

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



Evaluación del efecto de diferentes sustratos en la germinación, sobrevivencia, crecimiento y desarrollo de las plántulas de *Pinus greggii* Engelman, bajo condiciones de invernadero.

Por:

RODOLFO JAVIER MARTÍNEZ DÍAZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Buenvista, Saltillo, Coahuila, México
septiembre de 2007

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE DIFERENTES SUSTRATOS EN LA GERMINACIÓN,
SOBREVIVENCIA, CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE LAS PLÁNTULAS DE *Pinus greggii*
Engelmann, BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO.

Por:

RODOLFO JAVIER MARTÍNEZ DÍAZ

T E S I S

Que somete a consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para obtener el
título de:

INGENIERO FORESTAL

APROBADA POR:

Ing. Sergio Braham Sabag
Presidente Del Jurado

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

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. septiembre de 2007.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE DIFERENTES SUSTRATOS EN LA GERMINACIÓN,
SOBREVIVENCIA, CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE LAS PLÁNTULAS DE *Pinus greggii*
Engelmann, BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO.

Por:

RODOLFO JAVIER MARTÍNEZ DÍAZ

T E S I S

Que somete a consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para obtener el
título de:

INGENIERO FORESTAL

APROBADA POR:

Ing. Sergio Braham Sabag
Presidente Del Jurado

Dr. Miguel Ángel Capo Arteaga
Sinodal

MC. José Armando Najera Castro
Sinodal

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

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. septiembre de 2007.

Dedicatorias

A MIS PADRES:

SR. JUAN JAVIER MARTÍNEZ LOPEZ

SRA. ESTELA DÍAZ VÁZQUEZ

Les doy las gracias por haberme dado la vida, por confiar en mí, ser generosos y darse cuenta que no supe desaprovechar el apoyo que me brindaron.

A MIS HERMANAS:

DEYANIRA MONTSERRAT

SHEILA JAZMÍN

MARÍA CONCEPCIÓN

Gracias por haberme brindado su amistad y espero no haberlas defraudado.

A:

SYLVIA ESCALANTE MUÑOZ

Tu eres la actriz principal de esta historia, tu que estuviste en esos momentos de tristeza, de desesperación y angustia; los de felicidad y alegría; te doy las gracias por estar junto a mí y se que no te he defraudado, por esta y muchas razones más TE AMO...

AGRADECIMIENTOS

A DIOS

Gracias por haberme acompañado en los momentos mas difíciles de mi vida, por brindarme la sabiduría y la fortaleza, en este gran paso de mi vida, y porque jamás perdí la esperanza.

ING. SERGIO BRAHAM SABAG

Gracias por hacer posible este proyecto de culminación de mi carrera, además de brindarme su amistad y de facilitar la elaboración del mismo.

DR. MIGUEL ANGEL CAPO ARTEAGA

Mis más grandes reconocimientos por la entrega para la realización de esta investigación la cual ha sido culminada satisfactoriamente.

MC. JOSE ARMANDO NAJERA CASTRO

Gracias por sus sabios consejos como profesor y amigo.

A LA FAMILIA VELASQUEZ DIAZ

Gracias por ese sabio consejo de nunca dejar caer y siempre luchar para obtener lo que deseamos, gracias Gerardo por tu sabio consejo de llegar a nuestro objetivo que es SER MAS GRANDE CADA DÍA.

A LA FAMILIA LOPEZ FLORES

Le agradezco a una persona que ya no esta con nosotros y que se quedo en el camino, así es a mi tío Reginaldo (†) quien me enseñó que el trabajo es rudo y pesado cuando uno no lo conoce, pero cuando lo aprende es mas fácil de hacer.

ING. JUAN JAVIER GONZALEZ

Gracias ingeniero por ese sabio consejo de lucha diaria y continua, por enseñarme a jugar football americano, y por decime que el trabajo en equipo es indispensable en nuestras vidas.

A APOLINAR VIDAL MORALES

Gracias hermano por brindarme tu amistad desde hace ya un buen de tiempo, que aunque no legaste a cumplir el objetivo, se que seguirás siendo la misma persona en hora buena échale ganas a la vida....

A MIS AMIGOS

A Mundo, Efraín, Javier y Chava por su apreciable amistad, a Diana y Argentina que aunque no las conocí del todo se que supieron brindarme su amistad y les doy las gracias.

A MIS COMPAÑEROS

Gracias, muchas gracias por compartir esa amistad que tiene conmigo, a Iván de Jesús(balan), Alejandro (pachin), Eustaquio, Reynaldo, a Juan Antonio, Erick, José Inés, a Lucas, Dagoberto y Edith López. A los demás parda, kike, froy, y los que se me olvidaron gracias.

AL EQUIPO DE FUTBOL AMERICANO

Para comenzar Ing. Juan Javier González (el brujo), a mis amigos el puma, rodas, guayaba, gumaro, marticillo, el bufalillo, valencia, al minicentro, al Víctor, el cuate, el panda y a todos los que me faltaron gracias por dejarme portar los colores ORO y NEGRO de este equipo.

Índice de contenido

	Páginas
INDICE DE CUADROS.....	III
1 INTRODUCCION	1
1.1 Objetivo	3
2 REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 Aspectos generales sobre la reproducción	4
2.1.1 Semilla	4
2.1.2 Germinación	5
2.1.3 Factores necesarios para la germinación, emergencia y desarrollo de la plántula	6
2.1.4 Emergencia	9
2.2 Definición de sustrato	9
2.2.1 Clasificación de los sustratos	10
2.2.2 Descripción de los sustratos a utilizar	10
2.2.3 Sustrato	11
2.2.4 Descripción de los sustratos	12
2.2.4.1. Lodos de aguas residuales	12
2.2.4.2. Aserrín	12
2.2.4.3. Tierra de bosque	13
2.2.4.4. Turba	13
2.3 Características de la especie	13
2.3.1 Descripción botánica.....	13
2.3.2 Descripción de la especie	14
2.3.3 Distribución geográfica.....	15
2.3.4 Importancia del <i>Pinus greggii</i>	15
2.3.5 Ecología de la especie	16
3 MATERIALES Y MÉTODOS	17
3.1 Descripción del área de estudio	17
3.1.1 Localización	17
3.1.2 Invernadero	17
3.1.3 Contenedor	18
3.1.4 Colecta de semilla	18
3.1.5 Actividades a realizar	19
3.1.6 Riego	19
3.2 Especificaciones de la metodología a emplear	19
3.2.1 Diseño experimental	19
3.2.2 Modelo estadístico	19

3.2.3	Descripción de los tratamientos	20
3.2.4	Distribución de los tratamientos	20
3.2.5	Diseño de cada unidad experimental	21
3.2.6	Tratamiento a la semilla	21
3.2.7	Mezcla de sustratos	21
3.2.8	Variables a evaluar	22
4	RESULTADOS.....	23
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	34
6	BIBLIOGRAFÍA	37

Índice de Cuadros

1	Cuadro 1. Promedio de semillas germinas por tratamiento.....	24
2	Cuadro 2. Promedio de alturas para los diferentes sustratos.....	26
3	Cuadro 3. Promedio de alturas para los diferentes sustratos.....	28
4	Cuadro 4. Promedio de alturas para los diferentes sustratos	30
5	Cuadro 5. Promedio de semillas muertas por tratamiento.....	32

Índice de Figuras

1	Figura 1. Representación gráfica del total de germinación en los sustratos.....	25
2	Figura 2. Representación gráfica de la altura de final del tallo.....	27
3	Figura 3. Representación gráfica del grosor de tallo.....	29
4	Figura 4. Representación gráfica de la longitud de la raíz.....	31
5	Figura 5. Representación gráfica de la mortalidad en los diferentes tratamientos.....	33

1. Introducción

Desde el inicio de la civilización del hombre primitivo este ha hecho uso de los recursos naturales; sin embargo, en décadas recientes ha sido demasiado el abuso de estos recursos provocando no solo la escasez, sino además serias alteraciones al ambiente; para contrarrestar estas, se efectúan diversas acciones como por ejemplo, las plantaciones con fines comerciales, de conservación y de restauración etc., en las cuales se utilizan actualmente plantas nativas de calidad, por tal motivo, se hacen cada vez mas necesario adquirir las técnicas y herramientas que aseguren la mayor supervivencia y rápido desarrollo de las plantas en el campo (Sandoval *et al.*, 2001).

A pesar de que los recursos forestales ocupan una gran extensión del territorio mexicano y que representan un recurso biológico y económico importante, estos no han podido ser conservados dentro de los márgenes de la legislación mexicana. En México, hoy en día, la tasa de deforestación es muy alta y dado a esto el sector forestal esta atravesando por una crisis muy severa, en donde la producción de estos recursos ha caído y a su vez ha aumentado la importación de productos más baratos de otros países.

Las practicas de producción y manejo de las plantas forestales, en invernaderos, tienen una gran ventaja para adquirir las características morfológicas y fisiológicas encontradas, ya que tiene un rápido desarrollo inicial y se trata de similar al ambiente donde se hará la plantación (Sandoval *et al.*, 2001).

