

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



**Efecto del Tipo de Planta y la Preparación del Sitio en la Sobrevivencia y
Crecimiento de *Pinus pinceana* Gordon en Sitios Difíciles**

Por:

Jeiver Díaz Delgado

TESIS

Presentada como requisito parcial

para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Buenvista, Saltillo, Coahuila; Diciembre de 2010.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL

Efecto del Tipo de Planta y la Preparación del Sitio en la Supervivencia y

Crecimiento de *Pinus pinceana* Gordon en Sitios Difíciles

Tesis profesional

Presentada por:

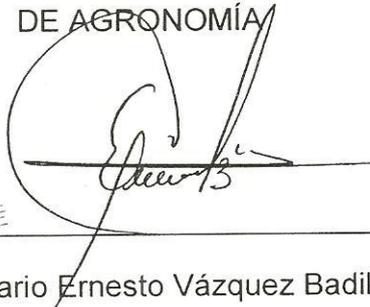
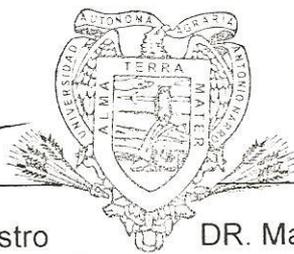
Jeiver Díaz Delgado

Como requisito parcial para obtener el título de:

Ingeniero forestal

ASESOR PRINCIPAL

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN
DE AGRONOMÍA



M.C. José Armando Nájera Castro

DR. Mario Ernesto Vázquez Badillo

Coordinación
División de Agronomía

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México; Diciembre de 2010.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO FORESTAL

Efecto del Tipo de Planta y la Preparación del Sitio en la Supervivencia y
Crecimiento de *Pinus pinceana* Gordon en Sitios Difíciles

Tesis profesional

Presentada por:

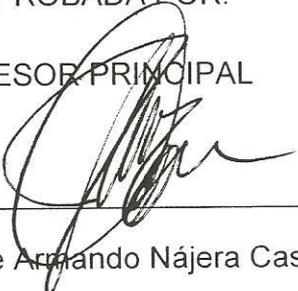
Jeiver Díaz Delgado

Como requisito parcial para obtener el título de:

Ingeniero forestal

APROBADA POR:

ASESOR PRINCIPAL


M.C. José Armando Nájera Castro

SINODAL

SINODAL


DR. Miguel Ángel Capó Arteaga


Ing. Sergio Braham Sabag

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México; Diciembre de 2010.

DEDICATORIA

A DIOS

Por permitirme concluir esta meta muy importante de mi vida que es mi profesión, y por acompañarme en mi caminar aún en los momento más difíciles.

A MIS PADRES:

Samuel Díaz Reyes

Blanca Estela Delgado Flores

Por darme su cariño y apoyo incondicional, por sus buenos consejos, que siempre los tomaré en cuenta, por buscar siempre la manera de apoyarme a como de lugar, aunque en momentos era difícil pero aún así nunca me dejaron solo, los quiero mucho.

A MIS HERMANOS:

Oliver, Dariela, Yareli, Víctor, Sergio, Alberto y Gumaro †. Por brindarme su apoyo incondicional y por estar siempre pendiente de mí, estoy orgulloso de ellos.

A MIS ABUELOS:

Miguel Díaz Contreras, Ma. Guadalupe Reyes Romero, Delfina Flores † y Antonio Delgado. Por su gran cariño y sus oraciones para estar siempre con salud y felicidad.

A MIS TIOS:

Evelia y Efrén, por su cariño y apoyo que siempre me han brindado.

A MIS AMIGOS:

Por acompañarme en mis alegrías y en momentos difíciles, y por su gran apoyo y confianza.

AGRADECIMIENTOS

A **DIOS** por depositar en mí la capacidad para poder lograr mis objetivos y por mantenerme con salud y bienestar.

A MI **ALMA MATER** por abrirme sus puertas y prepararme para enfrentar los retos de la vida con fuerza, 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 DEPARTAMENTO FORESTAL** por su colaboración al realizar muy bien sus labores cotidianas.

AL **M.C. JOSÉ ARMANDO NÁJERA CASTRO** por sus importantes enseñanzas tanto en el salón de clase como en campo al realizar las prácticas y además por la ayuda que me brindó para poder llevar a cabo este proyecto, que sin su apoyo no hubiera sido posible.

AL **Dr. MIGUEL ÁNGEL CAPÓ ARTEAGA** por contribuir en la realización de este proyecto y por sus importantes aportaciones, así como sus cátedras en las materias que me impartió.

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

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

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE DE CUADROS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	v
RESUMEN	vi
I INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivo general.....	3
1.2 Hipótesis	3
II REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 Taxonomía de la especie	4
2.2 Características morfológicas de <i>Pinus pinceana</i> Gordon	4
2.3 Distribución	5
2.4 Importancia	6
2.5 Estatus de conservación	6
2.6 Calidad de planta	7
2.6.1 Altura	8
2.6.2 Diámetro.....	9
2.6.3 Biomasa total	9
2.6.4 Biomasa de la parte aérea	9
2.6.5 Biomasa de la raíz.....	10
2.6.6 Arquitectura de la raíz	10
2.6.7 Estado sanitario.....	10
2.6.8 Concentración de nutrientes	10
2.7 Variables morfológicas y fisiológicas en la supervivencia de los brinzales	11
2.8 Importancia de la calidad de planta	12
2.9 Sistemas de preparación del sitio para cosecha de agua.....	12
2.9.1 Cepa común.....	13
2.9.2 A pico de pala	13
2.9.3 Tuceros	14
2.9.4 Sistema Español	15
2.9.5 Saucedá I	16
2.9.6 Saucedá II	16
2.9.7 Zanja ciega.....	17

2.9.8 Zanja trinchera	18
2.9.9 Sistema Netzahualcóyotl	19
2.9.10 Sistema Gradoni.....	20
2.10 Sitios difíciles	20
III MATERIALES Y MÉTODOS	23
3.1 Localización y descripción del área de estudio	23
3.2 Procedimiento experimental	27
3.2.1 Preparación de la planta	27
3.2.2 Preparación del sitio	28
3.2.3 Plantación	28
3.2.4 Mediciones	28
3.2.5 Diseño experimental.....	29
3.2.6 Tratamientos	30
3.2.7 Unidad experimental	31
3.2.8 Variables evaluadas	31
3.3 Análisis estadístico	32
IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN	33
4.1 Resultados por tratamiento.....	33
4.1.1 Crecimiento en diámetro basal.....	34
4.1.2 Crecimiento en diámetro de copa.....	34
4.1.3 Crecimiento en altura	35
4.1.4 Supervivencia.....	36
4.2 Resultados por tipo de planta (Factor A)	37
4.2.1 Crecimiento en diámetro basal.....	37
4.2.2 Crecimiento en diámetro de copa.....	37
4.2.3 Crecimiento en altura	38
4.2.4 Supervivencia.....	39
4.3 Resultados por sistemas de preparación del sitio (Factor B).....	39
4.3.1 Crecimiento en diámetro basal.....	40
4.3.2 Crecimiento en diámetro de copa.....	40
4.3.3 Crecimiento en altura	41
4.3.4 Supervivencia.....	42
V CONCLUSIONES	43
VI RECOMENDACIONES.....	44
VII LITERATURA CITADA.....	45
APÉNDICE.....	49

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación taxonómica.	4
Cuadro 2. Descripción de los tratamientos.	30
Cuadro 3. Distribución de tratamientos realizada en campo.	31
Cuadro 4. Medias de crecimiento y porcentaje de sobrevivencia por tratamiento.	33

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Pinus pinceana</i> Gordon.	4
Figura 2. Distribución de <i>P. pinceana</i> Gordon en la república mexicana.	6
Figura 3. Cepa común.	13
Figura 4. A pico de pala.	14
Figura 5. Sistema tucero.	14
Figura 6. Sistema Español.	15
Figura 7. Sistema Saucedá I.	16
Figura 8. Sistema Saucedá II.	17
Figura 9. Zanja ciega.	18
Figura 10. Zanja trinchera.	18
Figura 11. Sistema Netzahualcóyotl.	19
Figura 12. Sistema Gradoni.	20
Figura 13. Ubicación del área de estudio.	23
Figura 14. Medias de crecimiento en diámetro basal por tratamiento.	34
Figura 15. Medias de crecimiento en diámetro de copa por tratamiento.	35
Figura 16. Medias de crecimiento en altura por tratamiento.	35
Figura 17. Medias de porcentajes de sobrevivencia por tratamiento.	36
Figura 18. Medias de crecimiento en diámetro basal por tipo de planta.	37
Figura 19. Medias de crecimiento en diámetro de copa por tipo de planta.	38
Figura 20. Medias de crecimiento en altura por tipo de planta.	38
Figura 21. Medias de porcentajes de sobrevivencia por tipo de planta.	39
Figura 22. Medias de crecimiento en diámetro basal por preparación del sitio.	40
Figura 23. Medias de crecimiento en diámetro de copa por preparación del sitio.	41
Figura 24. Medias de crecimiento en altura por preparación del sitio.	41
Figura 25. Medias de porcentajes de sobrevivencia por preparación del sitio.	42

RESUMEN

En la actualidad *Pinus pinceana* Gordon está sujeto a protección especial dentro de las especies raras y amenazadas, por presentar poblaciones restringidas y en pequeños rodales, por esta razón es necesario implementar técnicas de plantación que contribuyan a mejorar su establecimiento. Para contribuir a éste aspecto se realizó una plantación de *P. pincena* en el Ejido San Juan de la Vaquería, Municipio de Saltillo, Coahuila, en el cual se probaron tres tipos de planta producidas en diferente contenedor y cuatro estructuras de preparación del sitio, y se evaluó la sobrevivencia, el crecimiento en diámetro basal, diámetro de copa y la altura, a los 7 meses y medio de establecida la plantación; para esto se empleó un diseño completamente al azar con arreglo factorial donde el tipo de planta corresponde al factor A, y la preparación del sitio al factor B, la combinación de éstos conforman un tratamiento, obteniéndose 12 tratamientos con tres repeticiones cada uno, dando lugar a 36 unidades experimentales, y cada unidad experimental comprendió 5 plantas, siendo un total de 180 plantas evaluadas. El procesamiento de datos se realizó con el programa S.A.S. (Statistical Analysis System), con el cual se efectuó el análisis de varianza con su correspondiente prueba Tukey con $\alpha = 0.05$, obteniéndose los siguientes resultados.

No se encontraron diferencias estadísticas significativas por tratamiento en crecimiento y sobrevivencia, sin embargo, el Tratamiento 3 (cepa común con planta producida en charola copper block) arrojó el mayor crecimiento en diámetro basal con 1.18 mm; el Tratamiento 8 (cepa profunda con planta producida en maceta de polietileno de 750 ml) fue el mejor en diámetro de copa con 1.01 cm; el Tratamiento 5 (zanja individual con planta producida en maceta de polietileno de 750 ml) fue el de mayor en altura con 2.28 cm, y el Tratamiento 6 (zanja individual con planta producida en charola de copper block) presentó la mejor sobrevivencia con 66.67 %.

Para el tipo de planta no se encontraron diferencias estadísticas, sin embargo, el que presentó el mayor crecimiento en diámetro basal fue el A3 (Planta producida en charola copper block) con 0.78 mm; en el crecimiento en diámetro de copa sobresalió el A1 (Planta producida en maceta de polietileno de 1,500 ml) con 0.50

cm; en altura sobresalió el A2 (Planta producida en maceta de polietileno de 750 ml) presentando 1.46 cm, y en sobrevivencia el A3 (Planta producida en charola copper block) presentó el mayor porcentaje con 45 %.

Para la preparación del sitio tampoco se encontraron diferencias estadísticas, sin embargo, la preparación del sitio B1 (Cepa común) proporcionó el más alto crecimiento en diámetro basal con 0.85 mm; el B3 (Cepa profunda) presentó el mayor crecimiento en diámetro de copa con 0.67 cm; el B2 (Zanja individual) presentó el mejor crecimiento en altura con 1.86 cm, y por último el B2 (Zanja individual) tuvo la mayor sobrevivencia con 53.33 %.

Palabras clave:

Plantación, *Pinus pinceana*, sobrevivencia, crecimiento, preparación del sitio, tipo de planta.

I INTRODUCCIÓN

Las plantaciones comerciales son importantes debido a que representan la principal alternativa para abastecer las diferentes industrias forestales, las cuales también se realizan con fines de protección y recuperación de los suelos degradados, además reducen la presión que la gente ejerce sobre los bosques naturales. Las plantaciones representan el 20 % del abastecimiento total de madera para celulosa en el mundo y el dominio del mercado de celulosa lo están asumiendo países del hemisferio sur como Brasil, Chile, Australia, y Sudáfrica (Flores, 1990).

Año con año se llevan a cabo plantaciones forestales que no siempre tienen la sobrevivencia deseada, debido a que la calidad de planta no es óptima, y a diversos factores que limitan el establecimiento y crecimiento de los árboles. Entre estos últimos están exposición y disponibilidad de micrositios adecuados (Ramírez y Rodríguez, 2004).

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 de la planta, aportando un riego suplementario, puede mejorar una forestación y evitar su fracaso (Anderson *et al.*, 2002).

La calidad de planta está conformada por las características morfológicas y fisiológicas necesarias para vivir y crecer, en las condiciones ambientales en las que será plantada. Las características morfológicas más comúnmente citadas son: altura, diámetro a la altura del cuello, peso o volumen de la planta y sus partes aérea y subterránea, además de las características subjetivas como follaje vigoroso, tallo sin deformaciones, raíz fibrosa y carencia de plagas y enfermedades (Ramírez y Rodríguez, 2004).

La sobrevivencia de los brinzales establecidos es afectada por la calidad de planta. Los individuos más grandes son los que presentan una mayor supervivencia. Por lo anterior, los valores de diámetro y altura son útiles para predecir la calidad de planta en la especie citada, sin cuidar atributos morfológicos generales, tanto de la parte aérea como de la subterránea (Ramírez y Rodríguez, 2004).

En el sur de Coahuila existen varias especies de pinos piñoneros que cobran gran importancia económica, ecológica y científica. La superficie cubierta con piñoneros está por arriba de las 30 mil ha, y conforman masas puras que crecen en suelos de condiciones pobres, pero que su beneficio es tan alto que se les considera como el elemento fundamental del microclima que caracteriza a esta región (Flores *et al.*, 2004).

El presente estudio se realizó para conocer el desempeño de diferentes tipos de planta de *Pinus pinceana* Gordon en diferentes condiciones de preparación del suelo, para contar con herramientas precisas que podrían ser utilizadas en la planeación y establecimiento de plantaciones forestales en sitios difíciles.

