).....	29
3. Medias de crecimiento en diámetro basal de cada evaluación para el factor A (preparación de planta).....	30
4. Medias registradas en cada evaluación para el diámetro basal.....	31
5. Medias registradas en cada evaluación para el diámetro de copa.....	32
6. Medias de crecimiento en diámetro de copa de cada evaluación para el factor A (preparación de planta).....	33
7. Medias de crecimiento en diámetro de copa de cada evaluación para el factor B (preparación del sitio).....	34
8. Medias de crecimiento en altura de cada evaluación para el factor A (preparación de planta).....	35
9. Medias de crecimiento en altura de cada evaluación para el factor B (preparación del sitio).....	36
10. Medias de crecimiento de tres variables para la evaluación final de las 12 combinaciones entre los factores A y B.....	38
11. Medias de cada evaluación registrada para altura.....	39
12. Prueba de Tukey de separación de medias para el crecimiento en diámetro basal de la medición del primer mes por tratamientos.....	40
13. Prueba de Tukey de separación de medias para el crecimiento en diámetro basal de la medición al cuarto mes de la plantación.....	41
14. Prueba de Tukey de separación de medias para el crecimiento en diámetro de copa al cuarto mes de la plantación.....	42
15. Prueba de Tukey de separación de medias para el crecimiento en altura del primer mes de la plantación.....	43

16. Prueba de Tukey para la separación de medias de crecimiento en altura al cuarto mes de la plantación.....	44
17. Porcentajes de sobrevivencia y medias de crecimiento para las variables evaluadas al cuarto mes de la plantación.....	45
18. Medias de crecimiento en diámetro basal de cada evaluación por tratamiento.....	47
19. Medias de crecimiento en diámetro de copa para cada evaluación por tratamiento.....	48
20. Medias de crecimiento en altura de cada evaluación por tratamiento.....	49
21. Porcentaje de sobrevivencia entre los factores A y B para el cuarto mes de la plantación.....	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	página
1. Distribución nacional de <i>Pinus cembroides</i>	4
2. <i>Pinus cembroides</i>	4
3. Ubicación del área de estudio.....	23
4. Crecimiento (mm) en diámetro basal de las tres mediciones para la preparación del sitio.....	29
5. Representación del crecimiento en diámetro basal dentro de la preparación de planta (factor A).....	30
6. Crecimiento en diámetro de copa en las tres evaluaciones dentro del factor A.....	33
7. Crecimiento en diámetro de copa en las tres evaluaciones dentro del factor B (preparación del sitio).....	34
8. Crecimiento en altura para las tres evaluaciones dentro del factor A.....	36
9. Grafica para las medias de crecimiento en altura dentro del factor B.....	37
10. Representación de las medias de cada combinación entre los factores A y B en la evaluación al cuarto mes de la plantación.....	38
11. Valores de cada tratamiento en la evaluación al cuarto mes con respecto al crecimiento de las variables: diámetro basal (mm), diámetro de copa y altura (cm).....	46
12. Curvas de crecimiento en diámetro basal por tratamientos en el primero, segundo y cuarto mes de la plantación.....	47
13. Curvas de crecimiento en diámetro de copa por tratamientos para las tres mediciones de la plantación.....	49
14. Curvas de crecimiento en altura al primero, segundo y cuarto mes de la plantación.....	50

RESUMEN

El presente estudio se llevó a cabo con la finalidad de evaluar los efectos que se presentan tras realizar cuatro prácticas para la preparación del sitio de plantación, así como acondicionar a las plantas en tres diferentes contenedores antes de trasplantar en campo, realizando el estudio en sitios con calidad deficiente. La plantación se estableció en el ejido San Juan de la Vaquería, Saltillo, Coahuila.

Se empleó el método completamente al azar con arreglo factorial, como factor A la preparación de planta y factor B para la preparación del sitio. Se llevaron a cabo 3 mediciones después de la plantación donde se registraron 4 variables: sobrevivencia, crecimiento en diámetro basal, diámetro de copa y altura.

En total fueron 180 plantas, dando un total de 36 unidades experimentales con 5 plantas c/u, se hicieron mediciones al primero, al segundo y al cuarto mes, los datos se corrieron con ayuda del paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System) dando como resultados finales: El tratamiento 12 obtuvo mayores valores para el crecimiento en diámetro basal con una media de 3.3437 mm y crecimiento en altura con una media de 9.648 cm. Con los resultados obtenidos se concluyó que del factor A3 se obtuvo planta de buena calidad por sus altos valores de crecimiento y el factor B4 el que obtuvo los mejores crecimientos, por lo que su combinación se deduce en el tratamiento 12.

Para las pruebas de análisis de varianza a las evaluaciones del cuarto mes no hubo diferencias estadísticas entre las medias tanto de los factores como de los tratamientos, esto se debió quizá por el periodo de tiempo para este estudio pero se considero de esta manera para evaluar la sobrevivencia y crecimiento iniciales de una plantación de *Pinus cembroides*.

Palabras clave: factor, *Pinus*, sobrevivencia, crecimiento, tratamiento.

I. INTRODUCCIÓN

Un ecosistema forestal deteriorado induce desajustes en los ciclos hidrológicos regionales: durante la época de lluvias ocurren inundaciones en las tierras bajas, así como erosión de los suelos no protegidos por la cubierta vegetal y azolve de presas y depósitos, mientras que durante la temporada seca falta el agua en el subsuelo.

El deterioro del bosque repercute no solo en un menor aprovechamiento de madera y otros productos forestales, sino también en menor captación de recursos hídricos y escasa retención de suelos.

En el contexto de las actividades de reforestación y conservación de suelos podemos agregar practicas que nos ayuden a mejorar las condiciones del área y de esta manera aumentar el nivel de calidad de la plantación; algunas características adversas en los sitios pueden ser los suelos compactados, presentando escaso espacio poroso dentro del suelo, lo que dificulta el desarrollo de las raíces y la penetración del agua al suelo; para revertir esta característica se emplea la roturación del terreno, la cual se puede realizar por medio de maquinaria, tracción animal o manualmente, según lo permitan los recursos de que se disponga y la topografía del terreno. Otra característica es la presencia de maleza, la cual se combate por medio de roza y quema y el uso de herbicidas para eliminar la vegetación no deseada.

A pesar de que en la gran mayoría de las áreas muy alteradas no se logra recuperar lo que antes existía, es aún posible inducir el desarrollo de una vegetación protectora que permita conservar e incrementar la fertilidad del suelo y parte de la diversidad de plantas y animales, mediante especies nativas que se puedan desarrollar satisfactoriamente en estas zonas de escaso rendimiento.

Pinus cembroides es un pino apto para reforestar zonas áridas y semiáridas; es una de las especies más resistentes a la sequía; se le recomienda

para reforestación en la meseta central de México. Ayuda a la conservación del suelo y control de la erosión y favorece la infiltración del agua restableciendo el nivel de los mantos freáticos.

Las condiciones edáficas y climáticas que caracterizan las zonas áridas y semiáridas las vuelven más susceptibles a la desertificación. Es necesario estudiar estos ecosistemas y analizar los mecanismos que utilizan las especies nativas para su supervivencia. El mayor factor limitante con el que nos encontramos en este tipo de ambiente es el elevado déficit de agua, sobre todo durante los meses de verano (Roldan *et al.*, 1996; Bellot *et al.*, 1999; Díaz *et al.*, 2000), por lo que la introducción de las plántulas de pino en el campo acompañadas de una preparación del terreno que concentren el agua de escorrentía en la base del plantón, aportando un riego suplementario, puede mejorar una forestación y evitar su fracaso (Anderson *et al.*, 2002).

En medios semiáridos la plantación de especies leñosas propias de estadios tardíos de la sucesión suele mostrar resultados muy pobres, por lo que la reintroducción de las mismas se basa casi exclusivamente en la plantación de brinzales producidos en contenedor (Mesón y Montoya, 1993).

El presente trabajo se basa en la necesidad de contar con información, para aumentar las posibilidades de éxito de plantaciones forestales establecidas en sitios que carecen de las cualidades aptas para que las especies forestales se desarrollen satisfactoriamente, por lo que se toma en cuenta a *P. cembroides* por sus características adaptativas a estos sitios, añadiendo que es una especie nativa del estado de Coahuila.

1.1 Objetivo

Evaluar el efecto simple y combinado entre calidades de planta y diferentes sistemas de preparación del sitio en la sobrevivencia y crecimiento de *Pinus cembroides* para determinar la combinación más apta en la etapa inicial de una plantación en sitios difíciles.

1.2 Hipótesis

Hipótesis nula: No existen diferencias estadísticas significativas entre el efecto simple y combinado de calidad de planta y la preparación del sitio en la sobrevivencia y crecimiento.

Hipótesis alterna: Al menos un tipo de calidad de planta o método de preparación del sitio en forma simple o combinada presenta diferencias estadísticas significativas en la sobrevivencia y crecimiento.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1 Descripción de la especie

Nombre científico: *Pinus cembroides* Zucc.

Familia: *Pinaceae*.

Origen: Especie de México. Se extiende a Texas, Nuevo México y Arizona, al sur de Estados Unidos (Figura 1).

Nombres comunes en México: Pino piñonero, piñón, pino.



Figura 1. Distribución nacional de *Pinus cembroides*.



Figura 2. *Pinus cembroides*.

Características morfológicas (Martínez, 1948):

Forma. Árbol perennifolio, de 5 a 10 m (hasta 15 m) de altura, con un diámetro a la altura del pecho de 30 cm (hasta 70 cm) (Figura 2).

Copa. Copa redondeada y abierta en individuos maduros, y piramidal (espaciada) en individuos jóvenes, con follaje ralo, sobre todo en sitios muy secos, de color verde oscuro algo azulado, pálido, a veces amarillento.

Hojas. Las hojas en grupos de 2 a 3, entre 2.5 y 10 cm de longitud, cubren abundantemente las ramitas y dejan una cicatriz en éstas cuando caen.

Tronco y Ramas. Tronco corto, ramas ascendentes, delgadas y colocadas irregularmente en el tallo, comenzando casi siempre desde la base.

Flores. Las flores masculinas son amentos cilíndricos.

Conos. Conos subglobosos de 5 a 6 cm de ancho, casi sin pedúnculo, aislados o en grupos de 5, caedizos con escamas grandes, gruesas y carnosas cuando están verdes y de color verde, café-anaranjadas o rojizas cuando el cono madura.

Semillas. Semillas desnudas, subcilíndricas, ligeramente triangulares, sin ala, de 10 mm de largo, cafés o negruzcas, abultadas en la parte superior, y adelgazadas hacia la base.

Sexualidad. Monoica.

2.2 Distribución

Pinus cembroides es uno de los pinos de mayor distribución en México (19 estados), forma masas puras en la Sierra Madre Oriental al norte del Trópico de Cáncer y en la Sierra Madre Occidental. Las mayores poblaciones están en Chihuahua, Durango, Coahuila, Nuevo León, Hidalgo y Zacatecas. Se localiza entre los 1,350 a 2,800 msnm.

También se localiza en los estados de Aguascalientes, Baja California, Baja California Sur, Distrito Federal, Guanajuato, Jalisco, México, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Sonora, Tamaulipas y Veracruz (Rzedowski, 1978).

2.3 Origen y extensión

Especie originaria de México. Se extiende a Texas, Nuevo México y Arizona, al sur de los Estados Unidos. Latitudes variables desde los 18° a 32° N y longitudes desde los 90° a 116° W (Mirov, 1967).

2.4 Hábitat

Se desarrolla en laderas de cerros y lomeríos, pendientes secas y rocosas, al pie de las montañas.

Se le encuentra en clima templado seco (Bsk) hasta templado subhúmedo (Cwb) con precipitaciones medias de 365 a 450 mm anuales (máxima de 800 mm) y con presencia de 7 u 8 meses secos.

Las temperaturas oscilan entre 7 °C hasta 40 °C con promedios de 18 °C; alcanzando mínimas extremas de - 7 °C y máximas de 42 °C, o a veces mayores. Es una especie típica de suelos pobres, secos, pedregosos o calizos, grisáceos o negros, calcáreos con alto contenido de yeso, delgados en lomeríos y aluviones en los valles de muy buen drenaje y con pH de 4 a 8; normalmente prefiere los suelos de neutros a alcalinos (Robert, 1977).

2.5 Importancia ecológica

Los bosques de piñonero son muy extensos en ambas cadenas montañosas de la parte norte del país. Conforman una vegetación de transición entre las formaciones xerofíticas de la altiplanicie mexicana y las vertientes internas de las Sierras Madre Oriental y Occidental (García, 1985).

Entre los usos más comunes del piñonero destacan los siguientes: la producción de piñón para consumo o venta, obtención de madera para diversos

fines, leña para combustible, producción de árboles de navidad, establecimiento de viveros para producción de planta para reforestaciones entre otros (Olayo y Mondragón, 1985).

Vegetación asociada. Se asocia con especies de matorral arbustivo, encinares y pinares de climas semidesérticos, tales como *Yucca carnerosana*, *Arbutus xalapensis*, *Larrea tridentata*, *Acacia farnesiana*, *Agave* sp., *Opuntia* sp., *Juniperus* sp., *Pinus teocote* y *P. arizonica* (Martínez, 1948).

Hasta nuestros días, los programas de reforestación desarrollados por los gobiernos estatales, el ejército y las dependencias del gobierno federal han hecho uso principalmente de especies de árboles exóticos mundialmente conocidos y algunas especies nativas biológicamente mal conocidas, lo que ha impedido que se tenga algún éxito en los propósitos anteriormente mencionados. Los bosques de especies exóticas se transforman por lo general en “desiertos verdes” que no permiten la subsistencia de la gran mayoría de las especies locales de plantas y animales. Cuando estos son cultivados en pendientes, cumplen muy pobremente su pretendida función de proteger el suelo de la erosión y ayudar a restaurar el ciclo hidrológico original.

Las plantas valiosas para la restauración y la reforestación deberían presentar las siguientes cualidades, según Torres y Magaña (2001).

- Ser de fácil propagación.
- Resistir condiciones limitantes, como baja fertilidad, sequía, suelos compactados, pH alto o bajo, salinidad, etcétera.
- Tener crecimiento rápido y buena producción de materia orgánica como hojarasca, de preferencia con una relación alta de C/N.
- Tener alguna utilidad adicional a su efecto restaurador; por ejemplo, producir leña, carbón, forraje nutritivo, vainas comestibles, madera o néctar.
- Nula tendencia a adquirir una propagación malezoide invasora, incontrolable.

- Presencia de nódulos fijadores de nitrógeno o micorrizas que compensen el bajo nivel de nitrógeno, fósforo y otros nutrientes en el suelo.
- Que tiendan a favorecer el restablecimiento de las poblaciones de elementos de la flora y fauna nativas, proporcionándoles un hábitat y alimento.