La influencia de los sustratos sobre la germinación de las semillas de las especies forestales ha tenido una atención especial en encontrar el óptimo para cada una de ellas. En forma general, un sustrato es aquel que garantice altos porcentajes de mejora a la calidad de la planta, y que a su vez, presente una menor pérdida por factores adversos durante el proceso germinativo (Aparicio *et al.*, 1999).

Los componentes que debe de contener un sustrato deberán de ser seleccionados de manera que estén en base a su funcionalidad, costos, facilidad de manejo, ausencia de semillas de las hierbas y de insectos o patógeno (Ansorena, 1994).

Se dice que la germinación de las semillas se encuentra fuertemente influida por las características físico-químicas del sustrato empleado, ya que va a favorecer o dificultar la germinación y el crecimiento (Aparicio *et al.*, 1999).

Para producir plántulas robustas y vigorosas es necesario tener un sustrato que suministre las características necesarias que se requieren para su desarrollo, para lo cual debe de mantenerse como un factor fijo, es decir, que sus propiedades físicas, químicas y biológicas no cambien, esto es con el fin de establecer un manejo adecuado del recurso (Bures, 1994).

En la actualidad existen una gran cantidad de materiales que pueden ser utilizados para la elaboración de sustratos, y su elección dependerá de la especie vegetal a propagar, el tiempo, el sistema de propagación, precio, la disponibilidad y las características propias de cada sustrato (Calderón, 2007).

En el ámbito forestal, la irrupción de este modo de cultivo es relativamente reciente, al contar con el bagaje de conocimientos y experiencias acumulados por los profesionales de las distintas ramas de la agronomía y de este modo, una vez conocidos los fundamentos técnicos del cultivo, únicamente se han tenido que modificar ciertas características relacionadas con las exigencias de las nuevas especies (Peñulas *et al.*, 2000).

1.1 Objetivo

Evaluar el efecto de la aplicación de diferentes mezclas de sustratos en la germinación, sobrevivencia, crecimiento y desarrollo de las plántulas de *Pinus greggii* Engelmann, bajo condiciones de invernadero a 90 días.

1.1.1 Objetivos específicos

- a) Comprobar que uno de los sustratos a emplear es el más económico y fácil de obtener dentro de la región.
- b) Valorizar los costos de producción que se llevo cada uno de los sustratos utilizados dentro del experimento.
- c) Buscar el sustrato que mas influya en el desarrollo óptimo radicular de las plantas de *Pinus greggii*

1.2 Hipótesis

Ho: Que los sustratos utilizados no tengan diferencias y sean iguales entre si.

Ha: Que por lo menos uno de los sustratos, es diferente a los demás.

2 REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Aspectos generales sobre reproducción sexual

2.1.1 Semilla

La semilla constituye la base de la repoblación, y el éxito de la misma dependerá en gran parte de la capacidad de sus genotipos. Estos son acordes a la zona a repoblar, con el objeto de asegurar la supervivencia y la adaptación de las plantas obtenidas (Peñulas *et al.*, 2000).

Lara (1994) menciona a la semilla como un producto de la fecundación del ovulo en el ovario de la flor por parte del polen procedente de las anteras ubicados en el mismo árbol o en el mas cercano cuya especie sea la misma.

Las características más frecuentes en la semilla son: tamaño, forma, peso, y que sea lo mas homogénea posible (Sandoval *et al.*, 2001). Además se evalúa en las semilla la pureza, el contenido de humedad y el vigor para germinar (Mápula, *et al.*, 1996).

La semillas es el ovulo maduro y fertilizado, que esta formado por una cubierta o testa que protege a las partes internas, el endospermo o tejido de reservas de alimento, que en muchas semillas rodea a los cotiledones y al embrión (Padilla, 2004).

La calidad de la semilla es un concepto aplicable a diferentes propiedades de las mismas; entre otras con su capacidad para dar lugar rápidamente a plántulas de crecimiento vigoroso y de aspecto normal (Peñulas *et al.*, 2000).

2.1.2 Germinación

Lara (1994) define a la germinación como el brote y desarrollo de las estructuras esenciales del embrión, que en la clase de semilla de que se trate indica la capacidad para poder producir la planta normal en condiciones favorables.

Consiste en el reinicio del crecimiento del embrión y su sucesivo desarrollo en una plántula independiente; al comenzar este proceso germinativo, toma lugar, el primero de la serie de eventos destinados a convertir el pequeño embrión en un árbol de gran tamaño (Niembro, 1986).

La germinación se define como el surgimiento y desarrollo a partir del embrión de la semilla, de las estructuras esenciales que indican la capacidad de ésta para reproducir una planta normal en condiciones favorables (Peñulas *et al.*, 2000).

Niembro (2006) menciona que el tiempo que requiere la semilla del género *Pinus* para germinar varia de acuerdo con la especie, aunque puede decirse que se efectúa en un período de 12 a 30 días, pero Czabator (1962) señala que las reglas internacionales para evaluar la semilla que las especies de árbol prescriben es de 28 a 90 días como el período de prueba para las diferentes clases de pino.

Pero la iniciación de la germinación requiere de tres condiciones importantes (Hartam y Kester, 1999):

- ⇒ La semilla debe de ser viable, nos indica que el embrión debe de estar vivo y en condiciones para ser capaz de germinar.
- ⇒ La semilla no debe permanecer mucho tiempo almacenada por lo que pierde su capacidad de germinar.

- ⇒ La semilla deberá estar expuesta a las condiciones ambientales apropiadas, como son: la luz, el agua, la temperatura; las cuales son las más importantes para desarrollar este proceso.

La germinación puede llegar a su término cuando el embrión se ha convertido en una plántula independiente y esta a su vez pueda sintetizar su propio alimento (Krugman, 1974).

La germinación termina cuando la semilla se ha convertido en una plántula, que esta a su vez es capaz de sintetizar su propio alimento (Lara, 1994).

2.1.3 Factores necesarios para germinación, emergencia y desarrollo de la plántula

Aparicio *et al.* (1999) indica que para que aparezca la germinación es necesaria que existan factores intrínsecos lo que hace referencia a que la semilla debe de estar madura y que conserve su capacidad germinativa (latencia y viabilidad), y de factores propios extrínsecos, es decir, que mantengan vivos e inalterados los tejidos de formación (agua, luz, temperatura, sustrato o medio de cultivo).

Factores intrínsecos

Latencia

Existen diferentes factores inertes de la semilla que afectan su germinación. La latencia es un factor que impide a las semillas germinar hasta que las condiciones que las rodean sean las más favorables (Gaytán, 2001).

Ecológicamente, se piensa que los mecanismos de control de la germinación, se han originado como mecanismos para la supervivencia en la naturaleza (Hartman y Kester, 1989).

Viabilidad

Es una característica fisiológica de la semilla mediante la cual es potencialmente capaz de germinar. Esta cualidad se ve fluida por factores que actúan antes y después de la maduración de las semillas. Todas las semillas pasan por un periodo en el cual su viabilidad permanece más o menos constante, aunque con la tendencia natural a disminuir; una vez superado este periodo, el envejecimiento se acelera hasta que la semilla pierde su capacidad de germinar (Hartman y Kester, 1989).

Factores extrínsecos

Agua

La proporción de agua que requieren algunas semillas de coníferas para germinar van de acuerdo a la especie, de manera general, un suelo o sustrato que contenga en promedio un 40 por ciento de humedad es adecuado para que germinen la mayoría de las semillas de las coníferas; un exceso de humedad en el sustrato puede ocasionar que la mayoría de las semillas no germinen a causa del escaso oxígeno, que es importante en este proceso fisiológico (Niembro, 1986).

Aireación

Son aquellos gases que en el medio de la germinación pueden afectar a las semillas son el oxígeno, el dióxido de carbono y posiblemente el etileno. La provisión de oxígeno se ve afectada seriamente por un exceso de agua en el medio. Los semilleros mal drenados especialmente de una lluvia o riego copioso, puede tener

sus poros saturados de agua que hay poco oxígeno para las semillas (Hartman y Kester, 1989).

Temperatura

En el sustrato o suelo es uno de los factores más importantes ya que ejerce un importante efecto en la germinación, el desarrollo y crecimiento de la plántulas (Niembro, 1986). Aunque debe señalarse que las semillas pueden ser afectadas por las temperaturas máximas o mínimas (periodos estacionales), o también por influencias diarias, siendo más consecuentemente estas últimas (Hartman y Kester, 1989).

Luz

Desde hace tiempo se sabe que la luz puede estimular o inhibir la germinación de las semillas de algunas plantas (Hartman y Kester, 1989). El efecto de la luz sobre las semillas depende de condiciones internas de estas y de algunos factores externos como la temperatura bajo la cual germinan (Krugman, 1974).

Medio de cultivo

La germinación de la semilla se ve notablemente influenciada por las características físico-químicas del sustrato. Es aquí donde los factores del medio de cultivo interactúan entre sí para generar una gran diversidad de condiciones ambientales, algunas de las cuales desfavorecen y otras favorecen tanto la germinación como el crecimiento y desarrollo de las plántulas (Niembro, 1986).