1.1 Objetivo general

Evaluar el efecto del tipo de planta producida en diferentes sistemas de producción y de diferentes sistemas de preparación del sitio en la sobrevivencia y desarrollo de una plantación de *Pinus pinceana* Gordon en sitios difíciles.

1.2 Hipótesis

Ho: No existen diferencias estadísticas significativas en la sobrevivencia crecimiento entre los tipos de planta ni entre la preparación del sitio ni en la interacción entre ambos.

Ha: Al menos un tipo de planta y preparación del sitio es diferente.

II REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Taxonomía de la especie

Cuadro 1. Clasificación taxonómica.

Reino: Plantae
Phylum: Coniferophyta
Clase: Pinopsida
Orden: Pinales
Familia: Pinaceae
Género: Pinus
Epíteto específico: pinceana
Nombre Científico: <i>Pinus pinceana</i>
Nombre del autor: Gordon et Glend.



Figura 1. *Pinus pinceana* Gordon.

2.2 Características morfológicas de *Pinus pinceana* Gordon

Según Martínez (1948), *Pinus pinceana* Gordon es un árbol de 6 a 12 metros de altura, de tronco corto frecuentemente ramificado desde cerca de la base; copa redondeada; corteza grisácea, lisa durante varios años; ramillas cenicientas, delgadas y colgantes, casi lisas, con las huellas de los fascículos apenas marcadas.

Hojas aglomeradas en la extremidad de las ramillas, en grupos de 3, ocasionalmente 4, de 6 a 8 cm, a veces hasta 10, rectas, anchamente triangulares, delgadas, de color verde claro, glaucas en sus caras internas, de borde entero, sin estomas en la cara externa y con ellos en las internas (4 hileras en cada una). Tienen un haz vascular y sus conductos resiníferos son externos, en números de 2;

las paredes exteriores de las células del endospermo son delgadas; el hipodermo es delgado y parejo, con dos hileras de células.

Las vainas son pronto caedizas y miden unos 5 mm.

Las yemas son cilíndricas y delgadas.

Los conillos son largamente pedunculados, oblongos, ligeramente atenuados en ambas extremidades, con escamas gruesas, fuertemente aquilladas, y provistas de una punta gruesa dirigida hacia la base del cono.

Conos suboblongos de 6 a 8 cm, a veces hasta 9, con pedúnculos de 20 mm; simétricos, colgantes y pronto caedizos, de color rojizo o amarillento anaranjado, brillantes, con relativamente pocas escamas, gruesas, de umbo dorsal muy grueso e irregular, de 25 mm de ancho por 33 de largo; apófisis poco levantada, quilla transversal patente, con la cúspide hundida, en cuyo centro se observa una pequeña punta gruesa y caediza.

La semilla mide unos 12 mm., tiene color obscuro y es comestible. Carece de ala. Solamente se desarrolla una de las dos que corresponden a cada escama.

La madera es suave y poco resinosa.

2.3 Distribución

P. pinceana es un pino piñonero que crece en poblaciones dispersas y aisladas, localizadas en dos grandes regiones a lo largo de la Sierra Madre Oriental en los Estados de Hidalgo, Querétaro, San Luis Potosí, Zacatecas y Coahuila (Perry, 1991; Ledig *et al.*, 2001).

Es una especie leñosa que se caracteriza y constituye la estructura fundamental de ciertos ecosistemas forestales que se encuentran en ambientes semiáridos (Perry, 1991).

A pesar de su potencial como un cultivo para ambientes semiáridos, se tiene escaso conocimiento de la respuesta de genotipos de *P. pinceana* que permitan la forestación en áreas naturales de distribución de la especie, con individuos que hayan demostrado ser genéticamente superiores (Eguiluz, 1998).

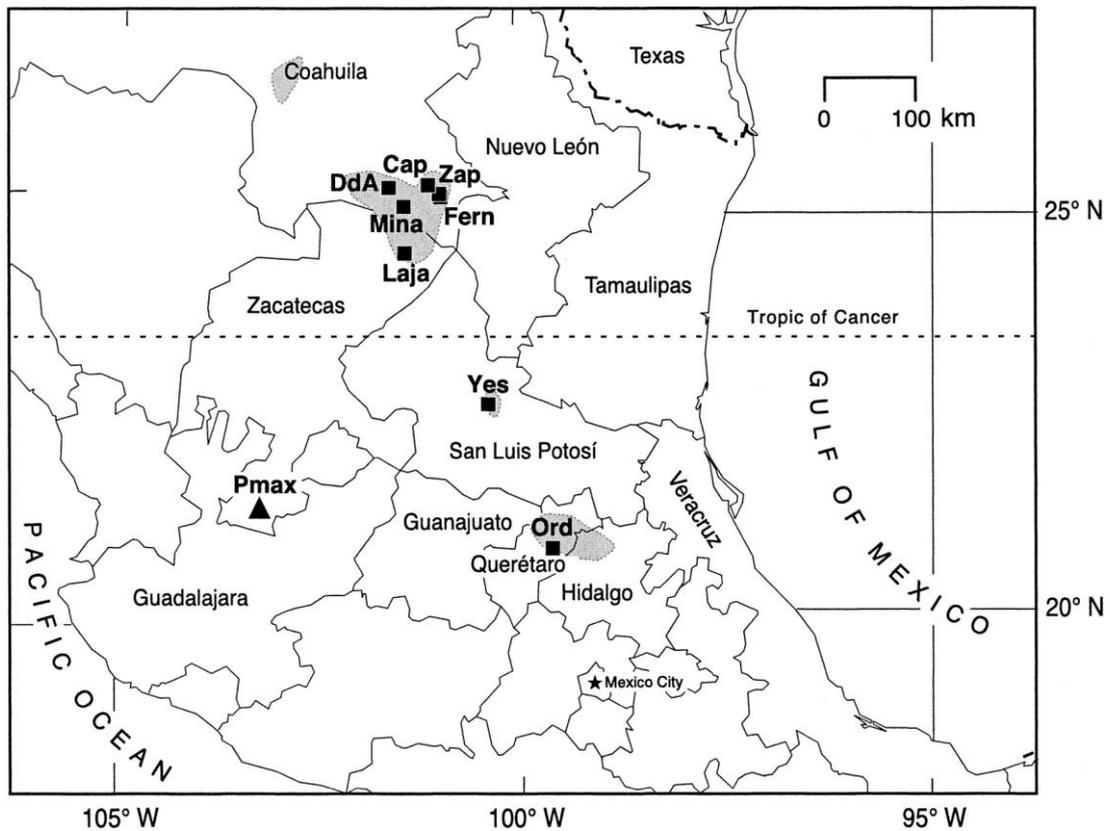


Figura 2. Distribución de *P. pinceana* Gordon en la república mexicana.

2.4 Importancia

Esta especie es considerada como un cultivo potencial para la producción de piñones y leña, creciendo en zonas semiáridas (Caballero y Ávila, 1985).

Su madera se utiliza para fines domésticos como leña, postes para cercas, y muebles rústicos; sus piñones son comestibles y dentro de la región se venden en el mercado; así mismo puede ser una especie exitosa para fines de restauración de suelos (Martínez, 1948; Caballero y Ávila 1985).

2.5 Estatus de conservación

La Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001, establece que la especie *Pinus pinceana* Gordon está sujeta a protección especial dentro de las especies raras y amenazadas, por presentar poblaciones restringidas y en pequeños rodales (SEMARNAT, 2001), porque su regeneración puede ser afectada en un futuro, haciéndose necesaria la conservación y protección de la misma (Segura y Snook, 1992).

2.6 Calidad de planta

La calidad del brinjal depende de las características genéticas del germoplasma (propiedades intrínsecas) y de las técnicas utilizadas para su reproducción en el vivero (características extrínsecas), y se refleja en la capacidad para adaptarse y desarrollarse en las condiciones climáticas y edáficas del sitio de plantación (Prieto, 1999).

Cuevas (1995) señala que las plantas de alta calidad son aquellas que sobreviven a un estrés ambiental prolongado y producen un vigoroso crecimiento posterior a la plantación; este concepto involucra características morfológicas (forma y estructura) y fisiológicas (funciones y procesos vitales, en los que ambos no son mutuamente excluyentes); éstos le permitirán a la planta superar las limitantes en el sitio de la plantación (competencia, insectos, sequía), sin dejar de tomar en cuenta los objetivos que se persiguen en la plantación (Patiño y Marín, 1993; Rodríguez, 2003).

Para que el establecimiento de una planta pueda tener el éxito deseado, es necesario tener en consideración al momento de la producción la procedencia de las semillas o propágulos de la especie de que se trate; es decir, que sean de la especie requerida y de la procedencia más adecuada para el sitio donde se establecerá la plantación (Patiño y Marín, 1993).

Evans (1996) indica que para asegurar buena supervivencia en la plantación solo las plantas saludables, con buen crecimiento, con el tamaño apropiado y con un buen balance entre la biomasa aérea y subterránea, deberían ser enviadas al sitio de la plantación. Las plantas que no cubren tales características deben ser eliminadas.

Para la producción de planta de alta calidad se requiere tomar en consideración ciertos criterios morfológicos, los cuales integran las condiciones bajo las cuales la planta se desarrolló. Para hacer esta evaluación, se deberá tomar en cuenta la relación existente entre la forma de las partes subterráneas y aéreas. La morfología de la planta es un indicador de su estado fisiológico (Cuevas, 1995; Rodríguez y Duryea, 2003). Las variables para determinar la calidad se dividen en

morfológicas, fisiológicas, y en otras pruebas. Cada variable a evaluar dependerá de los criterios que cada investigador tome para su estudio.

a) Variables morfológicas

Las variables morfológicas son altura, diámetro, relación altura diámetro (coeficiente de esbeltez), longitud del tallo, relación parte aérea-raíz, peso seco de acículas primarias y secundarias, tallo, parte aérea (acículas mas tallo y yemas), raíces laterales, raíz principal, parte subterránea (raíz principal mas raíces laterales), total (parte aérea más parte subterránea), micorrización y estado fitosanitario.

b) Variables fisiológicas

Las variables fisiológicas son la tensión hídrica; concentración de azúcares en acículas, tallo, raíces laterales, raíz principal y raíz total; concentración de almidones en acículas, tallo, raíces laterales, raíz principal, concentración de nutrientes en follaje y actividad enzimática.

c) Otras pruebas

Otras pruebas consideradas son la resistencia al frío, tolerancia a sequía, fotosíntesis neta e índice de mitosis.

A continuación se detallan algunos parámetros de calidad de planta forestal.

2.6.1 Altura

Se define como la porción de la planta que va del extremo de la yema terminal hasta el cuello de la raíz, la altura le permite a la planta ser más competitiva con la vegetación herbácea y arbustiva que la rodea. En algunos casos es un indicador de poco valor para evaluar la calidad de la planta, pero si se combina mediante alguna relación, puede ser un indicador importante (Cuevas, 1995).

Prieto (1999) refiere que la altura del brinzal es también un indicador de la superficie fotosintética y del área de transpiración, y define la capacidad para almacenar carbohidratos. Aunque la altura de las plantas debe definirse en función de las características del sitio de plantación, en general, se considera que en

coníferas el rango debe fluctuar entre 15 y 25 cm. Un brinzal pequeño tiene poca superficie fotosintética, esto puede ocasionar que su crecimiento y su aclimatabilidad sean lentos, mientras que un brinzal de mayor superficie fotosintética tiene mayores probabilidades de crecer más rápido, sin embargo, tiene mayor transpiración y en condiciones adversas de sitio, tiene mayor riesgo de morir (Cano, 1998; Prieto *et al.*, 1999).

2.6.2 Diámetro

Es el grosor del tallo de la planta, que se mide al nivel del cuello de las plántulas, debajo de los cotiledones o huellas cotiledonares. Es uno de los criterios morfológicos más útiles para evaluar la calidad de las plantas en campo; el diámetro puede reflejar el tamaño del sistema radicular y durabilidad de la planta, disipan con mayor facilidad el calor y padecen menos donde la temperatura del sitio de plantación es un problema (Cuevas, 1995; Álvarez y Bautista, 1999). El diámetro está fuertemente correlacionado con el peso de la parte aérea y del sistema radicular (Prieto, 1999). Santiago (2002) encontró para *Pinus hartwegii*, que el diámetro está influido por el tamaño del contenedor.

2.6.3 Biomasa total

La biomasa tiene gran correlación con la supervivencia en campo, y para mayor consistencia en los resultados se sugiere utilizar el peso seco, ya que el peso en verde tiene gran variación de agua en los tejidos dentro de la misma especie. Alvares y Bautista (1999) mencionan que el peso seco representa la cantidad de materia seca que se formó durante el crecimiento.

2.6.4 Biomasa de la parte aérea

Representa la cantidad de materia seca que se formó en la parte aérea durante el crecimiento del brinzal y puede correlacionarse con la supervivencia en campo, ya que es un indicador de la eficiencia fisiológica durante el desarrollo del brinzal, y a mayor peso seco del brinzal deberá tener una mejor eficiencia fisiológica (Segura y García, 2000), al menos en ciertos ambientes.

2.6.5 Biomasa de la raíz

El peso seco radical muestra el comportamiento fisiológico que llevó a cabo el brinjal, que se ve reflejado en la acumulación de materia seca; dependiendo de la cantidad se puede comparar el grado de facilidad o dificultad que tuvo el brinjal para absorber los nutrientes (Vera, 1986). Rose (1992) menciona que el desarrollo de raíces finas es por la acumulación de almidones y carbohidratos que favorecen el desarrollo, encontró alrededor de 2 % de nuevo desarrollo en *Pinus taeda* L.

2.6.6 Arquitectura de la raíz

Incluye variables como el número de raíces mayores a 0.3 mm de diámetro, la fibrosidad, la morfología de la central, el desarrollo de las micorrizas, la adherencia del suelo a las raíces, el daño de las raíces, la masa, el volumen, el área de la raíz y, la relación tallo-raíz (Pineda y olivas, 2000).

2.6.7 Estado sanitario

Las plantas no deben mostrar signos de enfermedad ni presentar coloraciones que puedan atribuirse a deficiencias de nutrientes al salir del vivero; es necesario que tampoco presenten daños por insectos (Patiño y Marín, 1993).

2.6.8 Concentración de nutrientes

Se puede medir el estado nutricional de la planta para estimar la calidad de planta. El crecimiento de los brinzales dependen de los niveles de nutrientes que puede aportar el sustrato y de los que se adicionan (Prieto, 1999). Un adecuado balance de nutrientes es fundamental para la producción y mantenimiento de plantas de calidad. Una inadecuada fertilización aplicada fuera de la época puede ocasionar estrés nutricional, reducir el crecimiento y si es prolongada puede afectar la morfología de la planta (Cuevas, 1995).

