

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**



Plantación de *Pinus cembroides* Zucc. con Tres Tipos de Planta y Cuatro Estructuras de Preparación del Terreno, en Saltillo, Coahuila.

Por:

PASCUAL GALLEGOS AYALA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Buenvista, Saltillo, Coahuila, México, Junio de 2010.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

Plantación de *Pinus cembroides* Zucc. con Tres Tipos de Planta y Cuatro
Estructuras de Preparación del Terreno, en Saltillo, Coahuila.

Por:
PASCUAL GALLEGOS AYALA

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

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

Plantación de *Pinus cembroides* Zucc. con Tres Tipos de Planta y Cuatro
Estructuras de Preparación del Terreno, en Saltillo, Coahuila.

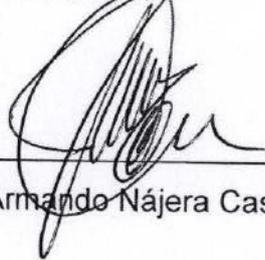
Por:
PASCUAL GALLEGOS AYALA

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

INGENIERO FORESTAL

APROBADA:

Asesor principal



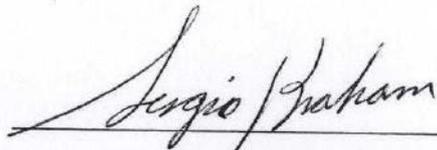
M.C. José Armando Nájera Castro

Asesor



M.C. Jorge David Flores Flores

Asesor



Ing. Sergio Braham Sabag

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, Junio de 2010.

DEDICATORIA

A **MIS PADRES**: Saúl Gallegos Ramírez y Estefana Ayala Jiménez por el gran apoyo que me han brindado en cada momento de mi vida, y que gracias a sus consejos y enseñanzas, ahora he culminado una etapa importante en mi vida profesional.

A **MIS HERMANOS**: Heriberto, María Dolores (Lola), Margarita, Norma, José Cruz, Eugenio, Antonio, Cecilia, Juan, Victoria y Alma Leticia, por su incansable apoyo y motivación, además de los consejos de sus experiencias.

A **MI ESPOSA**: Verónica Cortez Maldonado, que a pesar de la infinidad de problemas con los que nos hemos tropezado, nunca ha dejado de apoyarme.

A **NUESTRO HIJO**: José Ángel Gallegos Cortez, gracias a ti estamos aprendiendo a ser padres, que haremos con responsabilidad e incansablemente para que seas una buena persona, eres lo que nos motiva a seguir preparándonos profesionalmente.

AGRADECIMIENTOS

A **MI UNIVERSIDAD ANTONIO NARRO**: Por haberme recibido y brindarme la oportunidad de ser mejor profesionalmente.

A **LOS MAESTROS DEL DEPARTAMENTO FORESTAL** por sus innumerables consejos y encauce en la carrera.

AL **EIIPP** por haberme enseñado a trabajar en equipo y por las grandes experiencias en cada uno de sus concursos.

AL **M.C. JOSE ARMANDO NÁJERA CASTRO** por brindarme su confianza y apoyo para la culminación de éste trabajo, por la buena convivencia que tuvimos durante mi estancia en la Universidad y tenemos actualmente en la actividad profesional.

AL **M.C. JORGE DAVID FLORES FLORES** por permitirme recibir sus consejos y críticas en el desarrollo de éste trabajo.

AL **ING. SERGIO BRAHAM SABAG** por la asesoría para el desarrollo del presente trabajo.

A **JULIAN CERANO** por haberme apoyado durante mi estancia en la Universidad y desarrollo profesional.

A **MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS** por las inolvidables experiencias académicas y de convivencia llevadas a cabo en la Calle Dionisio García Fuentes No. 858, Zona Centro.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivos.....	2
1.2 Hipótesis.....	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Descripción de la especie.....	3
2.2 Distribución en México.....	4
2.2.1 Altitud.....	5
2.2.2 Suelo.....	5
2.2.3 Clima.....	6
2.3 Hábitat.....	6
2.4 Importancia.....	7
2.4.1 Importancia ecológica.....	7
2.4.2 Importancia Económica.....	7
2.4.3 Usos.....	8
2.4.4 Daños.....	8
2.5 Variables que se consideran al evaluar la plantación.....	9
2.6 Consideraciones importantes previas al establecimiento de plantaciones forestales.....	10
2.7 Características que influyen en el crecimiento de la planta.....	13
2.8 Experiencias en trabajos de investigación.....	15
III. MATERIALES Y METODOS	23
3.1 Localización y descripción del área de estudio.....	23
3.1.1 Hidrología.....	24
3.1.2 Vegetación.....	24
3.1.3 Fauna.....	24
3.1.4 Clima.....	25
3.1.5 Suelo.....	25
3.2 Procedimiento de estudio.....	25
3.2.1 Preparación de la planta.....	25
3.2.2 Preparación del sitio.....	26
3.2.3 Plantación.....	26
3.2.4 Mediciones.....	26
3.3 Diseño experimental.....	27
3.4 Tratamientos.....	28
3.5 Unidad experimental.....	29
3.6 Variables evaluadas.....	30

3.6.1 Supervivencia.....	30
3.6.2 Crecimiento en diámetro basal, diámetro de copa y altura...	30
IV. RESULTADOS Y DISCUSION.....	31
4.1 Resultados por factores.....	31
4.1.1 Supervivencia.....	31
4.1.2 Crecimiento en diámetro basal.....	36
4.1.3 Crecimiento en diámetro de copa.....	40
4.1.4 Crecimiento en altura.....	44
V. CONCLUSIONES.....	47
VI. RECOMENDACIONES.....	48
VII. LITERATURA CITADA.....	49
VIII. APENDICE.....	55

ÍNDICE DE CUADROS

		Página
1	Prueba de Tukey de comparación de medias de los porcentajes de plantas vivas por estructura (Factor B).....	31
2	Prueba de Tukey de comparación de medias de los porcentajes de plantas muertas por Estructura (Factor B).....	32
3	Prueba de Tukey de comparación de medias de los porcentajes de plantas vivas en el Tipo Planta (Factor A).....	32
4	Prueba de Tukey de comparación de medias de los porcentajes de plantas muertas por Tipo de Planta (Factor A).....	33
5	Prueba de Tukey de comparación de medias de plantas muertas por efecto del Tratamiento (AxB).	33
6	Prueba de Tukey de comparación de medias de las plantas muertas por la fauna entre Tratamientos (AxB).....	34
7	Prueba de Tukey de comparación de medias para la variable supervivencia de los Tratamientos (AxB).....	35
8	Prueba de comparación de medias de Tukey para la variable de crecimiento en diámetro basal por Estructura (Factor B).....	37
9	Prueba de comparación de medias de Tukey para la variable de crecimiento en diámetro basal por Estructura (Factor B) en Porciento.....	37
10	Prueba de comparación de medias de Tukey para la variable de crecimiento en diámetro basal por Tipo de Planta (Factor A).....	37
11	Prueba de comparación de medias de Tukey para la variable de crecimiento en diámetro basal por Tipo de Planta (Factor A) en Porciento.....	38
12	Prueba de comparación de medias de Tukey por Tratamiento para la variable crecimiento en diámetro basal (Factor AxB).....	38
13	Prueba de comparación de medias de Tukey por Tratamiento para la variable crecimiento en diámetro basal (Factor AxB) en (%)......	39
14	Prueba de comparación de medias de Tukey para la variable de crecimiento en diámetro de copa por Estructura (Factor B).....	40
15	Prueba de comparación de medias de Tukey para la variable de crecimiento en diámetro de copa por Estructura (Factor B) en (%)......	41
16	Prueba de comparación de medias de Tukey para la variable de crecimiento en diámetro de copa por Tipo de Planta (Factor A).....	41
17	Prueba de comparación de medias de Tukey para la variable de crecimiento en diámetro de copa por Tipo de Planta (Factor A) en (%)......	42
18	Prueba de comparación de medias de Tukey por Tratamiento para la variable crecimiento en diámetro de copa (Factor AxB).....	42
19	Prueba de comparación de medias de Tukey por Tratamiento para la variable crecimiento en diámetro de copa (Factor AxB) en (%)......	43

20	Prueba de comparación de medias de Tukey para la variable de crecimiento en diámetro de copa por Tipo de Planta (Factor A).....	44
21	Prueba de comparación de medias de Tukey para la variable de crecimiento en diámetro de copa por Tipo de Planta (Factor A) en (%).....	44
22	Prueba de comparación de medias de Tukey para la variable de crecimiento en altura por Estructura (Factor B).....	45
23	Prueba de comparación de medias de Tukey para la variable de crecimiento en altura por Estructura (Factor B) en (%).....	45
24	Prueba de comparación de medias de Tukey por Tratamiento para la variable crecimiento en altura (Factor AxB).....	46

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
1 Croquis de ubicación del área experimental.....	23
2 Ubicación de las unidades experimentales en el área de plantación.....	29
3 Representación de las medias de los porcentajes de Supervivencia de los 12 tratamientos.....	36

RESUMEN

Palabras clave:

Plantación, Análisis de varianza, Tratamiento, *Pinus cembroides*.

La plantación forestal se encuentra en el Ejido San Juan de la Vaquería, Municipio de Saltillo en una superficie de terreno de 790 m². El área de estudio se ubicada entre las sierras de El Tapanco y El Pajarito dentro del cañón de Deramadero.

Para efecto del estudio 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). 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.

La única diferencia estadística significativa la presentó la planta en bolsa de polietileno de 1,500 ml. con respecto a la planta en charola de 125 ml. para el crecimiento en diámetro basal con una diferencia de 0.7784 mm.

Con base a las medias de los crecimientos, para las variables evaluadas los tratamientos que mejor respondieron son: Para diámetro basal el Tratamiento 6 (Zanja con planta en maceta de 1,500 ml.); para el diámetro de copa el Tratamiento 11 (Bordos en curvas a nivel con planta en maceta de 1,500 ml.), y para la altura el Tratamiento 8 (Cepa profunda con planta en maceta de 750 ml.) con 2.1553 mm., 5.9597 cm y 4.789 cm. respectivamente.