Las características de sustrato donde se siembren las semillas deben favorecer el crecimiento y desarrollo de las plántulas de las coníferas; básicamente esto se debe a las diferencias entre la temperatura, la disponibilidad de agua y los nutrientes, así

como la facilidad del sustrato que le brinde a la raíz para que esta se desarrolle en el interior de la cavidad de envase (Niembro, 1986).

2.1.3 Emergencia

El siguiente paso después de la germinación es la emergencia de la plántula a partir de la superficie o sustrato (Krugman, 1974).

La emergencia es la etapa en la que la planta después de haber germinado, empieza a desarrollar las hojas embrionarias o cotiledonales las cuales se alargan y se hinchan con la humedad, salen de la testa (cáscara), pero el endospermo se queda adherida dando alimento a los cotiledones, por ultimo los cotiledones se alzan del suelo por el alargamiento del hipocótilo (Chávez, 1994).

2.2 Sustrato

Sustrato es todo material sólido distinto del suelo, natural, de síntesis o residual, de material mineral u orgánico, puro o mezclado, que este, colocado en un contenedor, ya sea en forma pura o mezclada, permite la detención del sistema radicular de una planta, desempeñando el papel de soporte para la planta (Pastor, 1999).

El empleo de los sustratos adecuados es muy importante para el buen desarrollo de las plantas, estas prácticas varían de acuerdo a la especie y a los objetivos de la producción (Sandoval *et al.*, 2001).

El sustrato debe proporcionar a las plantas cultivadas, los siguientes factores (Peñulas *et al.*, 2000):

Agua: Las plantas requieren de un elevado y continuo aporte de agua para el crecimiento y otros procesos fisiológicos como el enfriamiento por la transpiración.

Aire: Las raíces son un tejido vivo que han de gastar energía en los procesos fisiológicos y de crecimiento, dicha energía se genera a través de la respiración que requiere de un constante aporte de oxígeno.

Nutrientes: a excepción del carbono, hidrogeno y oxígeno, elementos que la planta absorbe del oxígeno y del agua, esta necesita absorber otros 13 nutrientes minerales.

Soporte físico: Es la última función, la cual debe de proporcionar un anclaje a la planta y darle la posición vertical, la rigidez es función de la compresibilidad y compactación de sus partículas y del tamaño del contenedor.

2.2.1 Clasificación de los sustratos

Ansorena (1994) menciona que muchos autores clasifican a los sustratos de orgánicos (turbas o cortezas) e inorgánicos o inertes (perlita, vermiculita y otros), sin embargo, esta segunda designación se basa principalmente en su estabilidad química o resistencia de la descomposición, lo que genera una gran confusión, ya que muchos sustratos como inertes poseen una importante actividad química, que es nula en otros sustratos orgánicos sintéticos.

Las mezclas de los sustratos más utilizados son: las turbas de musgos (Sandoval *et al.*, 2001). En otros casos se utiliza tierra de monte y arena de río, en proporciones diferentes (Mápula, *et al.*, 1996).

2.2.2 Características de los sustratos

Las características de los sustratos pueden ser (Pastor, 1999):

⇒ Características Físicas

Estas vienen determinadas por la estructura interna de las partículas, las más destacadas son:

- Porosidad y aireación
- Textura
- Distribución de tamaños de poros (granulometría)

⇒ Características Químicas

Estas propiedades deben de estar definidas por la composición elemental del material; dichas características químicas de los sustratos son:

- Capacidad de intercambio catiónico
- pH
- Contenido de nutrientes

⇒ Características Biológicas

Se refiere a propiedades dadas por los materiales orgánicos, cuando éstos no son de síntesis son inestables termodinámicamente y, por lo tanto, susceptibles de degradación mediante reacciones químicas de hidrólisis, o bien, por la acción de microorganismos (Burés, 1999).

Entre las características biológicas destacan:

- Velocidad de descomposición
- Actividad reguladora del crecimiento

2.2.3 Sustrato ideal

El sustrato adecuado para cada caso concreto dependerá de numerosos factores: tipo de planta a producirse, fase del proceso productivo en que se interviene (semillas, plantas, estacas, etc.), las condiciones climáticas, sistemas y programas de riego y fertilización, aspectos económicos, y lo que es fundamental el manejo de

los sustratos, de forma general, sería aquel que garantice altos porcentajes en la producción de plántulas, y a la vez, presente menos pérdidas de estas por factores adversos durante el proceso germinativo (Aparicio *et al.*, 1999 ; pastor, 1999).

2.2.2 Descripción de los sustratos

2.2.2.1 Lodos de aguas residuales.

La generación de lodos residuales se ha incrementado en México en los últimos años, haciendo más difícil de encontrar sitios para almacenar estos materiales; el agua residual es principalmente de uso doméstico con contaminantes orgánicos y sólidos, este se percibe en cantidades mayores en los meses más lluviosos, esto constituye un problema, que es necesario resolver permanentemente considerando aspectos, económicos, ecológicos y sociales; Para motivos de este estudio implicaría el uso de volúmenes de sustrato para producir la planta, lo cual disminuiría el costo de la producción (Montes *et al.*, 2004). Estos lodos se pueden compostear mezclando corteza de pino, virutas o astillas de madera (Bures, 1997).

2.2.2.2 Aserrín

Reyes (2005) menciona que para la elección del sustrato a emplear es de especial interés para la producción de plántulas; la composición física y química de los sustratos debe estar ligada directamente con el crecimiento, vigor, y supervivencia de las especies. Por lo general, se utilizan mezclas de diferentes tipos, siempre buscando una textura liviana que facilite el drenaje y la aireación, y que presenten un medio adecuado donde la planta desarrolle un buen sistema radical que le permita prosperar una vez en el terreno definitivo. El aserrín presenta problemas de exceso de humedad por lo que debe mezclarse con partículas más gruesas que aporten aireación en el compostaje, puesto que este material puede compactarse produciendo procesos anaeróbicos (Bures, 1997).

2.2.2.3 Tierra de bosque

Esta formado por restos de hojas, raíces, ramas y pequeños troncos, plantas herbáceas, helechos y musgos; estos restos pertenecen a diversas especies, dependiendo del tipo de bosque donde proceda el material (Bures, 1997). Un suelo que se ha desarrollado bajo la influencia de una cubierta forestal, una entidad natural que manifiesta una sucesión bien definida de horizontes naturales. Los suelos forestales contienen una gran cantidad de sustancias orgánicas y minerales, disponibles como fuentes de energía. Además, contiene en si mismo el ambiente físico adecuado para sostener toda serie de poblaciones vegetales (Gaytán, 2001). Por su contenido de materia orgánica fácilmente descomponible la tierra de bosque requiere un proceso de compostaje, debiéndose triturar y tamizar previamente para darle forma y consistencia adecuada al compostaje.

2.2.2.4 Turba

La turba es un nombre genérico que se aplica a diversos materiales que proceden de la descomposición de los vegetales, dependiendo de su naturaleza y de las condiciones climáticas predominantes durante su formación (Bures, 1997). Pero Gaytán (2001) lo menciona como un sustrato comercial generalmente utilizado para la producción de planta. Este producto tiene buena consistencia y una larga duración, además le proporcionar las condiciones necesarias para el establecimiento y desarrollo de la planta.

2.3 Características de la especie

2.3.1 Descripción botánica

Reino: Vegetal

Clase: Metaphyta

Orden: Pinales

Familia: Pinaceae

Género: Pinus

Especie: greggii

2.3.2 Descripción de la especie

Árbol de 10 a 15 metros de altura, este tiene corteza de color grisácea y es lisa en su forma juvenil, pero ya maduro es áspera y de color oscura, su follaje es erguido y este a su vez puede estar en toda la ramilla (Martínez, 1948).

Las hojas son comunes en grupos de tres y miden alrededor de 7 a 14.5 cm. de largo. Estas son ásperas y estrechas en forma triangular, de color verde claro brillante, sus bordes son aserrados, con denticillos cortos (Martínez, 1948).

Las vainas son persistentes y llegan a medir unos 14 mm. pero las viejas con frecuencia se desgarran y llegan a caerse (Martínez, 1948).

Los conos son fuertes y tenazmente persistentes, son duros, sésiles, de forma oblonga-cónica, son oblicuos y algo encorvados, su color es ocre y brillantes, están colocados por lo general en pares o ya sea en grupos de 5 a 8 conos, estos por lo regular miden unos 10 cm. y en ocasiones pueden llegar a medir hasta los 15 cm. (Martínez, 1948).

La semilla es oval, de color oscuro y en promedio mide 6 mm., su ala mide de 20mm de largo por 7 mm. de ancho (Martínez, 1948).

La madera es ligera, de color blanco o ligeramente amarillento (Martínez, 1948).

2.3.3 Distribución geográfica

Martínez (1948) lo reporta para los estados de Coahuila, Nuevo León, San Luis Potosí, y el norte y noreste de Hidalgo. Pero en los estados de Guanajuato y Querétaro se sitúan pequeños manchones los cuales sobrepasan los 2200 m.s.n.m. (Rzedowsky, 1978).