Los nutrientes juegan un papel importante como indicadores fisiológicos de la calidad de planta. Es sabido que el 95% de la biomasa vegetal anhidra está formada por C, O, e H. El resto incluye los elementos esenciales N, P, Fe, Cl, Cu, Zn y en algunos casos B y Mo. El balance entre nutrientes puede ser la clave de un comportamiento en particular, más que la concentración de un nutriente individual, así sea el nitrógeno. Sin embargo, no siempre debe asumirse que una mayor

cantidad de nutrientes, dentro del intervalo óptimo, va a implicar un mejor comportamiento en todas las condiciones (Binkley, 1993).

2.7 Variables morfológicas y fisiológicas en la supervivencia de los brinzales

Vera (1986) menciona algunas de las relaciones existentes entre las variables morfológicas y fisiológicas con la supervivencia de los brinzales de *Pinus montezumae* Lamb.

1. Mayor diámetro del tallo, mayor supervivencia.
2. Mayor diámetro del tallo, mayor peso radical.
3. Mayor diámetro del tallo, mayor crecimiento en altura.
4. Mayor peso radicular, mayor supervivencia.
5. Mayor emisión de nuevas raíces, mayor supervivencia.
6. Mayor fibrosidad del sistema radicular, mayor supervivencia, mayor exploración del suelo por el agua y nutrientes, más puntos de iniciación para raíces finas.
7. Mayor número de ramilla, mayor supervivencia.
8. Mayor contenido de carbohidratos, mayor emisión de nuevas raíces y por consiguiente mayor supervivencia.
9. Mayor porcentaje de inoculación de micorrizas del sistema radicular, mayor supervivencia.
10. Mayor contenido de humedad del brinzal, mayor supervivencia.

Una clave para la sobrevivencia y el establecimiento de los brinzales, depende en gran parte de la rapidez con que sean absorbidos el agua y los minerales después de la plantación. La absorción depende de la velocidad a la cual las raíces de los brinzales tengan contacto con el suelo, para iniciar la elongación del sistema radical (Pineda y Olivas, 2000).

2.8 Importancia de la calidad de planta

Las razones por las cuales es importante la evaluación de la calidad de los brinzales son los siguientes (Vera, 1998):

1. Demuestra al comprador del brinzal, que se tiene una calidad alta al momento que se entrega.
2. Determina que practicas de cosecha y almacenamiento deben ser utilizadas.
3. Determina las prácticas de cultivo que deben aplicarse en el vivero para mejorar la calidad de los brinzales.
4. Selecciona y elimina a los individuos que no crecerán en el campo.
5. Certifica que las características del brinzal son adecuadas al sitio de plantación.
6. Determina cuando cambian las características del brinzal durante el manejo y la plantación.
7. Determina cómo manejar y como plantar lotes específicos de brinzales.

Algunos atributos son útiles en una diversidad de situaciones, lo más recomendable es considerar cada atributo o grupos de atributos para una especie, procedencia, tecnología de producción en el vivero y para ciertas condiciones ambientales y manejo de la plantación. Los atributos morfológicos y fisiológicos al termino del ciclo productivo en el vivero se espera que se correlacionen con supervivencia y/o crecimiento; existen diversas variables para determinar una buena selección para la supervivencia en campo (Fierros *et al.*, 2001).

2.9 Sistemas de preparación del sitio para cosecha de agua

La práctica más común en la preparación del terreno consiste en intervenir sólo el sitio específico en donde se trasplantará o sembrará la planta. Los métodos deben ser empleados en concordancia con el tipo de deficiencias que se presenten y con los factores medioambientales adversos que se quiera contrarrestar (Arriaga *et al.*, 1994).

2.9.1 Ceba común

Esta forma de hacer plantaciones artificiales de árboles nació con la propia reforestación. En efecto, las primeras plantaciones para sustituir fallas de repoblación natural de los bosques, fueron hechas abriendo hoyos o cepas, del tamaño que permitieran colocar el sistema radicular de las plantas. El procedimiento consiste en abrir, con una pala, un hoyo de cualquier forma y profundidad, donde se coloca la pequeña planta, ya sea a raíz desnuda o con cepellón. En cambio, en áreas erosionadas y de mucha pendiente no se recomienda, ya que no detiene la erosión causada por el agua ni conserva la humedad, y las mejoras al suelo por remoción, también son muy pequeñas (Gutiérrez, 1989) (Figura 3).

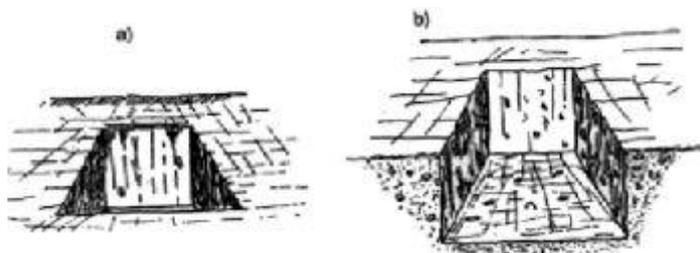


Figura 3. Ceba común.

De acuerdo con Zárate (1982), en la comparación que realizó con el sistema sauceda II, el sistema de ceba común y cajetes en forma de media luna, utilizando las especies de *Pinus halepensis* y *Pinus cembroides* var. *Lagunae*, no arrojó diferencias significativas atribuibles a los sistemas, a un año de establecido el ensayo, con excepción de *Pinus halepensis* que se desarrolló mejor en el sistema de ceba común con cajete en forma de media luna; es decir, este tratamiento se mostró estadísticamente superior a los demás.

2.9.2 A pico de pala

El método consiste en abrir en el suelo el espacio suficiente para introducir la plántula, por medio de una pala recta de punta, talacho o pala de hendir. Con la pala recta de punta el hueco se hace hendiéndola y palanqueándola hacia abajo; con el talacho se entierra y palanquea hacia arriba, y el caso de la pala de hendir, ésta se introduce por completo en el suelo de un solo golpe, apoyándose en su pedal, imprimiéndole un movimiento de vaivén rápido hasta que se deja un espacio suficiente para introducir la plántula. El trasplante del brinzal se hace en cuanto el hoyo esté listo (Arriaga *et al.*, 1994) (Figura 4).

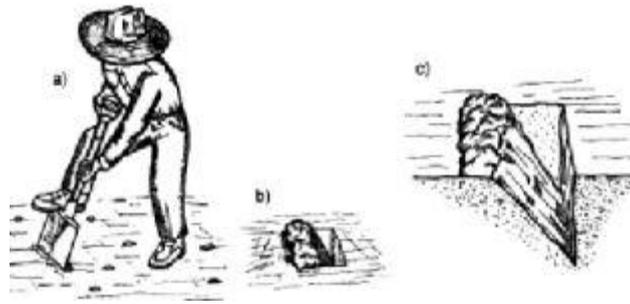


Figura 4. A pico de pala.

Este método tiene la ventaja de ser económico y rápido pues permite que un solo hombre realice la operación de abrir el hueco, introducir la plántula, tapan el hoyo y apisonar la tierra con el pie para conseguir un buen contacto de la raíz de la planta con el sustrato (Arriaga *et al.*, 1994).

2.9.3 Tuceros

Este método ha sido utilizado en otros países en sustitución de la cepa común. Es recomendable en sitios que presenten escasa precipitación y suelos compactados. Consiste en aflojar un área de 80 x 80 cm con un zapapico a una profundidad de 20 cm. Pendiente arriba a una distancia de 20 cm del espacio removido, se abre una zanja de 80 cm de largo x 40 cm de ancho y 25 de profundidad. La tierra que surge de la zanja se amontona sobre el espacio de terreno removido, y se aplana la cumbre. El montículo resultante debe tener dimensiones aproximadas de 60 x 60 cm de ancho y 30 cm de alto (Figura 5) (Arriaga *et al.*, 1994).



Figura 5. Sistema tucero.

Con este método se logran altas sobrevivencias y mayor crecimiento inicial de las plantas aún en años secos, siempre y cuando la plantación se haga una vez establecida la época de lluvias. Si bien el empleo de mano de obra es mayor, se

cuenta con la ventaja que la preparación del terreno es más adecuada y permite un mejor establecimiento de las plantas introducidas (Arriaga *et al.*, 1994).

2.9.4 Sistema Español

Es ideal para terrenos con pendiente de moderada a plana y que presenten escasa precipitación y suelos compactados. 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. La finalidad del cajete es captar el agua para la planta introducida. Se debe cuidar que el centro de la cepa (donde se coloca la planta), no esté en la parte más honda del cajete, para evitar que el agua captada inunde la cepa, o al menos lo haga de forma temporal. Por ello, la planta debe quedar ubicada en la pared inclinada del cajete que da pendiente abajo (Arriaga *et al.*, 1994) (Figura 6).

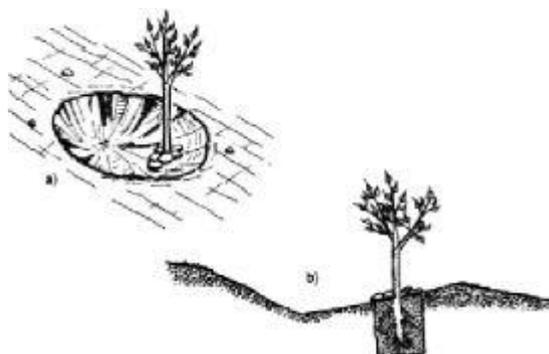


Figura 6. Sistema Español.

Una vez introducida la planta se colocan tres piedras, o más, dependiendo del tamaño, en torno a su base, con la finalidad de evitar la evaporación del agua contenida en el suelo subyacente, impedir el brote de malezas, proteger a la planta de los incendios y pisoteo de los animales, amortiguar las bajas temperaturas del invierno y retener el calor del sol (Arriaga *et al.*, 1994).

2.9.5 Saucedá I

Este sistema es recomendable para zonas semiáridas porque tienen la ventaja de aumentar la capacidad de almacenamiento de considerables cantidades de agua proveniente de escurrimientos. Además, por su diseño la humedad fácilmente llega por capilaridad a las raíces de la planta. Este método requiere del trazo de curvas de niveles, sobre las cuales se localizan los puntos equidistantes donde se introducirán las plantas. La distancia entre plantas de una misma hilera no debe ser menor de 3 m. Una vez realizado esto, se abren cepas en los puntos marcados, de 40 x 40 x 40 cm. Posteriormente, a 20 cm de ambos lados de la cepa y paralelamente a las curvas de nivel, se hacen excavaciones de 60 x 60 x 40 cm, formando un talud de 35 % con la pendiente hacia la cepa. Con la tierra proveniente de la excavación se forma un bordo pendiente abajo y en dirección paralela a la curva de nivel (Arriaga *et al.*, 1994) (Figura 7).



Figura 7. Sistema Saucedá I.

Este método garantiza el establecimiento de la planta, aunque posteriormente debido a las precipitaciones torrenciales, es posible que las zanjas lleguen a azolverse, aunque para ese entonces se espera que la planta ya haya formado un sistema radicular robusto y profundo, que le permite tener un desarrollo saludable (Arriaga *et al.*, 1994).

2.9.6 Saucedá II

Sistema muy similar al Saucedá I, pero lo aventaja en proporcionar mayor superficie de absorción de agua entre la zanja y la planta. La construcción se realiza

en forma similar al Saucedá I. sobre el trazo de la curva de nivel se procede también a marcar los puntos equidistantes, a una distancia mínima de 3 m, sobre ellos se realiza la apertura de la cepa. Esta se toma como centro para el trazo de dos semicírculos uno con un radio de 30 cm (radio 1) y el otro de 70 cm (radio 2). Los semicírculos se trazan pendiente arriba, de extremo a extremo de la cepa. Se abre una zanja de 40 cm de profundidad en el espacio comprendido entre los dos semicírculos. La tierra que surja de la zanja se ocupa para formar un bordo pendiente abajo, en dirección paralela a la curva de nivel (Arriaga *et al.*, 1994) (Figura 8).

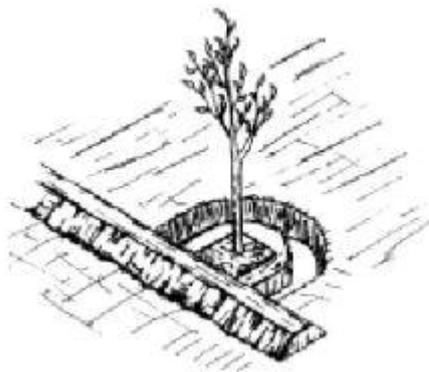


Figura 8. Sistema Saucedá II.

2.9.7 Zanja ciega

Este método es poco conocido en México. Su propósito fundamental es facilitar y aumentar la infiltración del agua en los suelos endurecidos de pendiente suave (máximo 15 %), y desprovistos de vegetación herbácea que impida el escurrimiento excesivo del agua. Consiste en una zanja de más o menos 40 cm de ancho y longitud variable, que va siguiendo una curva de nivel o el contorno del terreno. Su construcción se inicia con una cepa común de 40 x 40 x 40 cm, posteriormente la tierra producto de la cepa se vuelve a depositar dentro de ésta, y se continúa abriendo la zanja repitiendo el mismo procedimiento hasta que se alcanza la longitud deseada. Al terminar la zanja se debe encontrar totalmente llena de suelo (Arriaga *et al.*, 1994) (Figura 9).

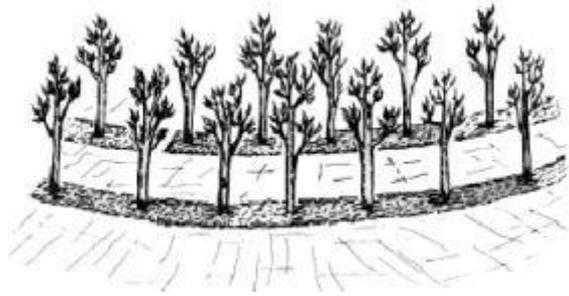


Figura 9. Zanja ciega.

Para que este método dé buenos resultados, se requiere que la precipitación sea de por lo menos 600 mm, lo que garantizará la suficiencia real de agua a partir de los escurrimientos sobre la zanja ciega.

2.9.8 Zanja trinchera

En este sistema la disposición de la zanja se hace siguiendo las curvas de nivel del terreno; su longitud puede variar de 3 a 6 m dejando entre zanja y zanja de la misma hileras, un tabique divisor de más o menos 50 cm. de longitud, que bien puede ser a nivel del terreno natural o un poco más abajo, para que haya comunicación de agua entre las zanjas, evitando al mismo tiempo escurrimiento con velocidad. La construcción se basa en una zanja de unos 40 cm de ancho y 40 cm de profundidad, depositando la tierra producto de la excavación aguas abajo de la zanja, de tal manera que forme un borde de unos 30 cm de altura, taludes que van de 1:1 a 1:2, según el material del terreno (Pimentel, 1978) (Figura 10).

