

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



**Prueba de germinación de *Pinus cembroides* var. *Zucc* en ocho  
sustratos diferentes**

**Por:**

**DONNY MARVIN GAYTAN MOTA**

**T E S I S**

**Presentada como requisito parcial**

**para obtener el título de:**

**INGENIERO AGRÓNOMO FITOTECNISTA**

**Buenvista, Saltillo, Coahuila, México.**

**ABRIL, 2001.**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA**

**"ANTONIO NARRO"**

**DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**

**Prueba de germinación de *Pinus cembroides* var *Zucc* en ocho sustratos diferentes.**

**Por:**

**DONNY MARVIN GAYTAN MOTA**

**TESIS**

**QUE SOMETE A CONSIDERACION DEL H. JURADO EXAMINADOR COMO**

**REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE :**

**INGENIERO AGRÓNOMO FITOTECNISTA**

**APROBADA**

---

**DR. JOSE LUIS OVIEDO RUIZ**

**PRESIDENTE DEL JURADO**

---

**M.C. JOSE ARMANDO NAJERA CASTRO**

---

**ING. SERGIO BRAHAM SABAG**

**1 er. SINODAL.**

**2 o. SINODAL.**

**COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**

---

**M.C. REYNALDO ALONSO VELASCO**  
**BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, ABRIL, 2001.**

*iv*

**ÍNDICE GENERAL**

	<b>Página</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<i>i</i>
<b>AGRADECIMIENTOS.....</b>	<i>iii</i>
<b>ÍNDICE DE CUADROS.....</b>	<i>viii</i>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<i>ix</i>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
Objetivos.....	<b>3</b>
Hipótesis.....	<b>4</b>
<b>REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>5</b>
Definición de Sustrato.....	<b>5</b>
Clasificación de los Sustratos.....	<b>10</b>
Sustrato Ideal.....	<b>12</b>
Mezclas.....	<b>13</b>
Descripción de Sustratos Utilizados.....	<b>14</b>
Arena.....	<b>14</b>
Composta.....	<b>14</b>
Cisco de carbón.....	<b>16</b>
Suelo de bosque.....	<b>16</b>

Promix-Bx.....	17
Características de la Especie <i>Pinus cembroides</i> .....	17
Importancia económica, social y ecológica.....	17
Distribución geográfica.....	18
Morfología.....	18
Clasificación taxonómica.....	20
Condiciones ecológicas.....	20
Aspectos Generales sobre Reproducción Sexual.....	21
Semilla.....	21
Germinación.....	22
Emergencia.....	23
Principales factores que afectan la germinación y emergencia de las plántulas.....	24
Factores internos.....	24
Factores ambientales.....	25
Tratamiento Previo de la Semilla.....	27
Remojo en agua.....	28
Escarificación química.....	29
Escarificación mecánica.....	29
Estratificación.....	30
Acondicionamiento y revestimiento protector.....	30
<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>32</b>
Descripción del Área de Investigación.....	32

Localización.....	32
Clima.....	32
Suelo.....	33
Vegetación.....	34
Materiales.....	34
Metodología.....	35
Diseño experimental.....	35
Modelo estadístico lineal.....	36
Descripción de los tratamientos.....	36
Distribución de los tratamientos.....	37
Diseño de cada unidad experimental.....	37
Tratamiento de la semilla.....	38
Manejo del cultivo.....	39
Preparación de los semilleros.....	40
Mezcla de los sustratos.....	41
Variables evaluadas.....	41
Porcentaje de germinación .....	42
Velocidad de germinación.....	42
Longitud final del tallo.....	42
Diametro basal del tallo.....	42
Porciento de humedad de la planta.....	42
Peso de materia fresca.....	42
Peso de materia seca.....	43

Mortalidad.....	43
<b>RESULTADOS .....</b>	<b>44</b>
Porcentaje de germinación .....	44
Velocidad de germinación.....	47
Longitud final del tallo.....	57
Diámetro basal del tallo.....	57
Porcentaje de humedad de la planta.....	58
Peso de materia fresca.....	58
Peso de materia seca.....	58
Mortalidad.....	59
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>61</b>
Conclusiones.....	61
Recomendaciones.....	64
<b>LITERATURA CITADA.....</b>	<b>65</b>
<b>APÉNDICE.....</b>	<b>69</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

	<b>Página</b>
<b>Cuadro 1.</b> Subproductos y residuos utilizados como ingredientes en los medios de cultivo.....	7
<b>Cuadro 2.</b> Distribución de los tratamientos en el semillero.....	38
<b>Cuadro 3.</b> Promedio de semillas germinadas por tratamiento.....	45
<b>Cuadro 4.</b> Prueba de Tukey para la velocidad de germinación (G1T) de <i>Pinus cembroides</i> a 20 días de la siembra.....	48
<b>Cuadro 5.</b> Prueba de Tukey para la velocidad de germinación (G2T) de <i>Pinus cembroides</i> a 30 días de la siembra.....	50
<b>Cuadro 6.</b> Prueba de Tukey para la velocidad de germinación (G3T) de <i>Pinus</i>	

<i>cembroides</i> a 45 días de la siembra.....	53
<b>Cuadro 7.</b> Prueba de Tukey para la velocidad de germinación (G4T) de <i>Pinus cembroides</i> a 60 días de la siembra.....	55
<b>Cuadro 8.</b> Promedio de semillas muertas por tratamiento.....	59

ix

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Página</b>
<b>Figura 1.</b> Comparación de la composición media de un suelo mineral con la de un sustrato orgánico.....	9
<b>Figura 2.</b> Croquis de localización del área de estudio.....	33
<b>Figura 3.</b> Diseño de siembra de <i>Pinus cembroides</i> en cada unidad experimental..	40
<b>Figura 4.</b> Representación gráfica del promedio final de germinación de <i>Pinus cembroides</i> en los diferentes tratamientos, a 95 días de la siembra....	46
<b>Figura 5.</b> Representación gráfica del promedio de germinación de <i>Pinus cembroides</i> en los diferentes tratamientos, a 20 días de la siembra.....	49
<b>Figura 6.</b> Representación gráfica del promedio de germinación de <i>Pinus</i>	



<i>cembroides</i> en los diferentes tratamientos, a 30 días de la siembra....	<b>51</b>
<b>Figura 7.</b> Representación gráfica del promedio de germinación de <i>Pinus</i> <i>cembroides</i> en los diferentes tratamientos, a 45 días de la siembra....	<b>54</b>
<b>Figura 8.</b> Representación gráfica del promedio de germinación de <i>Pinus</i> <i>cembroides</i> en los diferentes tratamientos, a 60 días de la siembra.....	<b>56</b>
<b>Figura 9.</b> Representación gráfica del promedio de mortalidad de <i>Pinus</i> <i>cembroides</i> en los diferentes tratamientos.....	<b>60</b>
<b>Figura 10.</b> Representación gráfica del comportamiento del promedio de germinación por tratamiento en los diferentes lapsos de tiempo.....	<b>63</b>

## INTRODUCCIÓN

En este planeta, vida es sinónimo de materia orgánica y todo lo que en él sucede es protagonizado por la naturaleza que se muestra como un cuerpo vivo capaz de sostenerse en equilibrio biológico, siendo entonces imprescindible el papel de la materia orgánica para enriquecer la vida biológica y mantener una tierra sana, productiva y fértil, de la que todos provienen y a la que todos volverán. Tal equilibrio biológico muestra que su secreto es la renovación sostenida de los elementos que la naturaleza ofrece.

Se considera sostenida aquella condición que puede mantenerse indefinidamente, usando recursos que nunca se agoten. Por tal motivo y ante los graves problemas mundiales como son: aumento en la población, hambre, reducida cantidad de recursos disponibles por persona y agotamiento del suelo, el desarrollo de las técnicas y medios de cultivo con altos rendimientos que conserven los recursos son aún más importantes.

Ansorena (1994) menciona que durante estos últimos años se ha presentado una espectacular sustitución del cultivo tradicional en el suelo por el cultivo en sustratos, paralelamente a esta evolución se ha experimentado una importante ampliación en el ámbito de los sustratos, esto es, en áreas agrícolas y deportivas, plantas ornamentales y arbustivas, viveros, entre otros, aumentando así, la demanda por el agotamiento de los recursos naturales no-renovables y el deterioro del medio ambiente.

Todo ello ha favorecido al aprovechamiento de materiales orgánicos que provienen de desechos agrícolas y urbanos, que hasta fechas recientes eran considerados como residuos no deseables o contaminantes del medio ambiente, a los que actualmente se busca un destino apropiado en la agricultura y que además de ser útiles y rentables, contribuyan a cerrar el ciclo natural de la materia orgánica y los nutrientes (Ansorena, 1994).

Por otra parte existen varios problemas en el contexto de los recursos forestales y uno de los más importantes es la deforestación excesiva, la cual es causada por varios factores. Es por ello que en México la necesidad de reforestar se manifiesta con más fuerza cada año, sin embargo existen irregularidades en las técnicas de producción de plantas en vivero lo que ocasiona sobrevivencia y desarrollo de los árboles por debajo de lo deseado en las plantaciones (Gutiérrez, 1989).

Por tal motivo, crece la necesidad de investigar nuevas técnicas que favorezcan la producción de árboles en un menor tiempo posible, mayor nivel de calidad y con un menor costo de producción.

El presente trabajo es justificado por el crecimiento del mercado de los productos agrícolas orgánicos o ecológicos, y la agricultura como actividad económica, no escapa a las fuerzas de oferta y demanda del mercado; por lo tanto, es lógica la afloración de empresas y productos encaminados a cumplir con las demandas que el sector orgánico de producción agrícola genera. En México existen materiales que provienen de desechos derivados del beneficiado de productos agrícolas, de los residuos de cosechas y de la

industria maderera, que ofrecen gran potencial en la agricultura para su explotación alternativa como sustratos orgánicos. Parte de ese potencial, está en el competir en cuanto a costos y calidad, utilizando materiales de importación que han entrado en el mercado agrícola a raíz del Tratado de Libre Comercio (TLC).

Es importante mencionar también, que la explotación alternativa de esos materiales como sustratos orgánicos, no deben tomarse como simple cambio de sustrato, sino como un nuevo sistema de producción en el cual las técnicas aplicadas para un medio u otro son diferentes.

En referencia a estas aplicaciones, varios investigadores como Cánovas (1993) muestra que de todos los factores que intervienen en la producción en un sistema de cultivo con o sin suelo, la rizósfera presenta grandes diferencias y es aquí donde se debe buscar la explicación al diferencial productivo. Ansorena (1994) asegura que el principal factor de éxito en un cultivo en contenedor es la calidad del sustrato con que se trabaje.

Por todo lo anterior, la presente investigación plantea los siguientes objetivos:

Objetivo General:

Eficientar los procesos de producción de planta en etapa de vivero

Objetivos Específicos

a) Determinar la mezcla óptima para obtener el mayor porcentaje de germinación.

- b) Obtener un sustrato igual o de mejor calidad que el testigo, utilizando material de reciclaje con el fin de disminuir el daño que tradicionalmente se provoca con la utilización de tierras de bosque como sustrato en vivero.
- c) Aplicar nuevas técnicas para la producción de arboles en etapa de vivero, mediante la minimización de tiempo y costo posibles.
- d) Promover el uso de la composta como materia prima en la elaboración de sustratos para fomentar el reciclaje de desechos orgánicos y ayudar a mejorar el medio ambiente.

En concordancia con los objetivos planteados, se propone la siguiente hipótesis:

- Entre los sustratos evaluados existe por lo menos uno que promueve la germinación de la semilla con igual o mayor eficiencia que la mezcla tradicional.

# REVISIÓN DE LITERATURA

## Definición de Sustrato

Abad (1993) aplica el término sustrato como todo material sólido distinto al suelo natural o de síntesis, mineral u orgánico, que colocado en un contenedor en forma pura o en mezcla, permita la germinación así como el desarrollo de las plantas. El sustrato puede intervenir o no en el complejo proceso de nutrición vegetal. Sin embargo Mesa (1965) lo define como el medio en el cual se deposita la semilla para que germine, el cual puede ser elaborado de diferentes materiales y por consiguiente debe reunir ciertas características como: a) no tóxico para las plántulas de semillero en germinación; b) libre de microorganismos y mohos, y c) apropiado para producir ventilación y humedad para las semillas en germinación.

Por su parte Hartmann y Kester (1989) mencionan que el sustrato de germinación debe tener las siguientes características:

- El medio debe retener suficiente humedad para no regarlo con demasiada frecuencia.
- Debe ser suficientemente poroso, de manera que escurra el agua excesiva permitiendo una aireación adecuada.
- Estar libre de patógenos, nématodos y semillas de malezas.
- Proporcionar una provisión adecuada de nutrientes.

Son notables y rápidos los cambios que durante estos últimos años han experimentado las técnicas de cultivo de las plantas en maceta y contenedor; donde los sustratos o medios de cultivo destinados a éste fin pueden tener una composición muy variable, desde el suelo mineral y otros componentes inorgánicos, hasta materiales naturales o sintéticos, pasando por mezclas de ambos tipos de ingredientes en distintas proporciones (Ansorena, 1994). El mismo autor menciona que los sustratos, además de servir de soporte o anclaje a las plantas, tiene que suministrar a las raíces una cantidades equilibradas de aire, agua y nutrimentos minerales. Si las proporciones de estos elementos no son adecuadas, el crecimiento de las plantas podrá verse afectado por:

- Asfixia debido a falta de oxígeno; lo cual impide la respiración de las raíces de la planta y en general de los organismos vivos que habitan en el suelo.
- Deshidratación por falta de agua, que puede llegar a producir la muerte de la planta.
- Exceso o carencia de nutrimentos minerales o desequilibrio entre sus concentraciones, que limitan el crecimiento de las plantas.
- Enfermedades producidas indirectamente por las causas anteriores, al volverse las plantas más vulnerables.