La altitud en la que se distribuye *Pinus greggii* es variante ya que lo podemos encontrar desde los 1400 m, hasta los 3000 m.s.n.m como su máxima altitud; pero cabe destacar que la altitud optima de desarrollo de este es a los 1850 m. s. n. m. (Aguilera, 2001).

Pero otro autor menciona que *Pinus greggii* se encuentra en elevaciones que van desde los 1280 a 2550 m.s.n.m., se encuentra en suelos montañosos con pendientes del 75 %. Esta especie se puede localizar en climas subtropicales, con precipitaciones que van de 700 a 1500 mm. estos siendo los más frecuentes, la temperatura media anual donde se distribuye es de 16.8 °C, con extremas máximas de 45 °C y mínimas de -9 °C. (Chávez, 1994).

2.3.4 Importancia de *Pinus greggii*

La madera de este pino se destina para aserrío en su mayor parte, aunque también se usa para durmientes y pilotes para minas, vigas y postes para cercas, muebles y leña para combustible. Produce poca resina y normalmente no se le explota; se le ha observado buena adaptación en suelos degradados, en donde se ha utilizado para reforestaciones para recuperar suelos erosionados. Es una especie ornamental, recomendándose para parques y campos deportivos abiertos (Chávez, 1994).

Pinus greggii se considera importante para adaptarse en suelos pobres, erosionados, con poca profundidad y materia orgánica, por lo cual se ha recomendado su uso en programas de protección, recuperación de cuencas hidrológicas y áreas degradadas, debido a que muestra adaptación al igual que rápido crecimiento en terrenos con tales condiciones; ha demostrado tolerancia a la sequía como resistencia a plagas y enfermedades forestales; además tiene un gran potencial para usarse en programas de mejoramiento genético, dado que, presenta floración precoz producción de abundante semilla a temprana edad y rápido crecimiento (Curiel, 2005).

El fuego es un factor ecológico que favorece a esta especie ante la competencia prevaecerte de especies que son susceptibles al mismo; el calor del fuego y las altas temperaturas prevaecientes durante la época de sequía, favorecen a la apertura de sus conos serótinicos, y las áreas incendiadas son una excelente cama para la semillas de esta especie (Dante, 1996).

2.3.5 Ecología de la especie

A este pino se la atribuyen en poblaciones aisladas a lo largo de la Sierra Madre Oriental, en zonas áridas y a veces semitropicales. Actualmente se reconocen dos especies taxonómicas, *P. greggii* var. *greggii*, que habita en la porción norte del área de distribución de la especie, y *P. greggii* var. *australis* en el sur, estas sin traslapes; por lo tanto, en los ecosistemas forestales donde se desarrolla, diversas plantas herbáceas y arbustivas dependen del ambiente que genera este árbol (Ramírez et al, 2005).

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción del área de estudio

3.1.1 Localización

El presente experimento se llevo acabo en una nave del invernadero perteneciente al Departamento de Forestal, el cual se encuentra ubicado dentro de las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en Saltillo, Coah., cuyas coordenadas geográficas son 25° 21´ 10.82” de latitud norte y 101° 01´ 38.07” de longitud oeste, a una altitud aproximada de 1720 m. s. n. m.

3.1.2 Invernadero

Los invernaderos son parte de un vivero, con funciones muy importantes como pueden ser la parte esencial de las condiciones climatológicas y la otra es la de aumentar la producción. También permiten un mayor control de producción, en forma general, son estructuras independientes, cubiertos con techos de dos caídas de agua, están diseñados para que el espacio se utilice en forma adecuada. La ventilación es algo necesario dentro de estos, como una ayuda para controlar la temperatura y la humedad dentro de el invernadero. Está conformado por una estructura cuadrada de lámina galvanizada, con paredes y techos de láminas de policarbonato de dos capas, contiene un sistema de riego por aspersión aéreo y semiautomatizado, mediante el cual se puede fertilizar y fumigar. La programación de la temperatura se establece en dos temporadas; la primera temporada es de primavera y verano con una temperatura interior promedio de 26 ° C y en la noche a 22° C la segunda temporada que es otoño e invierno con 22°C y en la noche a 18° C como temperatura interior de la nave.

3.1.3 Contenedor

Es un envase o recipiente, el cual contiene perforaciones en la parte posterior para un mejor drenaje , estos son útiles para que germinen las semillas, ya que permiten que la raíz tenga movimiento y un mejor desarrollo, también le proporciona a la planta un medio de crecimiento ,además el envase facilita el contacto del sistema radicular con el agua, nutrientes minerales y le sirve de soporte o anclaje a la plántula, el contenedor ideal es aquel que permite producir plantas de la mejor calidad; pero es necesario tener en cuenta que un sustrato puede tener diferentes resultados según el tipo, tamaño y forma del contenedor.

Los contenedores que se utilizan son de poliestireno expandido, con un baño de hidróxido de cobre y son de 120 ML.

3.1.4 Colecta de la semilla

La semilla se colecto en el Cerro el Escorpión, perteneciente al Ejido Los Llanos, Arteaga, Coah. El área de la colecta de la semilla esta conformada principalmente de pinares mezclados, la selección de la semilla se hará lo mas homogénea posible, procurando que tengan más o menos el mismo peso, del tamaño del cono y sin que presenten lesiones causadas por agentes externos.

Los materiales que se utilizarán para el experimento serán los que a continuación se mencionan:

1. 12 charolas de 77 cavidades
2. Semillas de *Pinus greggii*
3. Etiquetas, marcadores, libreta y formato de datos.
4. Sistema de riego por aspersión
5. Cubetas
6. Malla protectora contra plagas

7. Lodos de aguas residuales
8. Aserrín
9. Tierra de monte
10. Mezcla base (Turba de musgo (peat moss), agrolita, vermiculita y osmocote)
11. Osmocote

3.1.5 Actividades realizadas

La siembra se realizó el 27 de febrero de 2007, la capa de sustrato para cubrir la semillas realiza de acuerdo al tamaño de la semilla, utilizando un criterio básico es de dos veces el tamaño de la misma; se deposito una o dos semillas por cada cavidad en el contenedor. Los contenedores se llenaron con sustrato (lodos de aguas residuales composteados, aserrín, peat moss y tierra de bosque respectivamente). Dicha siembra se realizo en los 12 contenedores, que cada contenedor tiene 77 cavidades, lo cual nos da un total de 924 semillas sembradas.

3.1.6 Riego

El riego se realizara durante todo el tiempo en que se lleve acabo el experimento. El primer riego se le aplico el día de la siembra y posteriormente cada tercer día.

3.2.1 Descripción de la metodología a emplear

3.2.1.1 Diseño experimental

Para este experimento se utilizará un diseño completamente al azar el cual constituye de cuatro tratamientos con tres repeticiones.

3.2.1.2 Modelo estadístico

El modelo estadístico a emplear es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \Sigma_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = parámetro observado en las diferentes variables observadas

$i = 1, 2, 3, \dots, t$ (numero de tratamientos).

$j = 1, 2, 3, \dots, r$ (numero de repeticiones).

μ = es el efecto medio de la población.

τ_i = es el efecto del i -ésimo tratamiento.

Σ_{ij} = es error del efecto de la j -ésima unidad experimental sujeta al i -ésimo del tratamiento.

3.2.1.5 Descripción de los tratamientos

Los tratamientos formulados para este experimento se mencionan a continuación:

Tratamiento 1: Lodo de aguas residuales

Tratamiento 2: Aserrín

Tratamiento 3: Tierra de bosque

Tratamiento 4: Turba

3.2.1.6 Distribución de los tratamientos

Los diferentes tratamientos se distribuyeron a lo largo de la cama donde se quedarán hasta el termino del experimento, están sorteados aleatoriamente y conteniendo cada uno sus tres repeticiones correspondientes.

3.2.1.7 Diseño de cada unidad experimental

Para este experimento se utilizaron 77 semillas de *Pinus greggii* por unidad experimental, conteniendo como resultado 12 unidades experimentales, que permitieran presentar un rango mayor de confiabilidad para los resultados a obtener.

Distribución de los tratamientos en el semillero

t2 r2	T1 r3	t2 r1	t4 r2
t3 r1	T4 r2	t4 r1	t3 r3
t1 r2	T2 r3	t3 r2	t1 r1

3.3.6 Análisis y tratamiento a la semilla en el laboratorio

Análisis de pureza. Para obtener el cien por ciento de la pureza de la semilla se utilizarán mallas de diferentes medidas para separar el material inerte como son las ramillas, hojas y conillos. Para separar la semilla vacía o con daño se utilizara el método de flotación de la semilla en agua.

Análisis de germinación y viabilidad. Se realizará una prueba de germinación en el laboratorio con una muestra de 77 semillas que serán sometidas a la cámara de germinación esto con el fin de obtener el cien por ciento de germinación.