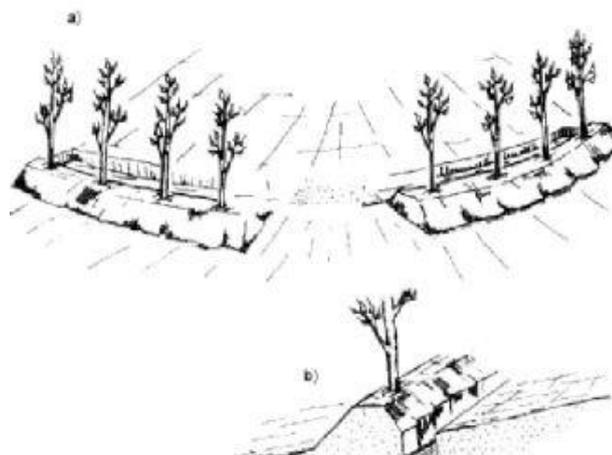


Figura 10. Zanja trinchera.

Es muy recomendable que la disposición de las zanjas entre las hileras se lleve al tresbolillo, para que exista una eficiente captación del agua por escurrimiento; la equidistancia vertical entre las hileras varía con la pendiente y las condiciones del terreno, pero generalmente se ponen a una equidistancia horizontal de más o menos 5 metros (Pimentel, 1978).

2.9.9 Sistema Netzahualcóyotl

Este sistema se cree fue ideado por el rey texcocano en sus trabajos de reforestación del cerro Tezcutzingo. Se recomienda sobre todo para proteger parcelas agrícolas con fuertes problemas de erosión. Los objetivos fundamentales de este sistema es captar el agua producto de las precipitaciones, proteger de escurrimientos excesivos a la parcela evitando la erosión hídrica y formar paulatinamente una terraza (Arriaga *et al.*, 1994).

Es un método muy parecido al de zanja trinchera, con la variante que en éste la tierra extraída se deposita hacia dentro del terreno de cultivo, formando un bordo. Otra variación consiste en hacer zanjas a favor de la pendiente o rodeando terrenos agrícolas. Sobre el bordo formado se introducen las plantas (Arriaga *et al.*, 1994) (Figura 11).

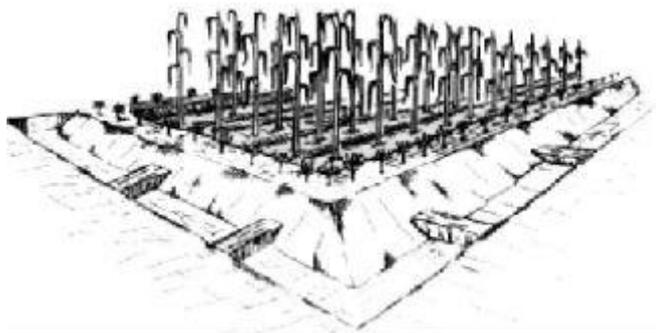


Figura 11. Sistema Netzahualcóyotl.

Esta técnica puede ser empleada también para establecer un cercado del terreno con material vivo (cercas vivas).

2.9.10 Sistema Gradoni

Este sistema, que se aplica en gran escala en Italia, Norte de África, India, Japón y otros países, para la restauración de terrenos muy erosionados, ha dado magníficos resultados. El método Gradoni consiste en trazar una curva de nivel a una equidistancia vertical de 2 a 4 m, según la pendiente. Sobre la curva de nivel se abren zanjas o pequeñas terrazas de 0.60 m de ancho por 0.40 m de profundidad, 2 a 6 m de longitud, y se deja un dique divisor de 50 cm entre zanja y zanja. La tierra extraída se coloca sobre el borde de la zanja del lado de la pendiente. Sobre este borde de tierra removida se plantan arbolitos, con el espaciamiento deseado. Las razones técnicas del método son, detener inmediatamente la erosión ocasionada por el escurrimiento del agua de lluvia y coleccionar, retener e infiltrar el agua proveniente de las precipitaciones pluviales, para proporcionar humedad a los arbolitos en época de sequía. Puesto que el sistema se recomienda para lugares de escasa y mal distribuida precipitación durante el año, permite con cierta rapidez el desarrollo de los arbolitos, al quedar en un terreno removido (Gutiérrez, 1989) (Figura 12).

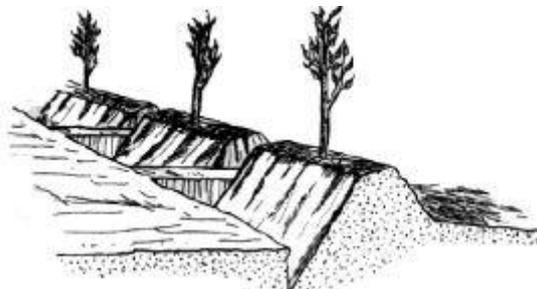


Figura 12. Sistema Gradoni.

Es importante mencionar lo costoso que puede llegar a ser la puesta en práctica de este sistema, sin embargo sus resultados lo justifican.

2.10 Sitios difíciles

De acuerdo a Capó (2001), se consideran casos especiales los suelos muy pedregosos, los suelos con caliche o tepetate, los sitios inundables, los suelos salinos o alcalinos, las áreas sujetas a fuerte erosión, los jales de minas (minas

abiertas abandonadas), las zonas áridas o con estación seca muy larga, las áreas cubiertas con cenizas volcánicas, las dunas costeras, etc.

Estos sitios especiales presentan las siguientes características o dificultades:

Dunas de arena

Presentan la problemática de que el suelo se mueve; la superficie cambia de forma constantemente; el drenaje es rápido; las condiciones de sequía son frecuentes; no hay materia orgánica; la estructura del suelo no existe; la fertilidad es nula. Por otro lado, las cepas son fáciles de hacer y no se requiere “limpiar” el terreno o cualquier otra forma de preparación del sitio; tampoco se requieren microcuencas, medias lunas o cualquier estructura de captación de escurrimiento, puesto que en estos suelos simplemente no hay escurrimiento.

Suelos salinos

El principal problema es obviamente el exceso de sales, lo que reduce mucho la lista de especies que se pueden usar. El pH de estos suelos va de 8.5 a 9.5 lo que reduce la disponibilidad de nutrientes. En fin, desde el punto de vista fisiológico, estos suelos ofrecen un ambiente de un suelo casi estéril y causante de sequía fisiológica.

Suelos someros y rocosos

Estos suelos tienen fuertes limitaciones (deficiencias) en cuanto a fertilidad y disponibilidad de humedad. Su profundidad es bastante limitada, por lo que operacionalmente, requieren de mucho esfuerzo para establecer árboles en ellos.

Sitios con fuerte erosión hídrica

La presencia de zanjas y barrancos indica que la fuerza del agua es grande. La severa erosión indica baja fertilidad y ausencia de materia orgánica. Son suelos de baja retención de humedad. La velocidad con que se pierde el suelo obliga a detener la erosión con especies herbáceas, arbustos y obras físicas. Los árboles pueden ser útiles pero a mediano plazo.

Sitios con humedad insuficiente por baja precipitación

En nuestro país, no se encuentran verdaderos bosques en áreas con precipitación inferior a los 400 mm anuales. Algunos árboles aislados pueden crecer ahí donde se acumule un poco del agua de escurrimiento debido a accidentes topográficos, o a corrientes intermitentes. Por tanto, para establecer plantaciones en zonas semiáridas, se requiere de algún sistema que permita captar agua de escurrimiento y de lluvia.

III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización y descripción del área de estudio

El presente trabajo se llevó a cabo en el Ejido San Juan de la Vaquería que está situado en el Municipio de Saltillo, Coahuila. Se ubica entre los $25^{\circ}14'11.43''$ de Latitud Norte y los $101^{\circ}14'13.65''$ de Longitud Oeste. La altitud es de 1840 metros sobre el nivel del mar (Figura 13).

Acceso

El predio se localiza a 35 km, al sur de la ciudad de Saltillo, el acceso para llegar al predio es por la carretera 54 que conduce a Zacatecas, desviándose por la carretera que va a General Cepeda, tomando la desviación que está pasando el poblado de San Juan de la Vaquería.

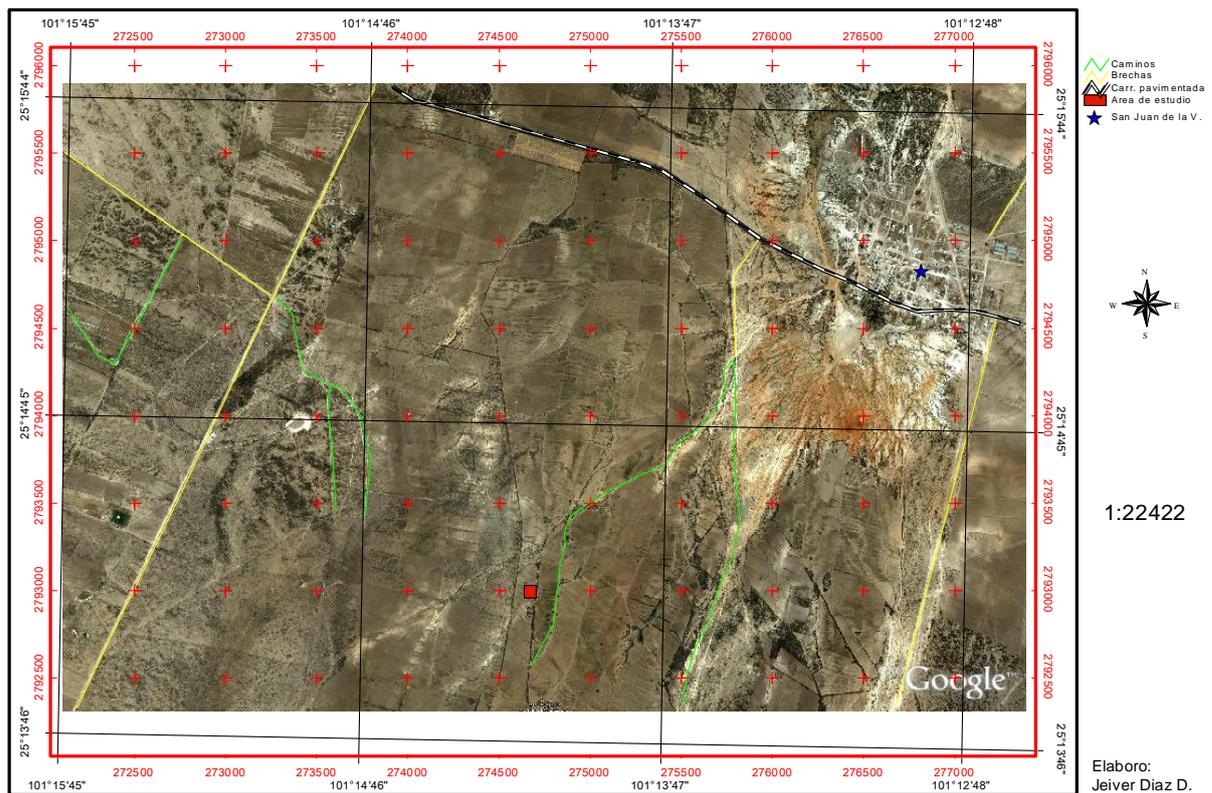


Figura 13. Ubicación del área de estudio.

Geología

Las rocas de la región son del tipo sedimentarias. La apariencia de una roca sedimentaria queda determinada por las partículas que contiene. Características como el tamaño y la forma del grano o la presencia de fósiles pueden ayudar a clasificar este tipo de rocas. El tamaño de los granos de las rocas sedimentarias varía mucho, desde grandes cantos hasta las minúsculas partículas de arcilla. Los conglomerados y las brechas, compuestos de guijarros y cantos rodados, son las rocas sedimentarias de grano más grueso; la arenisca está formada por partículas del tamaño de granos de arena y el esquisto es la roca sedimentaria de grano más fino. La forma de los granos que integran las rocas sedimentarias depende de cómo éstos se han transportado. La erosión del viento crea partículas de arena esféricas y guijarros angulosos. La acción del agua origina partículas de arena angulosas y guijarros esféricos. Los fósiles son restos animales o vegetales conservados en capas de sedimentos. El tipo de fósil que contiene una roca indica su origen. Por ejemplo, un fósil marino sugiere que la roca se formó a partir de sedimentos depositados en el lecho oceánico. Los fósiles suelen aparecer principalmente en rocas sedimentarias, nunca en las ígneas y raramente en las metamórficas (INEGI, 2000).

Fisiografía

La fisiografía del predio se caracteriza por una topografía que consiste en terrenos planos en el valle, donde se ubica el área agrícola y terrenos ligeramente inclinados con pendientes menores de 12 %, en el pié de monte y lomeríos, hasta pendientes mayores en las sierras. La exposición que domina es cenital, presentándose también la norte y sur. La elevación del terreno varía entre 1850 y 1900 m.s.n.m. (SPP, 1987).

Hidrología

El predio en mención se encuentra dentro la cuenca "B" Río Bravo – San Juan, subcuenca "e" La casita – El Recreo, de la región hidrológica "RH24" Bravo - Conchos, con un coeficiente de escurrimiento de 5 a 10% (SPP, 1987).

Suelos

Los suelos presentes en este predio, según lo señalado por la carta edafológica (CETENAL, 1977), son de los tipos castañozem háplico y cálcico, sin fase salina a ligeramente salinos los cuales se localizan en el valle, presentan textura fina; en el pié de monte los suelos son xerosol háplico y cálcico, sin fase salina a ligeramente salinos y presentan textura fina.

Castañozem

Suelos con horizonte A mólico de color pardo oscuro y acumulación calcárea u horizontes cálcico o gypsico de alta productividad agrícola o prático.

Castañozem háplico

Suelos con acumulación calcárea moderada, abajo del horizonte A.

Castañozem cálcico

Suelos con horizonte cálcico o gypsico.

Xerosol

Se caracterizan por tener una capa superficial de tono claro y muy pobre en humus, debajo de la cual puede haber un subsuelo rico en arcillas. Muchas veces presentan manchas, polvo o aglomeraciones de cal a cierta profundidad, así como cristales de yeso o caliche. Ocasionalmente son salinos. La explotación del matorral se lleva a cabo en estos suelos en especies como la candelilla. Los xerosoles tienen baja susceptibilidad a la erosión, excepto cuando están en pendientes o sobre caliche.

Xerosol háplico

Son suelos de zonas áridas y semiáridas con un horizonte A ócrico, y contenido moderado de materia orgánica; pueden presentar horizonte B cámbico. En condiciones de disponibilidad de agua, son capaces de lograr una elevada

producción agrícola. Los más fértiles de este subgrupo son los que tienen elevado contenido en material calcáreo.

Uso del suelo

De acuerdo con la carta de uso del suelo (CETENAL, 1975), el uso potencial es para la agricultura de temporal permanente limitada. Y el uso pecuario es en el matorral espinoso y pastizal natural.

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.