I. INTRODUCCIÓN

Casi todas las plantaciones forestales de América del Norte y Central están clasificadas como plantaciones forestales industriales. Por el contrario, alrededor del 40% de las plantaciones forestales en Cuba y del 60% en México pertenecen a la categoría de plantaciones industriales. En México, los pinos constituyen la mayor parte del área de plantaciones forestales de coníferas. También pueden encontrarse gran variedad de especies de *Eucalyptus*, *Acacia* y *Casuarina* en las plantaciones de frondosas (FIPRODEFO, 2005).

En México, debido al rápido desarrollo de la red ferroviaria, a principios del siglo XX propició el establecimiento de pequeñas plantaciones, destinadas a abastecer de combustible a las máquinas, sin embargo fue hasta la década de los cincuenta que se tiene noticia de un proyecto de 5,500 has con especies de eucaliptos, cedro rojo, caoba y paraíso (FIPRODEFO, 2005).

Se piensa que un proyecto de plantaciones consiste en sembrar o plantar y después solo hay que esperar un tiempo, generalmente indefinido a que la naturaleza haga su labor propiciando el crecimiento de los árboles para poder cosechar. Sin embargo, las plantaciones comerciales deben conceptuarse de la misma forma como otras actividades productivas agrícolas, en donde se hace un cultivo que requiere la inversión de recursos y que contempla su recuperación con los dividendos respectivos, en un tiempo que es posible predeterminedar (Burciaga, 2003).

Se han establecido plantaciones forestales con objetivos de recuperación y protección de áreas con suelos degradados, en terrenos donde se han abandonado los cultivos agrícolas, en zonas de bosques empobrecidos, en lugares de esparcimiento cercanos a las poblaciones, así como en cuencas con fines de protección; sin embargo, estas plantaciones se han establecido sin una preparación adecuada del terreno, que generalmente no se realiza y el sistema de plantación empleado es el de cepa común, que se ha usado indistintamente, sin tomar en cuenta los aspectos

generales como topografía, pendiente, tipo de suelo, pedregosidad, entre otras; por ésta causa, el resultado ha sido baja sobrevivencia y mal desarrollo de las plantaciones (Muñoz, 1997).

Pinus cembroides Zucc. es una especie atractiva para reforestar y restaurar zonas áridas y semiáridas, una de las más resistentes a heladas y sequías, evita la erosión y favorece la infiltración del agua, restableciendo los mantos subterráneos, además de la tolerancia a los suelos someros, se desarrolla en laderas de cerros y lomeríos, pendientes secas y rocosas, al pie de las montañas (CONABIO, 2010).

Por lo anterior, se planteó establecer una plantación de *Pinus cembroides* Zucc. con cuatro sistemas de preparación de terreno, que permita mejorar las condiciones para el establecimiento y desarrollo subsecuente de la plantación, además de tres tipos de planta.

El presente trabajo corresponde a una segunda evaluación del trabajo desarrollado por el Ing. Sergio Humberto Ochoa Olivas, titulado “Efecto de la calidad de planta y preparación del sitio en la sobrevivencia y crecimiento de *Pinus cembroides* en sitios difíciles.

1.1 Objetivos

Evaluar el crecimiento en diferentes tipos de planta, y diferentes estructuras de preparación del terreno, en forma simple y combinada, para determinar el mejor tratamiento.

1.2 Hipótesis

Ho: No existen diferencias estadísticas en el crecimiento entre los diferentes tipos de planta, ni entre estructuras de preparación de terreno, ni en las interacciones de ambos.

Ha: Al menos un tipo de planta, una estructura de preparación de terreno, o una interacción de ambos presenta diferencias estadísticas en el crecimiento

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Descripción de la especie

De acuerdo con Martínez (1948), la especie *de Pinus cembroides* Zucc. presenta las siguientes características:

Nombre científico: *Pinus cembroides* Zucc.

Nombres comunes: Pino, piñón, piñonero, piñón prieto.

Familia: Pinaceae

Características morfológicas:

Forma: Árbol perennifolio, de 5 m. hasta 15 m. de altura, con un diámetro a la altura del pecho de 30 hasta 70 cm.

Copa / Hojas: Copa redondeada y abierta en individuos maduros y piramidal (espa-ciada) en individuos jóvenes, con follaje ralo, sobre todo en sitios muy secos, de color verde oscuro algo azulado, pálido, a veces amarillento. 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 / Ramas: Tronco corto, con ramas ascendentes, delgadas y colocadas irregularmente en el tallo, comenzando casi siempre desde la base.

Corteza: Externa color café rojiza a casi negra, se rompe en gruesas láminas, con pequeñas escamas delgadas y fisuras profundas.

Flor(es): Las flores masculinas son amentos cilíndricos. Floración. Florecen de mar-

zo a abril

Fructificación: Los conos maduran (abren) de noviembre a diciembre.

Polinización: Anemófila.

Cono(s): Conos subglobosos de 5 a 6 cm de ancho, casi sin pedúnculo, aislados 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.

Semilla(s): Semillas desnudas, subcilíndricas, ligeramente triangulares, sin ala, de 10 mm de largo, café o negruzcas, abultadas en la parte superior y adelgazada hacia la base.

Raíz: Sistema radical profundo.

Sexualidad: Monoica.

2.2 Distribución en México

Es una de las especies de pino de mayor distribución en México, forma masas puras en la Sierra Madre Oriental al norte del Trópico de Cáncer, se localizan en la periferia de las zonas áridas o en las serranías dentro de ellas. Las mayores poblaciones están en: Chihuahua, Durango, Coahuila, Nuevo León, Hidalgo y Zacatecas.

Hasta la fecha ha sido difícil explicar su distribución ecológica, ya que los piñonares ocupan hábitats semejantes a los del chaparral, del encinar y del bosque de enebro (Rzedwoski, 1978). Los datos disponibles indican que se presentan en una amplia variedad de climas, suelos y topografía (Neie, 1979), aunque la mayoría restringidos a una franja entre el desierto y las zonas templadas subhúmedas (Fogg, 1966; Odum, 1972).

Entre todos los piñoneros el *Pinus cembroides* Zucc. destaca por tener la distribución geográfica más amplia. En estos bosques se presentan con frecuencia, especies de las zonas áridas y del bosque templado húmedo, en concordancia con su carácter, confirmando la afirmación de formación transicional (Robert, 1977).

2.2.1 Altitud

El límite altitudinal superior para el *Pinus cembroides* Zucc. varía desde los 2400 y 2500 msnm en las montañas localizadas al norte del Trópico de Cáncer, y hasta 2700 msnm en las que se encuentran al sur del mismo; por arriba de estas altitudes se presentan cambios de precipitación y temperatura (Robert, 1977), que posiblemente determinan que sea sustituido por el chaparral o el encinar. El límite altitudinal inferior conocido es de 1700 msnm (sin especificar si es al norte o al sur del T.C.); a esta altura comienza a ser sustituido por algunos de los matorrales desérticos o el pastizal, debido aparentemente al tipo de suelo, a la humedad edáfica o a la temperatura (Robert, 1977; Rzedowski R., 1978).

2.2.2 Suelo

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).

Robert (1977) observó que los bosques de *Pinus cembroides* Zucc se desarrollan indiferentemente sobre las rocas sedimentarias, eruptivas, extrusivas y metamórficas, y sobre suelos con pH medianamente ácidos a suelos con pH básico, tales como rendzinas líticas.

2.2.3 Clima

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. Robert (1977) encontró temperaturas máximas entre 12.7 y 19.5 °C con más de 20 horas de heladas por año y precipitación comprendida entre 250 y 600 mm, con seis a siete meses secos; las exigencias ecológicas de la especie se relacionan más con la precipitación y temperatura, que con otros factores.

Las plantas son resistentes a las fuertes sequías que se presentan en las zonas de contacto con las zonas áridas y semiáridas, así como a las temperaturas extremas.

2.3 Hábitat

Considerando la variación de la temperatura, se distinguen dos grandes zonas en la distribución de esta especie. Una al norte del Trópico de Cáncer, desde Coahuila y Durango hasta Baja California, dónde la temperatura varía más de 10°C. La otra al Sur, donde la variación anual de la temperatura es menor de 10°C, en los estados de Aguascalientes, Baja California, Baja California Sur, Chihuahua, Coahuila, Distrito Federal, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, México, Nuevo León, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Sonora, Tamaulipas, Veracruz y Zacatecas (Eguiluz, 1982; Batis, 1999).

El piñonero forma bosques puros o mixtos, con elementos de los chaparrales y bosques de encino - enebro, entre los 19° 10' y 33° 40' Latitud Norte y 97° y 114° Longitud Oeste.

Se encuentra formando bosques de pino con masas arbóreas abiertas, árboles de baja altura y muy ramificados, y junto con otras latifoliadas entre los 1350 y 2750 msnm. Regularmente habita zonas con poca precipitación pluvial, que oscila entre los 380 a 635 mm, en suelos delgados, con bajo contenido de materia orgánica y pedregosos. Por esta razón este pino es considerado como apto para reforestar zonas erosionadas o semiáridas.

2.4 Importancia

2.4.1 Importancia ecológica

El *Pinus cembroides* Zucc. cobra mayor importancia desde un punto de vista ecológico y social, ya que al ser la especie predominante de la vegetación existente de muchos lugares, dependen de él una serie de elementos bióticos y abióticos que caracterizan a estas regiones, como la diversificación y abundancia de la fauna, los ciclos hidrológicos, mantos acuíferos, la conservación de suelos, áreas recreativas y el microclima en general.

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).

Se asocia con especies de matorral arbustivo, encinares y pinares de climas semidesérticos. *Yucca carnerosana*, *Arbutus xalapensis*, *Larrea tridentata*, *Acacia farnesiana*, *Agave* sp., *Opuntia* sp., *Buddleia* sp., *Juniperus* sp., *Pinus teocote*, *P. arizonica*.