3.7.7 Mezcla de los sustratos

A todos los sustratos se les aplicara un tratamiento antes de ser mezclados, posteriormente se le realizará un pretratamiento de siembra el cual se utilizará amoniaco para su desinfección, esto con el fin de evitar que el sustrato tenga problemas fitosanitarios.

3.3.9 Variables a evaluar

Para todas las variables se tomaron como muestra 10 plántulas de 90 días de edad, seleccionadas al azar por unidad experimental, excepto para el caso de germinación y emergencia; por lo siguiente se evaluó:

- ⇒ Porcentaje de germinación: se determino a los 28 días de haber emergido la primera plántula.
- ⇒ Longitud final del tallo: la medición se realizo desde la base del tallo hasta la yema floral.
- ⇒ Longitud final de la raíz: esta se determino mediante la medición desde el cuello del tallo hasta la parte superior de la raíz, esta medición se llevo a cabo con una regla graduada en centímetros.
- ⇒ Diámetro basal del tallo: Para la medición de esta variable se utilizó un vernier, evaluando así de esta manera las diez plántulas correspondientes de cada tratamiento.
- ⇒ Mortalidad: esta variable se cuantifica con base en el número de semillas sembradas restándole el número de semillas no germinadas.

4. Resultados

De acuerdo con los datos obtenidos de la presente investigación, se presenta los siguientes resultados y la discusión correspondiente, para las variables evaluadas que fueron consideradas para el análisis estadístico.

A. El porcentaje de germinación

La prueba de germinación tuvo una duración de 28 días a partir de la fecha de siembra y el mayor promedio de semillas germinadas se obtuvo del tratamiento 4 (testigo) con un 80 %, el cual el sustrato utilizado fue la turba (peat moss, perlita y vermiculita) y tratamiento 1, cuyo material utilizado fue los lodos de aguas residuales. Esto atribuye a que los materiales utilizados cumplen con todos los requerimientos necesarios para una buena germinación como lo afirma Bures (1999), mencionando que un sustrato además de proporcionar soporte a las plantas, tienen que suministrar a las raíces cantidades necesarias de aire, agua y nutrimentos, además de proporcionar una buena temperatura a las raíces.

El promedio menor se obtuvo del tratamiento 3 (tierra de monte), el cual tuvo un promedio de germinación de 50%, este resultado tiene como consecuencia un exceso de humedad en el medio de cultivo y la falta de aireación, ya que este sustrato contiene muy poca porosidad (factor principal para el desarrollo radicular en la planta) poniendo en manifiesto lo mencionado por Pastor (1999), mencionando que teniendo una baja porosidad ocasiona que las semillas no germinen ya que no le proporciona oxígeno en cantidades necesarias para que la semilla no germine.

Tratamiento	1^{ra} evaluación	2^{da} evaluación	3^{ra} evaluación
	8/ marzo/ 2007	17/marzo/2007	26/marzo/2007
T1	17	48	75
T2	15	45	65
T3	5	23	50
T4	20	52	80

Cuadro 1. Porcentaje de semillas germinadas por tratamiento.

Esta variable es de suma importancia ya que se refleja en la germinación de la semillas y por consiguiente la emergencia de la plántula, como influye el sustrato. Esto lo podemos precisar en el cuadro 1 y la figura 1, donde se muestra el promedio de semillas germinadas por cada sustrato.

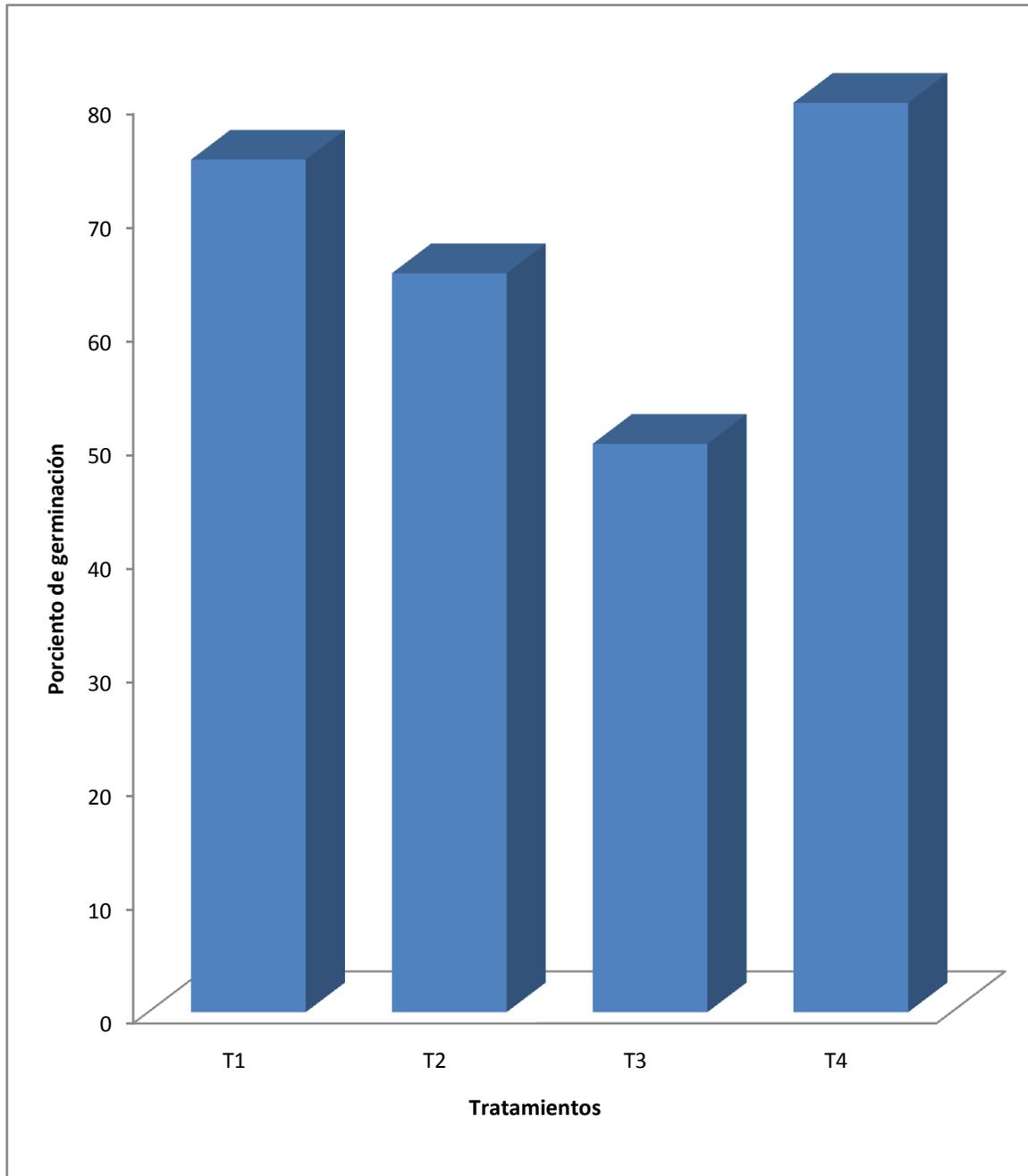


Figura 1. Representación gráfica del porcentaje de germinación en los sustratos.

B. Longitud final del tallo

El resultado de crecimiento de la longitud del tallo varia entre los tratamiento, los cuales dependerán mucho de las características físicas y del propiedades nutrimentales que cada sustrato contenga como lo menciona Mápula (1996). En el análisis de varianza para esta variable, presenta valores de diferencia estadística los cuales son significativos con una $P = < 0.0001$, (cuadro A,1).lo cual indica que para los resultados obtenidos influye de manera poco significativa al crecimiento de *Pinus greggii*, esto fue durante el tiempo que duro el experimento.

Tratamiento	1^{ra} evaluación 20/marzo/2007	2^{da} evaluación 19/abril/2007	3^{ra} evaluación 9/mayo/2007	4^{ta} evaluación 28/mayo/2007	Prueba de tukey
T1	2.0	2.9	3.7	3.93	A
T2	1.9	2.5	3.3	3.81	A
T3	1.0	1.3	2.0	2.48	B
T4	2.7	3.0	3.8	4.32	A