Vegetación

La vegetación de la región es principalmente de los tipos matorral subinermé, chaparral, izotal y mezquital, con especies predominantes de mezquite (*Prosopis glandulosa*), vara prieta (*Acacia constricta*), gatuño (*Mimosa biuncifera*), palo blanco (*Celtis laevigata*), ocotillo (*Fouquieria splendens*), jazmín (*Jasminum sp.*), correoso o lantrisqueillo (*Ruhus microfila*), palo amarillo (*Berberis trifoliolata*), gobernadora (*Larrea tridentata*). Así mismo los pastos más abundantes son: zacate banderita (*Boteloua curtipendula*), *Muhlenbergia sp.*, *Stipa sp.*, *Buchloe dactyloides*, zacate de tres barbas (*Aristida glauca*). También se puede encontrar vegetación inducida y cultivada como es el caso de las especies como maíz (*Zea mays*), frijol (*Phaseolus*

vulgaris), nogal (*Carya illinoensis*), durazno (*Prunus persicae*), manzana (*Pyrus malus* L.), pera (*Pyrus* sp.) y chabacano (*Prunus armeniaca*) (INEGI, 2000).

Fauna

Las especies más comunes de fauna en la región son los siguientes: Aguililla (*Buteo* sp.), gavilán (*Falco* sp.), codorniz escamosa (*Callipepla squamata*), huilota (*Zenaida macroura*), coyote (*Canis latrans*), conejo serrano (*Sylvilagus floridanus*), liebre (*Lepus* sp.), zorrillo (*Mephitis macroura*), tejón (*Taxidea taxus*), tlacuache (*Didelphys malsupialis*), correcaminos (*Geococcyx californicus*), cuervo (*Corvus corax*), tecolote (*Bubo virginianus*), víbora de cascabel (*Crotalus* sp.), lagartija (*Sceloporus* sp.) y ratón (*Peromyscus* sp.) (Nájera, 2006).

3.2 Procedimiento experimental

El trabajo consistió en el establecimiento de una plantación de *Pinus pinceana* Gordon en una superficie compacta de 1,800 m², con el propósito de evaluar la sobrevivencia y crecimiento de la plantación, utilizando cuatro sistemas de preparación del suelo y/o cosecha de agua, así como para evaluar el desempeño de tres tipos de planta.

La investigación se llevó a cabo en un terreno desprovisto de vegetación en la mayor parte del área, con suelo de tipo castañozem háplico y cálcico, muy compactado y con presencia de caliche. Lo anterior fue con la finalidad de escoger un terreno que reuniera las condiciones difíciles.

3.2.1 Preparación de la planta

Para llevar a cabo el experimento se utilizaron 180 plántulas de *Pinus pinceana* de una año de edad producidas en charolas copper block, las cuales fueron proporcionados por el invernadero del departamento forestal de la UAAAN, con procedencia del Ejido Jagüey de Fernisa en el Municipio de Saltillo Coahuila.

De las 180 plantas, 60 se colocaron en una charola cooper block con cavidades de 125 ml, 60 en macetas o bolsas de polietileno de 750 ml y otras 60 en macetas o bolsas de 1,500 ml.

Después de haber puesto las plantas en su respectivo envase se dejaron 3 meses en el invernadero donde se les dio el cuidado necesario para luego ser trasladadas al campo para su establecimiento.

3.2.2 Preparación del sitio

La apertura de las diferentes estructuras de preparación del sitio y captación de agua se realizó en la temporada de lluvias en el mes de Junio de 2009, esta actividad se llevó a cabo con una pala recta, talache y barreta.

Se realizaron los cuatro tipos de preparación del sitio cada uno con 45 cepas para establecer las 180 plantas.

3.2.3 Plantación

La plantación se llevo a cabo el 10 de junio de 2009 en una superficie de 1,800 m², donde se distribuyeron las plantas a cada 2.5 m, entre planta y planta, y 4 metros entre líneas de plantación, acomodadas en tres bolillo, siendo un total de 180 plantas.

La plantación se llevó a cabo en un área difícil de suelo poco profundo con presencia de caliche y sujeto a procesos de erosión eólica y sobre todo hídrica. Lo anterior fue con la finalidad de utilizar un terreno que reuniera las condiciones difíciles en las que se realizan las plantaciones de la especie de interés.

3.2.4 Mediciones

La plantación se evaluó de la siguiente manera: la primera medición se realizo el mismo día que se estableció la plantación (10 de junio de 2009), esta lectura sirvió como base para conocer el comportamiento de las variables de interés en un tiempo determinado. La última lectura se llevó a cabo el 29 de enero de 2010 (siete meses y medio). Es importante señalar que las lecturas de las variables se realizaron cada mes después de la plantación, pero al ver que no había incrementos notorios, se tomo la decisión de considerar solo la primera y última medición.

3.2.5 Diseño experimental

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

Tipos de planta:

A1= Planta producida en maceta de polietileno de 1500 ml.

A2= Planta producida en maceta de polietileno de 750 ml.

A3= Planta producida en charola copper block de 125 ml de 60 cavidades.

Sistemas de preparación del sitio:

B1= Cepa común de 40 x 40 x 40 cm con bordo en media luna.

B2= Zanja de 30 cm de profundidad y 1 m de largo con bordo circular.

B3= Cepa profunda de 50 cm y 40 cm de ancho con bordo en media luna.

B4= Bordo continuo en curva a nivel.

3.2.6 Tratamientos

Cada combinación de tipo de planta y sistema de preparación del sitio conformó un tratamiento, obteniéndose 12 tratamientos con tres repeticiones y cinco plantas en cada repetición.

Cuadro 2. Descripción de los tratamientos.

	Clave	Descripción
1	B1A1	Cepa común/planta producida en maceta de polietileno de 1500 ml.
2	B1A2	Cepa común/planta producida en maceta de polietileno de 750 ml.
3	B1A3	Cepa común/planta producida en charola copper block.
4	B2A1	Zanja individual/planta producida en maceta de polietileno de 1500 ml.
5	B2A2	Zanja individual/planta producida en maceta de polietileno de 750 ml.
6	B2A3	Zanja individual/planta producida en charola copper block.
7	B3A1	Cepa profunda/planta producida en maceta de polietileno de 1500 ml.
8	B3A2	Cepa profunda/planta producida en maceta de polietileno de 750 ml.
9	B3A3	Cepa profunda/planta producida en charola copper block
10	B4A1	Bordo continuo/planta producida en maceta de polietileno de 750 ml.
11	B4A2	Bordo continuo/planta producida en maceta de polietileno de 750 ml.
12	B4A3	Bordo continuo/planta producida en charola copper block.

3.2.7 Unidad experimental

Cada uno de los 12 tratamientos tuvo 3 repeticiones, obteniéndose así 36 unidades experimentales. Cada unidad experimental comprende 5 plantas. El número total de plantas evaluadas fue de 180 plantas.

Cuadro 3. Distribución de tratamientos realizada en campo.

		B2 A2 R1	B2 A3 R3	B2 A3 R2
		B2 A2 R3	B1 A2 R3	B1 A1 R2
		B4 A1 R1	B4 A3 R3	B4 A1 R3
N ↑		B3 A2 R1	B2 A2 R2	B3 A1 R2
		B1 A3 R2	B1 A2 R2	B2 A1 R2
		B4 A2 R2	B4 A3 R2	B4 A3 R1
		B1 A3 R1	B1 A3 R3	B3 A1 R1
	B2 A1 R1	B3 A3 R1	B3 A3 R3	B1 A1 R3
		B4 A2 R3	B4 A2 R1	B4 A1 R2
	B1 A2 R1	B3 A1 R3	B3 A3 R2	B2 A1 R3
	B3 A2 R2	B1 A1 R1	B2 A3 R1	B3 A2 R3

3.2.8 Variables evaluadas

Las variables que se evaluaron fueron:

Diámetro basal

La medición del diámetro basal se hizo a la altura del cuello de la raíz con un vernier digital, en milímetros para tener una mejor precisión.

Altura

La altura se midió con una cinta métrica, colocando la cinta paralela al tallo desde la base hasta el ápice para determinar el crecimiento de cada planta.

Diámetro de copa

Esta medición se tomó también con una cinta métrica, ésta se colocó en forma horizontal o en cruz, tomando dos lecturas del diámetro de la copa, de estas dos lecturas se obtuvo una media con unidades en cm.

Porcentaje de Supervivencia

El porcentaje de supervivencia se obtuvo en la última evaluación determinando el número de árboles vivos de los 180, este valor se expresó en porcentaje.

3.3 Análisis estadístico

Se efectuó el análisis de varianza en cada vertiente de la investigación junto con su correspondiente prueba de Tukey para determinar la igualdad o diferencia estadística. El procesamiento de datos se realizó con el programa Statistical Analysis System (SAS).

IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados por tratamiento

De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis de varianza y a las pruebas Tukey empleando $\alpha= 0.05$, no hubo diferencias estadísticas significativas en ninguna de las variables por tratamiento a 7 meses y medio de establecida la plantación (Apéndice); sin embargo si hubo diferencias numéricas en cada variable que es importante mencionar (Cuadro 4).

Cuadro 4. Medias de crecimiento y porcentaje de sobrevivencia por tratamiento.

Tratamiento	Clave	Medias de crecimiento total			Sobrevivencia (%)
		Ø basal (mm)	Ø de copa (cm)	Altura (cm)	
1	B1A1	0.83	0.36	1.08	26.67
2	B1A2	0.54	0.35	1.30	46.67
3	B1A3	1.18	0.77	1.50	20.00
4	B2A1	0.11	0.39	1.47	46.67
5	B2A2	0.34	0.20	2.28	46.67
6	B2A3	1.00	0.18	1.97	66.67
7	B3A1	0.75	0.71	0.79	33.33
8	B3A2	0.42	1.01	1.15	53.33
9	B3A3	0.46	0.29	0.93	40.00
10	B4A1	0.29	0.57	1.47	46.67
11	B4A2	0.49	0.22	1.37	26.67
12	B4A3	0.46	0.48	1.33	53.33

4.1.1 Crecimiento en diámetro basal

En el crecimiento en diámetro basal sobresalió el tratamiento 3 (Cepa común con planta producida en charola copper block) con 1.18 mm, el cual fue similar al tratamiento 6 (Zanja individual y planta producida en charola Cooper block) que arrojó un crecimiento de 1.0 mm, el menor crecimiento lo tuvo el tratamiento 4 (Zanja individual con planta producida en maceta de polietileno de 1,500 ml) con 0.11mm, lo que representa un crecimiento del 9.3 % del crecimiento del tratamiento 3 (Figura 14).

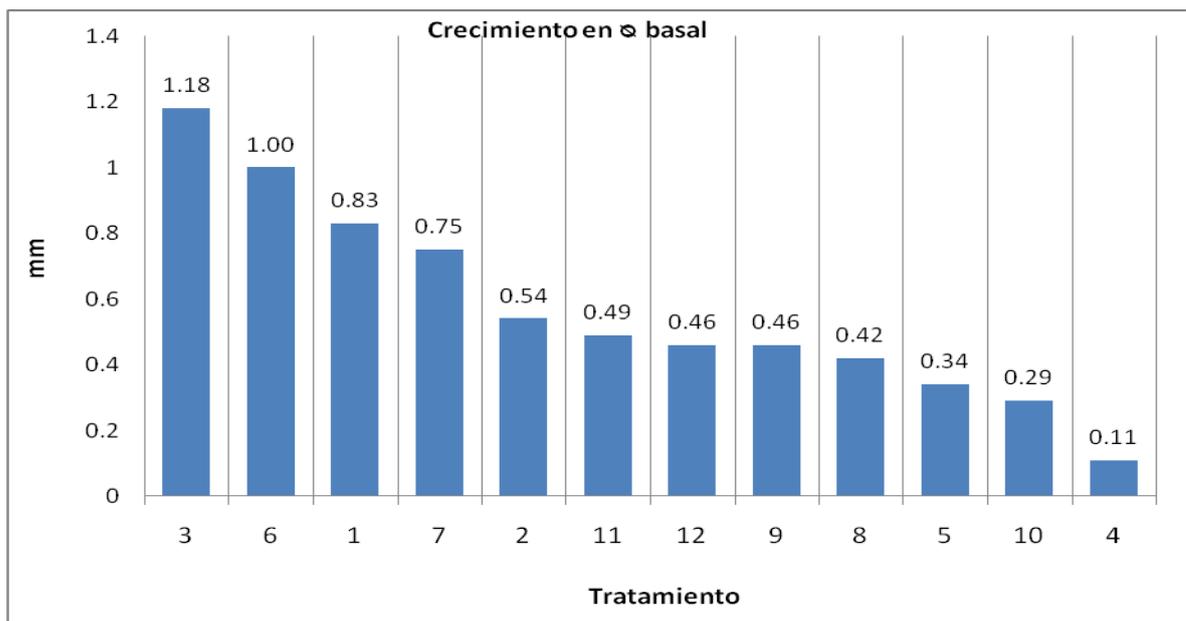


Figura 14. Medias de crecimiento en diámetro basal por tratamiento.

4.1.2 Crecimiento en diámetro de copa

El tratamiento que presentó el mayor crecimiento en diámetro de copa fue el tratamiento 8 (Cepa profunda con planta producida en maceta de polietileno de 750 ml) con 1.01 cm, el cual fue parecido al tratamiento 3 (Cepa común y planta producida en charola copper block) que mostró un crecimiento de 0.77 cm, el menor crecimiento lo presentó el tratamiento 6 (Zanja individual y planta producida en charola Cooper block) con 0.18 cm, lo que representa un crecimiento de 17.8 % del crecimiento del tratamiento 8 (Figura 15).

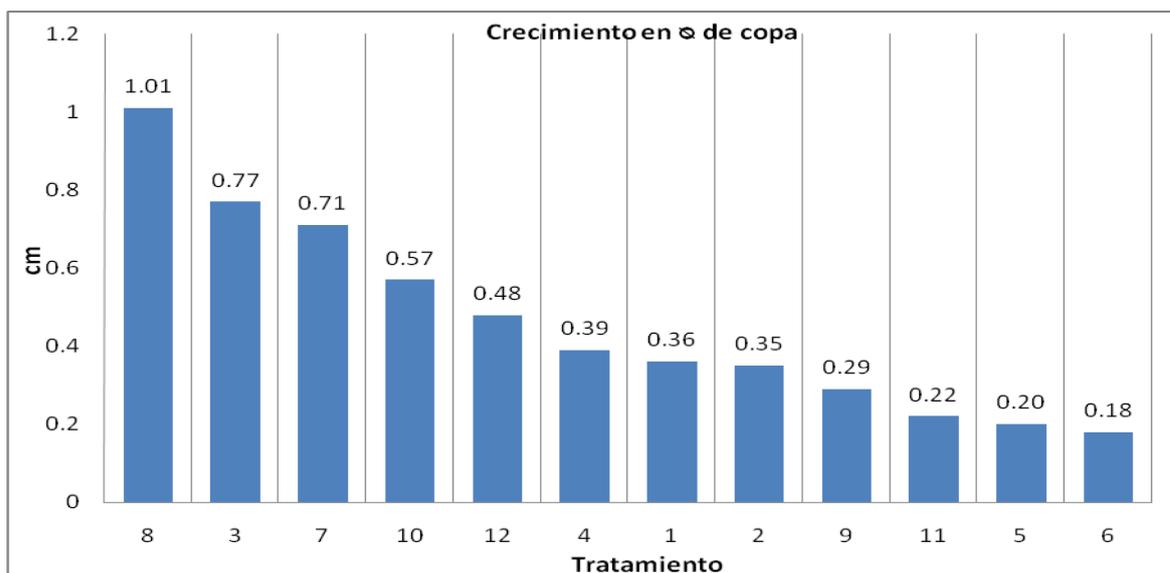


Figura 15. Medias de crecimiento en diámetro de copa por tratamiento.