Algunos de los materiales más importantes de origen urbano e industrial empleados como ingredientes de sustratos se citan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Subproductos y residuos utilizados como ingredientes en los medios de cultivo.

<b>Origen</b>	<b>Productos</b>
Industria de la madera	Corteza, aserrín y viruta.
Residuos urbanos	Hojasca, residuos de jardinería y basuras.
Industria textil	Residuos de lino, lana y algodón.
Bioindustria	Gallinaza, estiércol de porcino y paja.
Industria alimentaria	Desechos de soya, residuos de frutas, café y lúpulo, fibra de coco
Industria del tabaco	Polvo y restos de hojas.
Recursos naturales	Lignito.
Industria del papel	Corteza, lodos de depuración.
Industria siderúrgica	Escorias de fundición.



Phipps (1974); citado por Tinus y Stephen (1979), nomina los siguientes materiales utilizados también como medio de cultivo: arena, estiércol, turba, musgo fangoso, vermiculita, suelo superficial y algunos materiales sintéticos.

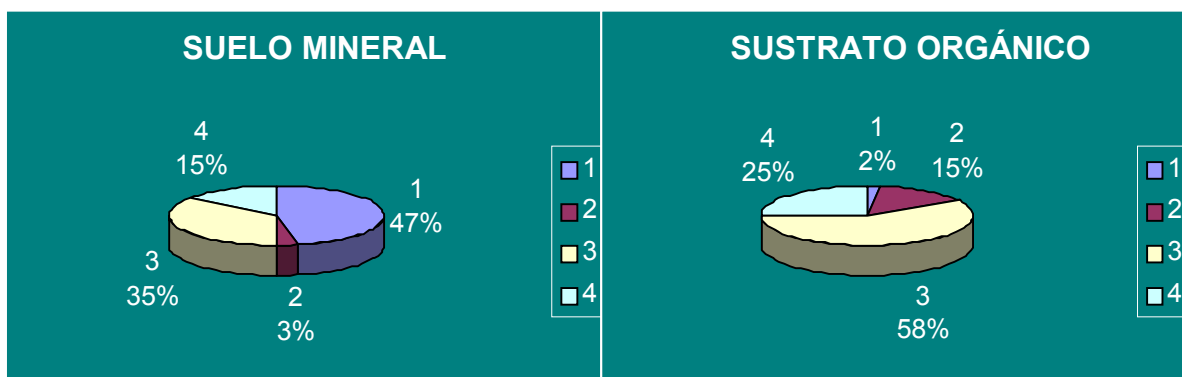
Venator y Liegel (1985) indican que un medio de cultivo adecuado proporciona firmeza, nutrimentos y humedad en beneficio para las plantas. Por su manipulación el sustrato debe ser ligero, fácil de manejar, que mantenga un volumen constante de humedad o sequedad, que se vea libre de plagas, que soporte almacenamientos rápidos durante largos periodos sin cambios en las propiedades físicas y químicas, y que puedan mezclarse fácilmente. Debido a las limitaciones de peso, la arena y la tierra son exceptuada de este grupo. Existen materiales sin tierra como la turba, perlita, bagazo de caña, cáscara de arroz, compostas y derivados de madera, entre otros, que tienen estas cualidades específicas.

Para Resh (1982), medio de cultivo es aquél que suministra oxígeno, agua, nutrimentos y soporte para las raíces de las plantas tan bien como lo hace el mismo suelo. En las explotaciones agrícolas intensivas, los medios de cultivo “sin suelo” son a base de agua, aserrín, arena, grava, turba, piedra o vermiculita.

Tinus y Stephen (1979), afirman que el suelo natural no es utilizado como medio de crecimiento de plantas en envase porque otros medios tienen características específicas más deseables. También el suelo y la arena son muy pesados para la producción de plantas en recipientes, los que frecuentemente tienen que ser acarreados sobre terrenos con muchas pendientes hasta los sitios de plantación, en el caso de especies forestales.

Canovas (1993) denomina a los sistemas de cultivo de plantas en sustratos “cultivos sin suelo “. Estos sustratos pueden ser inertes y actuar meramente como soporte y contenedor de la solución nutritiva, o presentar algún tipo de actividad química o biológica que influya de alguna manera en la solución nutriente aportada.

En la Figura 1 Ansorena (1994) compara la composición media de un suelo mineral con la de un sustrato orgánico, tras haber sido saturado con agua y dejado drenar libremente. Lo que más resalta es la proporción muy inferior de la fase sólida del sustrato referido al suelo (consecuencia de su elevada porosidad), indicando mayor espacio disponible para el agua y aire que en el mismo volumen de suelo. Esto justifica el hecho de que las plantas puedan desarrollarse en volúmenes de sustratos reducidos, de igual forma a las contenidas en maceta.



❖ 1 - Fracción mineral; 2 - Materia orgánica; 3 - Agua; 4 - Aire.

Figura 1.- Comparación media de un suelo mineral con la de un sustrato orgánico.

## Clasificación de Sustratos

Winsor (1990), citado por Ansorena (1994), menciona que muchos autores clasifican los sustratos en orgánicos (turbas, cortezas) e inorgánicos o inertes (perlita, vermiculita y otros), sin embargo esta segunda designación se basa principalmente en su estabilidad química o resistencia a la descomposición, lo que puede generar una confusión, ya que muchos sustratos clasificados como inertes poseen una importante actividad química, que es nula en otros sustratos orgánicos sintéticos.

Desde el punto de vista de utilización hortícola de los sustratos, el segundo criterio clasifica a los materiales orgánicos como:

**De origen natural.** Los cuales se caracterizan por estar sujetos a descomposición biológica.

**De síntesis.** Que son polímeros orgánicos no biodegradables, los cuales se obtienen mediante síntesis química (espuma de poliuretano, poliestireno expandido).

**Subproductos o residuos de las actividades agrícolas, industriales y urbanas.** Los cuales son materiales que deben experimentar un proceso de compostaje para su adecuación como sustratos (paja de cereales, cortezas de los arboles, otros residuos sólidos orgánicos).

Desde el punto de vista de utilización hortícola de los sustratos, el segundo criterio clasifica a los materiales inorgánicos como:

**De origen natural.** Se obtienen a partir de rocas y minerales de origen diverso, modificándose muchas veces de modo ligero mediante tratamientos físicos sencillos. No son biodegradables (arena, grava, tierra volcánica).

**Transformados o tratados.** Se obtienen a partir de rocas o minerales mediante tratamientos físicos y a veces también químicos que modifican notablemente las características de los materiales de partida (perlita, vermiculita, arcilla expandida).

**Residuos y subproductos industriales.** Comprende los materiales procedentes de muy distintas actividades industriales (escorias de alto horno, estériles del carbón).

Ansorena (1994) hace referencia de los sustratos orgánicos naturales, como aquellos medios de cultivo no sintéticos en que los componentes mayoritarios son de naturaleza orgánica.

## **Sustrato Ideal**

Venator y Liegel (1985) muestran que el sustrato óptimo para cualquier situación depende de varios factores entre los cuales destacan:

- La especie a cultivar y sus requerimientos.
- El volumen del recipiente.
- La disponibilidad de los materiales para su mezcla.
- La calidad física, biológica y química de los sustratos.

Abad (1993) afirma que no existe el sustrato ideal, pero si el mejor medio de cultivo para cada caso concreto, dependiendo éste de varios factores:

- Tipo de material vegetal (semillas, plantas, estacas).
- Especie vegetal.
- Condiciones climáticas.
- Sistemas y regímenes de riego.
- Aspectos económicos.

Ansorena (1994) demuestra que para obtener buenos resultados en el empleo de un material como sustrato, es necesario estudiar su aptitud mediante la determinación de sus propiedades físicas y sus características químicas.

## Mezclas

Venator y Liegel (1985) señalan que las proporciones de los componentes de un sustrato afectan el crecimiento de las plantas al cambiar la porosidad, el drenaje, la aireación, disponibilidad de los nutrimentos, el desarrollo microbiológico.

Tinus y Sthepen (1979) mencionan las siguientes razones para realizar una buena mezcla: a) ligereza en peso; b) uniformidad en composición; c) accesibilidad económica; d) fácil disponibilidad; e) carencia de plagas y enfermedades; f) alta capacidad de intercambio catiónico; g) elevada retención de humedad, y h) buen drenaje y aireación.

Abad (1993) publica que es raro que un material reúna por sí solo las características físicas, químicas y biológicas más adecuadas para unas determinadas condiciones de cultivo; haciendo necesario en la mayoría de los casos, mezclas con otros materiales en distintas porciones, para adecuarlo a las condiciones requeridas. El contenido de humedad de los materiales debe fluctuar entre el 50 y 60 por ciento (en peso); si no se puede llevar los materiales a esta humedad, se añadirá un mojante (tipo tensoactivo o detergente agrícola).

El mismo autor indica mezclas de dos a cuatro ingredientes como óptimos, con el objeto de que los sustratos conseguidos sean económicamente viables.

## **Descripción de los Sustratos Utilizados**

### **Arena**

La arena consiste en pequeños granos de roca, de 0.05 a 2.00 mm de diámetro, formados como resultado de la intemperización de diversas rocas, dependiendo su composición mineral de la roca madre. Dicho material es el más pesado dentro de los utilizados para fines de propagación; prácticamente no contiene nutrientes minerales ni capacidad de amortiguamiento químico. Se usa principalmente en combinación con materiales orgánicos (Hartmann y Kester, 1989).

### **Composta**

En la naturaleza se producen anualmente cantidades enormes de materia orgánica como resultado del proceso de la fotosíntesis, materia orgánica que se descompondrá en el suelo formando humus a través del proceso de humificación natural lento; sin embargo, este puede ser acelerado amontonando la materia y promoviendo en ella el proceso denominado "compostaje", que consiste en la humificación artificial y acelerada de materia orgánica por una población microbiana en condiciones controladas de humedad, temperatura y aireación (Canovas, 1993).

La composta es la descomposición biológica de material orgánico voluminoso en condiciones controladas; se efectúa en pilas y/o depósitos.

El proceso se efectúa en tres pasos: a) una etapa inicial, que dura unos cuantos días, en el cual ocurre la descomposición de materiales solubles fácilmente degradantes; b) una segunda etapa, de varios meses, durante la cual ocurren temperaturas elevadas y son desintegrados los compuestos de celulosa, y c) una etapa final de estabilización en que disminuye la temperatura y los microorganismos colonizan el material (Hartmann y Kester, 1989).

La composta procedente de basuras urbanas es un material orgánico que puede ser utilizado como fertilizante en la agricultura, ya que con su incorporación al suelo beneficia notablemente la fertilidad del mismo, por su contenido de macro y micro nutrientes y el incremento favorable de la actividad microbiana. Por otro lado la utilización de basuras en la agricultura es un medio para reciclar la materia orgánica y evitar su acumulación en zonas urbanas (Brizz, 1991).

El objeto de preparar compostas utilizando subproductos orgánicos, es el de obtener a partir de ellos elementos de fácil asimilación por las plantas (Cruz, 1986).

El "composteo" es una forma importante de reciclar elementos como el nitrógeno, carbono, magnesio, azufre, calcio, fósforo, potasio y micronutrientes. Se requieren todos estos elementos para mantener los ciclos biológicos que existen en la naturaleza (Dalzell, 1991).



### **Cisco de carbón**

Es un combustible liviano, esponjoso, de color negro y con un contenido muy alto de carbono; arde con llama corta y produce un calor moderado. La importancia del carbón como combustible es aun considerable, pues en muchos países se emplea para cocinar. Se obtiene mediante el proceso de combustión inconclusa de la leña de algunos géneros arbóreos como *Quecus spp*, *Prosopis spp*, entre otros, y dicho proceso tiene por objeto eliminar el agua hidrocópica y los gases que contiene la leña (Enciclopedia Barsa, 1987).

### **Suelo de bosque**

Un suelo que se ha desarrollado bajo la influencia de una cubierta forestal, en 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 carbono y energía. Además, contiene en sí mismo el ambiente físico adecuado para sostener toda serie de poblaciones vegetales y animales cuyo tamaño varía desde bacterias microscópicas hasta mamíferos superiores. La mayor parte de los suelos forestales varían de moderada ha extremadamente ácidos, como resultado de la liberación de ácidos orgánicos durante la descomposición de la capa de litter y la consiguiente lixiviación de las bases del suelo mineral y superficial (Pritchett, 1986).

## **Promix Bx**

Sustrato comercial generalmente usado en la producción de plantas hortícolas. Es un producto de origen canadiense que consiste en una mezcla a partir de turba de musgo; tiene buena consistencia y larga duración, provee de condiciones necesarias para el establecimiento y desarrollo de las plantas. Sus principales componentes son: a) turba de musgo canadiense (75 – 85 %); b) perlita, vermiculita; c) regulador de Ph (calcio), y d) agente humectante.

### **Características de la Especie *Pinus cembroides***

#### **Importancia económica, social y ecológica**

La importancia económica de esta especie radica en sus semillas comestibles conocidas como piñones, las cuales son objeto de comercio interior en México y de exportación hacia Estados Unidos. Su madera es dura y ha sido utilizada desde fines del siglo XIX y principios del siglo XX para fines de construcción, principalmente (Robert, 1982).

La importancia social que representa esta especie radica en la generación alternativa de fuentes de trabajo para los campesinos que viven en las zonas aledañas a las montañas donde se distribuye, asimismo proporciona materia prima (leña) para ser usada como fuente dendroenergética.

Tiene gran importancia ecológica ya que constituye un ecosistema donde habita una amplia diversidad biológica, además de ser un importante purificador de oxígeno.

### **Distribución geográfica**

Es la especie más común de los pinos piñoneros en la República Mexicana. Su distribución comprende desde los estados fronterizos hasta la zona centro del país (Martínez, 1948).