La evaluación de una plantación es solo una etapa dentro del proceso de reforestación. Aunque es una actividad que se realiza en un momento determinado, es una actividad dinámica y que es necesario realizar frecuentemente, incluso antes de haberse establecido la plantación. Hobbs, (1992), señala algunas de las necesidades más importantes de información dentro del proceso de reforestación e indican el tiempo y la profundidad a la que se debe concluir el estudio. En el Cuadro 1 se mencionan estas necesidades.

Cuadro 1. Necesidades de información asociadas a la evaluación de plantaciones.

Información necesaria	Tipo de evaluación	Edad de la Plantación
Mapas base y croquis donde se establecerá la plantación	Reconocimiento	Antes de establecerla
Resultados de los tratamientos de preparación del terreno	Reconocimiento o Intensivo	Antes de establecerla
Especificaciones de la plantación	Intensiva	1-2 meses
Sobrevivencia, detección de problemas	Reconocimiento o Intensivo	Año 1

2.6 Variables que se consideran al evaluar la plantación

Altura

Es una de las variables morfológicas más fáciles de evaluar. Generalmente se considera la altura total del brinzal para clasificar su calidad. El criterio de evaluación es simple: a mayor altura del brinzal, mejor calidad, obviamente comparada por edades, condiciones del sitio y manejo de similares. La clasificación de calidad con esta variable es obviamente dependiente de la especie, condición genética y condición del sitio. Los estándares mínimos o categorías de calidad varían por especie, procedencia de la semilla y clase de edad (Thompson, 1985).

Diámetro

El diámetro medido en el cuello del brinzal es una variable que frecuentemente se usa para estimar calidad de planta. Esta práctica es mayormente realizada a nivel vivero que en el campo, dado que su medición dentro de la plantación resulta difícil. El criterio de calidad es similar al de altura: a mayor calibre del cuello, mejor calidad de la planta (Thompson, 1985).

Razón de copas

Esta variable es muy utilizada para la evaluación del vigor del arbolado. A este punto, aunque las plantaciones originalmente fueron encaminadas para sustituir los casos de falla de la regeneración de los bosques naturales y para restaurar algunas áreas afectadas por daños ocasionados por el hombre o accidentes naturales, han crecido como una alternativa de producción intensiva más controlada en cuanto a la uniformidad de sus productos y la mayor productividad por unidad de superficie (Thompson, 1985).

Es necesario detallar los objetivos que persigue una plantación. Sigue con un análisis de cómo afectan las características del sitio (clima, suelo, factores bióticos, entre otros) en la elección de las especies, para posteriormente, señalar el manejo silvícola a realizar. Dependiendo del tipo de plantación, será necesario ponderar algunos aspectos; en algunas plantaciones; lo que importa es la especie, de ahí que es necesario tomar en cuenta los objetivos y los sitios donde tenga que realizarse la plantación. Además de realizar una discusión sobre las ventajas que ofrecen las especies exóticas y nativas de acuerdo a las condiciones de cada lugar de plantación (Torres y Magaña, 2001).

Cabe mencionar que en la restauración forestal se utilizan sistemas de captación de agua para escorrentías superficiales. Algunas preparaciones del suelo para repoblaciones utilizadas en España funcionan como sistemas de cosechas de agua como las microcuencas Negarim, que son estructuras de forma romboidal, rodeadas por pequeños caballones de tierra y con un hoyo de infiltración en el que se sitúa la planta. Otro sistema es el de caballones según curvas de nivel, hechos en su mayoría mecánicamente; además las terrazas, que son plataformas horizontales o con cierta pendiente, aptas para repoblaciones forestales en zonas áridas (Martínez de Azagra, 1996).

2.7 Consideraciones importantes en plantaciones forestales

El establecimiento con éxito de una plantación es el principal objetivo en el proceso de repoblación forestal. Dicho establecimiento puede definirse de varias maneras, pero los impedimentos encontrados en el cumplimiento de este objetivo son comunes: la existencia de factores climáticos específicos del lugar de plantación y potencialmente perjudiciales para la misma, la competencia vegetal, los daños producidos por animales, el uso de procedimientos de plantación

incorrectos, o el empleo de planta fisiológicamente inadecuada (Birchler *et al.*, 1998).

La clave para lograr el éxito en el establecimiento y productividad de las plantaciones de árboles forestales, además de la selección de las especies apropiadas para la región, es la obtención de plántulas de buena calidad y los cuidados durante la plantación, así como también la selección adecuada de las técnicas, época y hora del día en que se realiza la plantación, ya que si no se toman estas consideraciones se incrementan los costos y los riesgos que conducen al fracaso (Goor y Barney, 1976; Zobel y Talbert, 1988).

La calidad de una planta forestal se demuestra finalmente en el monte, por su capacidad de arraigar y vegetar larga y satisfactoriamente una vez plantada. En buena parte estas capacidades dependen de la técnica de repoblación, pero están íntimamente relacionadas con el hecho de haber sido consideradas por su cultivo en viveros (Montoya y Cámara, 1996).

La consideración en forma separada de las características morfológicas de la planta, tales como altura, diámetro del cuello, longitud de la raíz, peso seco de la parte aérea y de la raíz, entre otros, es ineficaz para predecir la sobrevivencia y desarrollo de la planta en el campo, después de la plantación. Una fórmula propuesta por Dickson para reunir varios atributos físicos de la planta en un solo valor, que represente un índice de calidad, es mediante una relación que incluye el peso seco total, el peso seco de la parte aérea, la altura y el diámetro de la planta (Prieto *et al.*, 1999).

Diferentes especies significan distintos beneficios y productos, por lo que el tamaño y la edad de las plántulas por utilizar varían con la especie elegida así como también de la situación geográfica del sitio y del grado de preparación del sitio (Westveld y Peack, 1946).

Una mayor altura podrá ayudar a la planta a dominar el sitio en el menor tiempo y escapar de ciertos herbívoros que prefieren la yema apical. Sin embargo una planta muy alta si no está suficientemente lignificada, puede doblarse por la acción del viento u otros factores mecánicos, además, si la biomasa aérea es mucho mayor que la biomasa de la raíz, se puede presentar un desequilibrio hídrico (Capó, 2001).

La mejora de crecimientos y supervivencias en clima semiárido es una actuación fundamental debido a las extremas condiciones climáticas que actúan sobre las plántulas en el primer año de instalación en el campo en este tipo de clima (Cleveland *et al.*, 1994; Domínguez *et al.*, 2001) y que pueden generar elevadas mortalidades y unos crecimientos mínimos.

La proporción tallo-raíz se refiere a la proporción de la biomasa de la parte aérea con respecto a la de la raíz. Una proporción mayor de tres incrementa grandemente la posibilidad de desequilibrio hídrico, y pone en serio peligro la sobrevivencia de la planta. Una óptima relación entre la raíz y el follaje proveerá a la planta el balance adecuado entre transpiración y absorción de agua para condiciones donde la sequía es un problema; la parte aérea no debe tener una biomasa mayor que dos veces y media, en relación a la biomasa de la raíz. Esta proporción puede aumentar cuando las condiciones son más favorables (Capó, 2001).

En el caso del diámetro es también de fácil medición. Da una aproximación de la sección transversal de transporte de agua, de la resistencia mecánica y de la capacidad relativa para tolerar altas temperaturas en la superficie del suelo (Cleary y Greaves, 1977).

En plantaciones de coníferas, se utilizan plantas de un año de edad provenientes de almacigo, o de dos años, de los cuales uno lo pasaron en almacigo y otro en la sección de trasplantes a tierra. A esa edad las plantas poseen normalmente entre 15 a 25 cm. de altura y abundante sistema radicular, lo

cual le facilita a la planta el establecimiento en el sitio de plantación (Rodríguez, 1989).

Para que una plantación cumpla con los objetivos para los que fue destinada se requiere de la integración de múltiples factores que intervienen tanto en el establecimiento como en el desarrollo de la misma; aquí nos hemos enfocado hacia dos factores muy importantes para una plantación que son la calidad de la planta y la preparación del sitio. Con respecto al primer factor encontramos que la calidad es el grado con el que cumple los objetivos de su utilización con el mínimo costo; la calidad de la planta está determinada por todos los caracteres genéticos, fisiológicos y morfológicos que pueden asegurar, en conjunto con el medio, un éxito total de la plantación. De todas formas el concepto de calidad es bastante impreciso, no es absoluto, y es normal que haya factores extrínsecos que moldeen sensiblemente dicho parámetro (Ruano, 2003).

De todos los atributos indicadores de la calidad de la planta, los que ofrecen mejores resultados son los siguientes (Rose *et. al.*, 1990):

- Altura: correlacionada con la superficie foliar, la fotosíntesis y la transpiración.
- Diámetro del cuello de la raíz: correlacionado con el volumen de raíces en la sección transversal del xilema, lo que proporciona mayor vigor.
- Tamaño del sistema radical: influye en la captación de agua y en el potencial de regeneración de raíces (PRR).
- Resistencia al frío: correlacionado con el estado de dormancia y por tanto con la resistencia al manejo de la planta.
- Índice mitótico: correlacionado con la dormición.
- Estrés hídrico de la planta: relacionado con el estado sanitario de ésta, y la capacidad del sistema fotosintético.

Un solo parámetro o atributo, no es indicativo del estado de calidad de la planta y debe ser el análisis del conjunto el que nos permita emitir un juicio

correcto. Ritchie (1994), evaluó la calidad de las plantas según dos tipos diferentes de atributos: los de **estado** (medición directa, tanto fisiológicos como morfológicos) y los de **evolución o reacción** de la planta al someterla a ciertas condiciones.

El índice de Calidad de Dickson, resulta de gran interés para la evolución de la calidad, al combinar parámetros morfológicos de relativa fácil medición; se define de acuerdo a la siguiente relación (Thompson, 1985):

$$ICD = \frac{Peso\ seco\ total\ (g)}{\frac{Altura\ (cm)}{Diametro\ (mm)} + \frac{Peso\ seco\ tallo\ (g)}{Peso\ seco\ raiz\ (g)}}$$

2.8 Características que influyen en el crecimiento de la planta

El establecimiento de plantaciones requiere atención para la preparación del terreno, la selección de especies y plantas, el método de plantación y la época para plantar; la preparación del terreno tiene como fin acelerar el crecimiento inicial de las plantas y asegurar la sobrevivencia (Smith *et al.*, 1997).

Una vez elegido el terreno, lo primero que se hace para prepararlo es eliminar todas las malezas y arbustos, la técnica de limpia se ajustara al tipo de vegetación. En las laderas muy pronunciadas conviene dejar fajas de vegetación nativa para prevenir la pérdida de suelo (Goor, 1964).

La concentración de agua en un punto genera una compensación hídrica edáfica (Castillo *et al.*, 2001; Martínez de Azagra, 1996) que suple la falta de agua durante los largos e irregulares periodos de sequía característicos de áreas semiáridas mediterráneas (Querejeta *et al.*, 1998), y justo en ese punto debe ser en el que se introduzca la plántula para aprovechar plenamente ese nuevo recurso.

La labor del terreno debe, al mismo tiempo que concentra la escorrentía superficial, mejorar la infiltración donde nos interesa aumentar el volumen de suelo donde se desarrolla la raíz (Grantz *et al.*, 1998; Querejeta *et al.*, 1998; Roldán *et al.*, 1996) y evitar al máximo la alteración de la vegetación de toda una ladera ya que ésta protege de la erosión y mejora el establecimiento de las plántulas en el campo (Castillo *et al.*, 1997), al igual que hace la preparación del terreno por sí misma (South *et al.*, 2001), pero dicha preparación del terreno debe ser puntual, conservando por otra parte la biodiversidad del área.

Para llevar a cabo prácticas para la conservación de suelos en áreas forestales, Cuevas *et al.*, (2006), proponen algunas alternativas como las terrazas individuales, que son terraplenes de forma circular, trazados en curvas a nivel de un metro de diámetro y en la parte central de ellas se establece una especie forestal. Se recomienda aplicar esta obra en terrenos de más de 5 % de pendiente y hasta 35 %. También existe la zanja trinchera, que se trata de excavaciones en curvas a nivel de 0.4 m de ancho x 0.4 m de profundidad x 2 m de longitud trazadas en tresbolillo, pues retienen azolves, favorecen la infiltración y propician el desarrollo de especies forestales.

Los métodos de preparación del terreno deben ser empleados en concordancia con el tipo de deficiencias que se presenten y con los factores ambientales adversos que se quiera contrarrestar. Los métodos que más se han utilizado son (apéndice 2): la cepa común, generalmente de 40 x 40 x 40 cm, es simple y económico, pero se recomienda en sitios que tengan buena calidad. Otro método es el sistema Español que consiste en hacer una cepa de 40 cm de ancho por igual profundidad; en torno a ella se construye un cajete de más o menos 1 m de diámetro con una profundidad de 10 a 15 cm en su parte más honda. Además de los métodos Saucedá I y II que son cepas alrededor de la planta de forma circular o cuadrada. Entre otros métodos, como la zanja ciega que es poco conocida en México, también el existe el sistema Gradoni que consiste en trazar

curvas de nivel a una equidistancia vertical que varía de 0.5 a 6 m dependiendo de la pendiente del terreno y la cantidad de precipitación (FIPRODEFO, 1998).

En cuanto a contenedor para calidades de planta, se refiere a un envase o recipiente en el cual se le proporciona a la planta un medio de crecimiento y las condiciones adecuadas, para un mejor crecimiento de ésta, además el envase sirve de soporte físico; el contenedor ideal es aquel que permite producir plantas de la mejor calidad (Prieto *et al.*, 1999).

El contenedor en la producción de plantas forestales, no es sino una herramienta más dentro de un complejo paquete tecnológico. Las características de diseño de los contenedores inciden en el tamaño de las plantas, en la relación entre sus diferentes partes, en la forma de sus sistemas aéreos y radicales, y como consecuencia de todo esto es el resultado de las plantaciones una vez realizadas, tanto en su supervivencia inicial, como en su crecimiento y en su estabilidad a lo largo de la vida del árbol (Peñuelas y Ocaña, 2000).

El cultivo con bolsas de polietileno se hace para brinzales de un año, al aire libre, pero ha sido criticado su uso por algunos profesionales; si bien es cierto que en algún caso ha existido espiralización de la raíz con estrangulamiento posterior en campo, que se ha hecho visible a los 4 ó 5 años después de la plantación, ha sido el resultado de una mala reforestación aprovechando, por motivos económicos, planta de 2 ó 3 años, cuando debería haberse eliminado (Peñuelas y Ocaña, 2000).

Con material de poliestireno expandido de alta densidad, se fabrican las bandejas de cultivo forestal denominadas Poli-Forest, con algunas propiedades de interés como son su gran poder aislante, su ligereza de peso, la resistencia a los agentes atmosféricos y su posibilidad de reciclaje. Los alveolos de forma tronco-piramidal cuadrangular incorporan en sus caras laterales internas, estrías verticales para el efecto antiespiralizante del sistema radicular (Peñuelas y Ocaña, 2000).