4.1.3 Crecimiento en altura

El tratamiento que contribuyó a desarrollar el mayor crecimiento fue el tratamiento 5 (Zanja individual con planta producida en maceta de polietileno de 750 ml) con 2.28 cm, el cual fue parecido al tratamiento 6 (Zanja individual y planta producida en charola Cooper block) que arrojó un crecimiento de 1.97 cm, y el tratamiento que presentó el crecimiento menor fue el 7 (Cepa profunda con planta producida en maceta de polietileno de 1500 ml) con 0.79 cm, representando un crecimiento del 34 % del crecimiento del tratamiento 5 (Figura 16).

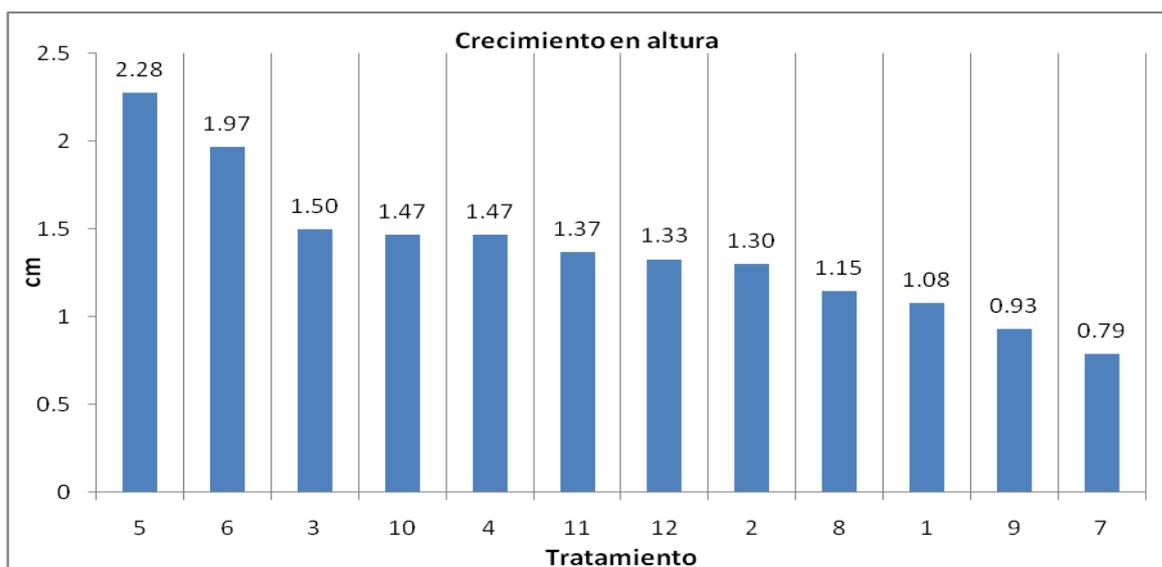


Figura 16. Medias de crecimiento en altura por tratamiento.

4.1.4 Supervivencia

Se realizó la evaluación de la supervivencia a los 7 meses y medio de establecida la plantación, en el mes de enero de 2010.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis de varianza para los tratamientos, no hubo diferencias estadísticas significativas en la supervivencia de la plantación (Apéndice).

Tomando en cuenta los datos que arrojó la prueba de Tukey (Apéndice), los 3 tratamientos que presentaron mayor supervivencia fueron: el tratamiento 6 (Zanja individual con planta producida en charola copper block) con 66.67%, el tratamiento 12 (Bordo continuo y planta producida en charola copper block) con 53.33%, y el tratamiento 8 (Cepa profunda con planta producida en maceta de polietileno de 750 ml) con 53.33%. El tratamiento que mostró el menor porcentaje de supervivencia fue el tratamiento 3 (Cepa común con planta producida en charola copper block) con 20.00 %, lo que representa un 30 % de la supervivencia obtenida con el tratamiento 6 (Figura 17).

Es importante señalar que se obtuvo una baja supervivencia. Uno de los problemas que se presentaron fue la afectación por la fauna silvestre local (principalmente topes), pero también al poco tiempo que permanecieron las plantas en los diferentes contenedores.

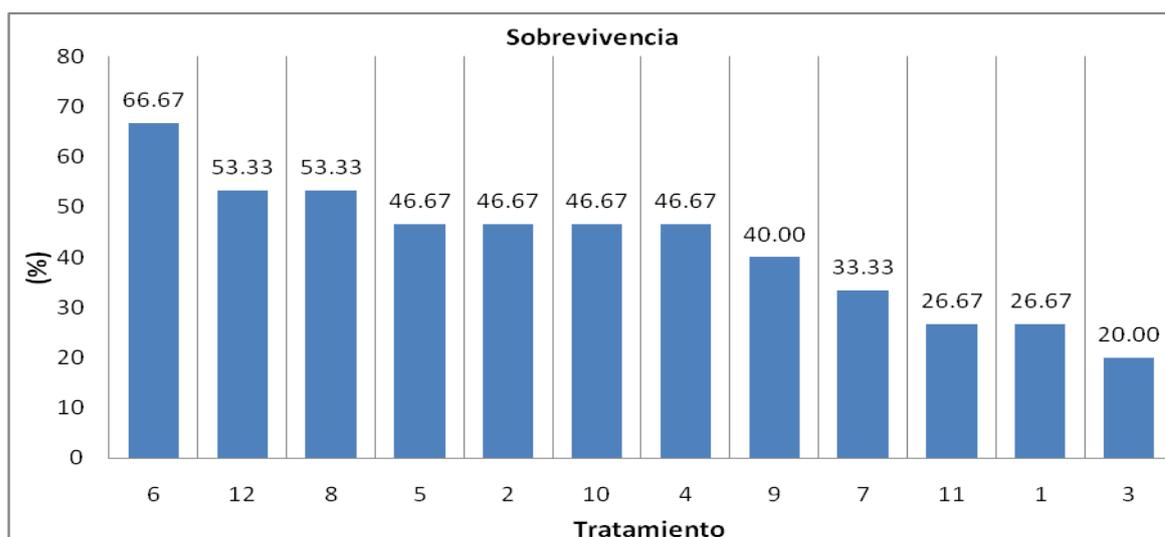


Figura 17. Medias de porcentajes de supervivencia por tratamiento.

4.2 Resultados por tipo de planta (Factor A)

De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis de varianza utilizando $\alpha= 0.05$, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas para los tipos de planta, sin embargo se mencionan los crecimientos sobresalientes en cada una de las variables (Apéndice).

4.2.1 Crecimiento en diámetro basal

El tipo de planta que arrojó el crecimiento mayor en diámetro basal fue el A3 (Planta producida en charola copper block) con 0.78 mm, en segundo lugar fue el A1 (Planta producida en maceta de polietileno de 1,500 ml) con 0.49 mm, y el crecimiento menor lo presentó el A2 (Planta producida en maceta de polietileno de 750 ml) con 0.46 mm, lo cual representa un crecimiento de 59.0 % del crecimiento del tipo de planta A3 (Figura 18).

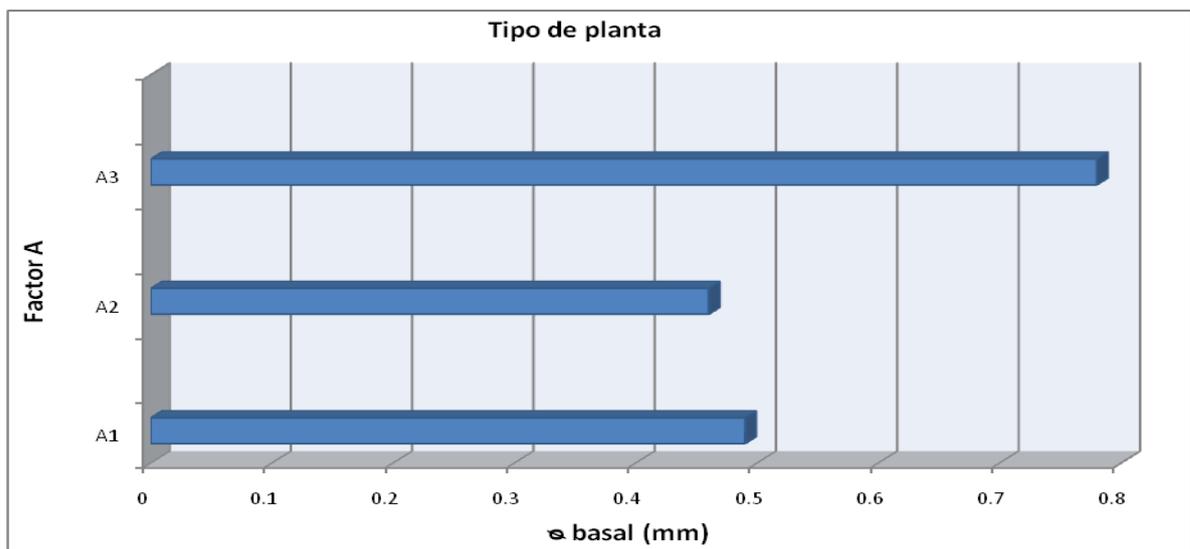


Figura 18. Medias de crecimiento en diámetro basal por tipo de planta.

4.2.2 Crecimiento en diámetro de copa

El tipo de planta que presentó mejores resultados en cuanto a crecimiento en diámetro de copa fue el A1 (Planta producida en maceta de polietileno de 1,500 ml) con 0.50 cm, enseguida se ubicó el factor A2 (Planta producida en maceta de polietileno de 750 ml) con 0.47 cm, y el valor más bajo lo presentó el A3 (planta

producida en charola copper block) con 0.43 cm, lo que representa un 86 % del crecimiento del tipo de planta A1 (Figura 19).

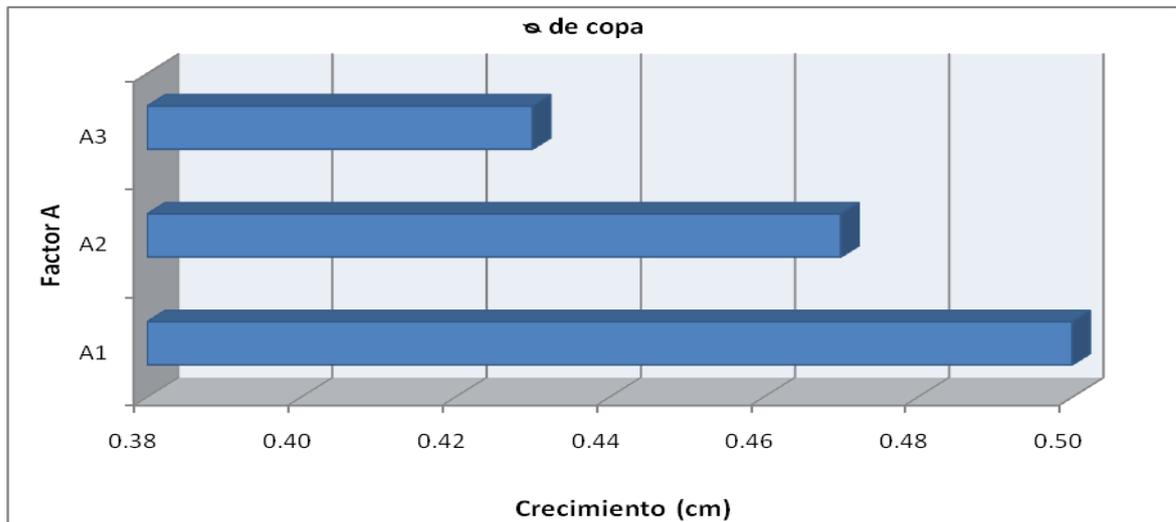


Figura 19. Medias de crecimiento en diámetro de copa por tipo de planta.

4.2.3 Crecimiento en altura

El tipo de planta que obtuvo el crecimiento mayor en altura fue el A2 (Planta producida en maceta de polietileno de 750 ml) con 1.46 cm, le sigue el A3 (planta producida en charola copper block) con 1.43 cm, y el que presentó el crecimiento menor fue el A1 (Planta producida en maceta de polietileno de 1,500 ml) con 1.20 cm, representando un 82.2 % del tipo de planta A2 (Figura 20).

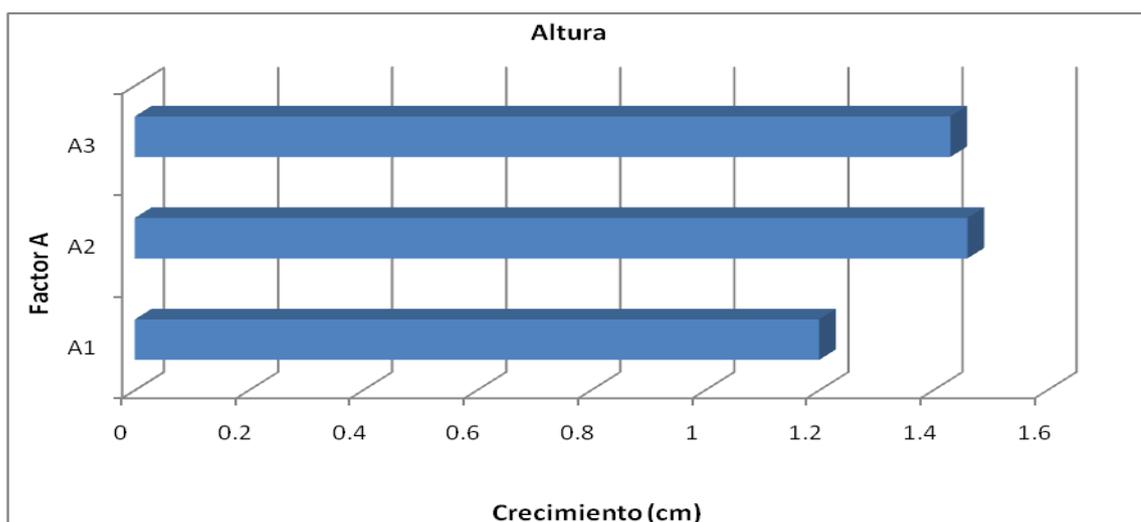


Figura 20. Medias de crecimiento en altura por tipo de planta.