Zarzosa (1971) ubica la especie en algunas partes bajas montañosas de los estados de Chihuahua, Jalisco, Baja California, Durango, Zacatecas, San Luis Potosí, Guanajuato, Hidalgo, Querétaro y Coahuila.

El *Pinus cembroides* ocupa lugares de distribución natural bastante amplios en México, cuyas altitudes oscilan entre los 1500 a 2500 metros sobre el nivel del mar. Esta especie tiene gran potencial de adaptación y resistencia a condiciones climáticas extremas como son: a ) gran amplitud térmica; b ) heladas; c) precipitación anual muy variable, y d ) periodos de sequía prolongados (Robert, 1982).

### **Morfología de *Pinus cembroides***

Martínez (1948) reporta que es un árbol de 5 a 15 metros, de copa redondeada y piramidal. El tronco suele ser corto y el ramaje ralo, sobre todo en terrenos muy secos.

Las ramas grandes comienzan desde poca altura y son extendidas; en su mayoría son verticiladas o irregularmente dispuestas. La corteza es cenicienta, delgada, agrietada o dividida en placas cortas e irregulares. Las ramillas son grisáceas y ásperas, mostrando bien marcadas las huellas que dejan las hojas al caer.

Las hojas están en grupos de tres, pero varios fascículos tienen dos y hasta cinco. Miden de 2.5 a 7.0 centímetros. Son rígidas y generalmente encorvadas, con estomas en las tres caras. Su color es verde oscuro, algo azulado pálido y a veces amarillento y frecuentemente glaucas en las caras internas. Son brillantes y de bordes enteros, es decir, sin denticillos. El hipodermo es grueso y casi uniforme, con dos hileras de células. Tienen un haz vascular y los conductos resiníferos son externos y en número de dos. Las células de endodermo tienen ambas paredes delgadas y el clorénquima presenta células grandes. A veces presentan abultamiento en su base (agallas) causadas por un insecto que habita en ellas. Las vainas son de color café claro y caen pronto dejando en la base del fascículo una diminuta roseta. Las yemas son cilíndricas, largas y amarillentas. Los conillos son globosos de color moreno rojizo, con gruesas escamas (Martínez, 1948).

Los conos son subglobulosos, de 5 a 6 cm de diámetro y se presentan aislados, o en grupos de hasta cinco; caedizos y casi sésiles, de color moreno a naranjado o rojizo, con pocas escamas, gruesas en su extremidad y delgadas en los bordes, los cuales se reflejan hacia dentro durante la dehiscencia, sosteniendo la semilla. Tiene umbo dorsal, transversalmente aquillado y apófisis gruesa y piramidal con una pequeña punta caediza.

Por lo general, sólo son fértiles las escamas de la parte media, frecuentemente con una semilla desarrollada y la otra abortada. Las semillas están colocadas en depresiones de las escamas y son subcilíndricas y vagamente triangulares; no tienen ala y miden 10 milímetros de largo, morenas o negruzcas, abultadas en la parte superior y adelgazadas hacia la base. Son comestibles y de buena calidad, llamándoseles comúnmente piñones (Martínez 1948).

### **Clasificación taxonómica (Martínez 1948)**

Reino : Metaphyta.

División : Spermatophyta.

Clase : Pinophyta.

Orden : Pinales.

Familia : Pinaceae.

Genero : *Pinus*.

Especie : *cembroides*.

Variedad : *Zucc*

### **Condiciones ecológicas *Pinus cembroides***

Rzedowski (1978) señala que esta especie es típica de climas semiáridos, creciendo frecuentemente en colindancia con los pastizales, matorrales xerófilos o encinares arbustivos y forman amplios ecotonos con estas comunidades. Ocupan casi siempre zonas

de transición entre la vegetación xerófila de climas áridos y las boscosas de las montañas más húmedas; sus límites altitudinales son de 1500 y 3000 metros y los de la precipitación media anual oscilan entre los 350 y 700 milímetros; en general, es un bosque bajo y abierto.

El *Pinus cembroides* crece en pendientes secas y mesetas desde los 20 grados de latitud norte, en los estados de Puebla, Veracruz y México, hasta los 40 grados en los estados de Arizona y Nuevo México, USA (Martínez, 1948; Rzedowski, 1978; Russell, 1950).

## **Aspectos Generales sobre Reproducción Sexual**

### **Semilla**

Mesa (1965) define la semilla como el producto de la fecundación del óvulo en el ovario de la flor por parte del polen procedente de las anteras o sacos polínicos ubicados en el mismo árbol o en otro adyacente.

La semilla es la unidad básica de reproducción en la angiosperma, donde el embrión se establece en el gametofito femenino (Mirov, 1967)

## Germinación

Consiste en el reinicio del crecimiento del embrión y su posterior desarrollo en una plántula independiente; al iniciarse toma lugar el primero de una serie de eventos destinados a convertir el pequeño embrión en un árbol de gran tamaño (Niembro, 1988).

La germinación es un proceso que se lleva a cabo en tres etapas (Krugman y Jenkinson, 1974) :

- Absorción de agua.
- Concurrencia de la actividad enzimática, incremento en la respiración, asimilación y traslocación del alimento almacenado a las zonas de crecimiento.
- Alargamiento y división de las células, resultando en la emergencia de la radícula y plúmula.

Hartmann y Kester (1989) indican que para el inicio de germinación se deben reunir las siguientes condiciones:

- La semilla debe ser viable, es decir el embrión debe estar vivo y tener capacidad para germinar.
- Las condiciones internas de la semilla deben ser favorables para la germinación; deben haber desaparecido las barreras físicas y químicas.

- La semilla debe encontrarse en las condiciones ambientales adecuadas; para esto se requiere principalmente disponibilidad de agua, temperatura apropiada, una provisión de oxígeno y a veces luz.

El tiempo que requiere la semilla del género *Pinus* para germinar varía con la especie, aunque puede decirse que se efectúa en un período de 12 a 30 días (Niembro, 1988).

La germinación llega a su término cuando el embrión se ha convertido en una plántula independiente facultada para sintetizar su propio alimento (Krugman, 1974).

## **Emergencia**

El siguiente paso después de la germinación es la emergencia de la plántula a partir de la superficie del suelo o del sustrato. Ésta toma lugar cuando los cotiledones una vez que sean expandido, forzan su salida a la superficie. Así, los cotiledones se pueden observar todavía adheridos a la testa o pueden haberse ya librado de ella por la fuerza que ejercen al separarse unos de otros (Krugmann, 1974).



## Principales factores que afectan la germinación de la semilla y la emergencia de las plántulas

### Factores internos

#### Latencia

Existen diferentes factores inherentes 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 posible. Existen tres tipos de latencia en semilla:

- **Latencia morfológica o latencia exógena.** Es originada por tegumentos impermeables al agua y al paso de los gases, así como tegumentos resistentes a la acción mecánica.
- **Latencia fisiológica o latencia endógena.** Ocasionada por embriones fisiológicamente inmaduros, inhibidores químicos.
- **Doble latencia.** Esta se origina por la combinación de una latencia morfológica y una fisiológica

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

## **Viabilidad**

Es una característica fisiológica de la semilla mediante la cual es potencialmente capaz de germinar. Esta cualidad se ve influida 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 (Hartmann y Kester, 1989).

## **Factores ambientales**

### **Disponibilidad de agua**

La cantidad de agua que requieren algunas semillas para germinar varia con la especie, pero en términos generales, un suelo que contenga un 40 por ciento de humedad es adecuado para que germinen la mayoría de las semillas de los pinos. Un exceso en el contenido de humedad del suelo puede ocasionar que las semillas no germinen a causa de un suministro deficiente de oxígeno, necesario en este proceso fisiológico (Niembro, 1988).

### **Temperatura**

Es tal vez el factor más importante que regula la germinación y el crecimiento subsecuente de las plántulas; aunque debe señalarse que las semillas no sólo son afectadas

por temperaturas máximas o mínimas, sino también por fluctuaciones estacionales (verano-invierno) o diarias (día-noche), respondiendo más favorablemente a estas últimas (Hartmann y Kester, 1989).

Por su parte Krugman (1974) indica que las temperaturas muy altas o muy bajas inhiben la germinación de muchas semillas forestales.

### **Aireación**

Los gases que en el medio de 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, pueden tener sus poros tan saturados de agua que hay poco oxígeno para las semillas (Hartmann y Kester, 1989).

### **Luz**

Desde hace tiempo se sabe que la luz puede estimular o inhibir la germinación de las semillas de algunas plantas (Hartmann y Kester, 1989). El efecto de la luz sobre las semillas depende de condiciones internas de éstas y de algunos factores externos como la temperatura bajo la cual germinan. La respuesta de la germinación a la luz es de tres tipos (Krugmann, 1974):

- Mejor germinación bajo luz continua.
- Mejor germinación bajo escasa iluminación.
- Germinación indiferente bajo presencia o ausencia de luz.

Así mismo, la luz afecta también los procesos de crecimiento de la plántula y tiene gran importancia en la emergencia de esta a través del suelo. Para el caso del género *Pinus*, una intensidad relativa de luz produce plantas robustas y vigorosas, por el contrario, la luz de baja intensidad produce un débil crecimiento (Hartmann y Kester, 1989).

### **Sustrato o medio de germinación**

La germinación de la semilla se ve notablemente influenciada por las características físico químicas del sustrato. Es aquí donde los factores del medio 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, 1988).

### **Tratamiento Previo de la Semilla**

Los tratamientos de presembrado de semilla son necesarios para romper la latencia resultante, tanto por una cubierta dura o un embrión inmaduro. La latencia es benéfica para la regeneración natural de las especies porque pospone la germinación hasta que

existan condiciones favorables de crecimiento. La capacidad de los tratamientos para romper la latencia varía considerablemente, dependiendo de la especie (Venator y Liegel, 1985).

A continuación se citan los tratamientos más comunes que se aplican para tal propósito:

### **Remojo en agua**

El propósito de este tratamiento es modificar las cubiertas duras, remover los inhibidores, ablandar las semillas y reducir el período de germinación, superando así la latencia de las cubiertas de la semilla y estimulando la germinación. Las cubiertas impermeables de algunas semillas pueden suavizarse colocando a éstas en agua caliente (77 a 100 grados centígrados), en una proporción de una parte de semilla por cuatro o cinco de agua, retirándolas inmediatamente del fuego y dejándolas remojar en agua hasta que se enfríen gradualmente durante 12 a 24 horas. Este tratamiento es recomendable para semillas que ordinariamente son lentas para germinar (Hartmann y Kester, 1989).

Por su parte, Serrano (1984) indica que dicho tratamiento para coníferas es recomendable con un periodo de remojo de 24 horas a temperatura ambiente, sin embargo este periodo de varía de acuerdo con la especie.

### **Escarificación química**

Este tratamiento modifica los tegumentos duros e impermeables de las semillas; consiste en remojarlas en ácido sulfúrico o ácido clorhídrico, colocándolas en recipientes de vidrio o de barro en una proporción de una parte de semilla por dos de ácido. La duración del tratamiento depende de la temperatura, clase y lote específico de la semilla; se dice que puede variar desde 10 minutos en algunas especies hasta 6 horas o más en otras. Al final de dicho tratamiento se debe escurrir el ácido y lavar las semillas, de preferencia en agua corriente, para diluir el químico rápidamente y reducir la temperatura. Las semillas pueden sembrarse de inmediato o se les puede almacenar después de haberlas secado (Hartmann y Kester, 1989).

Bonner (1974) indica que los efectos del ácido sobre la testa varían entre lotes de semillas y aún entre semillas de árboles individuales de muchas especies.

### **Escarificación mecánica**

El propósito de este tratamiento es modificar las cubiertas duras e impermeables mediante la ruptura, rajado u otro tipo de alteración mecánica provocada por un agente punzante o abrasivo, y así permitir el paso del agua o de los gases hacia el interior de la semilla (Hartmann y Kester, 1989).

Sin embargo, se debe tener cuidado con el tiempo de exposición de las semillas al tratamiento, ya que una escarificación excesiva causa daños que pueden reducir o destruir casi por completo la capacidad de germinación (Bonner, 1974).

### **Estratificación**

El tratamiento consiste en exponer a las semillas a bajas temperaturas que a veces se requieren para una germinación pronta y uniforme. Esto permite que se efectúen importantes cambios fisiológicos en el embrión. El tiempo necesario para completar la postmaduración depende de la especie de que se trate la semilla (Hartmann y Kester, 1989).

Otro tipo de tratamiento comprende diversas formas de revestimiento o recubrimiento protector de la semilla, con el fin de protegerla contra plagas enfermedades o condiciones adversas, mejorando su uniformidad y haciéndolas más viables para el viverista. A continuación se citan los tratamientos más comunes que se aplican para el propósito mencionado.

### **Acondicionamiento y revestimiento protector de la semilla**

En este tratamiento la superficie de la semilla se recubre con un material Inerte (latex, metilcelulosa o hidrol) al que pueden añadirse productos químicos de varios tipos. Algunas de las ventajas que se atribuyen a este revestimiento son las siguientes :

- 1) La incorporación de fertilizantes en el recubrimiento proporciona a las plántulas el nutrimento necesario.
- 2) Los fungicidas e insecticidas son más eficaces cuando están en contacto directo con las semillas.
- 3) Éstas pueden protegerse contra roedores añadiendo al revestimiento sustancias inapetecibles, repelentes o tóxicas.
- 4) Las semillas pequeñas son más visibles utilizando materiales de color vivo en el revestimiento.

Los beneficios que se deriven del tratamiento previo han de sopesarse con los costos y la complejidad de la operación (Margini, 1962).



## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Descripción del Area de Investigación**

De acuerdo con CETENAL (1977), las características del área son las siguientes:

#### **Localización**

La presente investigación se estableció en el predio particular denominado “San Alberto”, aledaño al ejido Derramadero, Mpio. Saltillo, Coahuila. Éste se ubica a una latitud norte de  $25^{\circ} 17' 16''$  y una longitud oeste de  $101^{\circ} 16' 57''$ ; colinda hacia el norte con el ejido Derramadero, al sur con el ejido Chapula, al este con el ejido San Juan de la Vaquería y al oeste con el ejido San Blas, todos ellos correspondientes al Municipio de Saltillo, Coahuila (Figura 2).

#### **Clima**

El área de trabajo presenta un clima BW muy seco y semicalido con invierno fresco extremo, frecuentes heladas (20 – 40 días/año), lluvias en verano y sequía corta en esta época, con una precipitación media de 400 – 500 milímetros anuales y una temperatura media anual de 16 – 18 grados centígrados.

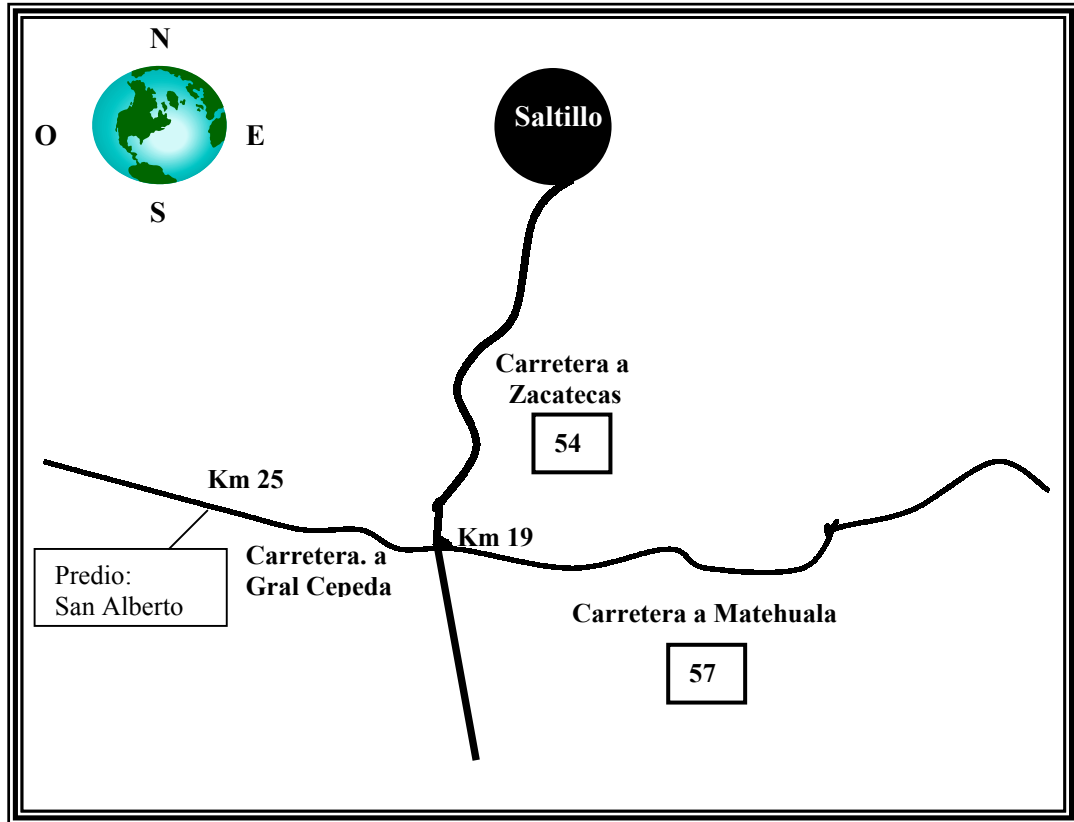


Figura 2. Croquis de localización del área de estudio

## Suelo

El suelo es aluvial, con una profundidad de 66 centímetros, textura media y ph de 7.9. El coeficiente de escurrimiento es del 5 al 10 porciento y se enclava en la Sierra Madre Oriental, en un tipo de unidad fisiográfica correspondiente a una planicie inmersa en un amplio valle denominado “Cañón de Derramadero”; colindando al norte con la Sierra Huachichila, al sur con la Sierra “La Casita”.

## **Vegetación**

La vegetación natural predominante corresponde al material desértico en la parte baja del Cañón de Derramadero y bosque de piñonero en la parte alta, destacando la presencia de las siguientes especies: *Opuntia spp* (nopal), *Yucca spp* (yuca), *Prosopis spp* (mezquite), *Larrea Indentata* (gobernadora), *Echinocactus ssp* (biznaga burra), *Pinus cembroides Zucc* (piñonero), entre otras.

## **Materiales**

Los materiales que se utilizaron para la realización de la presente investigación son los que a continuación se mencionan.

1. Arena.
2. Composta.
3. Suelo de bosque.
4. Cisco de carbón.
5. Promix.
6. 2400 semillas de *Pinus cembroides*.
7. 24 celdas de madera con dimensiones de 25 centímetros cuadrados por 15 centímetros de altura.
8. Palas, talaches.

9. Etiquetas, marcadores, libreta y formato de datos.
10. Semillero con dimensiones de un metro de ancho por 1.5 de largo y alto.
11. Bascula, vernier, cinta métrica.
12. Malla protectora contra plagas.
13. Sistema de riego de aspersión.
14. Una lata de bromuro de metilo.
15. Cubetas.
16. Materiales de laboratorio:
  - ✓ 100 semillas de *Pinus cembroides*.
  - ✓ 120 plantulas de *Pinus cembroides*.
  - ✓ Estufa.
  - ✓ Balanza analítica.
  - ✓ Navaja.
  - ✓ Cámara germinadora.
  - ✓ Sanitas.
  - ✓ Libreta de apuntes.

## **Metodología**

### **Diseño experimental**

Para este experimento se utilizo el diseño completamente al azar, el cual se constituyó de ocho tratamientos con tres repeticiones.

## Modelo estadístico lineal

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

Donde :

$i = 1, 2, 3, \dots, t$

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

$\mu$  = es el efecto medio.

$\tau_i$  = es el efecto del  $i$ -ésimo tratamiento.

$\varepsilon_{ij}$  = es el efecto de la  $j$ -ésima unidad experimental sujeta al  $i$ -ésimo tratamiento.

## Descripción de los tratamientos

Los tratamientos que se formularon son los que a continuación se mencionan:

Tratamiento 1: 60:10:30 (T) tierra de monte, (C) composta y (A) arena de río.

Tratamiento 2: 50:20:30 (T: C: A)

Tratamiento 3: 40:30:30 (T: C: A)

Tratamiento 4: Cisco de carbón

Tratamiento 5: 80:20:00 (T: C: A)

Tratamiento 6: 70:30:00 (T: C: A)

Tratamiento 7: 100:00:00 (T: C: A)

Tratamiento 8: Promix (testigo)

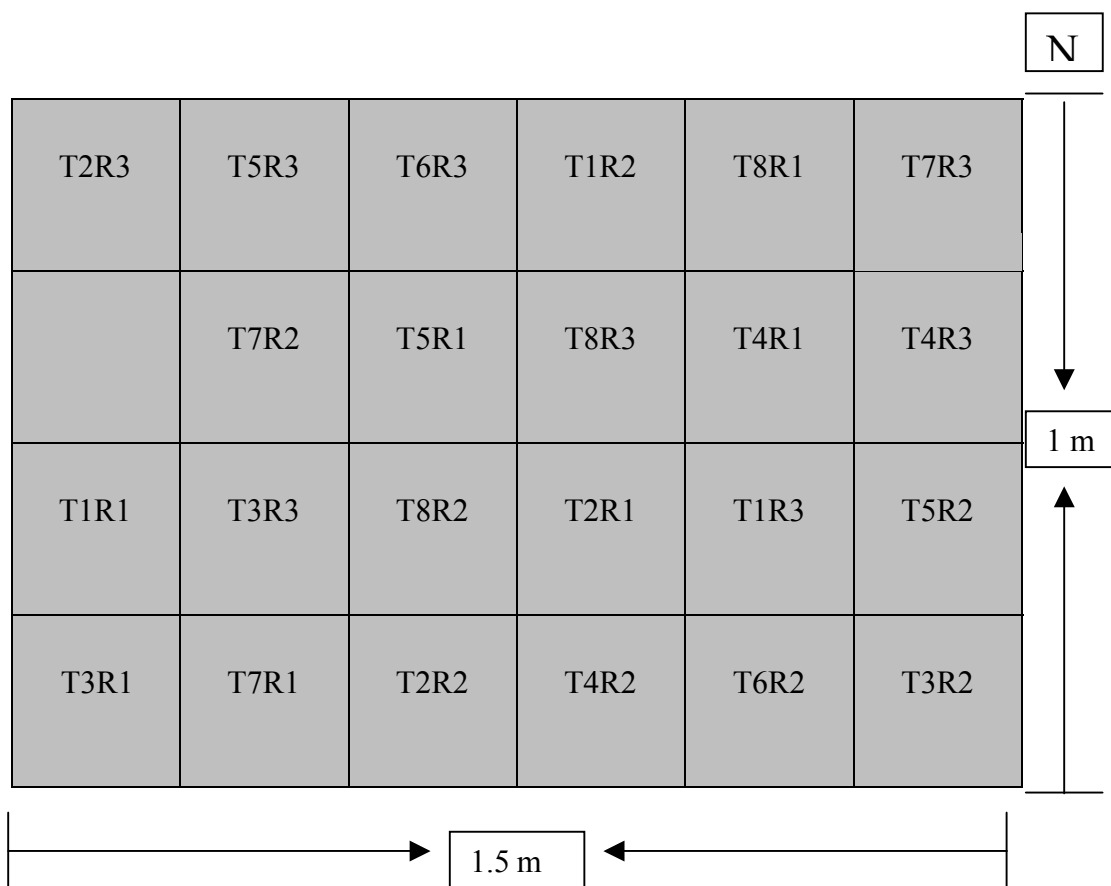
### **Distribución de los tratamientos**

Los diferentes tratamientos se distribuyeron a lo largo del semillero, sorteados aleatoriamente y conteniendo cada uno sus tres repeticiones; para dividirlos se utilizaron celdas de madera de 25 centímetros de largo por 25 de ancho para evitar que se mezclaran los sustratos.

### **Diseño de cada unidad experimental**

Para la presente investigación se utilizaron 100 semillas de *Pinus cembroides* por cada unidad experimental, con un tamaño de parcela de 25 centímetros de largo por 25 de ancho, teniendo como resultado 24 unidades experimentales, que permitieron presentar un mayor rango de confiabilidad de los resultados obtenidos.

Cuadro 2. Distribución de los tratamientos en el semillero.



\* T= Tratamiento ; R = Repetición

### Tratamiento de la semilla

A. **Análisis de pureza.** Para obtener el 100 por ciento de pureza de la semilla se utilizaron mallas metálicas con diferentes dimensiones para separar la materia inerte como son fragmentos de hojas, conos, ramillas. Para separar la semilla vacía y con daño mecánico de la turgente se utilizó el método de flotación en agua.

**B. Remojo en agua.** Con el propósito de activar el embrión, acelerar el proceso de germinación y ablandar la cubierta dura de la semilla, se aplicó el tratamiento de remojo en agua, el cual consistió en sumergirlas durante un período de 24 horas.

**C. Análisis de germinación y viabilidad.** Con el fin de obtener el porcentaje de germinación y viabilidad de la semilla se realizó una prueba de germinación en laboratorio con una muestra de 100 semillas que fueron preparadas y sometidas a la cámara de germinación.

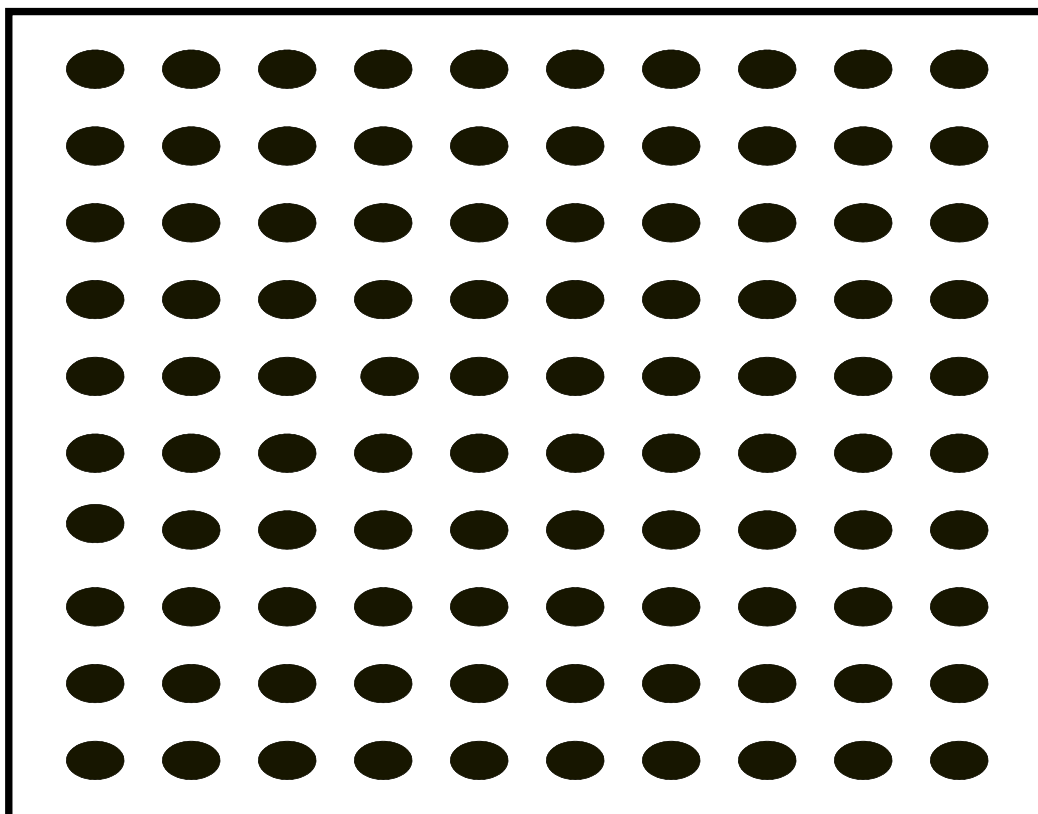
**D. Revestimiento protector de la semilla.** Posteriormente fueron tratadas con los productos químicos, Arazán y Sevin, con el fin de evitar el posible ataque de plagas y enfermedades provenientes del suelo.