Actualmente, los viveristas y gestores forestales tienen a su disposición una gran variedad de procedimientos de ensayo, que van desde los más simples y directos a los más complejos, con los que evalúan cualquiera de las distintas características de la planta. Es difícil determinar qué es lo que se tiene que medir, teniendo en cuenta los numerosos atributos morfológicos y fisiológicos que afectan al comportamiento en campo; pero una vez identificados, permiten definir la *planta ideal*, que incluye todas las características morfológicas y fisiológicas que se pueden ligar cuantitativamente con el éxito de la plantación (Rose *et al.*, 1990).

Las plantas cultivadas en vivero pueden presentar un aspecto robusto y vigoroso y, sin embargo, no ser capaces de comportarse adecuadamente en el campo; ya que durante su cultivo las condiciones de humedad, luz y nutrientes son óptimas, situación raramente encontrada en su medio natural. Por tanto, es importante hacer coincidir el ciclo anual de crecimiento de las plantas con la ecología del lugar de plantación, ya que la ausencia de esta coordinación fenológica con el medio, hace que la determinación de las características morfológicas y fisiológicas que definen la planta ideal, pierda interés (Hobbs, 1992).

2.9 Trabajos de investigación afines

La altura puede ser manipulada en vivero a través de la fertilización, el riego y el repicado. Varios estudios han concluido que la altura inicial de las plantas no se correlaciona, o lo hace de forma negativa, con la supervivencia, aunque sí se correlaciona con el crecimiento en altura tras la plantación (Thompson, 1985). Sin embargo, en clima seco, Cortina *et al.*, (1997), encontraron que la altura de las plantas de *Quercus ilex* y *Pinus halepensis* fue directamente proporcional a su supervivencia, con unas alturas medias mínimas de 16 cm y 7.5 cm, respectivamente, para alcanzar supervivencias superiores al 80 %; pero en plantaciones con el pino en clima semiárido la supervivencia descendía con una

altura media superior a 17.5 cm. Por otro lado, algunos estudios han mostrado que la ventaja inicial en el tamaño de la planta permanece en el tiempo (Funk *et al.*, 1974).

Tras una investigación para evaluar la sobrevivencia y desarrollo inicial de tres especies de pinos regionales: *P. pseudostrobus*, *P. greggii* y *P. cembroides*, y comparar su rendimiento con dos especies de pinos de la región Mediterránea: *P. halepensis* y *P. brutia* establecidos en un sitio degradado por efecto de agricultura y pastoreo en Iturbide, Nuevo León, utilizando un diseño experimental completamente al azar, tomando las cinco especies como tratamientos con cuatro repeticiones, se obtuvieron los siguientes resultados. **Sobrevivencia.** Después de 5 años de su establecimiento en el sitio de plantación, las especies regionales *P. cembroides* y *P. greggii* alcanzaron los mayores tasas de sobrevivencia, con 64 y 55% respectivamente, mientras que *P. pseudostrobus* obtuvo 32%. De las especies introducidas, *P. halepensis* alcanzó 49% de sobrevivencia. **Altura.** Desde el principio de la plantación destacan por su talla *P. greggii* y *P. halepensis*. **Diámetro.** Al inicio de la plantación el diámetro osciló entre 0.47 cm (*P. cembroides*) y 0.26 cm (*P. greggii*). *P. greggii* y *P. halepensis* presentaron los valores más altos en todos los parámetros observados. Se recomienda la utilización de *Pinus cembroides* para la reforestación en sitios similares a los del estudio. La especie presenta buenos porcentajes de sobrevivencia y puede ser utilizada también como árbol de navidad o como una fuente de producción de piñón (Domínguez *et al.*, 2001).

En un ensayo con dos especies y una variedad de *Pinus* con dos diferentes sistemas de plantación establecido en el Cañón de Derramadero, en el Ejido Rancho Nuevo, Saltillo, Coahuila, se encontró que a un año de establecida la plantación, *Pinus halepensis* mostró ser superior a *P. cembroides*, en cuanto a crecimiento (Zárate, 1982).

Tras un ensayo de adaptación de seis especies del género *Pinus*, realizado en San José de Boquillas, Nuevo León, se encontró que después de 27 meses de establecida la plantación el *P. halepensis* fue superior en cuanto al incremento en altura, seguido por el *P. arizonica* y el *P. engelmannii*. En sobrevivencia el *P. halepensis* y el *P. cembroides* fueron los más sobresalientes (Nájera, 1983).

Generalmente, las plántulas con mayor diámetro del cuello tienen mejor éxito en la plantación. Se establece que el diámetro del tallo es un valioso indicador de la calidad de las plantas. En *Pinus radiata*, el crecimiento después de 3 temporadas en el campo, para las plantas de 5 mm o más en diámetro, fue 2 veces mayor que para plantas con solo 2 mm de diámetro. En un sitio poco favorable, la sobrevivencia fue desde 72 % para plantas con un diámetro de 2 mm, hasta 89 % para 4 mm, y hasta 98 % para 6 mm (Espejel, 1993).

En un trabajo de investigación donde se evaluó el incremento en altura y diámetro de tres especies del género *Pinus* en dos épocas de plantación (verano e invierno), en la Sierra de Zapalinamé, Saltillo, Coahuila, se encontró que el *P. cembroides* y el *P. pinceana* resultaron similares entre si y superiores al *P. nelsonii* en cuanto a sobrevivencia; se menciona además que el efecto de los herbívoros resultó ser un factor muy importante en la sobrevivencia y el crecimiento de *P. cembroides*; concluyendo que tanto *P. cembroides* como *P. pinceana* resultaron ser las especies más adaptadas, recomendando en su establecimiento usar la cepa común con microcuenca (Hernández, 1991).

En una evaluación de una plantación de *Pinus pinea* L. en Sevilla, España, en la cual se analizaron los efectos de la calidad de planta, la preparación del terreno y la fecha de plantación, sobre la supervivencia, dio como resultado que la fecha de plantación ha tenido un efecto significativo en la supervivencia, tanto de forma individual como en combinación con el procedimiento de preparación del terreno, sin embargo se ha logrado el mayor valor de supervivencia para dos

calidades de planta y los dos procedimientos de preparación del terreno (Navarro y Palacios, 2004).

Al aplicar el Índice de Calidad de Dickson en un estudio para evaluar la calidad de planta de *Pinus canariensis* tras ser cultivadas en dos tipos de contenedores y seis mezclas de sustrato, la evaluación demostró que no se encontraron diferencias significativas entre los contenedores aunque si entre los sustratos, aportando mejores resultados los sustratos artificiales fertilizados (Díaz *et al.*, 2004).

En la región de Murcia, España se localizan zonas semiáridas, en las cuales se llevó a cabo una investigación para determinar el efecto de 12 técnicas de preparación de suelo y cinco de preparación de planta, donde se evaluó la supervivencia y desarrollo de una plantación de *Pinus halepensis* en el que se llevaron a cabo 60 tratamientos, dando como resultado que las técnicas de preparación de suelo mostraron mayor influencia en los crecimientos que las técnicas de preparación de planta. Para la supervivencia, las técnicas ensayadas alcanzaron un promedio de 91 % a los 5.5 años de la plantación (González *et al.*, 2004).

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Localización y descripción del área de estudio

El área donde se realizó la plantación se localiza en el Ejido San Juan de la Vaquería que está situado en el Municipio de Saltillo (en el Estado de Coahuila de Zaragoza) entre los 25°15'12" de Latitud Norte y los 101°13'06" de Longitud Oeste. San Juan de la Vaquería está a 1840 metros de altitud sobre el nivel del mar (Figura 3).

El área de estudio se encuentra ubicada entre las sierras de El Tapanco y El Pajarito dentro del cañón de Derramadero, constituida principalmente por valle con pendiente de hasta 3 %.

3.1.1 Hidrología

Se ubica en la Región Hidrológica 37 cuenca C subcuenca b

Los principales escurrimientos provienen de la sierra de El Tapanco.

3.1.2 Vegetación

La vegetación de la región pertenece a los tipos matorral subinerme, chaparral, izotal, y mezquital, con especies predominantes, mezquite (*Prosopis glandulosa*), Gatuño (*Mimosa biuncifera*), Palo blanco (*Celtis laevigata*), Mimbres (*Chilopsis linearis*), jazmin (*Jasminum sp.*), correoso o lantrisqueillo (*Rhus microfila*), palo amarillo (*Berberis trifoliolata*), gobernadora (*Larrea tridentata*). Los pastos predominantes son: zacate banderita (*Boteloua curtipendula*), *Muhlenbergia sp.*, *Stipa clandestina*, *Buchloe dactyloides*, zacate de tres barbas (*Aristida glauca*). También se puede encontrar vegetación inducida y cultivada maiz (*Zea mays*), frijol (*Phaseolus vulgaris*) y durazno (*Prunus persicae*), principalmente.

3.1.3 Fauna

La constituyen principalmente Aguililla (*Buteo sp.*), gavián (*Falco sp.*), codorniz escamosa (*Callipepla squamata*), huijota (*Zenaida macroura*), coyote (*Canis latrans*), conejo serrano (*Sylvilagus floridanus*), liebre (*Lepus sp.*), zorrillo (*Mephitis macroura*), tejon (*Taxidea taxus*), tlacuache (*Didelphys marsupialis*), correcaminos (*Geococcyx californicus*), cuervo (*Corvus corax*), tecolote (*Bubo virginianus*), víbora de cascabel (*Crotalus sp.*), lagartija (*Sceloporus sp.*) y ratón (*Peromyscus sp.*).

3.1.4 Clima

El clima pertenece al tipo BS1kx' el cual corresponde a climas semisecos templados. La temperatura media anual es de 18 a 22 grados centígrados y la del mes más frío menor de 18; el régimen de lluvias en los meses de verano es por lo menos diez veces mayor en el mes más húmedo en la época lluviosa del año, que en el mes más seco; presenta un porcentaje de lluvia invernal de entre 5 y 10.2 del total anual; extremoso, con oscilaciones entre 7 y 14 grados centígrados (UNAM, 1970).

La precipitación que se presenta en el predio es de 450 a 550 milímetros, acentuándose la mayor proporción durante los meses de mayo a octubre y además se presentan lluvias en los meses de diciembre y enero. Los vientos predominantes tienen una dirección sur, con velocidades de 8 a 15 kilómetros/hora.

3.1.5 Suelo

Pertenece a los tipos castañozem haplico y cálcico, sin fase salina a ligeramente salinos los cuales se localizan en el valle, presentan textura fina; En el pie de monte son del tipo xerosol haplico y cálcico, sin fase salina a ligeramente salinos, presentan textura fina, (CETENAL, 1975).

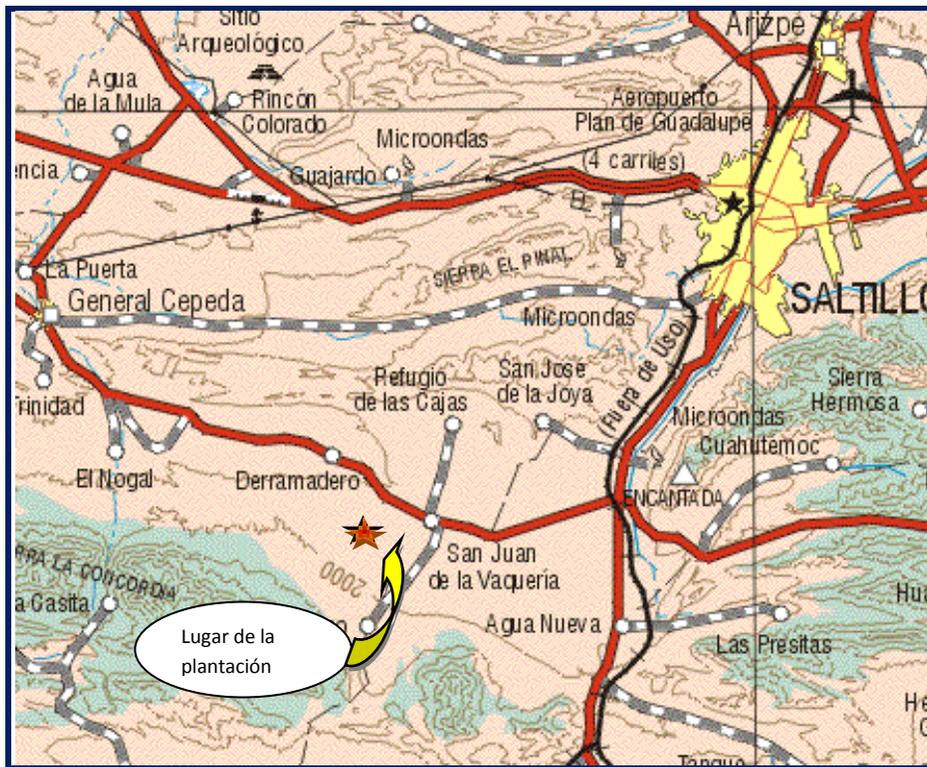


Figura 3. Ubicación del área de estudio.

3.2 Procedimiento de estudio

3.2.1 Preparación de la planta

Se dispuso de 180 plántulas de *Pinus cembroides* del invernadero del departamento forestal de la UAAAN, de las cuales 60 se quedaron en envase de charola con cavidades de 125 ml de volumen, otras 60 plántulas se colocaron en bolsas o macetas de polietileno de 750 ml y las 60 plántulas restantes se pasaron a bolsas de polietileno de 1500 ml.

Luego de haber acondicionado las 180 plántulas en sus tres tipos de envases se dejaron por tres meses en el invernadero y luego se sacaron a la malla-sombra durante dos meses para que mejorara su adaptación al ambiente exterior.

3.2.2 Preparación del sitio

En la temporada de lluvias se prepararon las cepas en el sitio indicado, esto fue al inicio del mes de septiembre para luego llevar a cabo la plantación.

Se realizaron cuatro tipos de preparación del sitio, como se planteo al inicio del proyecto de trabajar con 180 plántulas, por lo tanto se trabajó en hacer 45 cepas de cada tipo de preparación del sitio.

3.2.3 Plantación

Se realizó la plantación con un espaciamiento de 2 metros entre plantas y 2 metros entre líneas de plantación o hileras, en el sitio previamente establecido.

Cabe mencionar que la plantación se estableció el ocho de septiembre del 2009.

3.2.4 Mediciones

Para poder evaluar y obtener resultados concretos de este estudio se llevaron a cabo mediciones de la plantación con la finalidad de obtener un registro de datos que nos proporcionan información de las variables a evaluar con respecto a los tratamientos y de esta manera obtener un resultado confiable que permita proponer justificadamente cuál tratamiento obtuvo los mejores resultados.