2.4.2 Importancia Económica

El semilla del pino piñonero genera una alta actividad comercial en amplias zonas rurales del país, especialmente en las de clima semiárido. Su recolección

abastece más del 90% del mercado nacional, su colecta y venta, proporcionan ingresos a una numerosa cantidad de familias (Martínez, 1948).

Aunque no es muy común, su madera suave y de veteado agradable llega a utilizarse en la fabricación de muebles rústicos.

2.4.3 Usos

Su madera tiene poco valor comercial (De la Rosa, 1995), se emplea como madera aserrada para construcción rural y postes, también es apreciada en la elaboración de muebles rústicos e instrumentos musicales; sin embargo, no tiene utilidad para muebles de alta calidad. También se usa como leña y carbón, y pulpa para papel. La resina se utiliza como materia prima en impermeabilizantes y como pegamento casero (Batis *et al.*, 1999), también se extrae aceite de pino y alquitrán.

2.4.4 Daños

Entre los factores que afectan y contribuyen el deterioro parcial o total, sobresalen: los incendios forestales, desmontes para la agricultura en terrenos no agrícolas, explotaciones irracionales, obras sociales y la incidencia de plagas y enfermedades.

Los daños ocasionados por el hombre al ecosistema a través de sus explotaciones irracionales en las épocas de cosecha y de manejo inadecuado en las áreas de libre pastoreo, provocan la disminución de producción de semilla y renuevos requeridos para la recuperación de éstas, y en consecuencia se incrementa la superficie de áreas desnudas y el aumento de superficies indeseables.

2.5 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).

2.6 Consideraciones importantes previas al establecimiento de plantaciones 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: 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).

Mc. Kee (1989) asevera que la preparación de terreno es esencial para el establecimiento de plantaciones de *Pinus taeda* en el sureste de E.U.A.; los propósitos de la preparación de terreno incluyen el control de la vegetación competidora, mejoramiento del drenaje e incrementar la fertilidad del suelo; la selección del tratamiento adecuado depende fuertemente del tipo de suelo, y la cantidad de otras especies principalmente hojosas que han sido aprovechadas en la rotación anterior.

El éxito de cualquier proyecto de restauración de la cubierta vegetal depende de múltiples factores. Si las especies elegidas son compatibles con las características ecológicas del área a restaurar y las condiciones climáticas del año de plantación no son especialmente anormales, el método de preparación del suelo (Harvey et al., 1996; Orlander et al., 1996; Roldán et al., 1996), la falta de cuidados después de la plantación (Navarro y Martínez, 1997) y la calidad de la planta, son los factores que más determinan la buena marcha de la restauración (South, 2000).

Montoya y Cámara (1996), señalan que 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.

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).

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 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 trasplante 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).

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

Índice de calidad de Dickson (QI) (Dickson *et al.* 1960):

$$QI = \frac{\text{peso seco total (g)}}{\frac{\text{altura tallo (cm)}}{\text{diámetro tallo (mm)}} + \frac{\text{peso seco tallo (g)}}{\text{peso seco raíces (g)}}} \quad [2]$$

2.7 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 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 practicas 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.

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).

2.8 Experiencias en trabajos de investigación

Edwards (1986), evaluó la sobrevivencia, altura y crecimiento en diámetro en *Pinus taeda* por 3 años después de la aplicación de seis tipos de preparación del sitio; los árboles del tratamiento más intensivo que incluyó chaponeo, quema, disqueo, fertilización y tratamiento con herbicidas, fueron alrededor de 45 cm. más altos que el testigo y la sobrevivencia fue superior en 8 %.

Sloan *et al.*, (1987) estudiaron el crecimiento de *Pinus ponderosa* a raíz desnuda y con envase; la población se estableció en cinco localidades del sureste de Utah y las comparaciones de la sobrevivencia y altura se realizaron a los 5 años. Los resultados mostraron que la sobrevivencia de la planta envasada es de 78-98 % y de 64-91 % a raíz desnuda; en sitios difíciles el crecimiento en altura es mayor cuando se emplean arbolitos provenientes de contenedores pero el valor permanece semejante en los mejores sitios.

Boyer (1988), en Georgia, E.U.A., evaluó los efectos de varios niveles de control de competencia sobre el desarrollo de *Pinus palustris* empleando plantas a raíz desnuda y con envase. Los resultados obtenidos señalan que después de cinco años de haber plantado, la sobrevivencia de la planta envasada (76 %) fue mayor que la obtenida con planta a raíz desnuda (51 %); la altura también fue mayor 1.80 m contra 1.42 m. Por otra parte, la eliminación de competencia mejoró el crecimiento promoviendo en planta envasada con altura de 2.15 m en lugares tratados, contra 1.37 m en lugares sin tratar y a raíz desnuda 1.62 m contra 1.25 m.

Oucalt (1988), estudió durante 10 años el efecto de la preparación del sitio, encontrando que el desnudar de vegetación el suelo, muestra un efectivo valor al relacionar el costo-beneficio para el establecimiento de plantaciones de *Pinus clausa* var. *immuginata*, debido a que es posible reducir los costos sin detrimento de la sobrevivencia o producción de la masa.

Brissette y Barnett (1989), produjeron plántulas en envase y a raíz desnuda de seis familias de medios hermanos y las plantaron en dos localidades de Arkansas; al momento de la plantación, las de raíz desnuda tenían mayor altura media y diámetro de cuello que las envasadas, sin embargo éstas últimas tuvieron mayor volumen radicular promedio y un balance más favorable en la relación parte aérea-raíz; después de una estación de crecimiento en el campo, la sobrevivencia de ambos tipos excedió el 94 %; en ambas aéreas, las plántulas de envase crecieron más

en las dos localidades y la familia y tipo de producción en vivero interactuaron en sus efectos sobre la altura de los arbolitos.

Edwards (1990) en Georgia, U.S.A. ensayó seis intensidades de preparación de sitio variando desde un testigo, subsoleo, quema, fertilización y aplicación de herbicida; la sobrevivencia, y crecimiento en altura y diámetro de *Pinus taeda* fue evaluada durante cinco años después de la plantación; todos los tratamientos mecánicos mostraron buena sobrevivencia, el crecimiento en volumen fue mayor 5 veces respecto al testigo y se obtuvieron beneficios adicionales sobre el control de malezas.

Ratliff y Denton (1991), indican que la preparación de áreas para la plantación de coníferas reduce la competencia pero crea condiciones de campo pobres; en Modoc National Forest, California, E.U.A., practicaron la preparación de sitio en 1988, y en 1989 establecieron plantaciones de *Pinus ponderosa*; de las observaciones realizadas en 5 poblaciones, los arbolitos sobrevivientes cubrían solamente el 2.5 % del suelo, los arbustos 1.4 % y los pastos perennes, anuales, hierbas anuales y perennes cubrieron solamente cerca de 0.5 % cada una; el área sin plantar mostró 53 % de suelo desnudo, 34 % de materia orgánica, las rocas y madera alrededor de 3.5 %. La capa de suelo de las áreas con plantación fueron: densidad 1.5g/cm³, materia orgánica 11.7 %, agua en el suelo 8.1 % y absorción de agua 0.98 min/cm.

Scarfe *et al.*, (1992), mencionan que en algunas localidades del sur de E.U.A., los costos de preparación de terreno son prohibitivos y ofrece la alternativa de muy bajo costo al emplear cabras para eliminar efectivamente la competencia en las plantaciones forestales que pueden alcanzar ramas de hasta 1.20 m sobre el nivel del suelo y controlar también la vegetación más alta al desnudar el tronco quitando la corteza de los mismos aunque solo consumen vegetación verde; para mejores resultados, las cabras pueden emplearse dentro de los dos primeros años después

de la corta de de limpia, que es cuando el total de la vegetación está a su alcance; los beneficios adicionales es que no se afecta la superficie del suelo y el albedrío del agua.

Busby *et al.*, (1993), reportan los resultados de la comparación de la preparación de terreno (que incluyó la preparación con herbicidas y quema) y la eliminación de malezas con herbicidas a los dos años de plantación; del estudio se concluye que ambas estrategias son favorables económicamente para las condiciones de Piedmont, Georgia y que sin embargo el retorno económico de la inversión parece ser mayor con la preparación de sitio además de que se ofrecen otras opciones como más rangos de eficacia, opciones de otras aplicaciones químicas y mayor control posible sobre las malezas, pero las ventajas que ofrece el tratamiento alternativo con la aplicación de herbicidas pueden ser el bajo costo de tratamiento, la inversión diferida o retrasada y la prescripción más precisa.

Barnett y McGilvray (1933) evaluaron el crecimiento de *Pinus taeda* provenientes de un mismo lote de semillas, las plantas fueron de dos tipos, envasada y a raíz desnuda; al momento de la plantación, el tamaño y calidad de la planta en envase fue igual o mejor que el material a raíz desnuda; los dos primeros años las condiciones fueron ideales y el rendimiento fue igual en ambos tipos, pero cuando las condiciones cambiaron, las plantas envasadas sobrevivieron y crecieron mejor que las de raíz desnuda.

En México son pocos los trabajos publicados sobre sistema de propagación y establecimiento de plantaciones a raíz desnuda.

Núñez de León (1971), llevó a cabo un trabajo de raíz desnuda en terrenos localizados dentro del área de influencia de la Unidad Industrial de Explotación Forestal Loreto y Peña pobre, S. A., habiendo utilizado 82% de planta a raíz desnuda y 18 % de planta en envase de polietileno. La planta a raíz desnuda se transportó del vivero al sitio de plantación en paquetes de 100 cada uno, cuyas raíces fueron pro-

tegidas por una capa de lodo suave, envolviéndolas posteriormente en cartón asfaltado, almacenando luego los paquetes en cámaras frías a temperaturas entre 0 y 3° C, durante seis días, obteniéndose así sobrevivencia del orden de 60 a 70 %.