### **Manejo del cultivo**

La fecha de siembra se realizó el día 16 de octubre de 1998. Éste se realizó en un área cuadrada con hileras de 10 por 10 semillas en cada unidad experimental (Figura 3) cubriéndolas con los materiales utilizados correspondientes a cada tratamiento con un espesor no mayor al doble del tamaño de la semilla.



Figura 3. Diseño de siembra de *Pinus cembroides* dentro de cada unidad experimental.



### Preparación de los semilleros

Los semilleros utilizados en el presente experimento fueron construidos con materiales de ladrillo de barro, cemento y arena, con dimensiones de 9 metros de largo por uno de ancho, con una altura de las paredes frontal y trasera de 1.50 y 1.70 metros, respectivamente. Orientadas de norte a sur, se instalaron mallas metálicas con el fin de dar protección a las semillas sembradas, contra plagas, lluvias, granizo, exceso de luz, aves, u otro posible agente causal de daño.

Para su llenado se utilizaron materiales de grava y arena en capas de 20 centímetros de espesor cada una; esto fue con el fin de tener un buen drenaje en el semillero; posteriormente, con una capa de tierra de bosque se instalaron las unidades experimentales y por último se agregaron los sustratos correspondientes del experimento.

### **Mezcla de los sustratos**

Todos los sustratos utilizados fueron cribados antes de realizar las mezclas, a excepción del producto comercial Promix. Posteriormente fue necesario dar un tratamiento de presembrado a todos los materiales utilizando una lata de bromuro de metilo, que desinfectó el suelo con el fin de evitar problemas fitosanitarios.

Para la calibración de las mezclas de los materiales utilizados, se midieron de acuerdo a su volumen utilizando un recipiente de plástico con medidas en litros. Posteriormente se mezclaron respectivamente a las proporciones formuladas por cada tratamiento.

### **VARIABLES EVALUADAS**

Para todas las variables se tomaron como muestra cinco plántulas de tres meses de edad, previamente seleccionadas y marcadas al azar por unidad experimental; excepto para el caso de emergencia y germinación, a cada unidad se le evaluó lo siguiente:

A. **Porcentaje de germinación (PG).** Se realizaron cinco evaluaciones, contando el número de plantas emergidas por cada unidad experimental, a partir de que se observó la primera emergencia hasta la germinación total de la semilla.

B. **Velocidad de germinación (GT).** Se realizaron cinco evaluaciones de la germinación de la semilla en diferentes lapsos de tiempo, obteniéndose un promedio de las tres repeticiones de cada tratamiento, los cuales fueron transformados como más adelante se detalla.

C. **Longitud final del tallo (H).** La medición se realizó a partir de la base del tallo hasta la yema floral, evaluando cinco plantulas al azar por cada unidad experimental.

D. **Diámetro basal de tallo (DB).** Para la medición de esta variable se utilizó un vernier, evaluando cinco plántulas al azar por cada unidad experimental.

E. **Porcentaje de humedad de la plántula (PW).** Para cuantificar esta variable se utilizó la fórmula:

$$\text{Porcentaje de Humedad} = \frac{\text{peso fresco} - \text{peso seco}}{\text{peso fresco}} (100)$$

F. **Peso de materia fresca (PMF).** Para determinar el peso de materia fresca se transportaron las muestras al laboratorio de fisiotecnia de la institución, donde se pesaron en una balanza analítica conjuntamente las cinco plantas de cada unidad experimental.

G. **Peso de materia seca (PMS).** En este proceso las plántulas se metieron a una estufa, cuya temperatura fue de 85 grados centígrados durante un período de 24 horas; posteriormente las cinco plantas ya deshidratadas de cada unidad experimental, se pesaron de manera conjunta en una balanza analítica.

H. **Mortalidad.** Esta variable se cuantifica en base al número de semillas sembradas, restándole el número de semillas germinadas.

## RESULTADOS

De acuerdo a los datos obtenidos de la presente investigación, se presentan a continuación los siguientes resultados y la discusión correspondiente, para las diferentes variables que fueron consideradas en el análisis estadístico.

### A. Porcentaje de germinación (PG)

La prueba de germinación tuvo una duración de 95 días a partir de la fecha de siembra y el mayor promedio por tratamiento de semillas germinadas se obtuvo en el tratamiento 8 (testigo) con un 89 %, en el cual el sustrato utilizado fue el producto comercial Promix-Bx y tratamiento 4, cuyo material utilizado fue cisco de carbón. Lo anterior se atribuye que dichos materiales cumplen con todos los requerimientos necesarios para una buena germinación como lo afirma Ansorena (1994), mencionando que un sustrato además de proporcionar soporte a las plantas, tiene que suministrar a las raíces cantidades equilibradas de aire, agua, temperatura y nutrimentos minerales.

El promedio menor se obtuvo en el tratamiento 6, cuyas proporciones fueron 70:30:00 con un promedio de germinación de 60 % y el tratamiento 7 con una proporción de 100:00:00, (tierra de monte, composta, y arena) con un promedio de 63 %. El resultado anterior tiene como causa principal, la falta de aireación y exceso de humedad en el sustrato, ya que tiene muy poca porosidad por la ausencia de arena, poniendo de manifiesto lo mencionado por Niembro (1988), indicando que un exceso en el contenido de humedad

puede ocasionar que las semillas no germinen a causa de un suministro deficiente de oxígeno, necesario en el proceso de germinación.

Esta es una variable importante y refleja como el sustrato influye en la germinación de la semilla y posteriormente la salida a la superficie de la plántula. Conforme un sustrato prevea las condiciones apropiadas para la germinación éstas se verán reflejadas en un alto índice de semillas germinadas. Esto lo podemos apreciar más objetivamente en el Cuadro 3 y en la Figura 4, donde se muestra el promedio de semillas germinadas por cada tratamiento.

Cuadro 3. Promedio de semillas germinadas por tratamiento a través del tiempo.

<b>Tratamiento</b>	<b>1ª eval. 04-11-98</b>	<b>2ª eval. 14-11-98</b>	<b>3ª eval. 29-11-98</b>	<b>4ª eval. 14-12-98</b>	<b>5ª eval. 13-01-99</b>
<b>T1</b>	22	47	63	70	74
<b>T2</b>	16	40	59	63	72
<b>T3</b>	21	39	56	64	71
<b>T4</b>	22	58	80	83	84
<b>T5</b>	3	19	48	63	70
<b>T6</b>	3	20	50	55	60
<b>T7</b>	14	35	52	54	63
<b>T8</b>	17	52	74	82	89

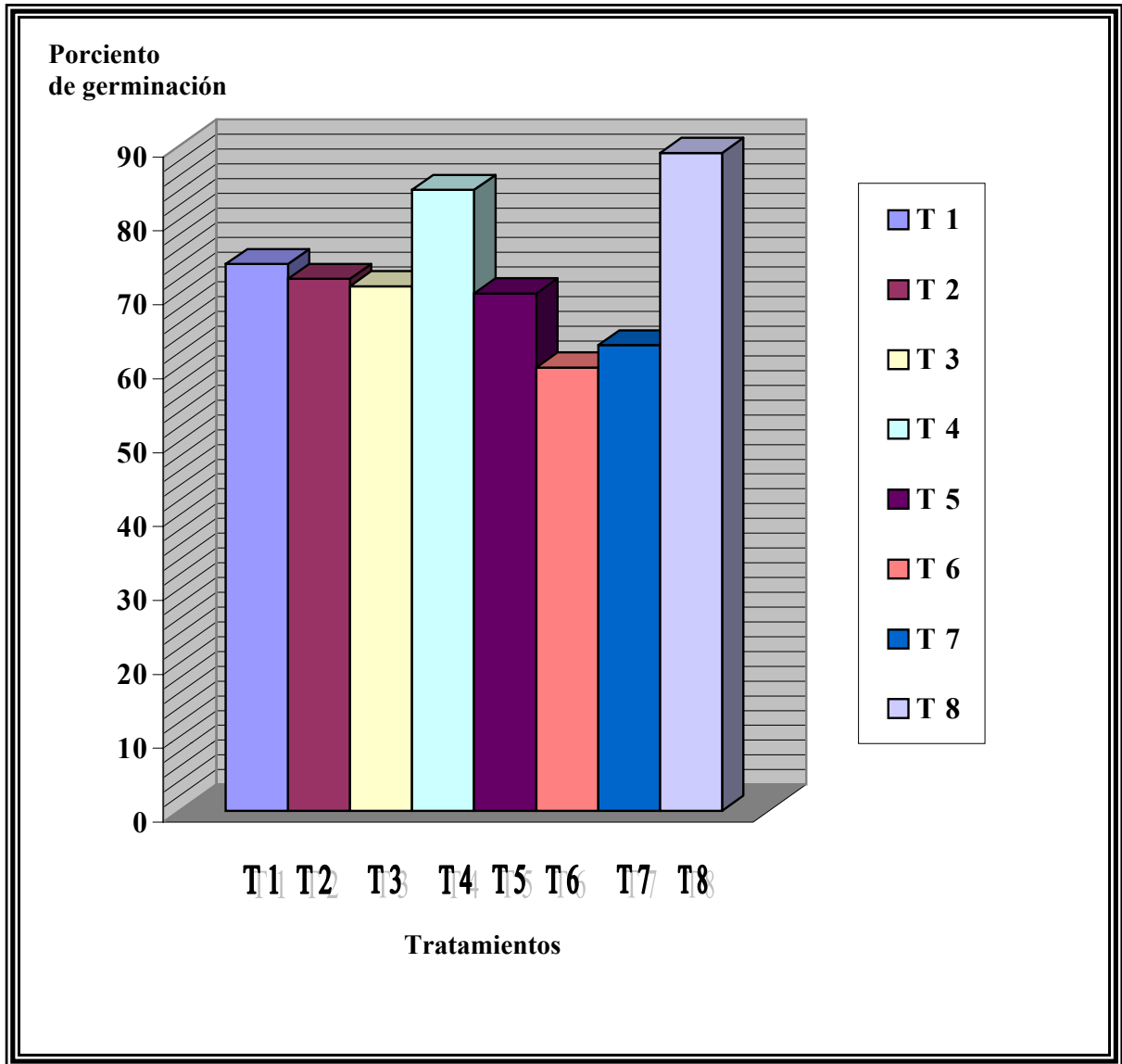


Figura 4. Representación gráfica del promedio final de germinación de *Pinus cembroides* en los diferentes tratamientos utilizados.

## **B. Velocidad de germinación (GT).**

Para el análisis estadístico de esta variable se transformaron los datos obtenidos, ya que se tenían en porciento, realizándose de la siguiente manera:

$$G1T = 57.29578 * (\arcseno(((G1+.05)/100)**0.05))$$

$$G2T = 57.29578 * (\arcseno(((G2+.05)/100)**0.05))$$

$$G3T = 57.29578 * (\arcseno(((G3+.05)/100)**0.05))$$

$$G4T = 57.29578 * (\arcseno(((G4+.05)/100)**0.05))$$

$$G5T = 57.29578 * (\arcseno(((G5+.05)/100)**0.05))$$

A continuación se desglosan los resultados obtenidos en cada una de las evaluaciones realizadas para esta variable.

### **❖ G1T Velocidad de germinación de *Pinus cembroides* en un periodo de 20 días**

Con relación a este periodo de tiempo el análisis de varianza (Cuadro A.2) nos muestra que existen diferencias estadísticas significativas ( $P= 0.0495$ ) entre los sustratos. Debido a esto se realizó la prueba de comparación de medias de Tukey presentada en el Cuadro 4, donde se puede apreciar que la media de germinación más alta le corresponde a los tratamientos 4 (Cisco de carbón) con 27.999 plántulas obtenidas y 3 (40 tierra:30 composta :30 arena) con una media de 27.258 plántulas.



El resultado anterior se atribuye en el caso del T4 a que debido a sus características físico-químicas pudiera absorber mayor cantidad calorífica aumentando la temperatura del sustrato, acelerando así el proceso de germinación de la semilla. En el T3 el resultado se asume a que existe una correlación de las proporciones de los componentes que interactúan entre sí para proporcionar las condiciones necesarias para la germinación como son una buena aireación y temperatura adecuada.

En el extremo inferior la media de germinación más baja la obtuvo el tratamiento 6 (70:30:00) con un media de 7.015 plántulas y el Tratamiento 5 (80:20:00) con una media de 8.162 plántulas. Los resultado anteriores pudieran deberse a una deficiente aireación y al exceso de humedad de los sustratos mencionados; dichas condiciones retrasan el proceso de germinación de la semilla. Lo anterior se puede mostrar mas objetivamente en la Figura 5, donde se presenta el promedio de germinación a 25 días de la siembra.

Cuadro 4. Prueba de Tukey para la velocidad de germinación (G1T) de *Pinus cembroides* a 20 días de su siembra.