Las mediciones que se llevaron a cabo en la plantación fueron de la siguiente manera: la medición inicial que se hizo justo al día siguiente que se estableció la plantación y fue con la finalidad de tener un registro de las medidas que sirvieron de base para luego compararlas con los datos de las mediciones posteriores, la segunda medición se hizo un mes después, la tercer medición se hizo dos meses después del establecimiento de la plantación y la cuarta se hizo a los cuatros meses y medio después de la plantación.

3.3 Diseño experimental

Se empleó un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial, con tres tratamientos de preparación de planta (factor A) y cuatro sistemas de preparación del sitio (factor B).

Preparación de planta:

A1 -Planta producida en contenedor de charola de 125 ml de volumen en cada cavidad.

A2 -Planta en maceta de polietileno de 750 ml de volumen.

A3 -Planta en maceta de polietileno de 1500 ml de volumen.

Sistemas de preparación del sitio:

B1 -Cepa común de 40 cm de profundidad y 40 cm de ancho.

B2 -Zanja de 30 cm de profundidad y 1 m de largo.

B3 -Cepa de 50 cm de profundidad y 35 cm de ancho.

B4 -Bordos continuos en curvas a nivel.

3.4 Tratamientos

Cada combinación de tipo de planta y sistema de preparación del sitio constituyó un tratamiento, siendo un total de 12 tratamientos y cada uno tuvo 3 repeticiones.

Para establecer cada uno de los tratamientos se hizo una combinación entre cada preparación de planta por los cuatro sistemas de preparación del sitio dando como resultado las siguientes combinaciones:

Tratamiento 1: Cepa común de 40 cm de profundidad y 40 cm de ancho con Planta producida en contenedor de charola de 125 ml.

Tratamiento 2: Cepa común de 40 cm de profundidad y 40 cm de ancho con Planta en maceta de polietileno de 750 ml.

Tratamiento **3**: Cepa común de 40 cm de profundidad y 40 cm de ancho con Planta en maceta de polietileno de 1500 ml.

Tratamiento **4**: Zanja de 30 cm de profundidad y 1 m de largo con Planta producida en contenedor de charola de 125 ml.

Tratamiento **5**: Zanja de 30 cm de profundidad y 1 m de largo con Planta en maceta de polietileno de 750 ml.

Tratamiento **6**: Zanja de 30 cm de profundidad y 1 m de largo con Planta en maceta de polietileno de 1500 ml.

Tratamiento **7**: Cepa de 50 cm de profundidad y 35 cm de ancho con Planta producida en contenedor de charola de 125 ml.

Tratamiento **8**: Cepa de 50 cm de profundidad y 35 cm de ancho con Planta en maceta de polietileno de 750 ml.

Tratamiento **9**: Cepa de 50 cm de profundidad y 35 cm de ancho con Planta en maceta de polietileno de 1500 ml.

Tratamiento **10**: Bordos continuos en curvas a nivel con Planta producida en contenedor de charola de 125 ml.

Tratamiento **11**: Bordos continuos en curvas a nivel con Planta en maceta de polietileno de 750 ml.

Tratamiento **12**: Bordos continuos en curvas a nivel con Planta en maceta de polietileno de 1500 ml.

3.5 Unidad experimental

Se obtuvo un total de 36 unidades experimentales. Cada unidad experimental fue igual a 5 plantas. El número total de plantas que se evaluaron fue de 180 plantas.

3.6 Variables evaluadas

3.6.1 Supervivencia

En cada medición que se le hizo periódicamente a la plantación se registró en un formato los datos de interés de cada planta en este caso la mortalidad y su causa (en su caso). En el análisis de datos se tomaron en cuenta solo aquellas plantas que murieron y se descartaron plantas de las cuales sufrieron daños por la fauna local. Obteniendo al final un resultado interpretado en porcentaje (%).

3.6.2 Crecimiento en diámetro basal, diámetro de copa y altura

Para medir el crecimiento del diámetro basal se utilizó un vernier digital midiendo la base del tallo con la mayor aproximación al suelo, tomando una medida en milímetros (mm). Para medir el crecimiento de la copa se tomaron dos medidas de la copa en forma horizontal (o cruz) y se obtuvo una media con unidades en centímetros (cm) y para obtener la altura se utilizó una regla métrica midiendo desde la base del tallo con la mayor aproximación al suelo y hasta la yema apical registrando una medida en centímetros (cm).

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Resultados por factores

Para realizar el análisis de los datos obtenidos en campo tras las mediciones efectuadas en la plantación de *Pinus cembroides*, se empleó el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System), en el cual se corrieron los datos ordenados y se hicieron comparaciones para ver el progreso de cada tratamiento y de cada factor. En ambos casos el objetivo fue el mismo, identificar y analizar cuál de los tratamientos pudo obtener mayor progreso dentro de las variables que hemos considerado en este estudio, crecimiento en diámetro basal, diámetro de copa, altura y la sobrevivencia.

4.1.1 Crecimiento en diámetro basal

Los primeros resultados que arrojó el análisis de varianza nos indica que desde la medición inicial hasta la medición del primer mes si hay diferencias estadísticas significativas para el crecimiento en diámetro basal, en al menos una de las medias dentro de las combinaciones entre factores A (preparación de planta) y B (preparación del sitio), pero en esta misma evaluación no se encontraron diferencias para cada factor por separado.

Para el caso desde la medición inicial hasta la medición del segundo mes no se volvieron a encontrar diferencias estadísticas para los factores A y B por separado, y para la combinación de ambos no se encontraron diferencias significativas.

Dentro de la evaluación de los datos se aplicó el análisis de varianza, dando como resultado que en el crecimiento del diámetro basal desde la medición inicial hasta la primera medición no hubo diferencias significativas por lo que solo se hizo mención al valor más alto de las medias que fue para la preparación del sitio B4 (bordes continuos en curvas a nivel), con 0.4089 milímetros de crecimiento

y con el menor crecimiento se ubicó la preparación del sitio B1 (cepa común de 40x40x40 cm) con una media de 0.1983 mm. En la evaluación hasta el cuarto mes dentro de la prueba de Tukey se dieron las mismas posiciones de la evaluación anterior como se muestra en el Cuadro 2 y la Figura 4.

Cuadro 2. Medias de crecimiento en diámetro basal de cada evaluación para el factor B (preparación del sitio).

Factor	Descripción	Crecimiento en cada evaluación (mm)			Crecimiento total (mm)
		Evaluación: mes 1	Evaluación: mes 2	Evaluación: mes 4	
B1	Cepa común	0.1983	0.4817	0.7286	1.4086
B2	Zanja	0.2607	0.486	0.7919	1.5386
B3	Cepa profunda	0.3036	0.5614	0.8791	1.7441
B4	Bordos en curvas a nivel	0.4089	0.6023	0.897	1.9082

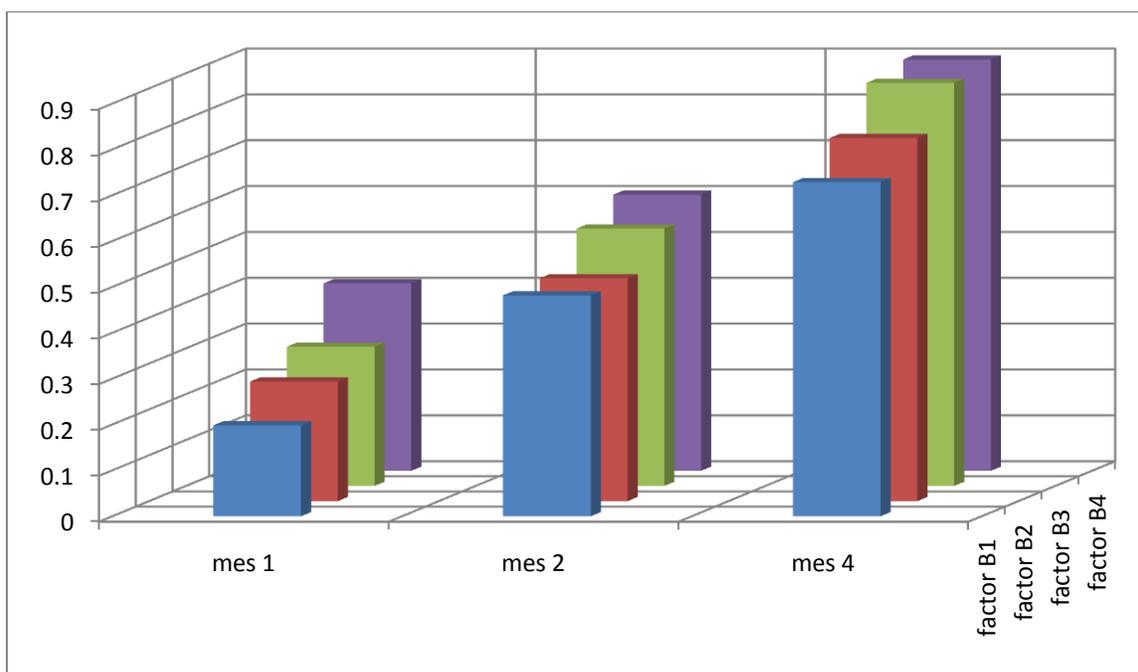


Figura 4. Crecimiento en diámetro basal (mm) de las mediciones hasta el cuarto mes, para la preparación del sitio.

Al realizar el análisis de varianza al factor A se encontró que no hay diferencias estadísticas para la medición del primer mes y lo mismo pasó en la medición del segundo mes pero lo que se hizo notar fue la posición de los factores A1, A2 y A3 que no se modificó quedando como se muestra en Cuadro 3 y la figura 5. Cabe mencionar que el factor A3 tuvo el mayor incremento en todas las evaluaciones aumentando más de medio mm desde el primer mes hasta el cuarto mes.

Cuadro 3. Medias de crecimiento en diámetro basal de cada evaluación para el factor A (preparación de planta).

Factor	Descripción	Crecimiento en cada evaluación (mm)			Crecimiento total (mm)
		Evaluación: mes 1	Evaluación: mes 2	Evaluación: mes 4	
A1	Planta en charola	0.2749	0.4560	0.7242	1.4551
A2	Planta en bolsa de polietileno de 750 ml	0.2148	0.4331	0.7258	1.3737
A3	Planta en bolsa de polietileno de 1500 ml	0.3889	0.7095	1.0224	2.1208

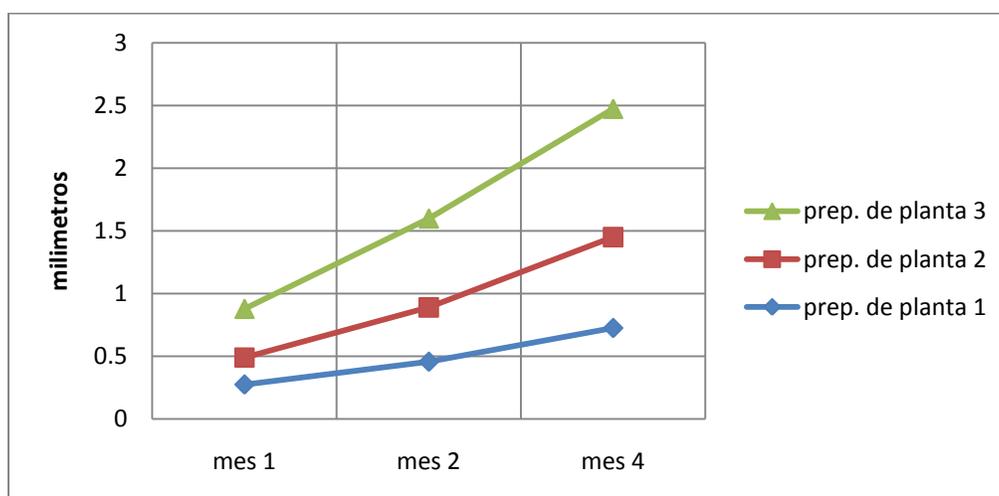


Figura 5. Grafica para medias del diámetro basal dentro de la preparación de planta (factor A).

Al analizar la medición que se hizo al cuarto mes de la plantación se encontró que no hay diferencias estadísticas significativas entre cada factor o alguna de sus combinaciones por lo cual solo se discute que si hubo diferencias numéricas para el factor A quedando A3 con el mayor valor (Cuadro 3 y figura 5) y en el Factor B fue el B4 con mayor valor (Cuadro 2 y Figura 4).

En los cuadros 2 y 3 aparecen los valores de crecimiento que tuvieron en cada evaluación pero es importante agregar los datos iniciales, así como los datos que se tomaron en cada evaluación para que nos muestren el aumento o progreso que se tuvo en cada variable, en este caso se muestran los datos por tratamiento ya que de esta manera es más práctico entender el incremento en crecimiento (cuadro 4).

Cuadro 4. Medias registradas en cada evaluación para el diámetro basal.

TRATAMIENTO	DIAMETRO BASAL			
	Evaluación inicial	Evaluación: mes 1	Evaluación: Mes 2	Evaluación: Mes 4
1	6.511	6.770	6.887	7.106
2	6.827	6.911	7.195	7.479
3	6.500	6.721	7.200	7.357
4	6.296	6.687	6.893	7.145
5	6.949	7.069	7.231	7.435
6	7.063	7.388	7.735	8.106
7	6.403	6.681	6.995	7.191
8	6.081	6.566	6.772	7.182
9	7.099	7.293	7.572	7.903
10	6.461	6.550	6.653	6.898
11	6.823	6.946	7.226	7.454
12	6.591	7.499	7.832	8.198

4.1.2 Crecimiento de diámetro de copa

En las evaluaciones tanto del primero como del segundo mes no se encontraron diferencias significativas para ambos factores o para la combinación de ellos, debidas quizá al poco tiempo de haberse establecido la plantación.

Como en la variable anterior, en el diámetro de copa también se consideró agregar un cuadro con la información de cada evaluación, representando esta variable en tratamientos para un mejor análisis de los datos (cuadro 5).

Cuadro 5. Medias registradas en cada evaluación para el diámetro de copa.

TRATAMIENTO	DIAMETRO DE COPA			
	Evaluación inicial	Evaluación: mes 1	Evaluación: Mes 2	Evaluación: Mes 4
1	7.80	9.096	10.369	10.90
2	8.110	9.043	9.778	10.157
3	10.437	12.016	12.50	13.223
4	8.747	9.767	10.307	11.380
5	9.377	10.983	11.933	12.283
6	9.383	10.80	11.907	13.136
7	8.923	10.70	11.711	12.507
8	8.993	9.896	11.30	11.918
9	8.643	9.753	11.40	12.114
10	8.136	8.741	9.073	10.082
11	9.067	10.821	11.393	12.250
12	9.637	10.409	10.955	11.801

En mención a esta variable en el factor A ocurrió una situación en la que el subfactor A3 (planta producida en maceta de polietileno de 1500 ml.) obtuvo los valores más bajos en crecimiento con 1.1352 cm para la medición del primer mes

y con 2.06 cm en la medición del segundo mes (Cuadro 6 y Figura 6), cabe mencionar que entre los valores de todas las medias hay una diferencia mínima por lo que en el análisis de varianza no se encontraron diferencias estadísticas.