Cuadro 2. Promedio de alturas (cm) para los diferentes sustratos

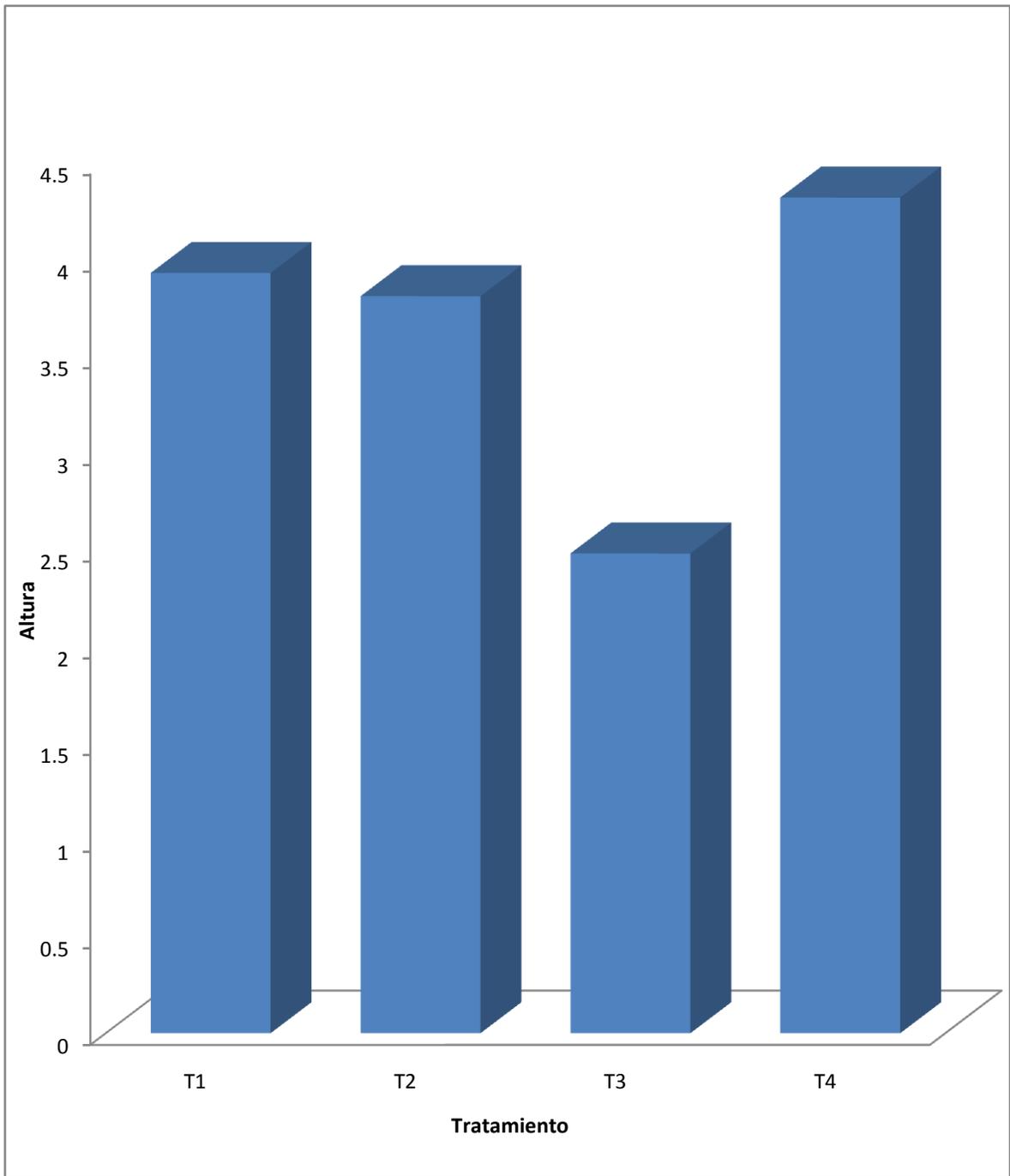


Figura 2. Representación gráfica de la altura (cm) final del tallo.

C. Diámetro de de plántula

El resultado de crecimiento de la plántula vario entre los tratamiento, los cuales dependerán mucho de las características físicas y del propiedades nutrimentales que cada sustrato contenga como lo menciona Mápula (1996). En el análisis de varianza para esta variable, presenta valores de diferencia estadística los cuales son significativos con una $P = > 0.2186$, (cuadro A,2).lo cual indica que para los resultados obtenidos influye de manera poco significativa al diámetro del tallo de *Pinus greggii*, esto fue durante el tiempo que duro el experimento.

Tratamiento	1 ^{ra} evaluación 20/marzo/2007	2 ^{da} evaluación 19/abril/2007	3 ^{ra} evaluación 9/mayo/2007	4 ^{ta} evaluación 28/mayo/2007	Prueba de tukey
T1	0.05	0.09	0.12	0.131	A
T2	0.04	0.08	0.12	0.138	A
T3	0.01	0.02	0.04	0.056	A
T4	0.07	0.09	0.15	0.175	A

Cuadro 3. Promedio del diámetro (cm) para los diferentes tratamientos

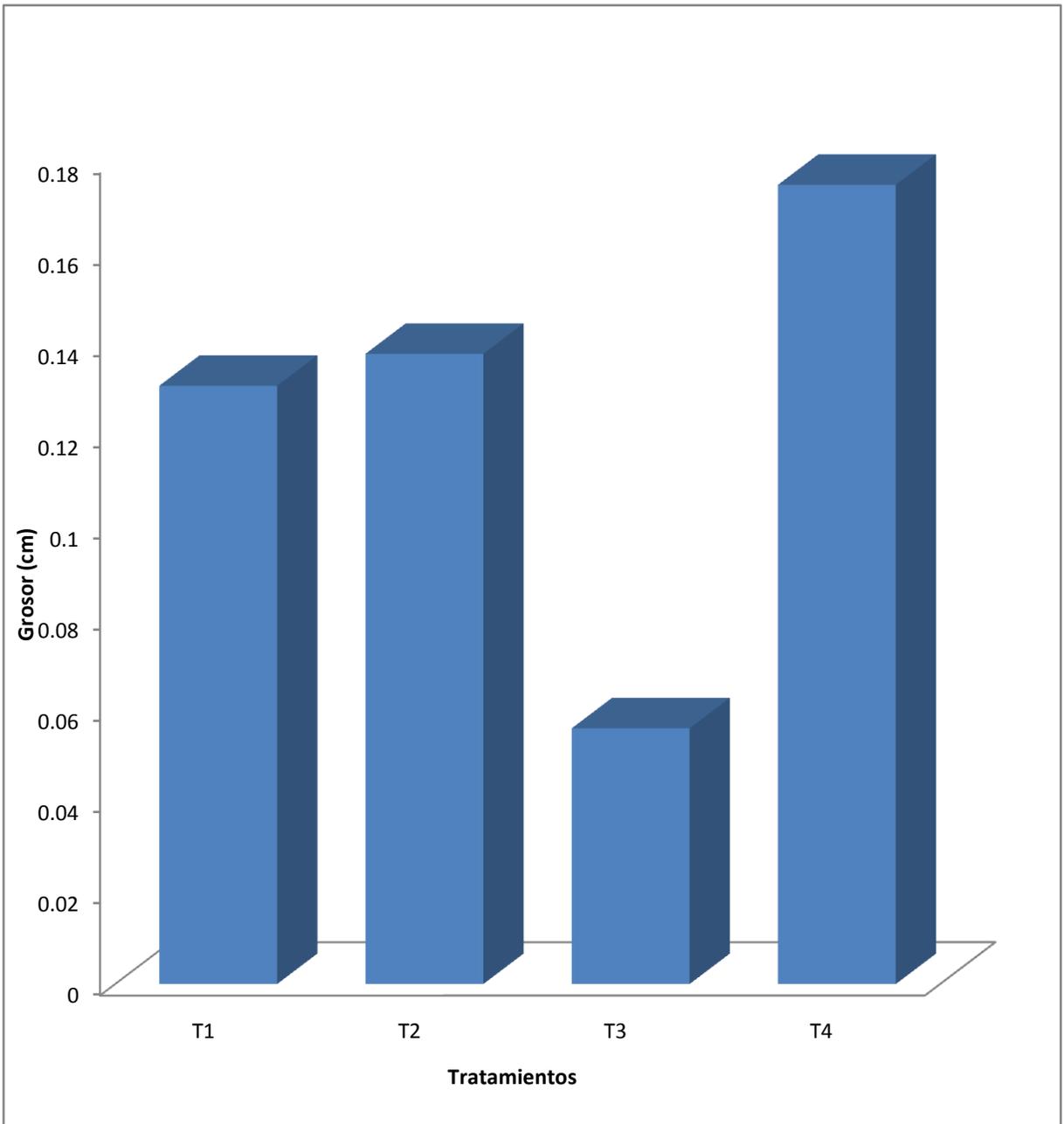


Figura 3. Representación grafica del grosor de tallo

D. Longitud final de la raíz

El resultado de crecimiento de la raíz en la plántula, hubo variación entre los tratamientos, los cuales dependerán mucho de las características físicas y de las propiedades nutrimentales que cada sustrato contenga como lo menciona Mápula (1996). En el análisis de varianza para esta variable, presenta valores de diferencia estadística los cuales son significativos con una $P = >0.02186$, (cuadro A,3).lo cual indica que para los resultados obtenidos influye de manera poco significativa al diámetro del tallo de *Pinus greggii*, esto fue durante el tiempo que duro el experimento.