Tratamiento (t)	Media (n)*	Agrupación Tukey	No. rep
4	27.999	A	3
3	27.258	A	3
1	26.838	A	3
8	24.254	A	3
7	21.558	A	3
2	20.165	A	3
5	8.167	A	3
6	7.015	A	3

\* n = numero de plántulas germinadas

HSD. AL ALFA=0.05

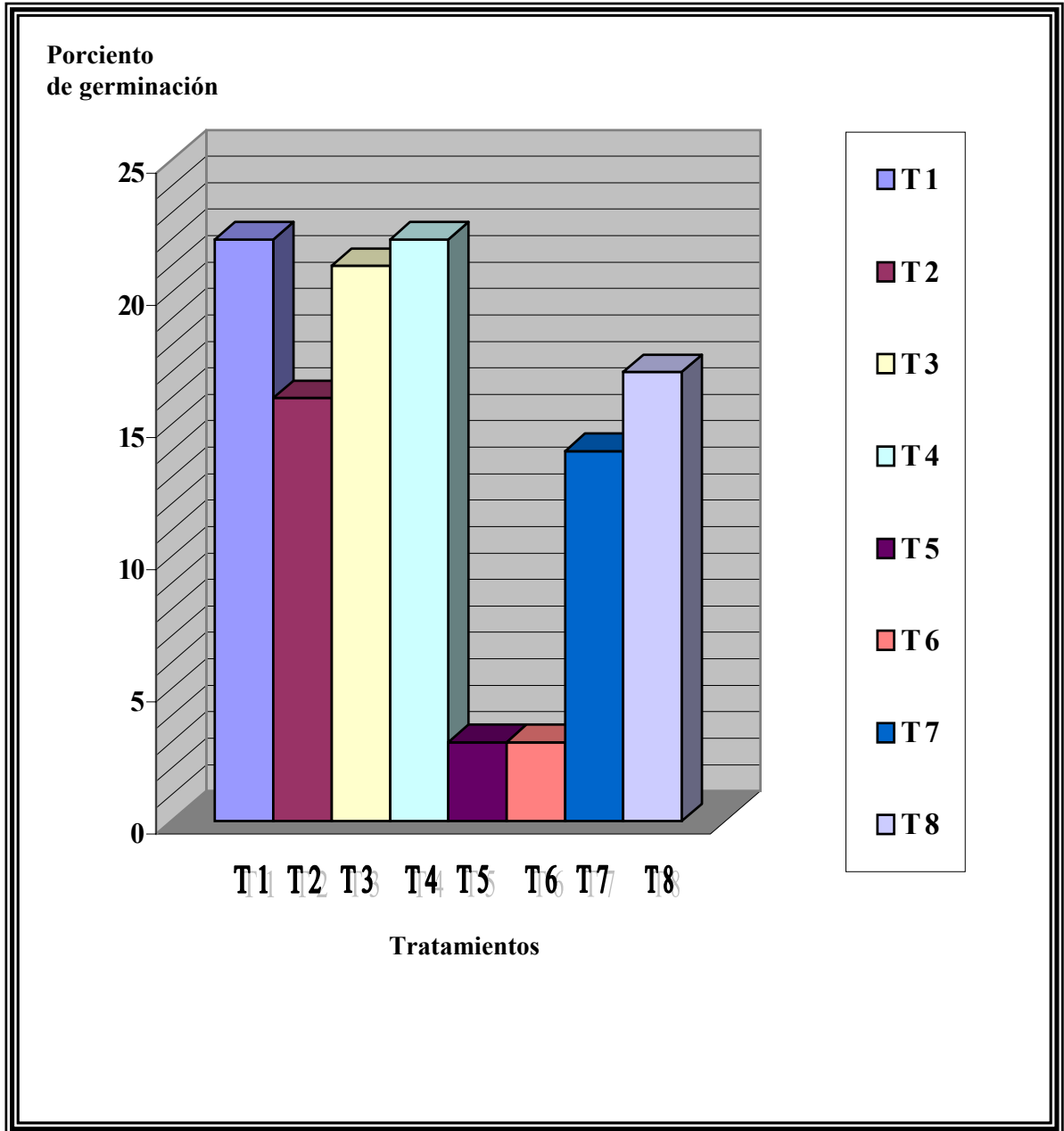


Figura 5. Representación gráfica del promedio de germinación de *Pinus cembroides* en los diferentes tratamientos a 20 días de su siembra.

❖ **G2T Velocidad de germinación de *Pinus cembroides* en un periodo de 30 días**

Con relación a este periodo de tiempo el análisis de varianza (Cuadro A.3) muestra que existen diferencias estadísticas significativas ( $P= 0.0204$ ) entre los sustratos. Debido a esto se realizó la prueba de comparación de medias de Tukey representada en el Cuadro 5, donde se puede apreciar que la media de germinación más alta le corresponde a los tratamientos 4 (Cisco de carbón) con 49.655 plántulas germinadas y tratamiento 8 (Promix) con una media de 46.178 plántulas ; esta diferencia también se observa en la Figura 6.

Según Tukey se agrupan los tratamientos 6 (70 tierra:30 composta:00 arena) y 5 (80:20:00), obteniendo las medias más bajas con valores de 25.729 y 24.768 respectivamente, ubicándolos como los tratamientos que menos favorecieron la germinación en este lapso de tiempo. Lo anterior se atribuye a la falta de arena en la composición del sustrato provocando un deficiente drenaje y mal aireación que retrasan la germinación de la semilla

Cuadro 5. Prueba de Tukey para la velocidad de germinación (G2T) de *Pinus cembroides* a 30 días de su siembra.

Tratamiento (t)	Media (n)*	Agrupación Tukey	No. Rep
4	49.655	A	3
8	46.178	A	3
1	43.381	AB	3
3	38.415	AB	3
2	38.406	AB	3
7	36.495	AB	3
6	25.729	B	3
5	24.768	B	3

HSD. AL ALFA=0.05

\* n = numero de plántulas germinadas

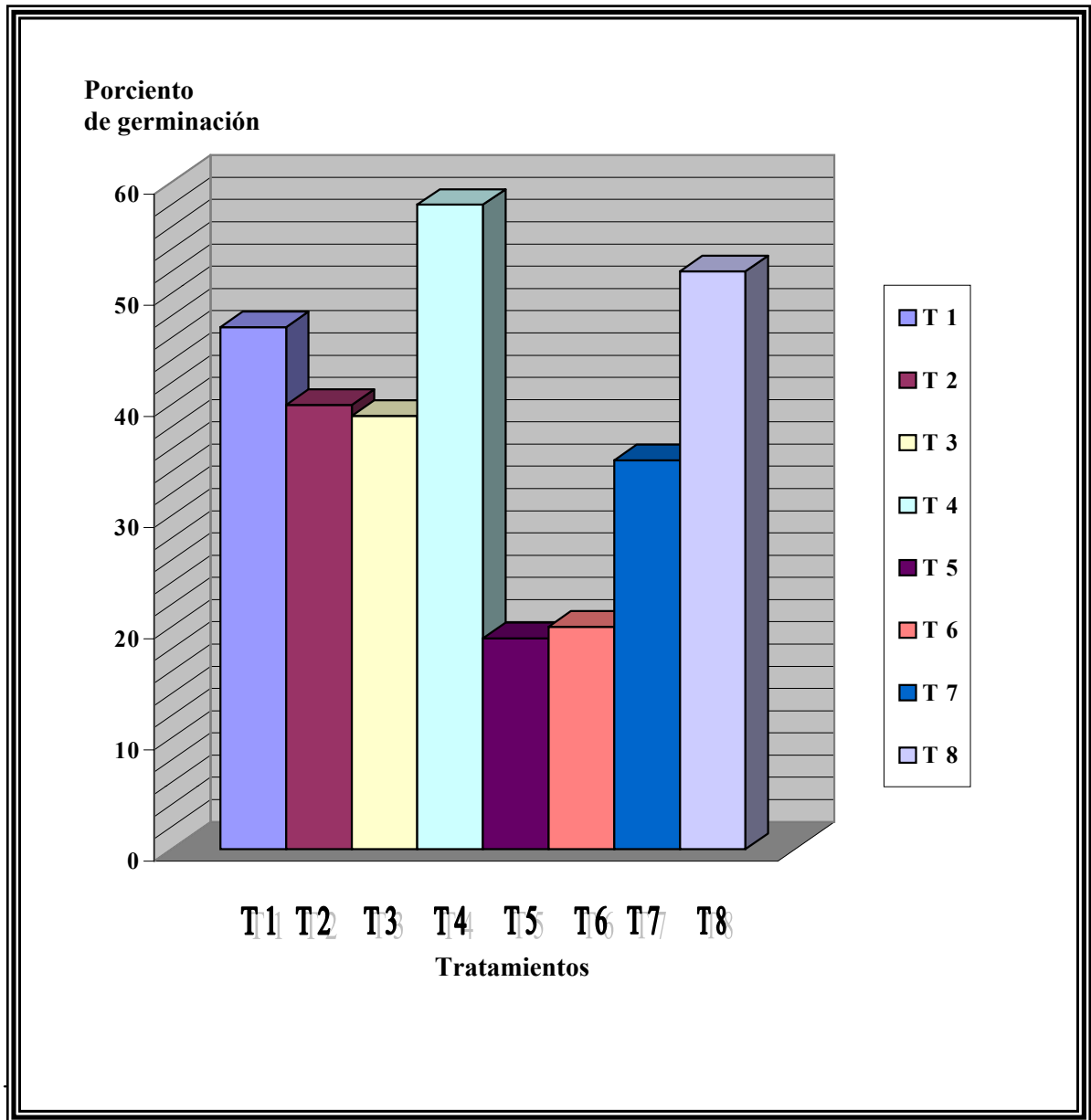


Figura 6. Representación gráfica del promedio de germinación de *Pinus cembroides* en los diferentes tratamientos a 30 días de su siembra.

### ❖ G3T Velocidad de germinación de *Pinus cembroides* en un periodo de 45 días

Con relación a este periodo de tiempo el análisis de varianza (Cuadro A.4) muestra que existen diferencias estadísticas altamente significativas ( $P= 0.0110$ ) entre los sustratos evaluados.

Debido a esto se realizó la prueba de comparación de medias de Tukey representada en el Cuadro 6, donde se puede apreciar que según la agrupación de Tukey, se ubica al tratamiento 4 (Cusco de carbón), como el de mayor influencia en la germinación de la semilla de *Pinus cembroides*, Este resultado tiene como principal causa las características físico-químicas del carbón, ya que absorbe mayor cantidad de energía calorífica, y conserva por más tiempo la humedad; dichas condiciones pudieran favorecer una mayor velocidad de germinación de la semilla.

Según Tukey se pueden agrupar a los tratamientos 5 (80 tierra:20 composta:00 arena) y 6 (70:30:00), obteniendo las medias más bajas con valores de 44.061 y 44.045 plántulas germinadas respectivamente, ubicándolos como los tratamientos que menos favorecieron la germinación en este lapso de tiempo. Lo anterior se atribuye a la falta de arena en la composición del sustrato provocando un deficiente drenaje y mal aireación que retrasan la germinación de la semilla. Esto se puede apreciar más claramente en la Figura 7.

Cuadro 6. Prueba de Tukey para la velocidad de germinación (G3T) de *Pinus cembroides* a 45 días de su siembra.

Tratamiento (t)	Media (n)*	Agrupación Tukey	No. rep
4	63.276	A	3
8	59.472	AB	3
1	53.213	AB	3
2	50.091	AB	3
3	48.683	AB	3
7	45.990	B	3
6	45.045	B	3
5	44.061	B	3

\*n = numero de plántulas germinadas

HSD. AL ALFA=0.05

❖ **G4T Velocidad de germinación de *Pinus cembroides* en un periodo de 60 días**

En este periodo de tiempo el análisis de varianza (Cuadro A.5) se muestra que existen diferencias estadísticas significativas ( $p= 0.0444$ ) entre los sustratos evaluados. Debido a lo anterior se realizo la prueba de comparación de medias de Tukey presentada en el Cuadro 7, donde se puede apreciar que el tratamiento 8 (promix) obtuvo la media de germinación más alta con un valor de 67.185 plántulas germinadas, seguido por el tratamiento 4 (cisco de carbón) con un valor de 65.946 plántulas germinadas.