Cuadro 6. Medias de crecimiento en diámetro de copa de cada evaluación para el factor A (preparación de planta).

Factor	Descripción	Crecimiento en cada evaluación (cm)			Crecimiento total (cm)
		Evaluación: mes 1	Evaluación: mes 2	Evaluación: mes 4	
A1	Planta en charola	1.3660	2.1233	2.8807	6.370
A2	Planta en bolsa de polietileno de 750 ml	1.2271	2.1838	2.7438	6.1547
A3	Planta en bolsa de polietileno de 1500 ml	1.1352	2.0600	3.0175	6.2127

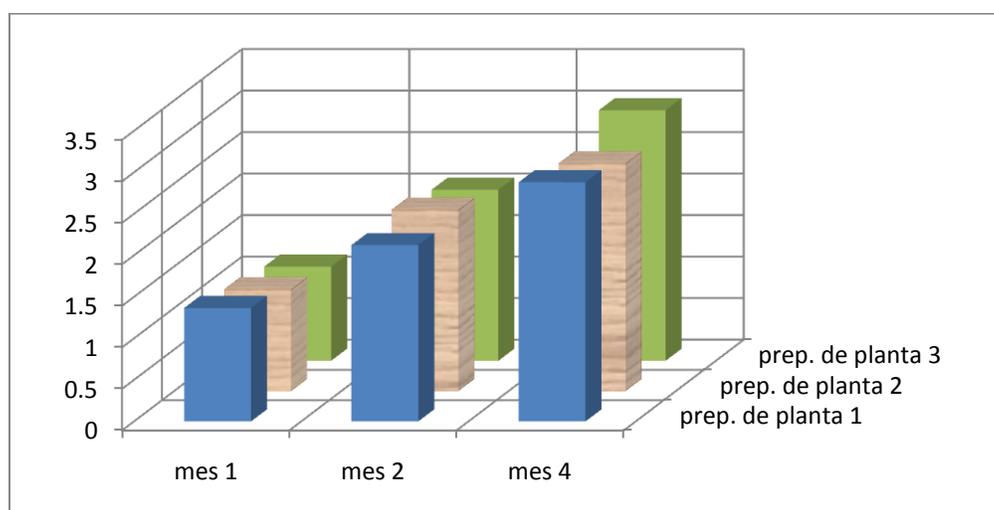


Figura 6. Grafica para las medias de crecimiento en diámetro de copa dentro del factor A.

Continuando con la medición al cuarto mes de la plantación con el análisis de varianza no se encontraron diferencias estadísticas por lo que únicamente se tomo en cuenta las diferencias numéricas las cuales nos indicaron que para el factor A no hubo mucha diferencia entre sus medias solo que el subfactor A3 obtuvo el mayor valor en crecimiento (Cuadro 6 y Figura 6). En el caso del factor B fue el subfactor B3, el que obtuvo el mayor valor y el subfactor B1 con el menor valor como lo indica el Cuadro 7.

Cuadro 7. Medias de crecimiento en diámetro de copa de cada evaluación para el factor B (preparación del sitio).

Factor	Descripción	Crecimiento en cada evaluación (cm)			Crecimiento total (cm)
		Evaluación: mes 1	Evaluación: mes 2	Evaluación: mes 4	
B1	Cepa común	1.2344	2.0644	2.4598	5.7586
B2	Zanja	1.1911	2.1378	3.0617	6.3906
B3	Cepa profunda	1.3231	2.5943	3.2958	7.2132
B4	Bordos en curvas a nivel	1.2225	1.6928	2.7053	5.6206

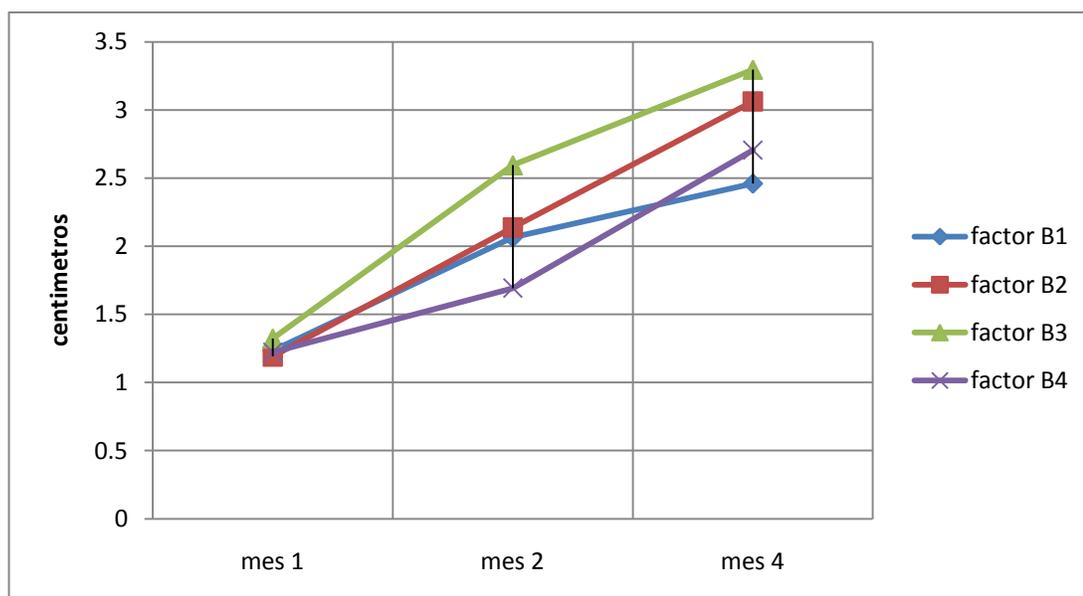


Figura 7. Medias de crecimiento en diámetro de copa para el Factor B (preparación del sitio).

4.1.3 Crecimiento en altura

Para esta variable primero se realizó el análisis de varianza hasta la medición del primer mes y se interpretó que sí hay diferencias estadísticas para el factor A y en cuanto al mayor valor en crecimiento en las tres mediciones que se realizaron fue para el factor A3 (planta en bolsa de polietileno de 1500 ml), además que cada preparación de planta se mantuvo en la misma posición con respecto a la comparación de las medias de crecimiento, como se muestra en el Cuadro 8 y la Figura 8.

Cuadro 8. Medias de crecimiento en altura de cada evaluación para el factor A (preparación de planta).

Factor	Descripción	Crecimiento en cada evaluación (cm)			Crecimiento total (cm)
		Evaluación: mes 1	Evaluación: mes 2	Evaluación: mes 4	
A1	Planta en charola	0.6071	1.6250	2.3723	4.6044
A2	Planta en bolsa de polietileno de 750 ml	0.7150	1.9125	3.2331	5.8606
A3	Planta en bolsa de polietileno de 1500 ml	1.1042	2.2275	3.5142	6.8459

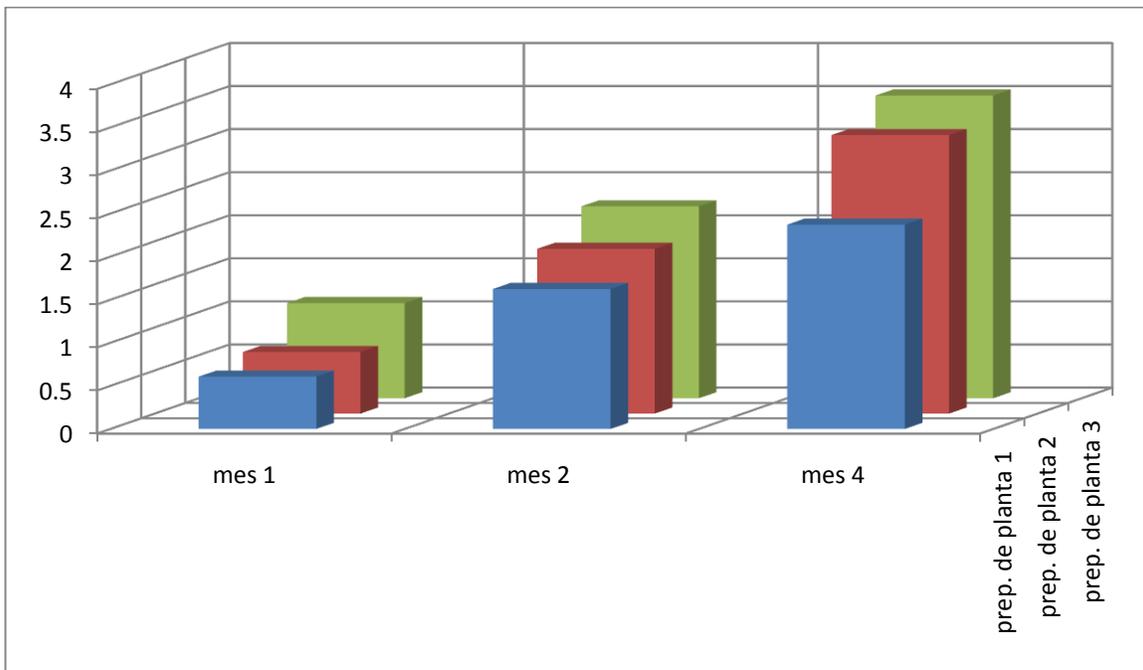


Figura 8. Grafica para las medias de crecimiento en altura dentro del factor A (preparación de planta).

En el caso del factor B fue muy notorio encontrar que el subfactor B2 fue constante en su posición de menor valor en la primera y segunda medición como se pueden observar los valores en la Figura 9, el factor B4 tuvo un crecimiento casi de 2.5 cm por encima de las demás preparaciones del sitio (Cuadro 9).

Cuadro 9. Medias de crecimiento en altura de cada evaluación para el factor B.

Factor	Descripción	Crecimiento en cada evaluación (cm)			Crecimiento total (cm)
		Evaluación: mes 1	Evaluación: mes 2	Evaluación: mes 4	
B1	Cepa común	0.8756	2.1122	3.1678	6.1556
B2	Zanja	0.5644	1.5178	2.775	4.8572
B3	Cepa profunda	0.8939	2.1072	2.8189	5.820
B4	Bordos en curvas a nivel	0.9011	1.9494	3.3978	6.2483

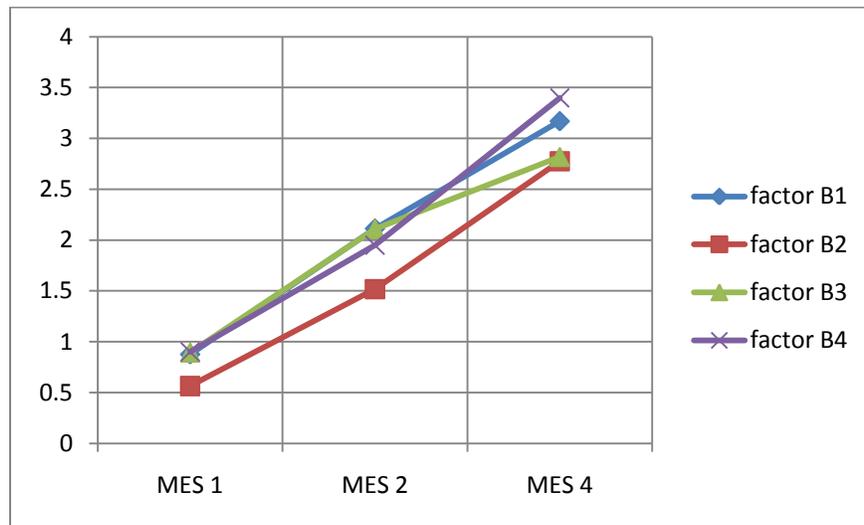


Figura 9. Grafica para medias de crecimiento en altura dentro de la preparación del sitio (factor B).

Además de comparar los factores también se hizo un análisis de la combinación de ambos y sus respectivas variables dando un total de 12 combinaciones las cuales se observan en el Cuadro 10 y la Figura 10, con los valores de las mediciones hasta el cuarto mes. Lo que nos dio un resultado notorio para el caso de la combinación 12 (planta en maceta de polietileno de 1500 ml y bordos continuos en curvas a nivel) con el mayor valor en crecimiento de altura y diámetro basal; para el crecimiento en diámetro de copa solo superó a las combinaciones de factores 10, 4 y 3 pues el mayor valor lo obtuvo la combinación 1.

Cuadro 10. Medias de crecimiento de tres variables para la evaluación al cuarto mes, mostrando las 12 combinaciones entre los factores A y B.

Combinación	Evaluación final de crecimiento en las variables:		
	Ø basal (mm)	Ø de copa (cm)	Altura (cm)
1	0.648	2.998	3.007
2	0.697	2.095	2.737
3	0.841	2.287	3.760
4	0.849	2.633	2.883
5	0.485	2.907	3.133
6	1.042	3.645	2.308
7	0.788	3.583	2.153
8	1.046	2.833	3.023
9	0.804	3.471	3.280
10	0.612	2.308	1.446
11	0.676	3.140	4.039
12	1.403	2.668	4.708

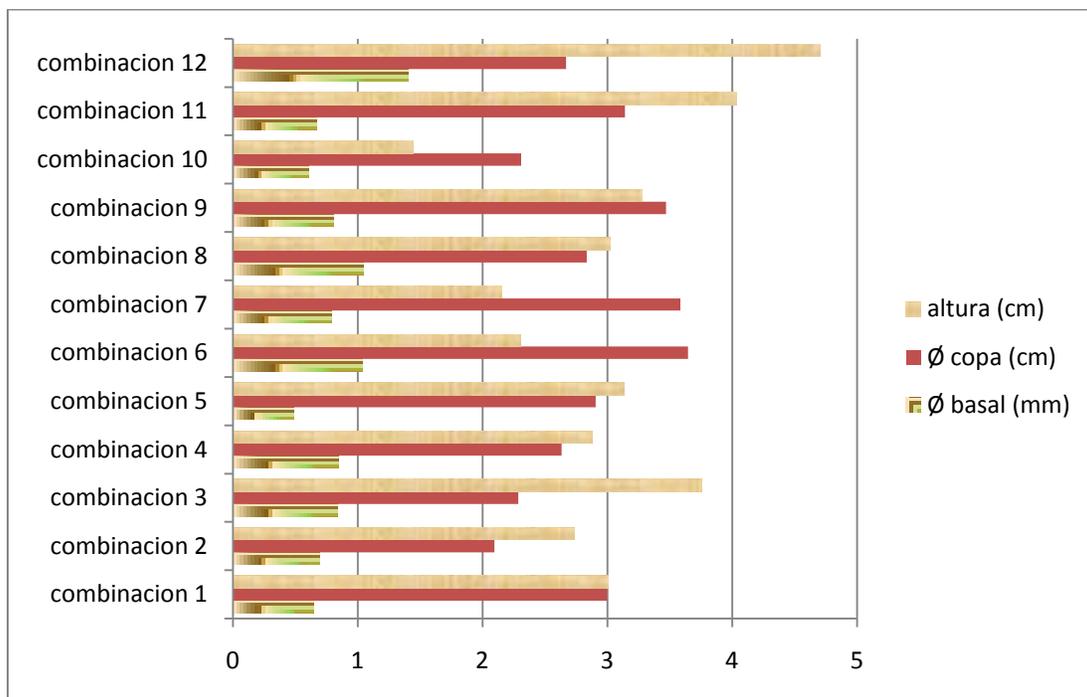


Figura 10. Representación de las medias de cada combinación entre los factores A y B en la evaluación al cuarto mes de la plantación.