Hernández (1974), realizó un estudio con la finalidad de observar la supervivencia e incremento en altura de las especies de *Pinus montezumae* y *P. pseudostrobus* en tres tipos de preparación del terreno: cepa común, subsoleo total y terrazas de absorción en San Marcos Huixtoco, Estado de México. Se concluye que existen diferencias significativas en la supervivencia de los tratamientos de preparación del terreno, siendo el de terrazas el que ofrece mejores resultados y que éste tratamiento favorece al crecimiento en altura de las plantas de *P. pseudostrobus*, al igual que el subsoleo a *P. montezumae*. La elección de cualquiera de estos dos métodos deberá basarse en un estudio que involucre fundamentalmente los aspectos económicos y sociales.

Musálem *et al.*, (1975), realizaron un estudio sobre la influencia de la preparación del suelo en la supervivencia y crecimiento inicial de *Pinus radiata* a raíz desnuda, con cuatro métodos de preparación del suelo: subsolado, subsolado y un paso de rastra, cepa común (40x40x40 cm) y palada. Se usó un tractor Caterpillar D4C de oruga con barra porta herramienta original, arrastrando un arado de subsuelo de 30 pulgadas; el espaciamiento entre plantas fue de 2x2 m. Los resultados indican que a dos años de establecida la plantación, los métodos de subsolado y rastra, y cepa común no presentaron diferencias significativas entre la supervivencia y la altura, siendo definitivamente superiores al método de palada. El método más costoso fue el de cepa común, seguido por subsolado y rastra y subsolado, y el más barato el de palada.

Carrillo y Musálem (1986), realizaron en 1983 un trabajo en el campo experimental Forestal San Juan Tetla, el cual consistió en probar tres tratamientos al suelo (quema, remoción y testigo) y cinco edades de planta (3, 6, 12, 24 y 36 meses). La preparación del terreno en el caso de la quema se realizó con un lanzallamas, la

remoción del suelo se realizó manualmente, con palas rectas, a una profundidad de aproximadamente 30 cm; no se reportó efecto significativo de los tratamientos al suelo, de quema y remoción, en la supervivencia de las plantas, sin embargo ésta fue mayor en las plantas de mayor edad, donde el factor más determinante en la supervivencia fue la edad.

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).

Domínguez *et al.*, (2001), evaluaron la sobrevivencia y desarrollo inicial de tres especies de pinos regionales y dos del mediterráneo, después de 5 años de su establecimiento, 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. Desde el principio de la plantación destacan por su altura *P. greggii* y *P. halepensis*. Al inicio de la plantación el diámetro osciló entre 0.47 cm (*P. cembroides*) y 0.26 cm., (*P. greggii*), *P. greggii*, *Pinus pseudostrobus*, *Pinus brutia* y *P. halepensis* presentaron los valores más altos en todos los parámetros observados.

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 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 %.

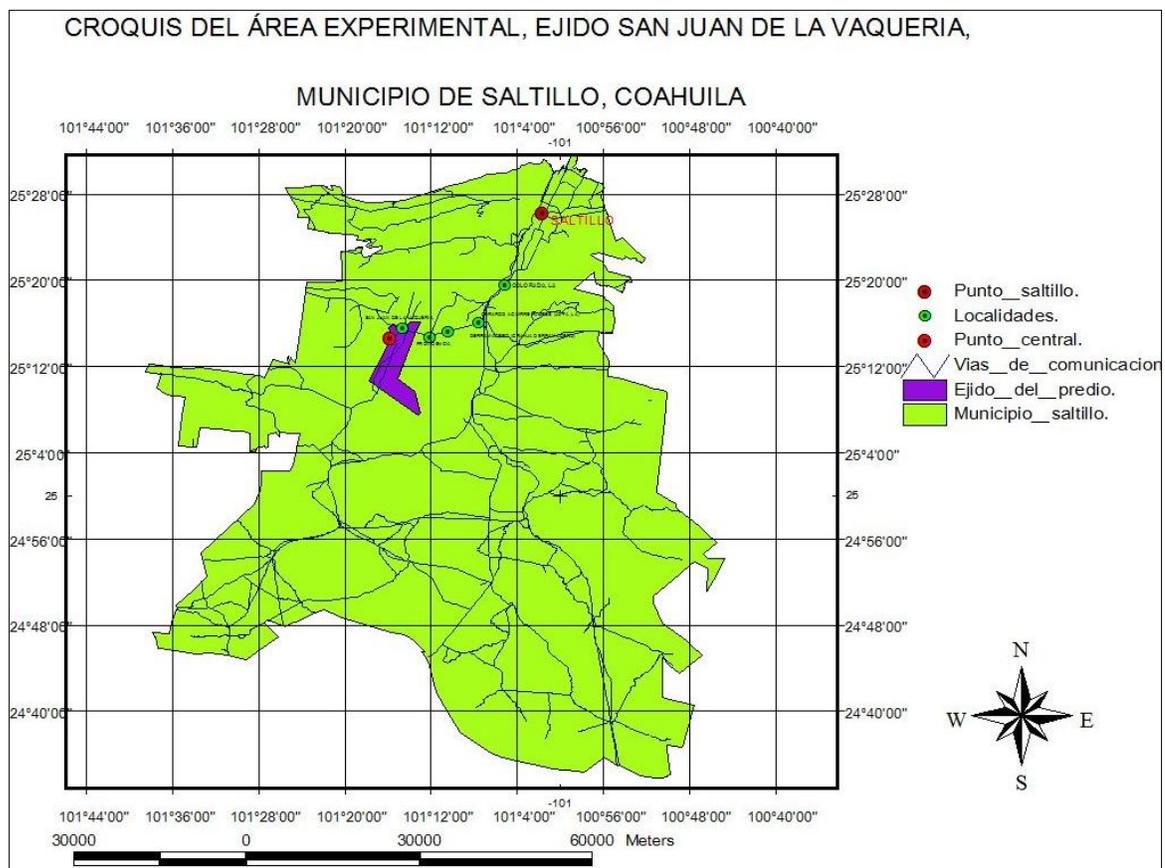


Figura 1. Croquis de ubicación del área experimental.

3.1.1 Hidrología

Se ubica en la Región Hidrológica 24 Bravo-Conchos, cuenca “B” Río Bravo-San Juan, Subcuenca “e” La Casita-El Recreo

Los principales escurrimientos provienen de la sierra de El Tapanco.

3.1.2 Vegetación

La vegetación de la región pertenece a los tipos matorral subinermes, chaparral, izotal, y mezquital, con especies predominantes, mezquite (*Prosopis glandulosa*), gatuño (*Mimosa biuncifera*), palo blanco (*Celtis laevigata*), mimbre (*Chilopsis linearis*), jazmin (*Jasminum sp.*), correoso o lantrisqueño (*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, como maíz (*Zea mays*), frijol (*Phaseolus vulgaris*) y durazno (*Prunus persicae*), principalmente.

3.1.3 Fauna

La constituyen principalmente Aguililla (*Buteo sp.*), gavilán (*Falco sp.*), codorniz escamosa (*Callipepla squamata*), huijota (*Zenaida macroura*), coyote (*Canis latrans*), conejo serrano (*Sylvilagus floridanus*), liebre (*Lepus sp.*), zorrillo (*Mephitis macroura*), tejón (*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).

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 planteó 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.

El establecimiento de la plantación se realizó en fecha “ocho de septiembre de 2009” y la información que aquí se presenta corresponde a la evaluación realizada en fecha 04 de mayo de 2010.

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 datos que nos proporcionen información de las variables evaluadas con respecto a los tratamientos y de esta manera determinar 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 se hizo justo al día siguiente que se estableció la plantación (09/09/2009), 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 (09/10/2009), la tercer medición se hizo dos meses después del establecimiento (09/11/2009), de la plantación, la cuarta se hizo a los cuatros meses y medio después de la plantación (24/01/2010), y la quinta medición se realizó el 04 de mayo de 2010, siendo ésta medición la considerada para el desarrollo del presente trabajo.

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 1,500 ml de volumen.

Sistemas de preparación del sitio:

B1 -Cepa común, de 40x40x40 cm.

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 40x40x40 con planta producida en contenedor-charola de 125 ml.

Tratamiento 2: Cepa común, de 40x40x40 con planta en maceta de polietileno de 750 ml.

Tratamiento 3: Cepa común, de 40x40x40 con planta en maceta de polietileno de 1,500 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 1,500 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.