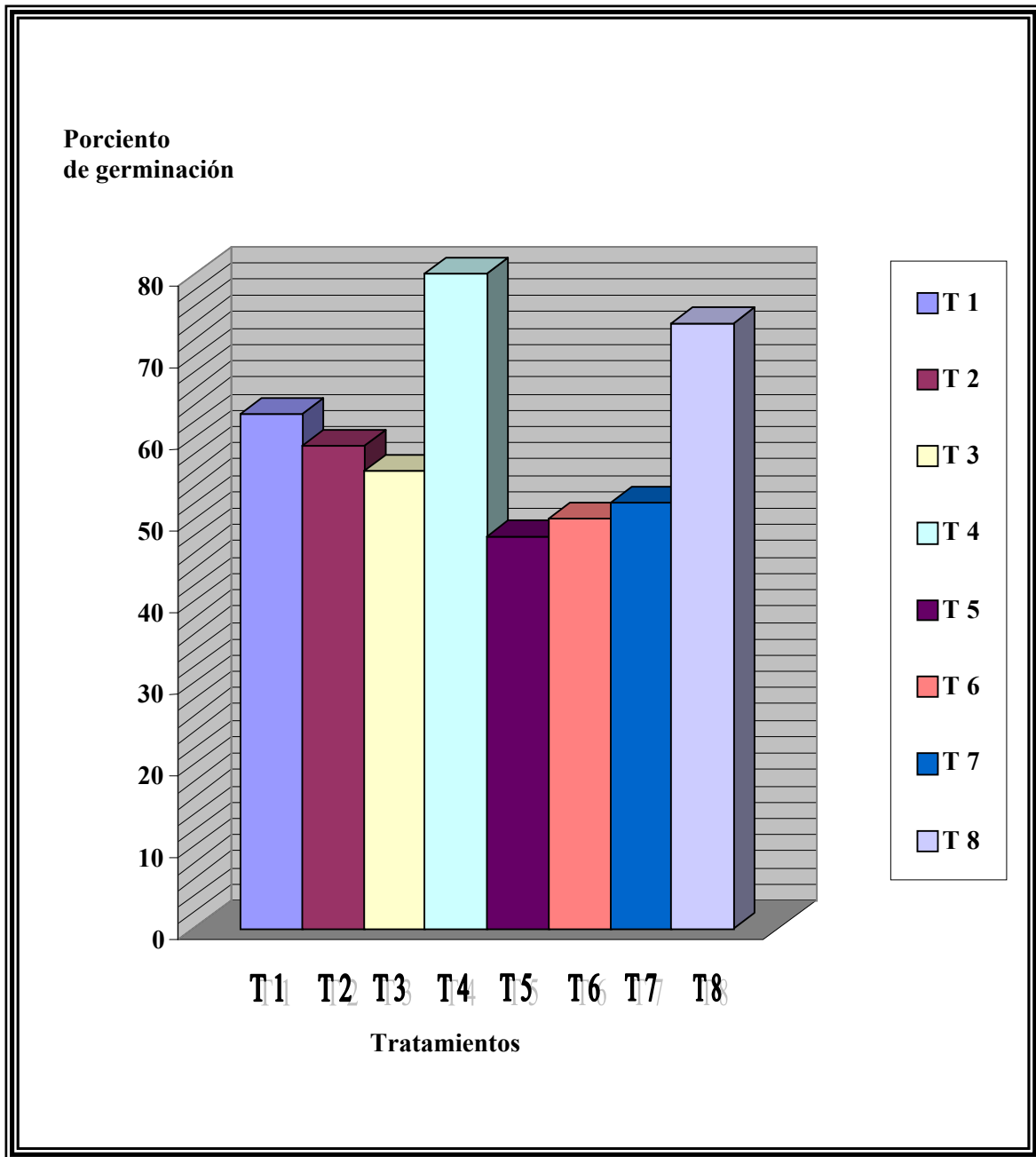


Figura 7. Representación gráfica del promedio de germinación de *Pinus cembroides* en los diferentes tratamientos a 45 días de su siembra.

En el extremo inferior Tukey coloca a los tratamientos 7 (100 Tierra: 00 composta: 00 arena) con una media de germinación de 49.278 y al tratamiento 6 (70:30:00) con un valor de 47. 972. Esto se puede apreciar mejor en el Cuadro 7 y en la Figura 8, donde se presenta el promedio de germinación para este periodo de tiempo.

Cuadro 7. Prueba de Tukey para la velocidad de germinación (G4T) de *Pinus cembroides* a 60 días de su siembra.

Tratamiento	Media(n)*	Agrupación Tukey	No. rep
8	67.185	A	3
4	65.946	A	3
1	57.161	A	3
3	53.338	A	3
5	52.605	A	3
2	52.466	A	3
7	49.289	A	3
6	47.972	A	3

\*n = numero de plántulas germinadas

HSD. AL ALFA=0.05



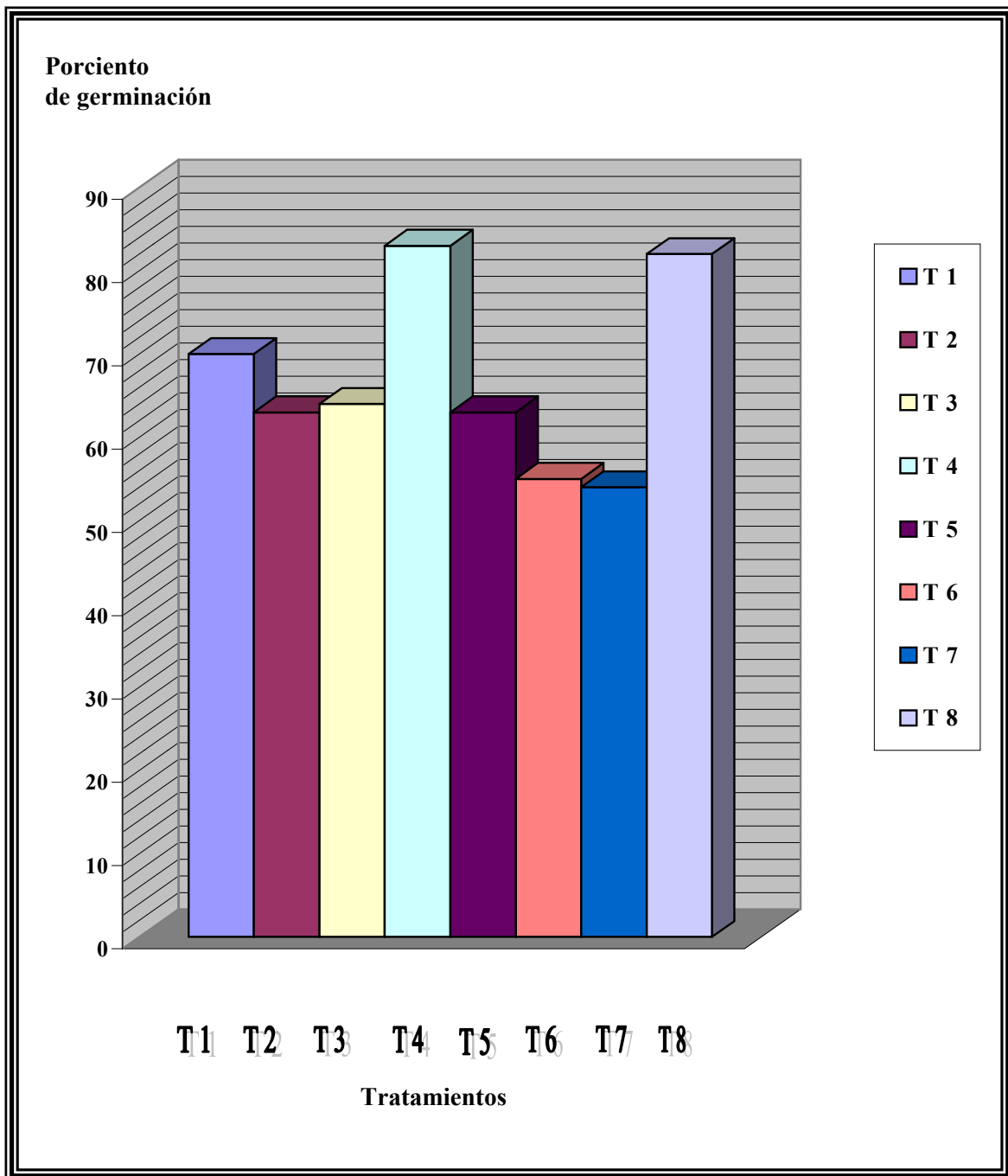


Figura 8. Representación gráfica del promedio de germinación de *Pinus cembroides* en los diferentes tratamientos a 60 días de su siembra.

### ❖ G5T Velocidad de germinación de *Pinus cembroides* en un periodo de 90 días

El análisis de varianza para la velocidad de germinación (cuadro A.6) en este periodo de tiempo, entre tratamientos, muestra que no existen diferencias significativas ( $P = .0851$ ). Lo anterior arroja como resultado que después de cierto tiempo la velocidad de germinación se equilibra entre los tratamientos, es decir que aquellos tratamientos que reúnen las condiciones más favorables para la germinación finalizan su proceso en un menor tiempo, con relación a los que no reúnen dichas condiciones, los cuales necesitan de mayor tiempo para concluir la germinación. Lo anterior se puede apreciar en la Figura 9.

### C. Longitud Final del tallo (HT)

El análisis de varianza para esta variable presenta valores que nos muestran diferencias estadísticas significativas en una  $P = .0946$  (Cuadro A.7). Lo anterior indica que los sustratos evaluados en la presente investigación no influye en el crecimiento de la plántula de *Pinus cembroides* para el periodo de tiempo que duró dicha investigación. Lo anterior también se puede apreciar en el Cuadro A .11.

### D. Diámetro basal del tallo (DB)

El análisis de varianza para esta variable establece que no existen diferencias estadísticas significativas en una  $P = .8492$  (Cuadro A. 8) entre las plántulas evaluadas. Los resultados anteriores indican que los sustratos evaluados en la presente investigación

no influyeron en el crecimiento de la plántula de *Pinus cembroides* para el periodo de tiempo que duro dicha investigación. Esto también se puede apreciar en el Cuadro A .11.

#### **E. Porciento de humedad (PHMT)**

Para esta variable el análisis estadístico (Cuadro A.9) muestra que no existen diferencias significativas (  $P = .9502$  ) entre las plántulas evaluadas, lo cual indica que los sustratos evaluados no influyeron para esta variable.

#### **F. Peso de materia fresca (PMF)**

El análisis de varianza para esta variable muestra que no existen diferencias estadísticas significativas en una  $P = .9502$  (Cuadro A.10) entre las plántulas evaluadas. Los resultados anteriores indica que los sustratos evaluados en la presente investigación no influyeron en el crecimiento de la plántula de *Pinus cembroides* para el periodo de tiempo que duro dicha investigación. Lo anterior también se puede apreciar en el Cuadro A .12.

#### **G. Peso de materia seca (PMS)**

Los resultados obtenidos para esta variable fueron considerados como una constante ya que no hubo diferencias entre las plántulas evaluadas. Estos resultados indican que los sustratos evaluados en la presente investigación no influyeron en el crecimiento de la plántula de *Pinus cembroides*. Lo anterior también se puede apreciar en el Cuadro A .12.

## H. Mortalidad

El tratamiento que tuvo el mayor porcentaje de mortalidad fue el T6 con un 40 de semillas no germinadas, seguido por el T 7 con un 37 por ciento. Lo anterior pudo deberse a que las condiciones del sustrato no fueron las más adecuadas para la germinación de la semilla.

En el extremo inferior se muestra a los tratamientos 8 y 4, los cuales obtuvieron los más bajos porcentajes de mortalidad con valores de 11 y 16 por ciento respectivamente. Esto indica que los tratamientos mencionados fueron los que más favorecieron la germinación de la semilla, lo cual se puede observar en la Figura 7 y en el Cuadro 8.

Cuadro 8. Promedio de semillas muertas por tratamiento de *Pinus cembroides*.

Tratamiento	Germinación (%)	Mortalidad (%)
T1	74	26
T2	72	28
T3	71	29
T4	84	16
T5	70	30
T6	60	40
T7	63	37
T8	89	11

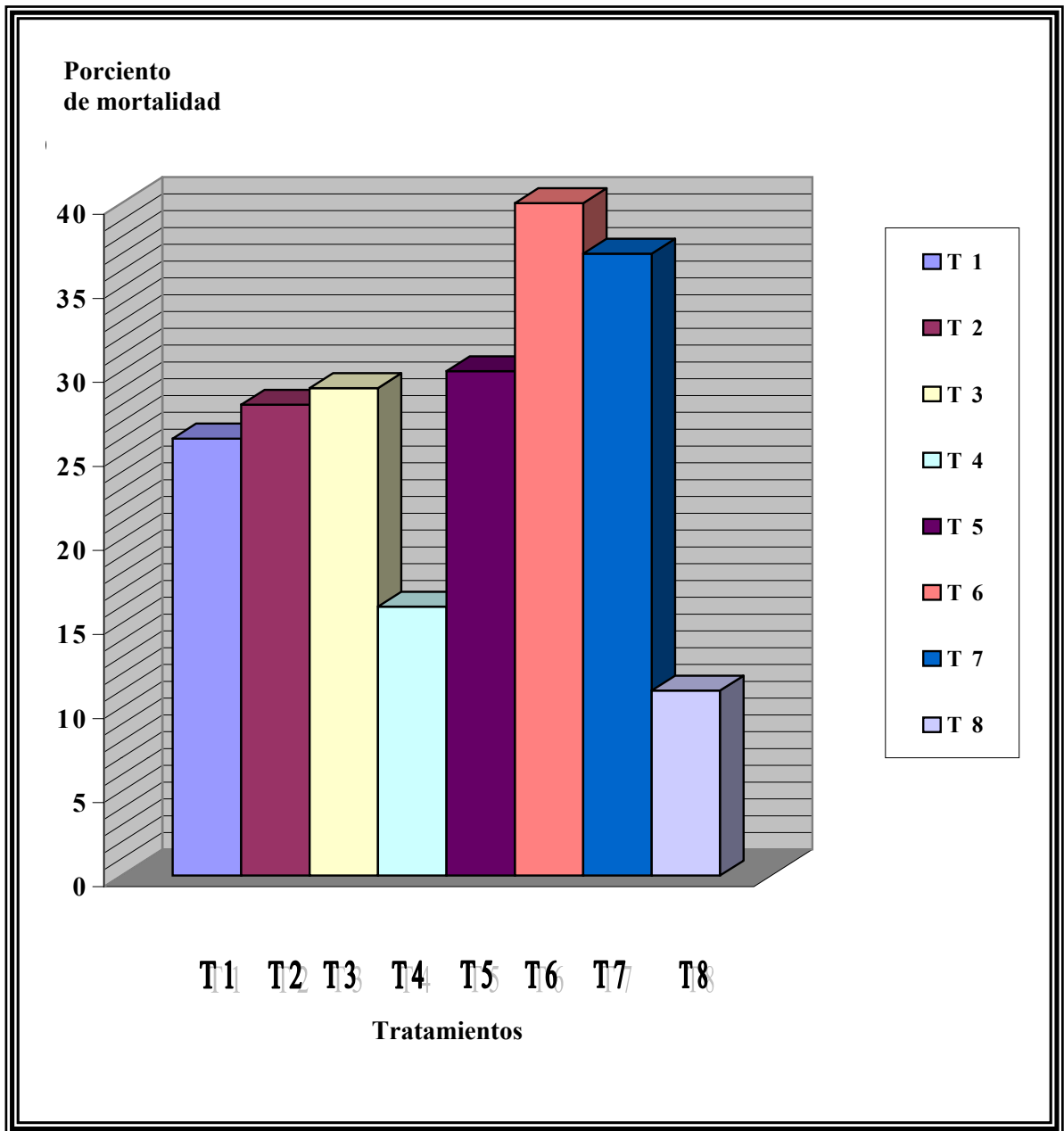


Figura 9. Representación gráfica del promedio de mortalidad de *Pinus cembroides* en los diferentes tratamientos.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En base a los resultados obtenidos de las 5 evaluaciones de velocidad de germinación (G1T, G2T, G3T, G4T, G5T), se concluye que, la hipótesis planteada es aceptada, ya que el tratamiento en base a cisco de carbón promovió la germinación de igual forma que el sustrato comercial, además que los sustratos evaluados restantes promovieron la germinación de diferente forma. Lo anterior puede explicarse debido a las diferentes composiciones físicas y químicas de los tratamientos utilizados, ya que proporcionan condiciones físicas diferentes para que la semilla de *Pinus cembroides* germine.