Tratamiento	Evaluación <i>28/mayo/2007</i>	PRUEBA DE TUKEY
T1	7.24	A
T2	6.35	A
T3	3.88	B
T4	7.86	A

Cuadro 4. Promedio de alturas para los diferentes tratamientos

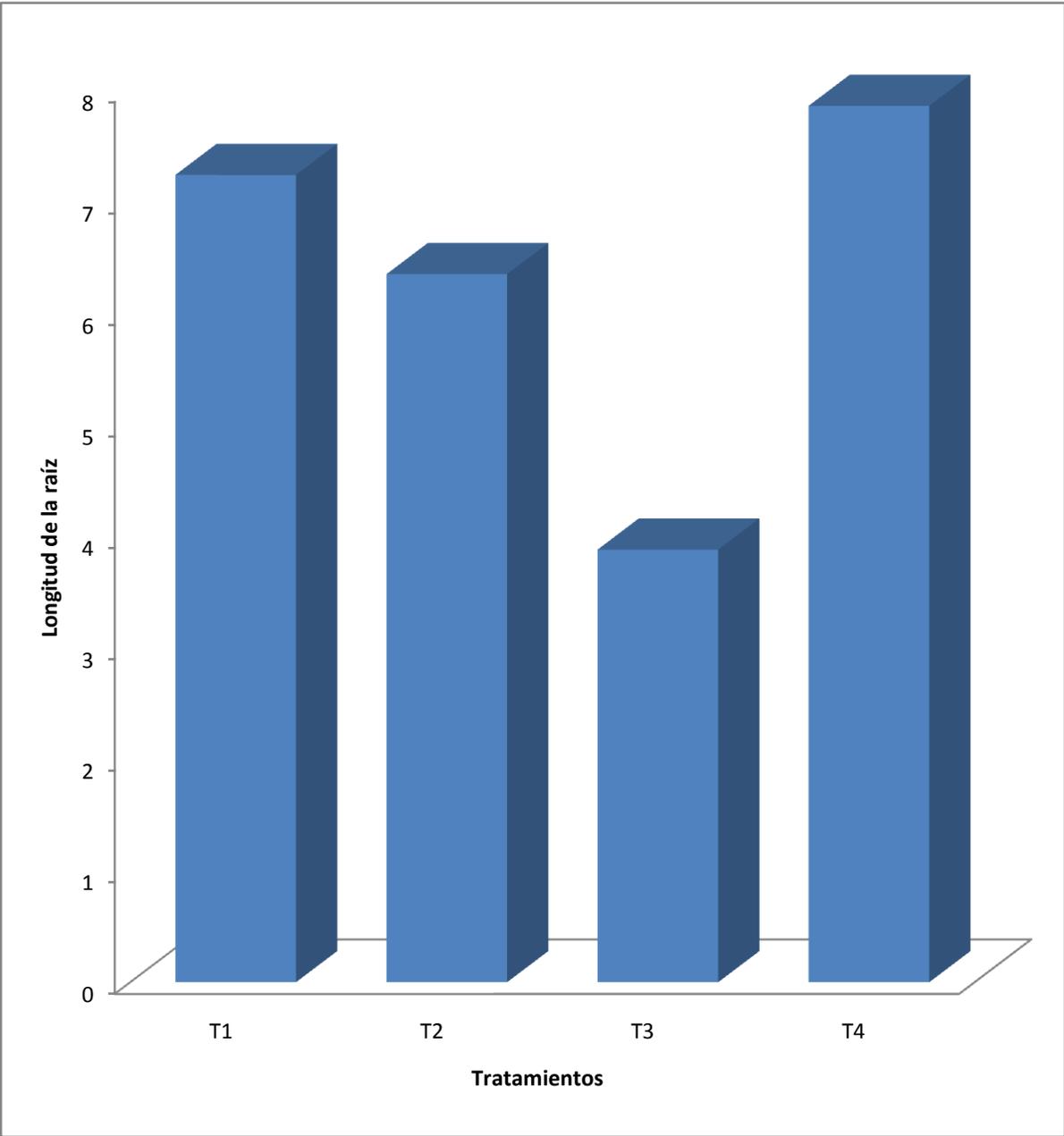


Figura 4. Representación grafica de la longitud de la raíz

E. Mortalidad

El tratamiento que tuvo menor mortalidad fue el Tratamiento 4 con un 20% de semillas no germinadas, seguido por el Tratamiento 1, con un porcentaje de 25% esto pudo deberse a que los sustratos contenían una temperatura, un buen porcentaje de humedad y una buena aireación.

Por otro lado el Tratamiento 3 al igual que en las demás evaluaciones presento la mayoría de las deficiencias que debe contener un sustrato, ya que su porcentaje de mortalidad es de un 50%, como se observa en el cuadro y la figura .

Tratamiento	Germinación	Mortalidad
T1	75	25
T2	65	35
T3	50	50
T4	80	20

Cuadro 5. Porcentaje de semillas muertas por tratamiento

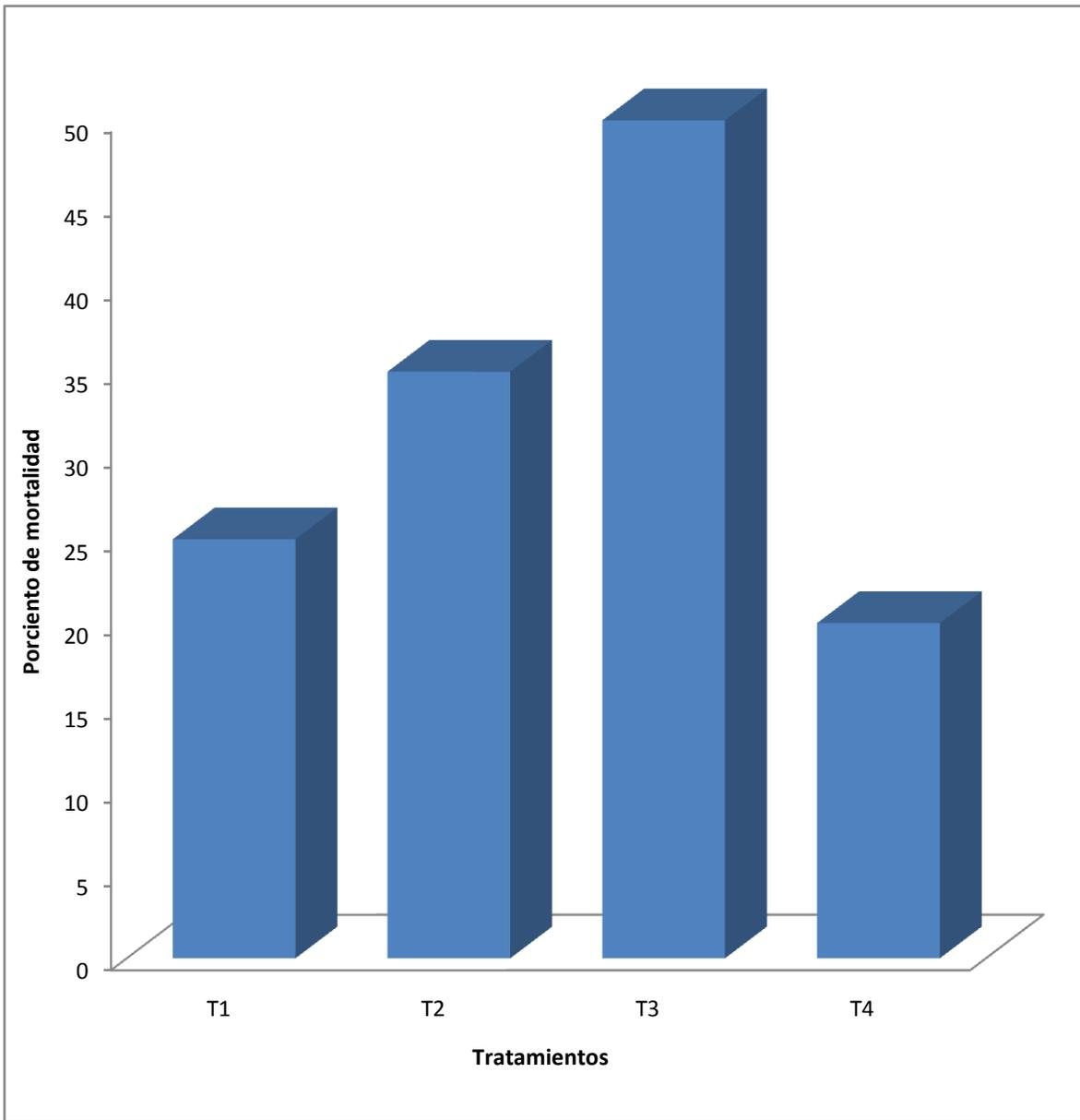


Figura 5. Representación gráfica de la mortalidad en porcentaje de los diferentes tratamientos

5. Conclusiones y recomendaciones

En base a los resultados obtenidos, en los porcentajes de la germinación, la longitud final del tallo, en el diámetro de la plántula, en la longitud de la raíz y en la mortalidad, se concluye que, la hipótesis planteada es aceptada, ya que por lo menos uno de los sustratos es diferente a los demás. Lo anterior puede explicarse debido a las diferentes composiciones tanto físicas como químicas que contienen cada sustrato y que proporcionaron una buena adecuación de nutrientes, a la plántula de *Pinus greggii* durante su desarrollo.