DISTRIBUCIÓN DE UNIDADES EXPERIMENTALES

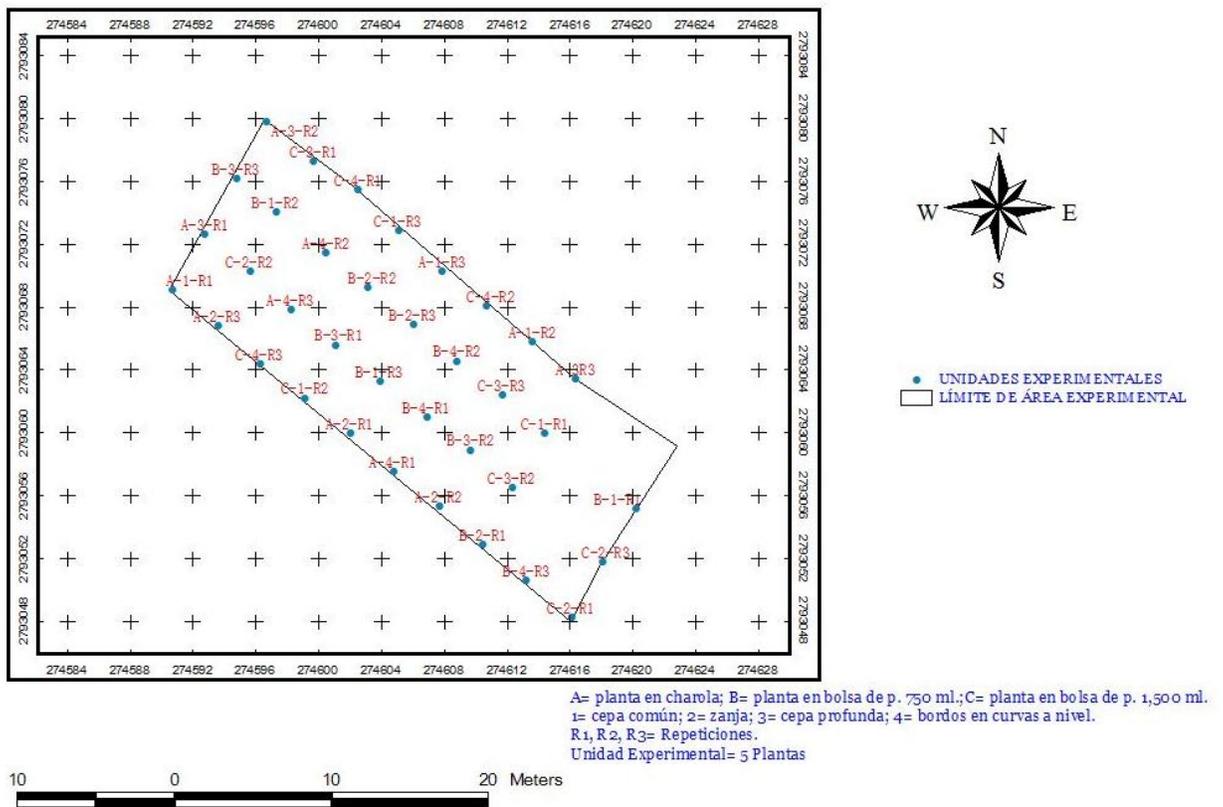


Figura 2. Ubicación de las unidades experimentales en el área de plantación.

3.6 Variables evaluadas

3.6.1 Supervivencia

Los datos de las evaluaciones fueron registrados en un formato de interés de cada planta, en este caso la mortalidad y su causa (según). En el análisis de datos se tomaron en cuenta solo aquellas plantas que murieron y se descartaron plantas que 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, ésta 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 la 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* Zucc., 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 se consideraron en este estudio, sobrevivencia, crecimiento en diámetro basal, diámetro de copa y altura.

4.1.1 Sobrevivencia

De acuerdo al análisis de varianza para la variable sobrevivencia en la estructura (Preparación del terreno) no hay diferencias estadísticas significativas entre las medias ($Pr>F= 0.1654$), tanto de plantas vivas como muertas con valor $\alpha= 0.05$. La prueba de comparación de medias de Tukey tanto para las plantas vivas como las muertas no muestra diferencias significativas (Apéndice 1).

Cuadro 1. Prueba de Tukey de comparación de medias de los porcentajes de plantas vivas por estructura (Factor B).

FACTOR B	N	MEDIA (%)	AGRUPACIÓN TUKEY
3	3	100	A
1	3	97.777	A
2	3	93.333	A
4	3	82.223	A

N= Número de repeticiones.

Cuadro 2. Prueba de Tukey de comparación de medias de los porcentajes de plantas muertas por Estructura (Factor B).

FACTOR B	N	MEDIA (%)	AGRUPACIÓN TUKEY
4	3	17.777	A
2	3	6.667	A
1	3	2.223	A
3	3	0	A

N= Número de repeticiones.

En los cuadros anteriores no se observan diferencias significativas, sin embargo se aprecia que el Factor B3 (Cepa profunda) presentó el mayor promedio del porcentaje de sobrevivencia (100%), y no así el Factor B4 (Bordos en curvas a nivel), al presentar una media porcentual de 82.223 de sobrevivencia (Cuadro 1 y 2).

De acuerdo al análisis de varianza para la variable sobrevivencia para el Tipo de Planta (Factor A), no hay diferencias estadísticas significativas para las medias tanto de plantas vivas como muertas ($Pr > F = 0.8130$), sin embargo, mediante la comparación de medias de Tukey, se observan las diferencias numéricas de los porcentajes.

Cuadro 3. Prueba de Tukey de comparación de medias de los porcentajes de plantas vivas en el Tipo Planta (Factor A).

FACTOR A	N	MEDIA (%)	AGRUPACIÓN TUKEY
2	3	95	A
1	3	93.333	A
3	3	91.667	A

N= Número de repeticiones.

Para el Tipo de Planta se observa que el mejor Factor es el número A2 (Planta en bolsa de polietileno de 750 ml.), al presentar una media del 95% de sobrevivencia (Cuadro 3).

Cuadro 4. Prueba de Tukey de comparación de medias de los porcentajes de plantas muertas por Tipo de Planta (Factor A).

FACTOR A	N	MEDIA (%)	AGRUPACIÓN TUKEY
3	3	8.333	A
1	3	6.67	A
2	3	5	A

N= Número de repeticiones.

Por Tipo de Planta se observa que el Factor A3 (Planta en bolsa de polietileno de 1,500 ml.) presenta la media con el mayor porcentaje (Cuadro 4).

Cuadro 5. Prueba de Tukey de comparación de medias de plantas muertas por efecto del Tratamiento (AxB).

TRATAMIENTO	N	MEDIA (%)	AGRUPACIÓN TUKEY
10	3	26.67	A
12	3	20	A
5	3	13.33	A
3	3	6.67	A
11	3	6.67	A
6	3	6.67	A
1	3	0	A
8	3	0	A
9	3	0	A
2	3	0	A
7	3	0	A
4	3	0	A

N= Número de repeticiones

Con relación a las interacciones entre factores AxB (Tratamientos) en el análisis de varianza para la variable mortalidad, no se encontraron diferencias estadísticas significativas ($Pr > F = 0.4084$); en la prueba de comparación de medias de los porcentajes de mortalidad se puede observar que los tratamientos 10 y 12 (Bordos

con planta de 125 ml. y Bordos con planta en bolsa de 1,500 ml.) presentaron los mayores valores, éstos debido a muerte de la planta por causas atribuibles a los tratamientos, y los tratamientos que no presentaron ese problema son el 1, 2, 4, 7, 8 y 9, de éstos, los últimos tres corresponden a cepa profunda con cada tipo de planta (Cuadro 5).

Cuadro 6. Prueba de Tukey de comparación de medias de las plantas muertas por la fauna entre Tratamientos (AxB).

TRATAMIENTO	N	MEDIA (%)	AGRUPACIÓN TUKEY
1	3	20	A
10	3	13.333	A
12	3	13.333	A
3	3	6.667	A
5	3	6.667	A
2	3	6.667	A
8	3	6.667	A
7	3	0	A
9	3	0	A
6	3	0	A
11	3	0	A
4	3	0	A

N= Número de repeticiones.

Los tratamientos que presentaron mayor mortalidad por fauna son el 1, 10 y 12, también se tienen los que no tuvieron problemas por ésta causa, siendo los tratamientos 4, 6, 7, 9 y 11 (Cuadro 6).

Cuadro 7. Prueba de Tukey de comparación de medias para la variable sobrevivencia de los Tratamientos (AxB).

TRATAMIENTO	N	MEDIA (%)	AGRUPACIÓN TUKEY
1	3	100	A
2	3	100	A
7	3	100	A
4	3	100	A
9	3	100	A
8	3	100	A
3	3	93.33	A
6	3	93.33	A
11	3	93.33	A
5	3	86.67	A
12	3	80	A
10	3	73.33	A

N= Número de repeticiones.

El análisis de varianza no muestra diferencias significativas en base a las medias de las plantas vivas de los tratamientos ($Pr > F = 0.0829$), sin embargo, los tratamientos 1, 2, 4, 7, 8 y 9 presentan una sobrevivencia del 100% que corresponden a Cepa común con planta en charola de 125 ml.; Cepa común con planta en maceta de 750 ml.; Zanja con planta en charola de 125 ml.; Cepa profunda con planta en contenedor de 125 ml.; Cepa profunda con planta en maceta de 750 ml. y Cepa de profunda con planta en maceta de 1,500 ml., respectivamente. Los tratamientos 3, 6 y 11 presentan un 93.33 % de sobrevivencia y el que tiene menor sobrevivencia es el tratamiento 10 (Zanja con planta en charola de 125 ml.), (Cuadro 7).

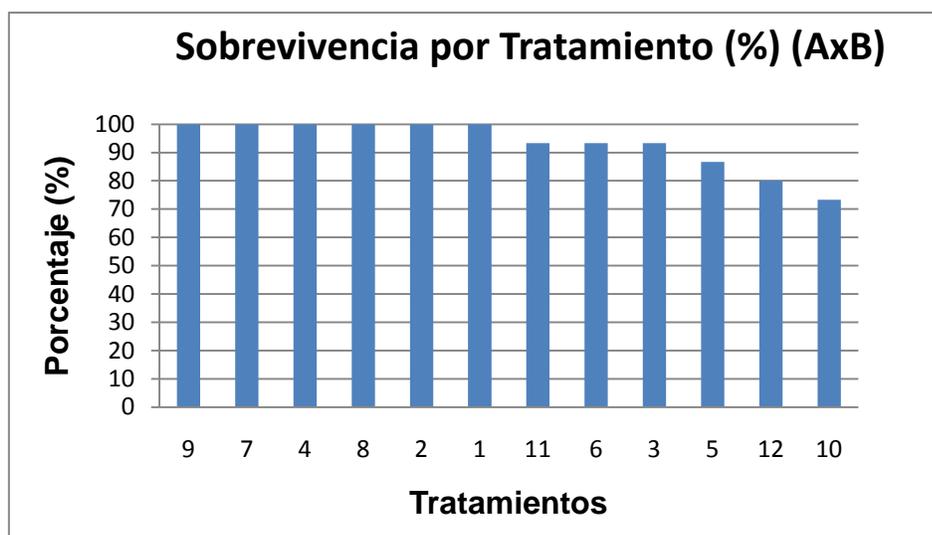


Figura 3. Representación de las medias de los porcentajes de Sobrevivencia de los 12 tratamientos.