4.2.4 Supervivencia

En cuanto a la supervivencia sobresalió el tipo de planta el A3 (Planta producida en charola copper block) con un 45.00%, le sigue el A2 (Planta producida en maceta de polietileno de 750 ml) con 43.33 %; la menor supervivencia la obtuvo el tipo de planta A1 (Planta producida en maceta de polietileno de 1,500 ml) con 38.33 %, representando una diferencia de supervivencia de 6.67 % con respecto al tipo de planta A3 (Figura 21).

Los tres tipos de planta presentaron una supervivencia muy baja, no alcanzaron ni el 50% de supervivencia. Esto se le atribuye al poco tiempo que permanecieron las plantas en los diferentes contenedores y al daño por fauna silvestre.

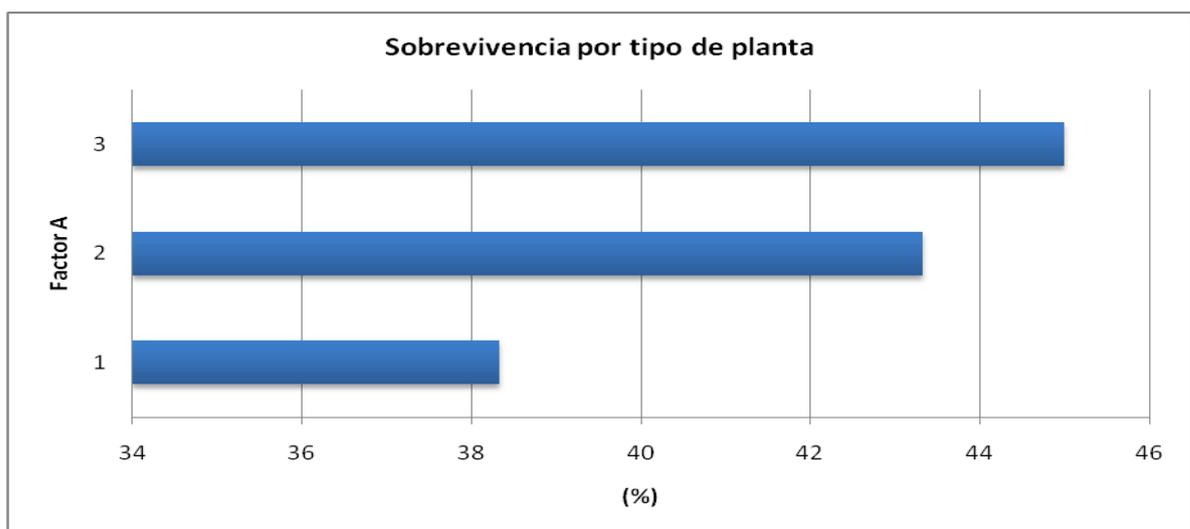


Figura 21. Medias de porcentajes de supervivencia por tipo de planta.

4.3 Resultados por sistemas de preparación del sitio (Factor B)

Según los resultados obtenidos en el análisis de varianza para los diferentes sistemas de preparación del sitio no se encontraron diferencias estadísticamente significativas. Sin embargo se mencionan los crecimientos más sobresalientes de las variables evaluadas así como la mejor supervivencia, considerando la influencia de los sistemas de preparación del sitio.

4.3.1 Crecimiento en diámetro basal

La preparación del sitio B1 (Cepa común) presentó el más alto crecimiento en diámetro basal con 0.85 mm, le sigue el B3 (Cepa profunda) con 0.54 mm, y el menor crecimiento lo obtuvo la preparación del sitio B4 (Bordo continuo) con 0.42 mm, lo que representa un crecimiento de 49.4 % del crecimiento de la preparación del sitio B1. La cepa común desarrolló un importante crecimiento en comparación con las otras 3 estructuras. (Figura 22).

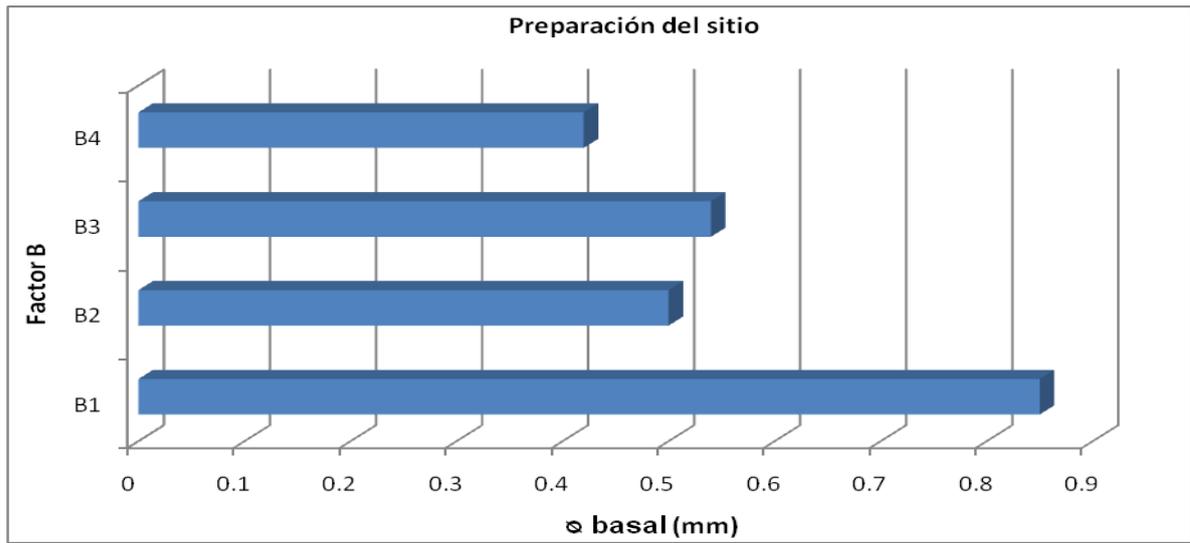


Figura 22. Medias de crecimiento en diámetro basal por preparación del sitio.

4.3.2 Crecimiento en diámetro de copa

El sistema de preparación del sitio que contribuyó con el mayor crecimiento en diámetro de copa fue el B3 (Cepa profunda) con 0.67 cm; le sigue B1 (Cepa común) con 0.49 cm; el sistema que mostró el crecimiento menor fue el B2 (Zanja individual) con 0.26 cm, lo que representa un 38.8 % del crecimiento de la preparación del sitio B3. Para este caso, el factor B2 (Zanja individual) muestra un valor muy bajo con respecto a las otras estructuras que sí muestran valores homogéneos (Figura 23).

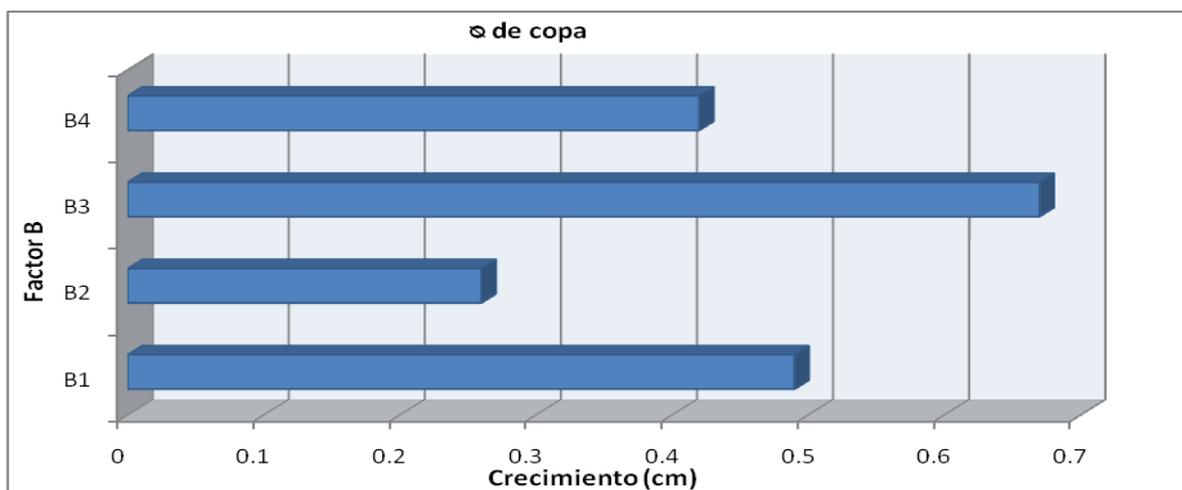


Figura 23. Medias de crecimiento en diámetro de copa por preparación del sitio.

4.3.3 Crecimiento en altura

En cuanto al crecimiento en altura el sistema de preparación del sitio que arrojó el crecimiento más alto fue el B2 (Zanja individual) mostrando 1.86 cm; le sigue el B4 (Bordo continuo) con 1.39 cm, y el que presentó el menor crecimiento fue el B3 (Cepa profunda) con 0.95 cm, lo que representa un 51.1 % del crecimiento que mostró el B2 (Figura 24).

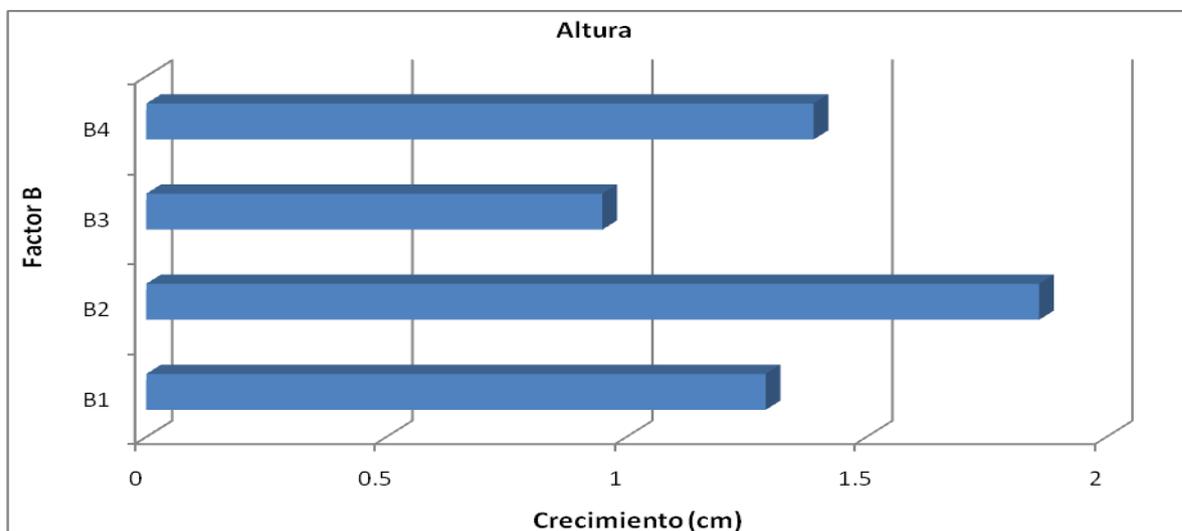


Figura 24. Medias de crecimiento en altura por preparación del sitio.

4.3.4 Supervivencia

Con relación a la supervivencia, el sistema de preparación que presentó el valor más alto fue el B2 (Zanja individual) con un 53.33 %; le siguen en importancia el B3 (Cepa profunda) y el B4 (Bordo continuo) con 42.22 % cada uno, y el que mostró el crecimiento menor fue el B1 (Cepa común) con 31.11 % de supervivencia, lo que representa una diferencia de 22.22 % de la obtenida por el B2 (Figura 25).

El bajo porcentaje de supervivencia que presentan los sistemas de preparación del sitio se debe probablemente por la presencia de caliche y al efecto de la fauna silvestre (principalmente topes), que en varios casos sepultaron a las plantas.

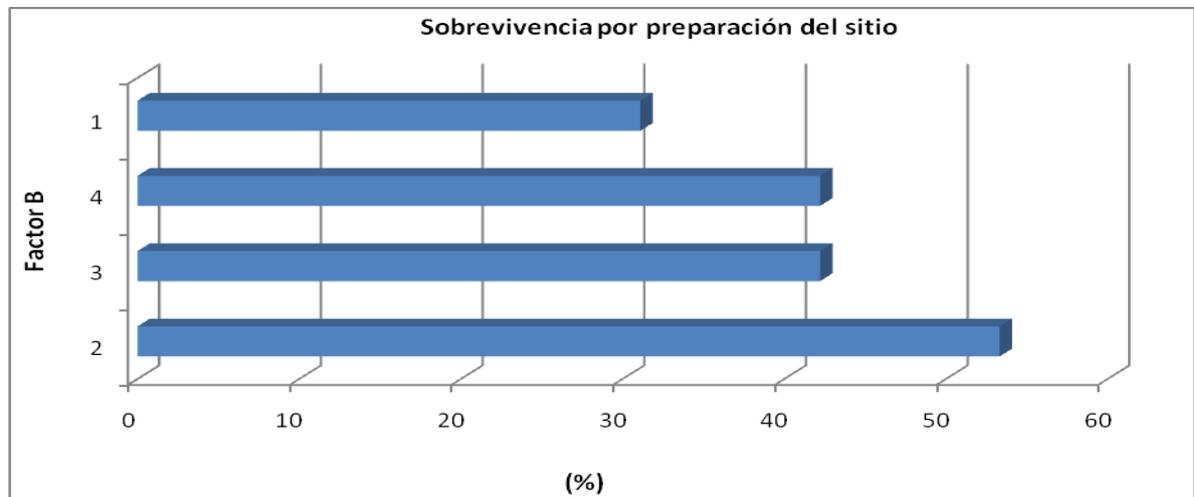


Figura 25. Medias de porcentajes de supervivencia por preparación del sitio.

V CONCLUSIONES

De acuerdo al análisis estadístico que se realizó en el presente trabajo, se concluye lo siguiente.

No hubo diferencias estadísticas significativas por tratamiento en cuanto a crecimiento y sobrevivencia, pero es importante resaltar los sobresalientes. El tratamiento que mostró mayor crecimiento en diámetro basal fue el 3 (Cepa común con planta producida en charola copper block) con 1.18 mm; el tratamiento 8 (Cepa profunda con planta producida en maceta de polietileno de 750 ml) sobresalió en crecimiento en diámetro de copa con 1.01 cm; el tratamiento 5 (Zanja individual con planta producida en maceta de polietileno de 750 ml) fue el mejor en crecimiento en altura con 2.28 cm, y el que presentó la mayor sobrevivencia fue el tratamiento 6 (Zanja individual con planta producida en charola Cooper block) con 66.67 %.