En la evaluación al cuarto mes no se encontraron diferencias estadísticas con el análisis de varianza, empleando $\alpha=0.05$, y en cuanto a las diferencias numéricas en el factor A se volvió a mantener el subfactor A3 con el mayor valor como en las evaluaciones anteriores y en el caso del factor B cambió un poco con los valores menores pero se colocó el subfactor B4 en el mayor valor de crecimiento.

El Cuadro 11 contiene los datos de cada medición nos muestra la diferencia que hay en cada evaluación, también en este caso los datos se representan por tratamientos.

Cuadro 11. Medias de cada evaluación registrada para altura.

TRATAMIENTO	ALTURA			
	Evaluación inicial	Evaluación: mes 1	Evaluación: Mes 2	Evaluación: Mes 4
1	21.633	21.808	23.077	23.854
2	22.267	23.207	24.071	25.271
3	19.300	19.692	21.423	22.292
4	22.700	23.360	24.867	25.583
5	23.667	24.333	25.200	24.340
6	25.167	25.571	26.057	27.428
7	21.400	22.107	23.013	23.553
8	21.067	22.157	23.786	24.257
9	24.567	25.600	26.733	27.847
10	22.643	21.527	22.055	22.759
11	22.300	22.771	24.214	26.238
12	21.007	23.055	24.200	26.091

4.1.4 Sobrevivencia

A través de los datos que se recabaron en las mediciones tanto del primero, del segundo y del cuarto mes no hubo mortalidad por situación aledaña a las condiciones del sitio, para las plantas que sufrieron daños severos por la fauna local no se les tomo en cuenta dentro del análisis estadístico ya que no se evaluó la participación de la fauna.

4.2 Resultados por tratamiento

Para la medición inicial y hasta la medición del primer mes si se encontraron diferencias estadísticas en cuanto al crecimiento en diámetro basal, pues el tratamiento 12 resultó ser diferente de los tratamientos 1, 2, 5, 9 y 11. Por lo que es importante mencionar este punto y describiendo los valores de los demás tratamientos en el Cuadro 12.

Cuadro 12. Prueba de Tukey de separación de medias para el crecimiento en diámetro basal de la medición del primer mes por tratamientos.

Tratamiento	N	Media (mm)	Agrupación Tukey
12	3	0.8313	A
8	3	0.4440	B A
4	3	0.3913	B A
6	3	0.3040	B A
7	3	0.2780	B A
10	3	0.2450	B A
3	3	0.2262	B A
1	3	0.2240	B A
9	3	0.1940	B
11	3	0.1503	B
2	3	0.1382	B
5	3	0.1200	B

N= número de repeticiones.

Al final se hizo un análisis de varianza de los datos recabados desde la medición inicial hasta la última medición al cuarto mes de efectuada la plantación, pero ahora se evaluaron las variables en razón a los 12 tratamientos resultantes donde nos indica que para el crecimiento en diámetro basal no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre alguna de las medias de cada tratamiento dando un coeficiente de variación del 45.53 % para este caso.

Ahora con el análisis de varianza aplicando $\alpha=0.05$ no se encontraron diferencias significativas para el diámetro basal como lo antes mencionado pero si se tomaron diferencias numéricas para este estudio quedando con el mayor valor el tratamiento 12 (Cuadro 13).

Cuadro 13. Prueba de Tukey para la separación de medias de crecimiento en diámetro basal al cuarto mes de la plantación.

TRATAMIENTO	N	MEDIA (mm)	AGRUPACION TUKEY
12	3	1.4031	A
			A
8	3	1.0452	A
			A
6	3	1.0418	A
			A
4	3	0.8487	A
			A
3	3	0.8408	A
			A
9	3	0.8040	A
			A
7	3	0.7880	A
			A
2	3	0.6967	A
			A
11	3	0.6760	A
			A
1	3	0.6482	A
			A
10	3	0.6119	A
			A
5	3	0.4853	A
			A

N=número de repeticiones por tratamiento.

Para la segunda variable que fue diámetro de copa, el crecimiento de cada tratamiento no presentó diferencias estadísticas entre sus medias y como anteriormente, se discutió la diferencia numérica arrojada por la prueba de Tukey de separación de medias, para obtener los mayores valores que en esta variable quedaron para el tratamiento 6 y con el menor valor para el tratamiento 2 con una diferencia de 1.5 cm y el orden final de cada tratamiento quedo como lo muestra el Cuadro 14.

Cuadro 14. Prueba de Tukey para la separación de medias de crecimiento en diámetro de copa al cuarto mes de la plantación.

TRATAMIENTO	N	MEDIA (cm)	AGRUPACION TUKEY
6	3	3.6450	A
			A
7	3	3.5833	A
			A
9	3	3.4707	A
			A
11	3	3.1400	A
			A
1	3	2.9978	A
			A
5	3	2.9067	A
			A
8	3	2.8333	A
			A
12	3	2.6675	A
			A
4	3	2.6333	A
			A
10	3	2.3083	A
			A
3	3	2.2867	A
			A
2	3	2.0950	A
			A

N= número de repeticiones de cada tratamiento.

El Cuadro 15 muestra los valores de las medias de crecimiento en altura en los cuales se observa que para la evaluación del primer mes de la plantación y a

través del análisis de varianza si se encontraron diferencias estadísticas significativas, deduciendo que el tratamiento 12 es diferente a los tratamientos 6, 10 y 11.

Cuadro 15. Prueba de Tukey de separación de medias, para el crecimiento en altura por tratamientos de la medición del primer mes mostrando diferencias estadísticas significativas.

TRATAMIENTO	N	MEDIA (CM)	AGRUPACION TUKEY
12	3	1.9000	A
			A
3	3	1.1167	B A
			B A
9	3	1.0333	B A
			B A
8	3	0.9417	B A
			B A
1	3	0.7867	B A
			B A
2	3	0.7233	B A
			B A
7	3	0.7067	B A
			B A
5	3	0.6667	B A
			B A
4	3	0.6600	B A
			B A
11	3	0.5283	B
			B
6	3	0.3667	B
			B
10	3	0.2750	B
			B

N= número de repeticiones.

Por último en el análisis del crecimiento en altura no se encontraron diferencias estadísticas que afirmaran alguna diferencia entre las medias de los tratamientos con respecto a esta variable y como sucedió con las variables anteriores solo se discutió la diferencia numérica mostrando los valores de las medias de mayor a menor de cada tratamiento en el Cuadro 16.

Cuadro 16. Prueba de Tukey para la separación de medias de crecimiento en altura al cuarto mes de la plantación.

TRATAMIENTO	N	MEDIA (cm)	AGRUPACION TUKEY
12	3	4.708	A
			A
11	3	4.039	A
			A
3	3	3.760	A
			A
9	3	3.280	A
			A
5	3	3.133	A
			A
8	3	3.023	A
			A
1	3	3.007	A
			A
4	3	2.883	A
			A
2	3	2.737	A
			A
6	3	2.308	A
			A
7	3	2.153	A
			A
10	3	1.446	A
			A

N= número de repeticiones de cada tratamiento.

Se observa en el Cuadro 6, como el tratamiento 12 obtuvo los valores más altos para el crecimiento en altura indicando de esta manera una diferencia superior ante los demás tratamientos.

En el Cuadro 17 y la Figura 11 se muestran el desempeño de cada tratamiento en la evaluación al cuarto mes de la plantación, con las variables evaluadas para observar sus diferencias. Como se mencionó anteriormente el mejor desempeño fue para el tratamiento 12 en crecimiento del diámetro basal y de altura, pero en el crecimiento en diámetro de copa solo superó a los tratamientos 10, 4, 3 y 2.

Cuadro 17. Porcentaje de sobrevivencia y medias de crecimiento, para las variables evaluadas al cuarto mes de la plantación.

Tratamiento	Evaluación final de crecimiento en las variables:			Sobrevivencia (%)
	Ø basal (mm)	Ø de copa (cm)	Altura (cm)	
1	0.6482	2.9978	3.007	100
2	0.6967	2.095	2.737	100
3	0.8408	2.2867	3.76	99
4	0.8487	2.6333	2.883	100
5	0.4853	2.9067	3.133	100
6	1.0418	3.645	2.308	99
7	0.788	3.5833	2.153	100
8	1.0452	2.8333	3.023	100
9	0.804	3.4707	3.28	100
10	0.6119	2.3083	1.446	100
11	0.676	3.14	4.039	100
12	1.4031	2.6675	4.708	100

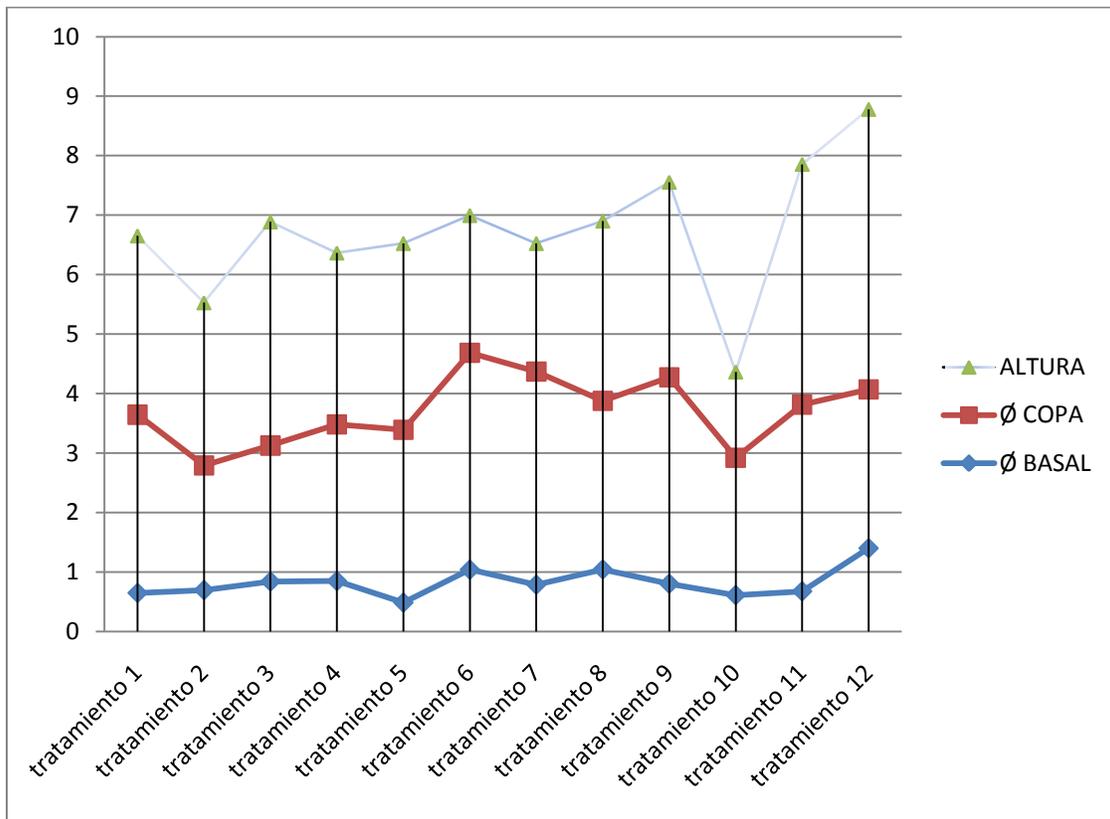


Figura 11. Valores de cada tratamiento en la evaluación al cuarto mes, con respecto al crecimiento de las variables: diámetro basal (mm), diámetro de copa y altura (cm).

Para analizar de mejor manera se presenta la grafica (Figura 12) que describe el crecimiento y las posiciones de cada tratamiento para el crecimiento en diámetro basal, ya que en algunos tratamientos se mantienen constantes sus posiciones con respecto a los demás, en cambio otros tratamientos como el 12 y el 10 si presentaron varios cambios en cada medición lo que nos indica que hay diferencias entre los tratamientos (Cuadro 18).

Cuadro 18. Medias de crecimiento en diámetro basal de cada evaluación por tratamiento.

Tratamiento	Crecimiento en cada evaluación en diámetro basal (mm)			Crecimiento total (mm)
	Evaluación: mes 1	Evaluación: mes 2	Evaluación: mes 4	
1	0.224	0.358	0.6482	1.2302
2	0.1382	0.4043	0.6967	1.2392
3	0.2262	0.692	0.8408	1.759
4	0.3913	0.5967	0.8487	1.8367
5	0.12	0.2813	0.4853	0.8866
6	0.304	0.6287	1.0418	1.9745
7	0.278	0.592	0.788	1.658
8	0.444	0.6415	1.0452	2.1307
9	0.194	0.4733	0.804	1.4713
10	0.245	0.3392	0.6119	1.1961
11	0.1503	0.4372	0.676	1.2635
12	0.8313	1.1093	1.4031	3.3437

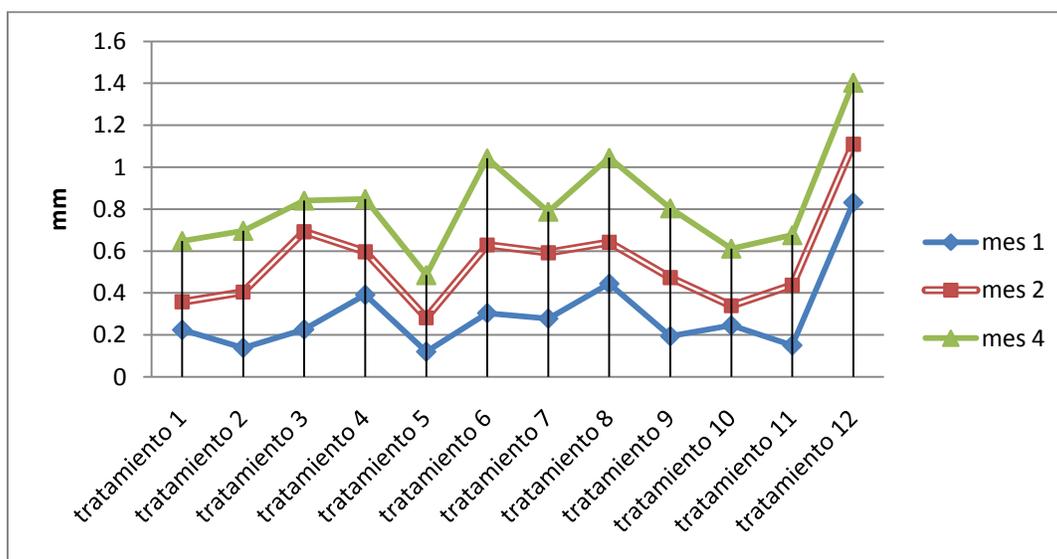


Figura 12. Curvas de crecimiento en diámetro basal en el primer, segundo y cuarto mes por tratamiento.