En la Figura 3, solo se presenta la mortalidad por causas atribuibles a los tratamientos, no así para la muerte de las plantas por la fauna local, de modo que nos permite evaluar de mejor manera dichos tratamientos.

4.1.2 Crecimiento en diámetro basal

El análisis de varianza para el crecimiento en diámetro basal no presenta diferencias estadísticas significativas entre estructuras. ($Pr > F = 0.7897$) ni en crecimiento en porcentaje ($Pr > F = 0.8420$).

En las pruebas de comparación de medias de Tukey no se encontraron diferencias significativas para la variable media de crecimiento del diámetro basal en la estructura tanto en milímetros como en porcentaje; la media del diámetro basal del mejor Factor para la estructura es el B3 (Cepa profunda), con media de 1.6192 mm. y la media en porcentaje es de 26.133; el que tuvo la menor media fue el tratamiento 1 (Cepa común), con un valor de 1.3801 mm. de crecimiento en diámetro basal, como se muestra en el Cuadro 8.

Cuadro 8. Prueba de comparación de medias de Tukey para la variable de crecimiento en diámetro basal por Estructura (Factor B).

FACTOR B	N	MEDIA (mm)	AGRUPACIÓN TUKEY
3	9	1.6192	A
2	9	1.5461	A
4	9	1.5387	A
1	9	1.3801	A

N= Número de repeticiones.

Cuadro 9. Prueba de comparación de medias de Tukey para la variable de crecimiento en diámetro basal por Estructura (Factor B) en Porcentaje.

FACTOR B	N	MEDIA (%)	AGRUPACIÓN TUKEY
3	9	26.133	A
4	9	24.701	A
2	9	24.385	A
1	9	21.901	A

El análisis de varianza de las medias de crecimiento en diámetro basal arrojó diferencias estadísticas significativas por Tipo de Planta ($Pr > F = 0.0041$), (Apéndice).

Cuadro 10. Prueba de comparación de medias de Tukey para la variable de crecimiento en diámetro basal por Tipo de Planta (Factor A).

FACTOR A	N	MEDIA (mm)	AGRUPACIÓN TUKEY
3	12	1.8957	A
2	12	1.5501	B A
1	12	1.1173	B

N= Número de repeticiones.

Como se muestra en el Cuadro 10, los Factores para el Tipo de planta A3 y A2 son iguales estadísticamente; y también muestra que el Factor A1 y A2 son iguales estadísticamente, sin embargo, el Factor para Tipo de Planta. A3 (Planta en bolsa de polietileno de 1,500 ml.), es estadísticamente diferente del Tipo de Planta A1 (Planta en charola de 125 ml.), (Cuadro 10).

El crecimiento en diámetro basal presenta diferencias en mm., sin embargo, referidos éstos valores en porcentaje no existen diferencias estadísticas significativas (Cuadro 11) (Apéndice).

Cuadro 11. Prueba de comparación de medias de Tukey para la variable de crecimiento en diámetro basal por Tipo de Planta (Factor A) en Porcentaje.

FACTOR A	N	MEDIA (%)	AGRUPACIÓN TUKEY
3	12	28.977	A
2	12	24.269	A
1	12	19.594	A

N= Número de repeticiones.

Con relación al crecimiento en diámetro basal en la interacción de factores AxB, el mayor crecimiento lo presenta el tratamiento 6 (Zanja con planta en maceta de 1,500 ml.) con 2.1553 cm. El menor crecimiento medio lo presentó el tratamiento 10 (Bordos en curvas a nivel con planta en charola de 125 ml.). El análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Tukey indican que no hay diferencias significativas entre tratamientos (Cuadro 12 y Apéndice).

Cuadro 12. Prueba de comparación de medias de Tukey por Tratamiento para la variable crecimiento en diámetro basal (Factor AxB).

TRATAMIENTO	N	MEDIA (cm)	AGRUPACIÓN TUKEY
6	3	2.1553	A
12	3	1.9200	A
8	3	1.8696	A
9	3	1.8513	A
11	3	1.6728	A
3	3	1.6562	A
2	3	1.4515	A
4	3	1.2767	A
5	3	1.2063	A
7	3	1.1367	A
1	3	1.0326	A
10	3	1.0233	A

N= Número de repeticiones.

Los valores en porcentajes tampoco presentan diferencias significativas y se comportan en orden similar al encontrado para el crecimiento en mm., (Cuadro 13).

Cuadro 13. Prueba de comparación de medias de Tukey por Tratamiento para la variable crecimiento en diámetro basal (Factor AxB) en (%).

TRATAMIENTO	N	MEDIA (%)	AGRUPACIÓN TUKEY
6	3	31.64	A
8	3	31.399	A
12	3	30.773	A
9	3	27.348	A
3	3	26.147	A
11	3	25.329	A

Continuación de cuadro 13

4	3	23.369	A
2	3	22.204	A
7	3	19.653	A
5	3	18.145	A
10	3	18.001	A
1	3	17.353	A

N= Número de repeticiones.

4.1.3 Crecimiento en diámetro de copa

El análisis de varianza no muestra diferencias estadísticas significativas para el Factor A, Factor B, ni la combinación entre ambos Tratamientos ($P > F = 0.644, 0.4032$ y 0.1221 , respectivamente).

Cuadro 14. Prueba de comparación de medias de Tukey para la variable de crecimiento en diámetro de copa por Estructura (Factor B).

FACTOR B	N	MEDIA (mm)	AGRUPACIÓN TUKEY
4	9	4.5366	A
3	9	4.197	A
2	9	3.3831	A
1	9	3.1221	A

N= Número de repeticiones.

La prueba de tukey no muestra diferencias estadísticas significativas, sin embargo, el Factor B4 (Bordos en curvas a nivel) presenta el mayor valor medio de los crecimientos en el diámetro de copa con 4.5366 cm., y el que presenta menor crecimiento en diámetro de copa es el Factor B1 (cepa común), (Cuadro 14).

Cuadro 15. Prueba de comparación de medias de Tukey para la variable de crecimiento en diámetro de copa por Estructura (Factor B) en (%).

FACTOR B	N	MEDIA (%)	AGRUPACIÓN TUKEY
4	9	56.43	A
3	9	49.818	A
2	9	41.314	A
1	9	37.876	A

N= Número de repeticiones.

Las medias para la variable crecimiento en diámetro de copa en porciento, al igual que en centímetros, no presenta diferencias estadísticas significativas (Cuadro 15).

Cuadro 16. Prueba de comparación de medias de Tukey para la variable de crecimiento en diámetro de copa por Tipo de Planta (Factor A).

FACTOR A	N	MEDIA (cm)	AGRUPACIÓN TUKEY
3	12	4.0775	A
2	12	4.053	A
1	12	3.5237	A

N= Número de repeticiones.

El crecimiento medio de la variable diámetro de copa no presenta diferencias estadísticas significativas, siendo la diferencia mínima entre el Factor A2 (Planta en bolsa de 750 ml.), 3 (Planta en bolsa de 1,500 ml.) y por último el de menor valor medio del crecimiento lo presenta el Factor A1 (Planta en charola de 125 ml.), (Cuadro 16).

Las medias para la variable crecimiento en diámetro de copa en porciento, al igual que en centímetros, no presenta diferencias estadísticas significativas (Cuadro 17).

Cuadro 17. Prueba de comparación de medias de Tukey para la variable de crecimiento en diámetro de copa por Tipo de Planta (Factor A) en (%).

FACTOR A	N	MEDIA (%)	AGRUPACIÓN TUKEY
2	12	47.859	A
3	12	47.33	A
1	12	43.89	A

N= Número de repeticiones.

Cuadro 18. Prueba de comparación de medias de Tukey por Tratamiento para la variable crecimiento en diámetro de copa (Factor AxB).

TRATAMIENTO	N	MEDIA (cm)	AGRUPACIÓN TUKEY
11	3	5.9597	A
9	3	4.6967	A
6	3	4.6175	A
12	3	4.1625	A
8	3	4.0344	A
7	3	3.8600	A
1	3	3.6972	A
10	3	3.4875	A
5	3	3.3819	A
4	3	3.0500	A
2	3	2.8358	A
3	3	2.8333	A

N= Número de repeticiones.

Como se observa en el Cuadro 18, la comparación de medias no muestra diferencias estadísticas significativas entre los 12 tratamientos; el mayor valor medio de crecimiento en diámetro de copa lo presenta el Tratamiento 11 (Bordos en curvas a nivel con planta en maceta de 750 ml.), con 5.9597 cm., seguido por los Tratamientos 9 (Cepa profunda con planta en maceta de 1,500 ml.), y 6 (Zanja con plana en maceta de 1,500 ml.); el Tratamiento con el menor valor medio en crecimiento de

diámetro de copa es el 3 (Cepa común con planta en maceta de 1,500 ml.).

Con relación a las medias de crecimiento en diámetro de copa en porcentaje tampoco hay diferencias estadísticas significativas, el tratamiento máximo y mínimo se comportan de forma similar al presentado en cm (Cuadro 19).

Cuadro 19. Prueba de comparación de medias de Tukey por Tratamiento para la variable crecimiento en diámetro de copa (Factor AxB) en (%).

TRATAMIENTO	N	MEDIA (%)	AGRUPACIÓN TUKEY
11	3	68.94	A
9	3	56.28	A
12	3	54.17	A
6	3	51.32	A
1	3	49.99	A
8	3	49.12	A
10	3	46.18	A
7	3	44.06	A
5	3	37.29	A
2	3	36.08	A
4	3	35.33	A
3	3	27.55	A

N= Número de repeticiones.

4.1.4 Crecimiento en altura

El análisis de varianza no muestra diferencias estadísticas significativas en la variable crecimiento en altura, para el Factor A, Factor B, ni la combinación entre ambos (Tratamientos) ($P > F = 0.6763, 0.2239$ y 0.3705 , respectivamente).