El tratamiento compuesto por la turba (perlita, vermiculita y peat moss), contiene una buena adecuación, tanto de nutrientes, de requerimientos físico-químicos, y además de servir como un buen soporte para la plántula, como lo afirma Cetina (1999).

Los tratamientos compuestos por tierra de monte y arena, son suelos minerales con escasos contenidos de materia orgánica, que al humedecerse favorecen la formación de una costra superficial dura que oponen resistencia a la emergencia de la plántula. Otro aspecto formativo de la formación de costras superficiales es que limitan el intercambio de gases entre la atmosfera externa y la del medio de crecimiento, perdiendo humedad rápidamente, además de compactarse, como lo menciona Gáytan (2001).

En estas condiciones se encuentra el tratamiento 3 compuesto únicamente por tierra de monte, ya que este presentó el menor número de semillas germinadas y por lo consiguiente también presenta varias diferencias, entre las cuales las más son el crecimiento tanto en diámetro, como en altura, lo cual pudo deberse a las condiciones mencionadas con anterioridad.

Este material, aun mezclado con composta, muestra que debe de existir una proporción adecuada entre los componentes del sustrato con el propósito de

proporcionar condiciones favorables para el desarrollo elemental de la plántula, como es el caso de tratamiento 4 el cual fue el que proporciono las condiciones mas favorables para el desarrollo de la plántula de *Pinus greggii* (cuadro).

Como material de desecho se evaluó el tratamiento 1, el cual estuvo compuesto por lodos residuales de uso domestico, este con buenos resultados demostrando como se observa en la figura . Lo anterior atribuye a que dicho material reúne las características físico-químico para favorecer al crecimiento y desarrollo de las plántulas en el contenedor, además que le proporciono una buena aireación, una buena retención de humedad y la mantuvo a una buena temperatura como lo menciona.

El material comercial que se utilizo y se evaluó como testigo fue la turba (mezcla de peat moss, perlita y vermiculita); que obtuvo un buen desarrollo en las plántulas, ya que de acuerdo con la investigación este sustrato reúne las condiciones optimas para el desarrollo radicular de las pequeñas plántulas de *Pinus greggii*, además de que contiene una mejor aireación y una gran porosidad. Este se puede observar en la figura , donde se presenta el comportamiento en el crecimiento en los diferentes tratamientos.

En todas las variables se presenta la diferenciación entre los tratamientos y entre las variables evaluadas, esto de acuerdo con los resultados obtenidos de la presente investigación, esto establece que por lo menos una de las variables es diferente al resto de las demás.

Recomendaciones

- Se recomienda la utilización de los lodos residuales que por su bajo costo y además es un sustrato que es fácil de obtener en cualquier región, incrementa la rentabilidad de los productos reciclables y de los procesos productivos en el vivero.
- Se recomienda hacer mezclas adecuadas entre los materiales, además de que esto permita que no exista una propagación de una enfermedad fitopatogénica y esta liquide nuestras plántulas, también nos sirve para tratar de obtener una materia capaz de reunir los elementos necesarios para el buen crecimiento de las plántulas.
- Se recomienda que los sustratos para la producción de plántulas contenga un alto nivel de materia orgánica.
- De los diferentes resultados obtenidos en los sustratos propuestos, a las diferentes proporciones de mezclas de tierra de bosque y aserrín es mejor proponer un material que contenga mayor porosidad.

6. Literatura citada

- Ansorena, J. 1994. Sustratos. 1^{ra} edición. Ed. Mundi-prensa. México. 172 p.
- Aguilera R.M. 2001. *Pinus greggii* Engelm. [En línea]. Consulta el 29 de marzo de 2007. <http://www.conafor.gob.mx/portal/docs/secciones/bosquedes/Fichas%20Tecnicas/Pinus%20greggii.pdf>
- Aparicio, R. A., H. Cruz J., J. Alba L. 1999. Efectos de seis sustratos sobre la germinación de *Pinus patula* SHT. ET CHAM., *Pinus montezumae* Lamb. y *Pinus pseudostrobus* LINDL. En condiciones de vivero. *Foresta veracruzana* 1(2): pp 31-36
- Bures S. 1997. Sustratos 1^{ra} edición. Ed. Agrotécnicas. Madrid, España. 342 p.
- Cetina A, V.M., V.A. González H. y J.J. Vargas H. 1999. El manejo en vivero de *Pinus greggii* Engelmann. y la calidad de la planta. *Agrociencia Recursos Naturales Renovables*. 33 (4): 423 – 430.
- Curiel A.M. 2005. Descripción de once poblaciones naturales de *Pinus greggii* engelm. var. *greggii* en el sureste de Coahuila. Tesis licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 67 p.
- Czabator F.J. 1962. Germination value: an index combining speed and completeness of pine seed germination. *Forest Science*. 8(4): 386 – 395.
- Chávez R. R. 1994. Fisiología y morfología de plántulas en diez procedencias de *Pinus greggii* Engelmann, en invernadero. Tesis licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 66 p.

- Gaytan M. D.M. 2001. Prueba de germinación de *Pinus cembroides* Zucc. en ocho sustratos diferentes. Tesis licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 76 p.
- Krugman, S.L. y J.L. Jenkinson. 1974. Pinus I In: Seeds of Woody Plants in The USA USDA, Forest Service, Agriculture Handbook No. 405. USA. 598-638.
- Lara R. D. 1994. Prueba de germinación y sobrevivencia *Pinus cembroides* Zucc. Sobre ocho sustratos diferentes en etapa de vivero. Tesis licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 76 p.
- Martínez M. 1948. Los pinos mexicanos. Ed. Botas. 337-342
- Mápula L., R., R. Bonilla B. y D.A. Rodríguez T. 1996. Germinación y crecimiento inicial de *Pseudotsuga macrolepsis* Flous. en Chapingo México. Revista Chapingo. Ciencias Forestales. 5: 111–117.
- Montes R.G., H. Jiménez S. y S. Solís G. 2004. Lodos residuales composteados; una alternativa de sustrato para la producción de la planta de *Agave durangensis*. Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente 10(1): 21-24.
- Niembro R. A., 1986. Mecanismos de reproducción sexual en pinos. Ed. Limusa. México, D.F. 180 p.
- Niembro R, A., 2006. Semillas forestales En: XIII curso internacional de actualización en tecnología de semillas. UAAAN.
- Peñuelas R.J.L., L. Ocaña B. 2000. Cultivo de plantas forestales en contenedor. 2^{da} edición. Ediciones Mundi-Prensa. 190 p.

- Ramírez, H.C., J.J. Vargas H y J. López U. 2005. Distribución y conservación de las poblaciones naturales de *Pinus greggii*. *Acta Botánica Mexicana*. 72: 1-16
- Reyes R. J., A. Alderete, V. M. Cetina A. y J. López U. 2005. Producción de plántulas de *Pinus pseudostrobus* var. *apulcensis* en sustratos a base de aserrín. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 11(2):105-110
- Rodríguez T. D.A. 1996. *Incendios Forestales*. Ed. Mundi-Prensa. México. 600 p.
- Rzedwsky J. 1978. *Vegetación de México*. Ed. Limusa. México. 430 p.
- Pastor S. N. 1999. Utilización de sustratos en vivero. *Revista Terra* 17 (3) 231-235
- Sandoval M., C., V.M. Cetina A., R. Yeaton, y L. Mohedano C. 2001. Sustratos y polimeros en la producción de la planta de *Pinus cembroides* Zucc. bajo condiciones de invernadero. *Revista Chapingo Serie Ciencias forestales y del ambiente* 6(2): 143 – 150.

APENDICE

Apéndice 1. Análisis de varianza de las medias generales para la variable altura en *Pinus greggii* Engelmann, bajo condiciones de invernadero.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	3	5.7431333	1.9143777	36.27	<0.0001
ERROR	8	0.4222666	0.0527833		
TOTAL	11	6.1654			

AGRUPACIÓN TUKEY	MEDIA	N	TRATAMIENTO
A	4.3233	3	T1
A	3.9333	3	T2
A	3.8167	3	T4
B	2.4867	3	T3

C.V.= 6.3 %

Apéndice 2. Análisis de la varianza de las medias generales para la variable diámetro en *Pinus greggii* Engelmann, bajo condiciones de invernadero.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	3	0.0125113	0.0041704	1.84	0.2186
ERROR	8	0.0181633	0.0022704		
TOTAL	11	0.0306746			

C.V.= 43.44%

AGRUPACIÓN TUKEY	MEDIA	N	TRATAMIENTO
A	0.13833	3	T1
A	0.131	3	T2
A	0.11333	3	T4
A	0.056	3	T3

Apéndice 3. Análisis de la varianza de las medias generales para la variable raíz en

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	3	27.546558	9.1821861	11.44	0.0029
ERROR	8	6.419733	0.8024666		
TOTAL	11	33.96629			

Pinus greggii Engelman, bajo condiciones de invernadero.

C.V.= 14.14

AGRUPACIÓN TUKEY	MEDIA	N	TRATAMIENTO
A	7.8633	3	T1
A	7.24	3	T2
A	6.3533	3	T4
B	3.88	3	T3