Para el caso de la segunda variable que fue diámetro de copa, el crecimiento que presentó cada tratamiento en las tres mediciones nos muestra en el Cuadro 19 y la Figura 13, los tratamientos 1, 2 y 5 muestran los menores crecimientos al final de las evaluaciones, así como el tratamiento 12 se comportó diferente en comparación con las demás variables.

Cuadro 19. Medias de crecimiento en diámetro de copa para cada evaluación por tratamiento.

Tratamiento	Crecimiento en cada evaluación en diámetro de copa (cm)			Crecimiento total (cm)
	Evaluación: mes 1	Evaluación: mes 2	Evaluación: mes 4	
1	1.5833	2.9533	2.9978	7.5344
2	0.9942	1.73	2.095	4.8192
3	1.0842	1.55	2.2867	4.9209
4	1.02	1.56	2.6333	5.2133
5	1.6067	2.5567	2.9067	7.0701
6	1.1967	2.33	3.645	7.1717
7	1.7767	2.8213	3.5833	8.1813
8	0.7825	2.205	2.8333	5.8208
9	1.11	2.7567	3.4707	7.3374
10	0.8542	1.1583	2.3083	4.3208
11	1.7333	2.2833	3.14	7.1566
12	1.1633	1.6567	2.6675	5.4875

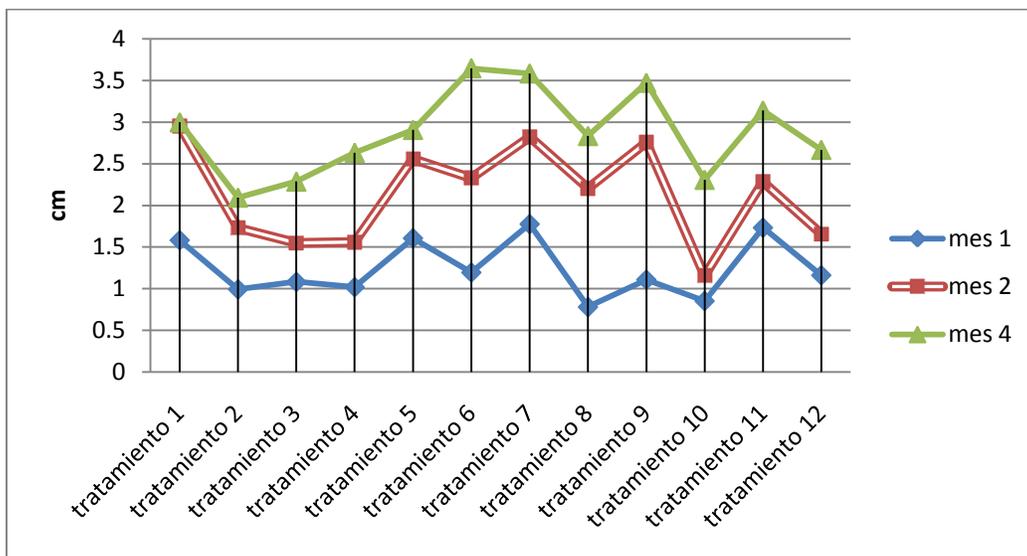


Figura 13. Curva de crecimiento en diámetro de copa para las 3 mediciones de la plantación.

La tercera variable que fue crecimiento en altura mostró un buen incremento en los tratamientos 5, 6, 11 y 12, y para los demás tratamientos se denota un comportamiento constante en su crecimiento (Cuadro 20 y Figura 14).

Cuadro 20. Medias de crecimiento en altura de cada evaluación por tratamiento.

Tratamiento	Crecimiento en cada evaluación en altura (cm)			Crecimiento total (cm)
	Evaluación: mes 1	Evaluación: mes 2	Evaluación: mes 4	
1	0.7867	1.92	3.007	5.7137
2	0.7233	1.5667	2.737	5.027
3	1.1167	2.85	3.76	7.7267
4	0.66	2.1667	2.883	5.7097
5	0.6667	1.5333	3.133	5.333
6	0.3667	0.8533	2.308	3.528
7	0.7067	1.6133	2.153	4.473
8	0.9417	2.5417	3.023	6.5064
9	1.0333	2.1667	3.28	6.48
10	0.275	0.8	1.446	2.521
11	0.5283	2.0083	4.039	6.5756
12	1.9	3.04	4.708	9.648

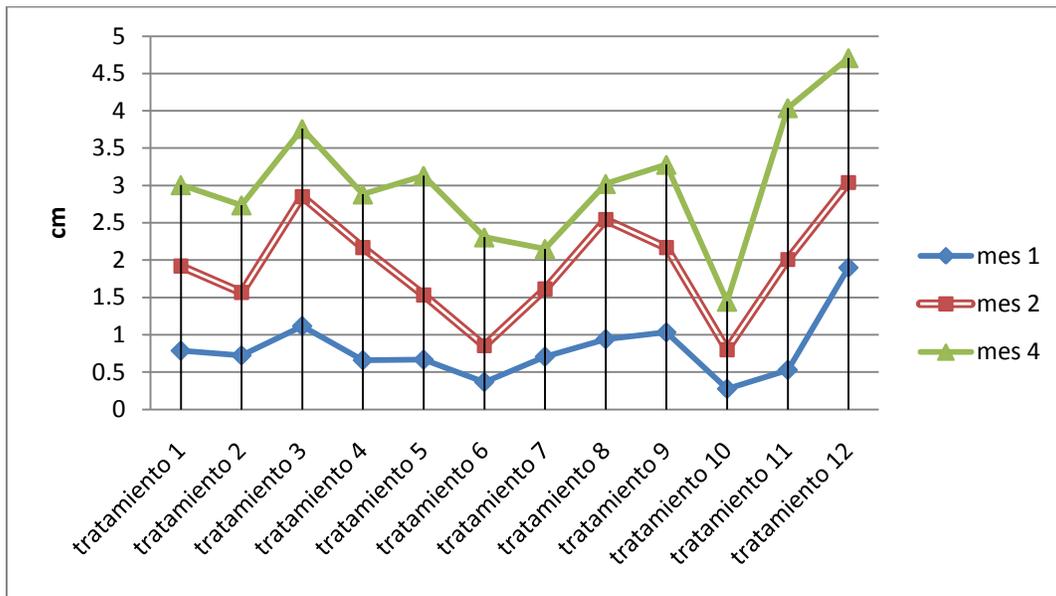


Figura 14. Curva de crecimiento en altura al 1º, 2º y 4º mes de la plantación.

4.2.1 Supervivencia

En la última medición que fue al cuarto mes solo se registraron dos plantas muertas debido a las condiciones del sitio siendo solo el 1.11 % de mortalidad y fue para los tratamientos 6 en la repetición 1 con una planta afectada y también el tratamiento 3 con una planta en la repetición 3. Con daños por fauna fueron afectadas 14 plantas pero como se mencionó anteriormente estos datos fueron descartados dentro del análisis estadístico (Apéndice 1).

Para la evaluación de esta variable no se llevó a cabo un análisis de varianza debido a que no se presentaron valores importantes en cuanto a la mortalidad de las plantas como se muestra en el Cuadro 21, solo dos plantas registraron mortalidad, debido a las condiciones del área y de los tratamientos que se les aplicó.

Cuadro 21. Porcentaje de sobrevivencia entre factores A y B para el cuarto mes de la plantación.

Factor	sobrevivencia	Causa
Factor A	100 %	No se presentó mortalidad en cuanto al sitio o los tratamientos
Factor B	100 %	No se presentó mortalidad en cuanto al sitio o los tratamientos
Interacción factor A*B	100 %	No se presentó mortalidad en cuanto al sitio o los tratamientos

V. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados del estudio sobre la sobrevivencia y el crecimiento en las variables de diámetro basal, diámetro de copa y altura para una plantación de *Pinus cembroides* en sitios difíciles establecida en el ejido San Juan de la Vaquería, municipio de Saltillo se presentan las siguientes conclusiones.

a) Se analizó el comportamiento de las variables tanto para los factores A y B como para sus interacciones con la finalidad de evaluar el crecimiento en cada medición y estudiar más de cerca los resultados finales de los tratamientos. Pues debido a que el tratamiento 12 (planta en bolsa de polietileno de 1500 ml y bordos continuos en curvas a nivel), obtuvo los valores más altos en las variables de crecimiento en diámetro basal (Cuadro 14) y de crecimiento en altura (Cuadro 16), y que sobre el crecimiento en copa superó 4 tratamientos siendo así el que superó con mayores valores las variables evaluadas.

Con relación a la sobrevivencia se observaron 4 plantas dañadas por la fauna local para el tratamiento 12 pero ningún tratamiento presentó mortalidad por las condiciones del sitio obteniéndose en este estudio una sobrevivencia del 100%.

b) Es importante mencionar el caso del crecimiento en diámetro de copa en el cual fue el tratamiento 6 el que obtuvo al final de las evaluaciones el valor más alto en crecimiento con una media de 7.1717 cm (Cuadro 15, Figura 13).

Debido al corto periodo de tiempo que se consideró para llevar a cabo el estudio fue la causa probable de que no se obtuvieron en su mayoría diferencias estadísticas significativas de los valores medios de cada factor, combinación de factores y tratamientos, pero en este caso se evaluó el crecimiento inicial de una plantación fue que se emplearon y discutieron las diferencias numéricas y se obtuvieron resultados aceptables.

Para determinar la planta con mayor calidad se tomo en cuenta los valores más altos de cada variable evaluada, conduciéndonos al factor A3 (planta en bolsa de polietileno de 1500 ml) ya que presentó los mayores valores, como menciona Capó (2001), que una mayor altura podrá ayudar a la planta a dominar el sitio; Cleary y Greaves (1977), nos dicen que un mejor diámetro de cuello da una aproximación de la sección transversal de transporte de agua, de la resistencia mecánica y capacidad para tolerar altas temperaturas en la superficie del suelo. Para el caso del diámetro de copa también fue el factor A3 el que obtuvo el mayor valor, cabe mencionar que aunque no se hizo un estudio o medición del sistema radicular para esta preparación de planta, este envase contiene un mayor volumen que los otros dos envases, lo que nos hace suponer que la raíz también presenta el mayor crecimiento, aumentando así las posibilidades de un mejor establecimiento inicial en campo, citando a Peñuelas y Ocaña (2000).

Aunque la plantación se efectuó el 8 de septiembre en temporada de lluvias, la proximidad del invierno pudo intervenir un poco en la disminución del crecimiento de las plantas.

VI. RECOMENDACIONES

Las recomendaciones que se hacen respecto a los resultados del presente estudio son las siguientes:

- Para obtener diferencias estadísticas significativas se deberá permitir un mayor tiempo para la evaluación de la plantación.
- También se recomienda llevar a cabo esta clase de estudios intercalando posibles alternativas para mejorar las características de diversos ecosistemas en condiciones poco favorables, para aumentar su calidad.

VII. LITERATURA CITADA

- Anderson D.C., Ostler W.K. 2002. Revegetation of degraded lands at U. S. Department of Energy and U. S. Department of Defense Installations: Strategies and suceses, Arid Land Research and Management 16 (3) pp 197-212.
- Bellot J., Sanchez J.R., Chirino E., Hernández N., Abdelli F., Martínez J.M. 1999. Effect of different vegetation cover on the soil water balance in semi-arid areas of south eastern Spain, Phys. Chem. Earth (B), 24 (4). pp 353-357.
- Birchler T., R. Rose, W. Royo, A. y Pardos, M. 1998. La planta ideal: Revisión del concepto, parámetros definitorios e implementación práctica. Invest. Agr.: Sist. Recur. For. Vol. 7(1y2): pp 110 – 119.
- Capó A., M. A. 2001. Establecimiento de plantaciones forestales: Los ingredientes del éxito. Primera edición, Ed. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 200 p.
- Castillo V., Martínez M., Albaladejo J. 1997. Runoff and soil loss response to vegetation removal in a semiarid environment, Soil Sci. Soc. Am. J. 61: 1116-1121.
- Castillo V., Querejeta J.I., Albaladejo J. 2001. Disponibilidad hídrica en repoblaciones de *Pinus halepensis* Mill. en medios semiáridos: Efectos de los métodos de preparación del suelo. Actas del III Congreso forestal español, Mesa 3. España. pp 94-99.
- Cleary B.D., Greaves R. 1977. Determining planting stock needs. En: Proc. Tree Planting in the Inland Northwest. Baumgartner D. M., Boyd R., Eds. Washington State University Cooperative Extension Service.
- Clevelend B., Kjelgren R. 1994. Establishment of six tree species on deep-tilled mine soil during reclamation, Forest Ecology and Management 68. pp 273-280.
- Cortina J., Valdecantos A., Seva J.P., Vilagrosa A., Bellot J., Vallejo V.R., 1997. Relación tamaño-supervivencia en plántones de especies arbustivas y arbóreas mediterráneas producidos en vivero. En: Actas II Congreso Forestal Español. pp 159-164.