No existen diferencias significativas en el Factor A, pero el Factor A3 (Planta en bolsa de 1,500 ml.) presentó el mayor valor medio de crecimiento en altura, con 4.0979 cm; el menor valor lo tubo el Factor A1 con solo 2.8335 cm (Cuadro 20).

Cuadro 20. Prueba de comparación de medias de Tukey para la variable de crecimiento en diámetro de copa por Tipo de Planta (Factor A).

FACTOR A	N	MEDIA (cm)	AGRUPACIÓN TUKEY
3	12	4.0979	A
2	12	3.5618	A
1	12	2.8335	A

N= Número de repeticiones.

El análisis de varianza de los crecimientos en altura expresados en porcentaje, tampoco arrojó diferencias estadísticas significativas, pero a diferencia del presentado en cm., el tipo de planta que presenta el mayor crecimiento es el Factor A2 (Planta en bolsa de 750 ml.) (Cuadro 21).

Cuadro 21. Prueba de comparación de medias de Tukey para la variable de crecimiento en diámetro de copa por Tipo de Planta (Factor A) en (%).

FACTOR A	N	MEDIA (cm)	AGRUPACIÓN TUKEY
2	12	47.859	A
3	12	47.33	A
1	12	43.89	A

N= Número de repeticiones.

El Factor B4 (Bordos en curvas a nivel) presenta el mayor valor medio de crecimiento en altura con 3.9704 cm., y el menor crecimiento medio lo presentó el Factor B2 (Zanja), con solo 2.9669 cm (Cuadro 22).

Cuadro 22. Prueba de comparación de medias de Tukey para la variable de crecimiento en altura por Estructura (Factor B).

FACTOR B	N	MEDIA (cm)	AGRUPACIÓN TUKEY
4	9	3.9704	A
3	9	3.6074	A
1	9	3.4463	A
2	9	2.9669	A

N= Número de repeticiones.

Para el caso de los Factores B4 y B2 se mantiene como los valores máximos y mínimos respectivamente, al igual que en los crecimientos de la altura en cm (Cuadro 23).

Cuadro 23. Prueba de comparación de medias de Tukey para la variable de crecimiento en altura por Estructura (Factor B) en (%).

FACTOR B	N	MEDIA (%)	AGRUPACIÓN TUKEY
4	9	21.259	A
1	9	18.222	A
3	9	17.752	A
2	9	13.471	A

N= Número de repeticiones.

No existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos para la variable crecimiento en altura, aún cuando el mayor crecimiento medio de altura es de 4.789 cm. para el Tratamiento 8 (Cepa profunda con planta en maceta de 750 ml., y el crecimiento medio menor fue de 1.333 cm. correspondiente al Tratamiento 7 (Cepa profunda con planta de charola de 125 ml.) (Cuadro 24).

Cuadro 24. Prueba de comparación de medias de Tukey por Tratamiento para la variable crecimiento en altura (Factor AxB).

TRATAMIENTO	N	MEDIA (cm)	AGRUPACIÓN TUKEY
8	3	4.789	A
9	3	4.700	A
10	3	4.500	A
12	3	4.458	A
3	3	3.992	A
2	3	3.400	A
6	3	3.242	A
5	3	3.106	A
11	3	2.953	A
1	3	2.947	A
4	3	2.553	A
7	3	1.333	A

N= Número de repeticiones.

V. CONCLUSIONES

Derivado del procesamiento de datos tomados en fecha 09 de septiembre de 2009 y 04 de Mayo de 2010 en la plantación de *Pinus cembroides* Zucc. establecida en el Ejido San Juan de la Vaquería, Municipio de Saltillo en una superficie de 790 m² se concluye lo siguiente:

- En los análisis de varianza realizados con un $\alpha = 0.05$ se encontró solo una diferencia estadística significativa, ésta para la variable de crecimiento en diámetro basal del Factor A; el Factor A3 (Planta en bolsa de polietileno de 1,500 ml.) es diferente al Factor A1 (Planta en charola de 125 ml.) con crecimientos medios de 1.8957 mm. y 1.1173 mm. respectivamente, con una probabilidad mayor de $F = 0.0041$.
- Los tratamientos 7, 8 y 9 corresponden al Factor B3 (Cepa profunda), con sus tres tipos de planta, presentan un 100 % de sobrevivencia, lo que hace pensar que el tipo de cepa propicia la protección de la planta contra adversidades ambientales y de fauna.
- Con base a las medias de los crecimientos, para las variables evaluadas los tratamientos que mejor respondieron son: Para Diámetro Basal, el Tratamiento 6 (Zanja con planta en maceta de 1,500 ml.); para el Diámetro de Copa, el Tratamiento 11 (Bordos en curvas a nivel con planta en maceta de 1,500 ml.), y para la Altura, el Tratamiento 8 (Cepa profunda con planta en maceta de 750 ml.) con 2.1553 mm., 5.9597 cm y 4.789 cm. respectivamente.
- Los tratamientos que menos crecimientos presentaron son: Tratamiento 10 (Bordos en curvas a nivel con planta en contenedor de 125 ml) con 1.0232 mm para el Diámetro Basal; para el crecimiento en Diámetro de Copa, el Tratamiento 3 (Cepa Común con planta en maceta de 1,500 ml.) con 2.8333 cm, y para el crecimiento en Altura el Tratamiento 7 (Cepa profunda con planta en contenedor de 125 ml.) con 1.333 cm.

VI. RECOMENDACIONES

Derivado de las consultas y experiencias en el desarrollo del presente trabajo, se recomienda lo siguiente:

- Desarrollar éste tipo de trabajos con un mayor número de plantas por unidad experimental, debido a que, como es el caso, puede haber mortalidad de plantas debido a la fauna del lugar, disminuyendo el acervo de información.
- Utilizar planta de mayor edad, dado que los tratamientos al suelo no presentan diferencias estadísticas significativas, siendo mayor la sobrevivencia a mayor edad (Carrillo y Musálem, 1986).
- Tener cuidado al momento de la apertura de la cepa en la ubicación de la tierra sobrante y evitar azolvamientos de la planta que dificulten las mediciones e incluso dañe la planta.
- Realizar las evaluaciones de plantaciones forestales en periodos de dos a cinco años de establecida.

VII. LITERATURA CITADA

- Anderson D.C. and W. K. Ostler 2002. Revegetation of degraded lands at U. S. Depment of Energy and U. S. Department of Defense Installations: Strategies and suceses, Arid Land Research and Management 16 (3) pp 197-212.
- Barnett, J. P. and J. M. McGilvray. 1993. Performance of container and bareroot loblolly pine seedlings on bottomlands in South Carolina. Southern Journal of Applied Forestry. 17 (2): 81-83
- Bellot J., Sanchez J.R., Chirino E., Hernández N., Abdelli F. and J.M. Martínez 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 M. Pardos. 1998. La planta ideal: Revisión del concepto, parámetros definitorios e implementación práctica. Invest. Agr.: Sist. Recur. For. Vol. 7(1y2): pp 110–119.
- Boyer, W. D. 1988. Response of planted longleaf pine barerroot and container stock to site preparation and release: five years results. Proceedings on the 5Th Biennial Southern Silvicultural Research Conference. Gen Tech. Rep. SO-74. New Orleans, LA. pp. 165-168.
- Brissette, J. C. and J.P. Barnett. 1989. Comparing first year growth of bare-root and container plantings or shortleaf pine half-sif families. *In*. Proceedings of the Twentieth Southern Forest Improvement Conference. Forest Service, USDA. pp. 354-361.
- Busby, R.L.; J. H. Miller and M. B. Edwards. 1993. Release or site preparation, which is the wiser investment. *In*: Weed science in harmony with the environment: 46th annual meeting of the Southern Weed Science Society. Forest Service, USDA. pp. 178-182.
- Capó A., M. A. 2001. Establecimiento de plantaciones forestales: Los ingredientes del éxito. Primera edición, Ed. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 200 p.
- Carrillo, F. y M. A. Musálem. 1986. Influencia de tratamientos al suelo y edad de planta en la regeneración artificial de *Pinus montezumae* Lamb. Dasonomía Mexicana, México, Vol. 4, N° 7. 30 p.

- Castillo V., Martínez M., and J. Albaladejo. 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. y J. Albaladejo. 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. and R. Greaves. 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.
- Cleveland B. and R. Kjelgren. 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. y V.R. Vallejo. 1997. Relación tamaño-supervivencia en plantones 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 V. Cordoza. 2006. Protección, Restauración y Conservación de suelos forestales. Manual de obras practicas. Comisión Nacional Forestal. México. 2^{da} Edic. 210 p.
- Díaz E. y A. Roldán. 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 G. L. Sánchez. 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.
- Edwards, M. B. 1986. Three-years performance of planted loblolly pine seedlings on a lower Piedmont site after six site preparation treatments. Research note SE-337. Forest Service, USDA. 4 p.

- Edwards, M. B. 1990. Five years response of Piedmont loblolly pine to six site preparation treatments. *Southern Journal of Applied Forestry*, 14 (1): 3-6.
- 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 S. V. Castillo. 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. and C. W. Barney. 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. and T. Zink. 1998. Transplanting native plants to revegetate abandoned farmland in the western desert, *J. Environ. Qual.* 27. pp 960-967.
- Hernández, H. C. 1974. Comparación de tres métodos de preparación al terreno con fines forestales. Tesis Licenciatura. Escuela Nacional de Agricultura. Departamento de Bosques. Chapingo, México. 49 p.
- 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, Oregon, 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. 361p. Martínez De Azagra, A. 1996. Diseño de sistemas de recolección de agua para la repoblación forestal. Ed. Mundi-prensa. Madrid. España.
- Mc. Kee, W. H. 1989. Preparing Atlantic coastal plain sites for loblolly pine plantations. GTR-SE-57, Forest Service, USDA. Asheville, NC. 10 p.
- 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.
- Musálem, M. A., Solís, J. M. y H. Ramírez. 1975. Influencia de la preparación de suelo en la supervivencia y crecimiento inicial de *Pinus radiata* D. Don a raíz desnuda. México y sus Bosques 14(6): 18-24.
- Nájera, D., A. 1983. Ensayo de adaptación de seis especies de *Pinus* en la Siera 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.
- Oucalt, K. W. 1988. Establishings Choctawhatchee sand pine using strip site prepa-

- ration. Southern Journal of Applied Forestry. 12 (3): 178-181.
- Peñuelas J. y 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. y V. Castillo. 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 V. Castillo. 2001. Soil water availability improved by site preparation in a *Pinus halepensis* afforestation under semiarid climate. For. Ecol. Manage. 149: 115-128.
- Ratliff, R. D. and R. G. Denton. 1991. Site preparation + 1 year: effect on plant cover and soil properties. Research Note PSW-RN-412. Forest Service, USDA. 5 p.
- 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 genero *Pinus*. Tesis profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 75 p.
- Roldán A., Querejeta I., Albaladejo J. y V. Castillo. 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. and P. Morgan. 1990. The target seedling concept. En: TargetSeedling 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. Rzedowski, J. 1978. La vegetación de México. Edit. Limusa. 432 p.