En cuanto al efecto del tipo de planta, no se encontraron diferencias estadísticas, sin embargo el tipo de planta que presentó el mejor crecimiento en diámetro basal fue el A3 (Planta producida en charola copper block) con 0.78 mm; en cuanto a crecimiento en diámetro de copa sobresalió el A1 (Planta producida en maceta de polietileno de 1,500 ml) con 0.50 cm; en altura sobresalió el A2 (Planta producida en maceta de polietileno de 750 ml) presentando 1.46 cm, y en cuanto a sobrevivencia el A3 (Planta producida en charola copper block) presentó un porcentaje de sobrevivencia de 45 %.

Para la preparación del sitio no se presentaron diferencias estadísticas en ninguna de las variables, pero es importante hacer mención a las estructuras sobresalientes en crecimiento y sobrevivencia. El B1 (Cepa común) proporcionó el valor más alto en crecimiento en diámetro basal con 0.85 mm; el B3 (Cepa profunda) fue el mejor en crecimiento en diámetro de copa con 0.67 cm; el B2 (Zanja individual) desempeñó el mejor crecimiento en altura presentando 1.86 cm, y por último el B2 (Zanja individual) desempeñó la mejor sobrevivencia con 53.33 %.

VI RECOMENDACIONES

Del trabajo realizado se obtienen las siguientes recomendaciones.

Mantener más tiempo a las plantas en su respectivo contenedor para que sea más notoria la influencia del tipo de contenedor en cuanto al desarrollo radicular.

Seguir evaluando la plantación, para definir si el comportamiento de las plantas es constante o si habrá cambios.

Llevar a cabo esta clase de estudios probando diferentes alternativas para mejorar la sobrevivencia y crecimiento de las plantas.

VII LITERATURA CITADA

- Álvarez C., M. L., y Z. N. Bautista. 1999. Análisis de la calidad de planta de los brinzales de *Pinus durangensis* Martínez y *Pinus engelmannii* Carriere, a través de su producción en tres tipos de envases. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo.
- Anderson D. C., Ostler W. K. 2002. Revegetation of the graded 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.
- Arriaga, V., V. Cervantes y A. Vargas M. 1994. Manual de reforestación con especies nativas. SEDESOL-INE-UNAM. México, D.F. 186 p.
- 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.
- Binkley, D. 1993. Nutrición forestal. Practicas de manejo. Limusa. Méx. D. F. 340 p.
- Caballero D., M. y R. Ávila R. 1985. Importancia actual y potencial de los piñoneros en México. *In: memorias del III Simposio Nacional sobre Pinos Piñoneros.* Flores F.J.D., J. Flores L., E. García M. y H. Liria S. (comps.). U.A.A.A.N. INIFAP. Saltillo, Coah. pp. 18-22.
- Cano P., A. 1998. Tamaño y calidad de planta de *Pinus greggii* Engelm., en dos sistemas de producción en vivero. Tesis de maestría en Ciencias. Colegio de postgraduados. Montecillos, estado de México. 80 p.
- Capó A., M. A. 2001. Establecimiento de plantaciones forestales: Los ingredientes del éxito. Primera edición, Ed. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 200 p.
- CETENAL. 1975. Carta de Uso del Suelo. G14C43. Saltillo Esc. 1: 50,000. México.

- CETENAL. 1977. Carta Edafológica. G14C43. Saltillo Esc. 1: 50,000. México.
- Cuevas R., A. R. 1995. Viveros forestales. Instituto nacional de investigaciones forestales y agropecuarias. Publicación especial N° 3. Coyoacán, Méx. 24 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.
- Eguiluz, P. T. 1998. *Herencia y evolución*. Serie de Apoyo Académico No. 1, Universidad Autónoma Chapingo, México, 25 pp.
- Evans J. 1996. Plantation forestry in the tropics. Clarendon Press, Oxford. 472 p.
- Flores E., G. 1990. Evaluación dasométrica de una plantación forestal en la región Cofre de Perote, Veracruz. Tesis profesional Universidad Autónoma Chapingo, México. 54 p.
- Flores F., J. D., Nájera C., J. A., Morales Q. L. (2004). Principales plagas de los pinos piñoneros en el sur de Coahuila. Memoria de resúmenes. IV Simposio Internacional sobre la Flora Silvestre en Zonas Áridas. Delicias, Chihuahua.
- Gutiérrez P., A. 1989. Conservacionismo y desarrollo del recurso Forestal Texto guía. Primera edición. Editorial Trillas. 205P.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía e Informática (INEGI). 2000. Carta Geológica G14C33 (Saltillo). Escala 1:50 000. México.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía e Informática (INEGI). 2000. Carta de Vegetación G14C33 (Saltillo). Escala 1:50 000. México.
- Ledig F. T., M. A. Capó-Arteaga, P. D. Hodgskiss, H. Shay, C. Flores- Lopez, M. T. Conkle, B. Bermejo-Velazquez. 2001. Genetic diversity and mating system of a rare Mexican piñon, *Pinus pinceana*, and a comparison with *Pinus maximartinezii* (Pinaceae). Am. J. Bot. 88:1977-1987.

- Martínez, M. 1948. Los pinos de México. Segunda edición. Ediciones Botas. México.361p.
- Nájera C., J. A. 2006. Programa de manejo de plantación forestal comercial simplificado. Reg. For. Nal. Secc. 4ª, Libro 1º, Vol. 1, a fojas 142, Num. 493.
- Ortega B., V. 2003. Calidad de planta y supervivencia inicial de *Pinus hartwegii* Lindl en áreas quemadas del ajusco. Tesis de maestría en ciencias. Universidad Autónoma Chapingo. División de ciencias forestales. 20-30 p.
- Patiño V., F. y Marín C., J. 1993. Viveros forestales, plantación, establecimiento y producción de planta. INIFAP, SARH. Centro de investigación Regional del Sureste. Mérida Yucatán Méx.
- Perry, J. (1991). The pines of México and Central America. Timber Press. Portland, Oregon. USA. 231p.
- Pimentel, B. L. 1978. Preparación del terreno en plantaciones forestales, memorias de la primera Reunión Nacional sobre plantaciones forestales. SA.R.H.DGCF. Publicación especial. No. 13.
- Pineda O., T. y Olivas G. J. 2000. Análisis de la calidad de brinzales de *Pinus greggii* Engelm y *Pinus patula* Schl et Cham. Producidas en tres tamaños de envases rígidos. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. División de Ciencias Forestales. 110 p.
- Prieto R., J. Vera C., G. y Merlín B. 1999. Factores que influyen en la calidad de brinzalez y criterios para su evaluación en el vivero. INIFAP, SAGAR. Durango, Dgo. México. Folleto técnico N^o 12. 23 p.
- Ramírez C. A. y Rodríguez T. D. A. (2004). Efecto de calidad de planta, exposición y micrositio en una plantación de *Quercus rugosa*. Revista Chapingo. S. C. F. y del A. Chapingo, México. Vol. 10 (001). pp. 5-10.
- Rodríguez. T., D. A., L. Duryea M., I. White T., and J. English R. 2003. Artificially regeneration longleaf pine in conopy grups: initial survive and growth a year of drought. Forest Ecology and Management 180 (1-3): 25-36.

- Rodríguez. T., D. A. 2003. Com. Per. profesor-investigador. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo.
- 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. 1992. Root growth potential and start differences in seedlings of six families of genetically improved Loblolly Pine. Forest Science. 38(2) 448-456.
- Santiago T., O. 2002. Evaluación del crecimiento en viveros de plántulas de cinco especies de coníferas producidas en tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Méx. 240 p.
- Secretaría de Programación y Presupuesto (SPP). 1987. Síntesis Geográfica del Estado de Coahuila. México, D.F. 165 p.
- Segura, G. and y Snook L.C. 1992. Stand dynamics and regeneration patterns of a pinyon forest in east in east central México. Forest Ecology and Management 47:175 -194p.
- Segura R. O., J. García R., L. 2000. Evaluación de algunas variables morfológicas y fisiológicas para determinar la calidad de brinzales de *Pinus pseudostrobus* Lindl y *Pinus leiophylla* Schl et Cham, producidos en tres tamaños de envases rígidos. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. 102 p.
- Zarate L., A. (1982). Ensayo de dos especies y una variedad de *Pinus* con diferentes sistemas de plantación para trabajos de reforestación en zonas semiáridas. Tesis profesional de licenciatura U.A.A.A.N., Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 90 p.

APÉNDICE

Apéndice 1. Análisis de varianza y prueba Tukey para evaluar las medias de crecimiento por tratamiento.

Variable dependiente: crecimiento en diámetro basal.

Fuente de variación	Grados libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	Pr>F
Modelo	11	3.10	0.28	1.95	0.09
Error	23	3.33	0.14		
Total corregido	34	6.43			
R-cuadrada	C.V	Raíz CME	Media de tratamientos		
0.48	65.66	0.38	0.58		

Prueba Tukey para crecimiento en diámetro basal.

Tratamiento	N	Media	Agrupación Tukey
3	3	1.18	A
6	3	1.00	A
1	3	0.83	A
7	3	0.75	A
2	3	0.54	A
11	3	0.49	A
12	3	0.46	A
9	3	0.46	A
8	3	0.42	A
5	2	0.34	A
10	3	0.29	A
4	3	0.11	A

A=Tukey ($p \leq 0.05$)

Variable dependiente: crecimiento en diámetro de copa.

Fuente de variación	Grados libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	Pr>F
Modelo	11	2.10	0.19	1.80	0.11
Error	23	2.44	0.11		
Total corregido	34	4.55			
R-cuadrada	C.V	Raíz CME	Media de tratamientos		
0.46	69.93	0.33	0.47		

Prueba Tukey para crecimiento en diámetro de copa.

Tratamiento	N	Medias (cm)	Agrupación Tukey
8	3	1.01	A
3	3	0.77	A
7	3	0.71	A
10	3	0.57	A
12	3	0.48	A
4	3	0.39	A
1	3	0.36	A
2	3	0.35	A
9	3	0.29	A
11	3	0.22	A
5	2	0.20	A
6	3	0.18	A

A=Tukey (≤ 0.05)A

Variable dependiente: crecimiento en altura.

Fuente de variación	Grados libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	Pr>F
Modelo	11	4.84	0.44	0.48	0.90
Error	23	21.22	0.92		
Total corregido	34	26.06			
R-cuadrada	C.V	Raíz CME	Media de tratamientos		
0.19	70.65	0.96	1.36		

Prueba Tukey para crecimiento en altura.

Tratamiento	N	Medias	Agrupación Tukey
5	2	2.28	A
6	3	1.97	A
3	3	1.50	A
10	3	1.47	A
4	3	1.47	A
11	3	1.37	A
12	3	1.33	A
2	3	1.30	A
8	3	1.15	A
1	3	1.08	A
9	3	0.93	A
7	3	0.79	A

A=Tukey(≤ 0.05)

Variable dependiente: sobrevivencia.

Fuente de variación	Grados libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	Pr>F
Modelo	11	5,955.56	541.41	1.43	0.22
Error	24	9,066.67	377.78		
Total corregido	35	15,022.22			
R-cuadrada	C.V	Raíz CME	Media de tratamientos		
0.40	46.03	19.44	42.22		

Prueba Tukey para sobrevivencia.

Tratamiento	N	Media (%)	Agrupación Tukey
6	3	66.67	A
12	3	53.33	A
8	3	53.33	A
5	3	46.67	A
2	3	46.67	A
10	3	46.67	A
4	3	46.67	A
9	3	40.00	A
7	3	33.33	A
11	3	26.67	A
1	3	26.67	A
3	3	20.00	A

A=Tukey(≤ 0.05)

Apéndice 2. Análisis de varianza y prueba Tukey para evaluar las medias de crecimiento por Factor.

Variable dependiente: crecimiento en diámetro basal.

Fuente de variación	Grados libertad	Error Tipo I	Cuadrado medio	F	Pr>F
Estructura	3	0.96	0.34	2.21	0.11
Tipo de planta	2	0.74	0.37	2.54	0.10
Estruct*tipo de planta	6	1.41	0.23	1.62	0.19

Prueba Tukey para diámetro basal (Factor A).

Tipo de planta	N	Media	Agrupación Tukey
3	12	0.78	A
1	12	0.49	A
2	11	0.46	A

Prueba Tukey para diámetro basal (Factor B).

Preparación del	N	Media	Agrupación
1	9	0.85	A
3	9	0.54	A
2	8	0.50	A
4	9	0.42	A

Variable dependiente: crecimiento en diámetro de copa.

Fuente de variación	Grados libertad	Error Tipo I	Cuadrado medio	F	Pr>F
Estructura	3	0.72	0.24	2.26	0.11
Tipo de planta	2	0.04	0.02	0.18	0.84
Estruct*tipo de planta	6	1.34	0.22	2.11	0.09

Prueba Tukey para diámetro de copa (Factor A).

Tipo de planta	N	Media	Agrupación Tukey
1	12	0.50	A
2	11	0.47	A
3	12	0.43	A

Prueba Tukey para diámetro de copa (Factor B).

Preparación del sitio	N	Media	Agrupación Tukey
3	9	0.67	A
1	9	0.49	A
4	9	0.42	A
2	8	0.26	A

Variable dependiente: Crecimiento en altura.

Fuente de variación	Grados libertad	Error Tipo I	Cuadrado medio	F	Pr>F
Estructura	3	3.50	1.17	1.26	0.31
Tipo de planta	2	0.58	0.29	0.31	0.73
Estruct*tipo de planta	6	0.76	0.13	0.14	0.99

Prueba Tukey para crecimiento en altura (Factor A).

Tipo de planta	N	Media	Agrupación Tukey
2	11	1.45	A
3	12	1.43	A
1	12	1.20	A

Prueba Tukey para crecimiento en altura (Factor B).

Preparacion del sitio	N	Media	Agrupación Tukey
2	8	1.86	A
4	9	1.39	A
1	9	1.29	A
3	9	0.95	A

Apéndice 3. Análisis de varianza y prueba de Tukey por factor A.

Variable dependiente: sobrevivencia.

Fuente de variación	Grados libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	Pr>F
Modelo	2	72.22	36.11	0.76	0.51
Error	6	283.33	47.22		
Total corregido	8	355.56			
R-cuadrada	C.V	Raíz CME	Media de tratamientos		
0.20	16.28	6.87	42.22		

Tipo de Planta	N	Media	Agrupación Tukey
3	3	45.00	A
2	3	43.33	A
1	1	38.33	A

Apéndice 4. Análisis de varianza y prueba de Tukey por factor B.

Variable dependiente: sobrevivencia.

Fuente de variación	Grados libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	Pr>F
Modelo	3	2,222.22	740.75	1.85	0.16
Error	32	12,800.00	400.00		
Total corregido	35	15,022.22			
R-cuadrada	C.V	Raíz CME	Media de tratamientos		
0.15	47.37	20.00	42.22		

Preparación del sitio	N	Media	Agrupación Tukey
2	9	53.33	A
3	9	42.22	A
4	9	42.22	A
1	9	31.11	A