- Cuevas L., J. G., A. Guerrero H., J.C. Gonzales O., H. Hernández M., M.L. Lira Q., J. Nieves F., D. Tejeda S., C.M. Vázquez M. y Cordoza V. 2006. Protección, Restauración y Conservación de suelos forestales. Manual de obras practicas. Comisión Nacional Forestal. México. 2^{da} Edic. 210 p.
- Díaz E., Roldán A. 2000. Effects of reforestation techniques on the nutrient content, photosynthetic rate and stomatal conductance of *Pinus halepensis* seedlings under semiarid conditions, Land Degrad. Develop. 11. pp 475-486.
- Díaz V., L., J. Climent M., J. Peters M., J. Puértolas S., D. Morales M., S. Jiménez P. y Sánchez G. L. 2004. Evaluación de la calidad de plántulas de *Pinus canarensis* cultivadas con diferentes métodos en la supervivencia y crecimiento en campo. In: III Reunión sobre Repob. For.; Cuad. Soc. Esp. Cien. For. 17: pp 63-67.
- Domínguez C., P. A., J. J. Návar C. y J. A. Loera O. 2001. Comparación del rendimiento de pinos en la reforestación de sitios marginales en Nuevo León. Madera y Bosques. Vol. 7(1): pp 27-35.
- Espejel C., O. 1993. Efecto de diferentes regímenes de fertilización sobre el crecimiento de *Pinus greggi* Engelm. en etapas de vivero. Tesis profesional UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 74 p.
- FIPRODEFO. 1998. Normas para el establecimiento de plantaciones comerciales. Guadalajara, Jalisco, México.
- Funk D.T., Limstrom G.A. 1974. Tall yellow-poplar seedlings still three years ahead of others. Tree Planters' Notes, 25: pp 8-9.
- García M., E. 1985. Estado actual de conocimiento de los piñoneros. Primer simposium nacional sobre pinos piñoneros. Universidad Autónoma de Nuevo león. México. 248 p.
- Gonzalez B., G., F. Martínez F., J. Albaladejo M. y Castillo S. V. 2004. Efectos de las técnicas de preparación del suelo y de la planta en repoblaciones con *Pinus halepensis* en medios mediterráneos semiáridos: Resultado de un ensayo a corto y medio plazo. In: III Reunión sobre Repob. For.; Cuad. Soc. Esp. Cien. For. 17: pp 125-129.
- Goor A. Y. 1964. Métodos de plantación forestal en zonas áridas. F.A.O. cuadernos de fomento forestal. No. 16. Roma, Italia. 265 p.

- Goor, A. Y. y Barney, C. W. 1976. Forest tree planting in arid zones. 2nd Ed. Ronald Press. New York. 504 p.
- Grantz D. A., Vaughn D.L., Farber R.J., Kim B., Ashbaugh L., VanCuren T., Campbell R., Bainbridge D., Zink T. 1998. Transplanting native plants to revegetate abandoned farmland in the western desert, J. Environ. Qual. 27. pp 960-967.
- Hernández P., V. M. 1991. Ensayo de adaptación de *Pinus cembroides* Zucc., *P. nelsonii* Shaw y *P. pinceana* Gordon, en dos estaciones de plantación en Zapalinamé, Saltillo, Coahuila. Tesis profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 150 p.
- Hobbs S.D., 1992. Seedling and site interactions. Reforestation Practices in Southwest Oregon and Northern California. Ed. Corvallis, Oregón, FRL. pp 114-134.
- Landis, T. D. 1990. Container types and functions. In: Landis, T.D., Tinus, R. W., S. E. McDonald y J. P. Barnett. (eds.). The containers tree Nursery Manual, Volume 2. Agric. Handbk. 674. Washington, D. C.: U. S. Department of Agriculture, Forest Service: USA. pp. 1-39.
- Martínez, M. 1948. Los pinos mexicanos. 2da Edic. Edit. Botas. México. 361 p.
- Martínez De Azagra, A. 1996. Diseño de sistemas de recolección de agua para la repoblación forestal. Ed. Mundi-prensa. Madrid. España.
- Mesón, M. Y Montoya, M. 1993. *Selvicultura Mediterránea*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.
- Mirov, N. T. 1967. The genus *Pinus*. The Ronald Press Company. New York. 602 p.
- Montoya O., J.M. y M.A. Cámara O. 1996. La planta y el vivero forestal. Primera edición. Ediciones grupo mundi-Prensa. Madrid. Barcelona, España. 126 p.
- Nájera, D., A. 1983. Ensayo de adaptación de seis especies de *Pinus* en la Sierra de San José de Boquillas, N.L. tesis profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 66 p.

- Navarro C., R. y G. Palacios P. 2004. Efecto de la calidad de planta, el procedimiento de preparación y la fecha de plantación en la supervivencia de una repoblación de *Pinus pinea* L.: Cuad. Soc. Esp. Cien. For. España. 17: 199-204.
- Olayo, M. A. y A. M. Mondragón. 1985. El manejo del pino piñonero. Primer Simposium Nacional sobre pinos piñoneros. Universidad Autónoma de Nuevo León. Unidad Linares, Nuevo León. México. 248 p.
- Peñuelas J., L. Ocaña B. 2000. Cultivo de plantas forestales en contenedor. Edit. Mundi-Prensa. 2da Edic. España. 190 p.
- Prieto R., Vera. G. E. Merlin B. 1999. Factores que influyen en la calidad de brinzales y criterios para su evaluación en vivero. INIFAP. Folleto técnico Núm. 12. Durango, México. 24 p.
- Querejeta J.I., Roldán A., Albaladejo J., Castillo V. 1998. The role of mycorrhizae, site preparation, and organic amendment in the afforestation of a semiarid Mediterranean site with *Pinus halepensis*, Forest Science 44-2. pp 203-211.
- Querejeta, J.I., Roldán, A., Albaladejo, J. y Castillo, V. 2001. Soil water availability improved by site preparation in a *Pinus halepensis* afforestation under semiarid climate. For. Ecol. Manage. 149: 115-128.
- Ritchie, G. 1984. Assessing Seedling Quality; Forest Nursery manual: Production of Bareroot seedlings. Duryea M. y Landis T. D., ed. Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk Publishers, The Hague, pp. 243-259.
- Robert, M. F. 1977. Notas sobre el estudio ecológico y fitogeográfico de los bosques de *Pinus cembroides* Zucc. en México. Ciencia forestal. 2 (10): pp 49-58.
- Rodríguez S., R. 1989. Ensayo de adaptación de cinco especies del género *Pinus*. Tesis profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 75 p.
- Roldán A., Querejeta I., Albaladejo J., Castillo V. 1996. Survival and growth of *Pinus halepensis* Miller seedlings in a semiarid environment after forest soil transfer, terracing and organic amendments, Ann. Sci. For. 53. pp 1099-1112.
- Rose R., Carlson W.C., Morgan P., 1990. The target seedling concept. En: Target Seedling Symposium: Proc. Combined Meeting Western Forest Nursery

Associations. Rose, R., Campbell S. J., Landis T. D., eds. USDA. Forest Service, GTR RM-200. pp 1-8.

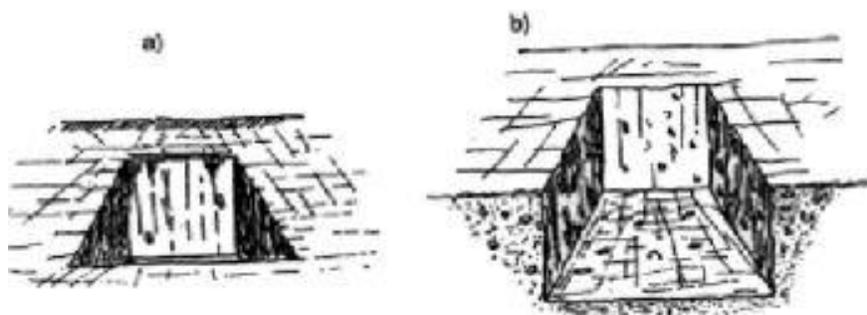
- Ruano, M. R. 2003. *Viveros Forestales*. Edit. Mundi-Prensa. España. 281 p.
- Rzendowski, J. 1978. *La vegetación de México*. Edit. Limusa. 432 p.
- Smith, D. M., B. C. Larson, M. J. Kelty, and P. M. S. Ashton. 1997. *The practice of silviculture: Applied Forest Ecology*. 9th ed. Wiley, New York. 537 p.
- South D.B., Rose R.W., McNabb K.L. 2001. Nursery and site preparation interaction research in the United States, *New Forest* 22. pp 43-58.
- Thompson, B. E. 1985. Seedling morphology: what you can tell by looking. *In: Evaluating Seedling Quality: Principles, Procedures, and Predictive Abilities of Major Tests*. Duryea M. L., ed. Corvallis, Oregon, FRL. pp 59-71.
- Torres R., L. y M. T. Octavio. 2001. *Evaluación de plantaciones forestales*. Edit. Limusa. 1ra Edic. México. 472 p.
- Westveld, R. H. y P. H. Peack. 1946. *Forestry in farm management*. John Wiley. New York. 339 p.
- Zárate L., A. 1982. *Ensayo de dos especies y una variedad de Pinus con dos diferentes sistemas de plantación para trabajos de reforestación en zonas semiáridas*. Tesis profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 90 p.
- Zobel, B. y Talbert, J. 1988. *Técnicas de mejoramiento genético de arboles forestales*. LIMUSA. México. 545 p.

VIII. APENDICE

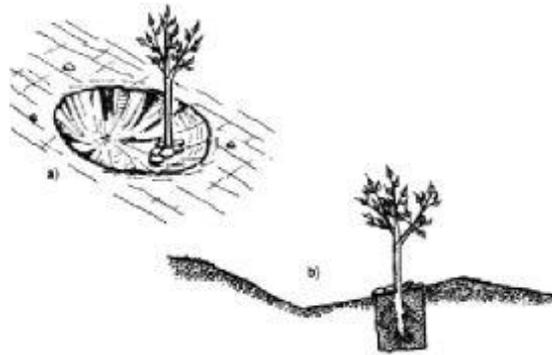
Apéndice 1. Cuadro para evaluar las causas de mortalidad presentes en el estudio.

Tratamiento	Causa de muerte o daño	# plantas afectadas
1	Fauna local	2
2	Fauna local	1
3	Fauna local	1
	condiciones del sitio	1
4		0
5		0
6	condiciones del sitio	1
7		0
8	Fauna local	1
9		0
10	Fauna local	4
11	Fauna local	1
12	Fauna local	4

Apéndice 2. Métodos de preparación del terreno más comunes en México.



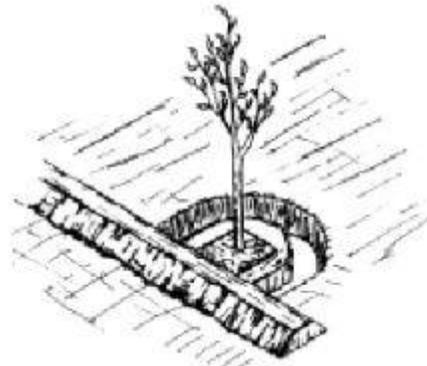
Cepa común: a) vista superior; y b) corte transversal.



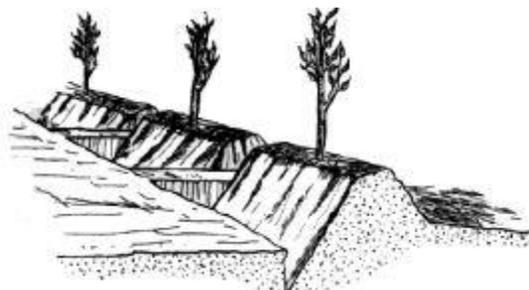
Sistema Español: a) vista superior; y b) corte lateral



Sistema Sauceda I (vista lateral superior).

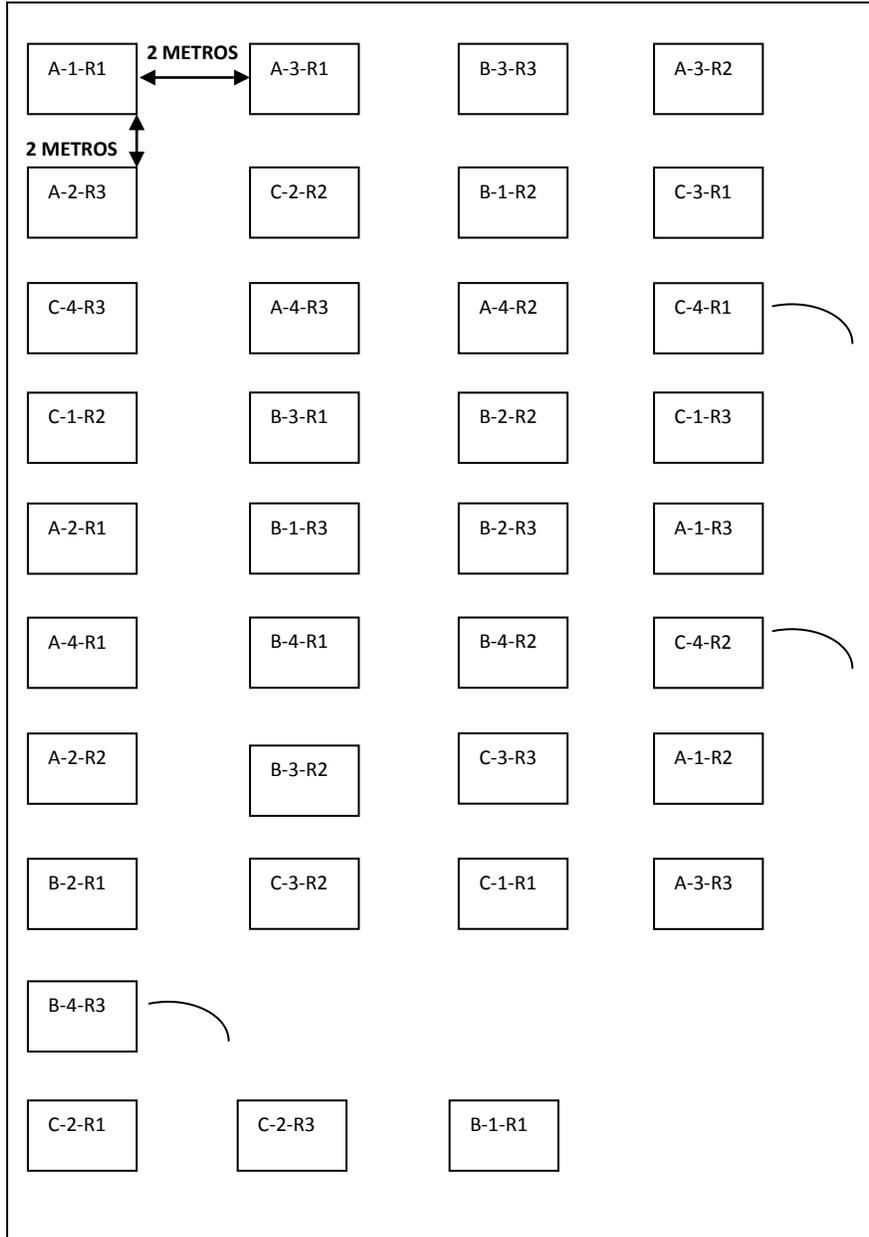


Sistema Sauceda II (vista superior).



Sistema Gradoni (vista lateral con corte).

Apéndice 3. Distribución de las unidades experimentales en campo con 5 plantas cada una.



A= planta en charola; B= planta en bolsa de p. de 750 ml.; C= planta en bolsa de p. de 1500 ml.

1= cepa común; 2= zanja; 3= cepa profunda; 4= bordos en curvas a nivel.

R1, R2, R3= Repeticiones;  curvas a nivel.