- Scarfe, A. D.; P. R. Mount; R. L. Busby; S. G. Soliamn; R. O. Ankumah; R. M. Beaty, K. W. Johnson and G. Fagan. 1992. A low cost alternative for cutover forest site preparation: using goats. In: Proceedings of the 7th Biennial Southern Silvicultural Research Conference, New Orleans, LA. GTR-SO-93, Forest Service, USDA. pp. 417-424.
- Sloan, J. P., Lewis H. J. and R. A. Ryker. 1987. Container-grown ponderosa pine seedlings outperform bareroot seedlings on harsh sites in Southern Utah. Res. Paper INT-384. Forest Service, USDA. 14 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. and K.L. McNabb. 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 J. Talbert. 1988. Técnicas de mejoramiento genético de arboles forestales. LIMUSA. México. 545 p.

VIII. APENDICE

Apéndice 1. Análisis de varianza de medias de plantas vivas por Estructura.

Variable Dependiente: media vivas

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	Pr > F
Modelo	3	562.859267	187.619756	2.20	0.1654
Error	8	681.363000	85.170375		
Total Corregido	11	1244.222267			
	R-Cuadrada	C. V.	Raíz del CME	Media de vivas	
	0.452378	9.887978	9.228780	93.33333	

Apéndice 2. Análisis de varianza de medias de plantas muertas por Estructura.

Variable Dependiente: Media de Muertas por Estructura

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	Pr > F
Modelo	3	562.859267	187.619756	2.20	0.1654
Error	8	681.363000	85.170375		
Total Corregido	11	1244.222267			
	R-Cuadrada	C. V.	Raíz del CME	Media de Muertas	
	0.452378	138.4317	9.228780	6.666667	

Apéndice 3. Análisis de varianza de medias de plantas vivas por Tipo de Planta.

Variable Dependiente: Media de Vivas

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	Pr > F
Modelo	2	16.6666667	8.33333333	0.21	0.8130
Error	6	233.3333333	38.8888889		
Total Corregido	8	250.0000000			
	R-Cuadrada	C. V.	Raíz del CME	Media de vivas	
	0.066667	6.681531	6.236096	93.33333	

Apéndice 4. Análisis de varianza de medias de plantas muertas por Tipo de Planta.

Variable Dependiente: Media de Muertas por Tipo de Planta

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	Pr > F
Modelo	2	16.6666667	8.33333333	0.21	0.8130
Error	6	233.3333333	38.8888889		
Total Corregido	8	250.0000000			
	R-Cuadrada	C. V.	Raíz del CME	Media de Muertas	
	0.066667	93.54143	6.236096	6.666667	

Apéndice 5. Análisis de varianza de medias de plantas muertas por Fauna en los tratamientos.

Variable Dependiente: Media de Muertas por Fauna

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	Pr > F
Modelo	11	1455.555556	132.323232	0.99	0.4802
Error	24	3200.000000	133.333333		
Total Corregido	35	4655.555556			
	R-Cuadrada	C. V.	Raíz del CME	Media de Muertas	
	0.312649	188.9510	11.54701	6.111111	

Apéndice 6. Análisis de varianza de medias de plantas muertas por el Tratamiento.

Variable Dependiente: Media de Muertas por Tratamiento

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	Pr > F
Modelo	11	2666.666667	242.424242	1.09	0.4084
Error	24	5333.333333	222.222222		
Total Corregido	35	8000.000000			
	R-Cuadrada	C. V.	Raíz del CME	Media de Muertas	
	0.333333	223.6068	14.90712	6.666667	

Apéndice 7. Análisis de varianza de medias de crecimiento para la variable diámetro basal.

Variable Dependiente: Media de Crecimiento en Diámetro Basal

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	Pr > F
Modelo	11	4.89306175	0.44482380	1.70	0.1332
Error	24	6.26909320	0.26121222		
Total Corregido	35	11.16215495			
	R-Cuadrada	C. V.	Raíz del CME	Media de Crecimiento en Diámetro Basal	
	0.438362	33.60167	0.511089	1.521023	

Apéndice 8. Análisis de varianza de medias de crecimiento en porciento para la variable diámetro basal.

Variable Dependiente: Media en Crecimiento en Diámetro Basal

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	Pr > F
Modelo	11	937.722608	85.247510	0.85	0.6000
Error	24	2419.947355	100.831140		
Total Corregido	35	3357.669963			
	R-Cuadrada	C. V.	Raíz del CME	Media de Crecimiento en Diámetro Basal	
	0.279278	41.35693	10.04147	24.28002	

Apéndice 9. Análisis de varianza de medias de crecimiento (cm) para la variable en diámetro de copa.

Variable Dependiente: Media de Crecimiento en Diámetro de Copa

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	Pr > F
Modelo	11	26.85031620	2.44093784	1.96	0.0815
Error	24	29.88890880	1.24537120		
Total Corregido	35	56.73922500			
	R-Cuadrada	C. V.	Raíz del CME	Media de Crecimiento en Diámetro de Copa	
	0.473223	28.72694	1.115962	3.884722	

Apéndice 10. Análisis de varianza de medias de crecimiento (%) para la variable en diámetro de copa.

Variable Dependiente: Media de Crecimiento en Porcentaje en Diámetro de Copa

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	Pr > F
Modelo	11	4148.90041	377.17276	1.52	0.1893
Error	24	5965.13379	248.54724		
Total Corregido	35	10114.03421			
	R-Cuadrada	C. V.	Raíz del CME	Media de Crecimiento en Porcentaje en Diámetro de Copa	
	0.410212	34.00678	15.76538	46.35952	

Apéndice 11. Análisis de varianza de medias de crecimiento (cm) para la variable altura.

Variable Dependiente: Media de Crecimiento en Altura

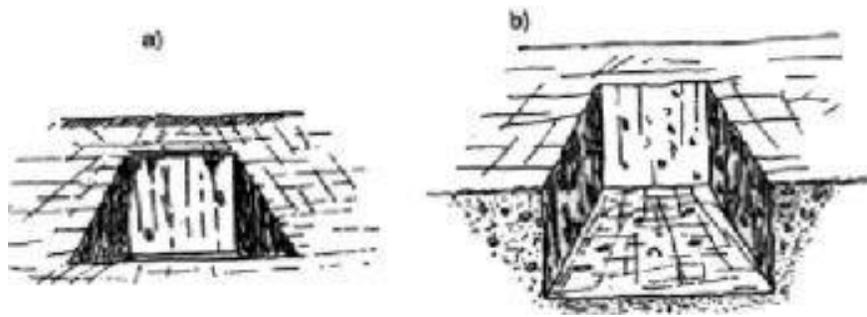
Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	Pr > F
Modelo	11	35.0678157	3.1879832	1.05	0.4364
Error	24	72.7808352	3.0325348		
Total Corregido	35	107.8486508			
	R-Cuadrada	C. V.	Raíz del CME	Media de Crecimiento en Altura	
	0.325158	49.78705	1.741417	3.497731	

Apéndice 12. Análisis de varianza de medias de crecimiento (%) para la variable altura.

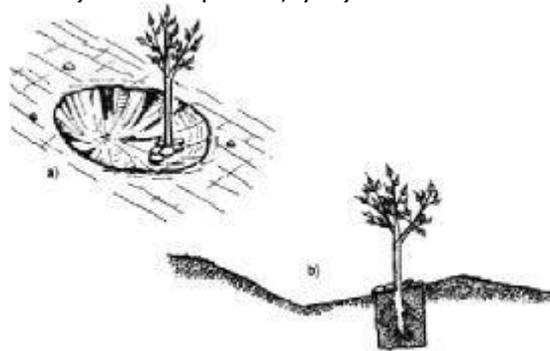
Variable Dependiente: Media de Crecimiento de la Altura en Porcentaje

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	Pr > F
Modelo	11	1016.671464	92.424679	0.94	0.5199
Error	24	2355.221815	98.134242		
Total Corregido	35	3371.893279			
	R-Cuadrada	C. V.	Raíz del CME	Media de Crecimiento de la Altura en Porcentaje	
	0.301514	56.04310	9.906273	17.67617	

Apéndice 13. Métodos de preparación del terreno más comunes en México.



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



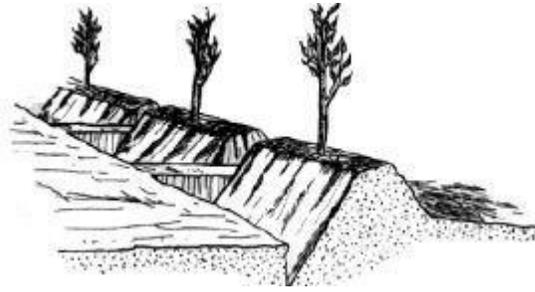
Sistema Español: a) vista superior; y b) corte lateral



Sistema Saucedá I (vista lateral superior).



Sistema Saucedá II (vista superior).



Sistema Gradoni (vista lateral con corte).