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 opone resistencia a la emergencia de la plántula. Otro aspecto negativo de la formación de costras superficiales es que limitan el intercambio de gases entre la atmósfera externa y la del medio de crecimiento, perdiendo humedad rápidamente, además de compactarse (Pritchett, 1986). En estas condiciones se encuentra el tratamiento 6, que está compuesto por 70 % de tierra : 30 % de arena y el tratamiento 7 compuesto únicamente por tierra de monte. Estos dos tratamientos presentaron el menor porcentaje de germinación de la semilla, lo cual pudo haberse debido a las condiciones mencionadas.

Estos dos materiales, aún mezclados con composta, muestran que debe existir una proporción adecuada entre los componentes del sustrato con el propósito de proporcionar

condiciones favorables para una buena germinación; tal es el caso del tratamiento 1, cuyas proporciones fueron 60 de tierra, 10 arena y 30 de composta (60:10:30), el cual fue el tratamiento que propició las condiciones mas favorables para la germinación de la semilla de *Pinus cembroides* derivando estos en mejores coeficientes de germinación (Cuadro 3).

Como material de desecho se evaluó al tratamiento 4, el cual estuvo compuesto por cisco de carbón, buenos resultados demostrando como se observa en la Figura 10. Lo anterior se atribuye que dicho material reúne las características físico químicas para favorecer la germinación, como son una buena aireación, suficiente retención de agua, y una temperatura adecuada (Galloway, 1983).

El material comercial evaluado y utilizado como testigo fue el Promix (T 8) que obtuvo el mejor promedio de germinación, ya que de acuerdo a la literatura revisada, reúne las condiciones mas propicias para la germinación de la semilla de *Pinus cembroides*. Esto se puede observar claramente en la Figura 10, donde se presenta el comportamiento de la velocidad de germinación en los tratamientos.

En las variables de altura total (HT), diámetro basal (DB), peso de materia fresca (PMF), peso de materia seca (PMS), y porcentaje de humedad (PHUM) de acuerdo a los resultados obtenidos en la presente investigación, se establece que el sustrato no influye en el crecimiento de las plántulas de *Pinus cembroides*.

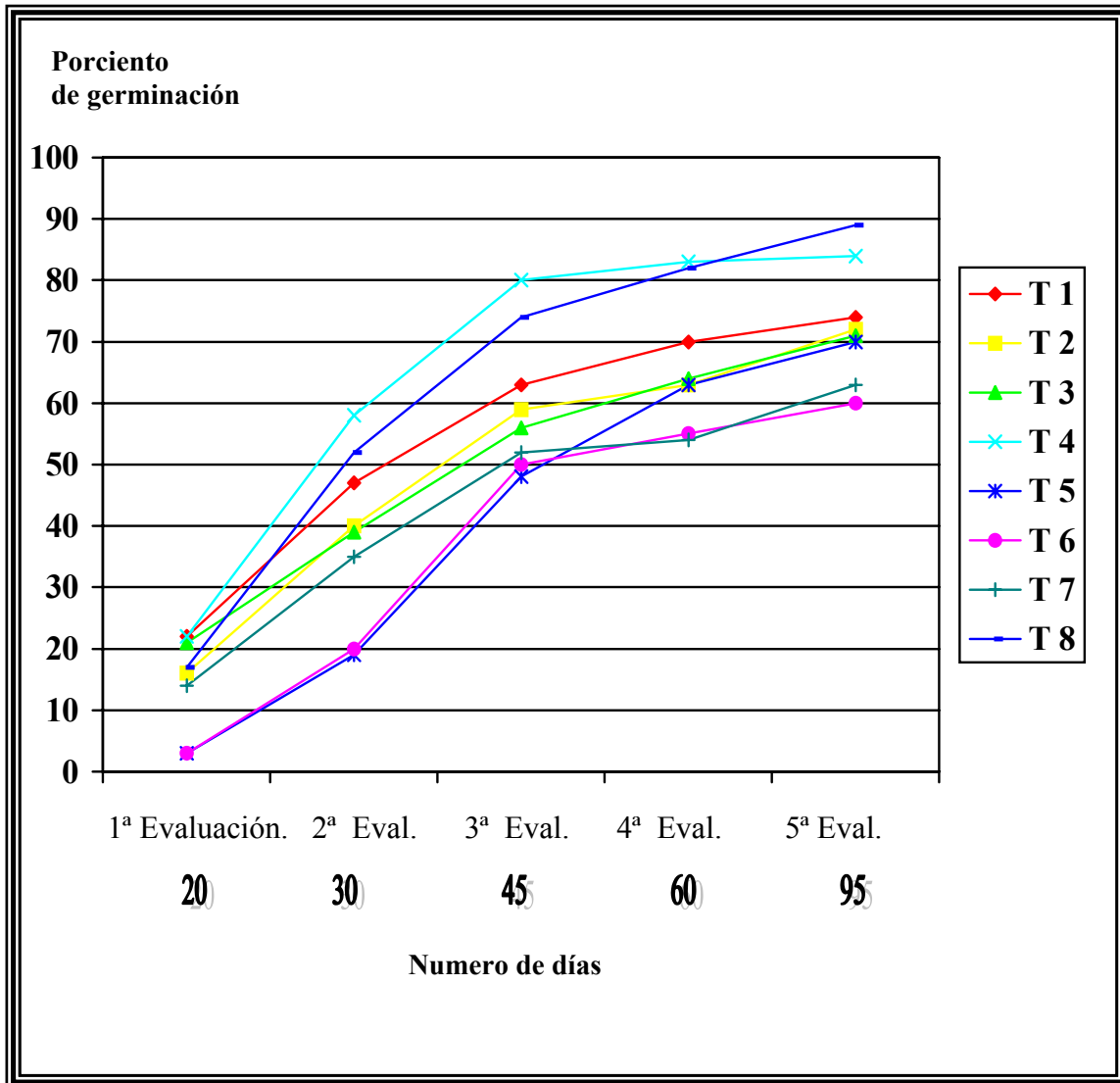


Figura 10. Representación gráfica del comportamiento del promedio de germinación por tratamiento en los diferentes lapsos de tiempo.



## **Recomendaciones**

- Se recomienda la utilización del cisco de carbón como sustrato de germinación ya que por su bajo costo, incrementa la rentabilidad en los procesos de producción en el vivero, además de darle un uso a este material de desecho.
- Se recomienda hacer mezclas adecuadas entre los materiales a utilizar para formular sustratos de germinación, tratando de que éstos reúnan las condiciones favorables para promover la germinación de la semilla.
- Cuando se formulen mezclas para sustratos se recomienda que contengan un alto contenido de materia orgánica.
- Los diferentes resultados obtenidos en los sustratos compuestos por tierra de monte, composta y arena, se atribuyen a las diferentes proporciones utilizadas para formular la mezcla de cada tratamiento.

## LITERATURA CITADA

- Abad, B.M. 1993. Sustratos, inventarios y características. Curso superior de especialización sobre cultivos sin suelo. FIAPA. Almería, España. - pp 65 - 79.
- Ansorena, M..J. 1994. Sustratos, propiedades y caracterización. Ed. Mundi - Prensa. Madrid, España.
- Brizz, I.J. 1991. Evaluación del efecto de la composta de basuras urbanas sobre características específicas de suelo y planta. Tesis de Maestría. UAAAN Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Bonner, F.T., Mc Lemoire, B. F. and J. P. Barnett. 1974. Presowing treatment of seed to speed germination. *in*: seeds of woody plants in the U.S. Agriculture Handbook No. 450. USDA. Forest Service (Ed), Washington, D.C., USA. pp. 126 - 135.
- Caballero, D. M. y Toral, C. J. 1967. Efecto de tamaño de semilla y tres tipos de sustratos en la germinación y desarrollo inicial en *Pinus pseudostrobus* var. Oaxacana. Boletín técnico No 23. SAG. INIF. México. D.F. pp. 35.
- Cánovas, M. F. 1993. Principios básicos de hidroponía. Aspectos comunes y diferenciales de los cultivos con y sin suelo. Curso superior de especialización sobre cultivos sin suelo. FIAPA. Almería, España. pp. 29 - 42.
- CETENAL, 1977. Carta Edafológica, G14 C33, Escala 1:50000. México.
- CETENAL, 1977. Carta Geológica, G14 C33, Escala 1:50000. México.
- CETENAL, 1977. Carta de Uso Potencial, G14 C33, Escala 1:50000. México.
- CETENAL, 1977. Carta de Uso del Suelo, G14 C33, Escala 1:50000. México.
- CETENAL, 1977. Carta Topográfica, G14 C33, Escala 1:50000. México.
- Cruz, M J. 1986. Abonos orgánicos. UACH. Chapingo México.
- Cuevas, R.R.A. 1984. Situación actual de los viveros en algunos Estados de la República Mexicana. III Reunión Nacional sobre Plantaciones Forestales. SAGAR, Publicación No. 48, México D.F. pp. 320 - 337.

- Dalzell, H. W., Biddlestone, A. J., Gray, K. R., Thuarairajan, K. 1991. Manejo del suelo, producción y uso de composta en ambientes tropicales y subtropicales. Boletín de Suelos de la FAO 56. Servicio de Recursos de Manejo y Conservación de los Suelos. Dirección de Fomento de Tierras y Aguas, FAO. Roma.
- De la Cruz C., J. A., A. Zarate L., S. Preciado . P. y A. Mendoza 1987. Manual de semillas, viveros y plantaciones forestales. Departamento Forestal. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 75 pp.
- Devlin, R.M. 1982. Fisiología vegetal. 4ª Edición. Ed. Omega. Barcelona, España.
- Enciclopedia Balsa Bomba Cinematográfica, 1987. Tomo IV Editorial Enciclopedia Británica de México S.A de C.V. México. pp. 320 - 337.
- FAO, 1991. Manejo del suelo: producción y uso del compostaje en ambientaciones tropicales y subtropicales. Centro Agrícola Medak India y Universidad de Birmingham, Reino Unido.
- Galloway, G. 1983. Manual de viveros forestales en la Sierra Peruana. Proyecto FAO. Boletín informativo. Lima, Perú.
- Goor, A.Y. 1964. Métodos de plantación forestal en zonas áridas. FAO. Cuadernos de Fomento Forestal. No. 16. Roma, Italia. 265 p.
- Gutiérrez, P.A. 1989. Conservación y desarrollo de recursos forestales. Ed. Trillas. México. 201 p.
- Hartmann, H.T. y Kester, D.E. 1989. Propagación de plantas: principios y prácticas. Tercera Impresión. Editorial C.E.C.S.A México.
- Jeavons, J. 1991. Cultivo biointensivo de alimentos: más alimentos en menos espacio. Ecology Action of the Midpeninsula, Ed. en Español. USA.
- Krugmann, S. L. y J. L. Jenkinson. 1974. Pinus I. In: seeds of woody plants in the USA USDA, Forest Service, Agriculture Handbook No. 450. USA. pp. 598-638.
- Leloup, M. 1959. Métodos de plantación en zonas áridas. FAO. Impreso en Italia.
- Lira, S. R. H. 1994. Fisiología vegetal. Ed. Trillas. Primera Edición. México.
- López, A. L. y E. Rodríguez G.E. 1993. Producción de plantas a raíz desnuda con diferentes sustratos comparando al sistema en envase tipo bolsa con *Pinus greggi* y *Pinus cembroides*. I Congreso Mexicano Sobre Recursos Forestales. Resumen. Saltillo, Coahuila, México. pp 53 -54.

- Manzano, C. M. G. 1993. Ensayo regional de procedencias de *Pinus cembroides* Zucc. en etapa de semillero y vivero. Tesis de Licenciatura UAAAN. Saltillo Coahuila, México.
- Margini, E. 1962. Aparatos y procedimientos para la manipulación de las semillas forestales II; Tratamientos sanitarios almacenamiento ensayo de semillas y transporte. Unasyuva, Argentina.
- Martínez, M. 1948. Flora del Estado de México. Ed. Gobier. Toluca, México.
- Mesa, N. J. 1965. Semilla. Manual para el análisis de su calidad. Ed. Herrera. México DF. 22 p.
- Mirov, N.T. 1967. The genus Pinus. Ed. The Ronald Press Company. N.Y., USA.
- Morales, V. y F. Camacho M. 1984. Formato y recomendaciones para evaluar la germinación. III Reunión Nacional Sobre Plantaciones Forestales. SAGAR. Publicación especial No 48. México D.F. 138 p.
- Narro, F. E. 1994. Física de suelos con enfoque agrícola. Ed. Trillas. UAAAN. Primera Edición. México.
- Niembro, R.A. 1988. Mecanismos de Reproducción sexual en pinus. Ed. Limusa. Chapingo, México. pp. 100 - 111.
- Niembro, R. A. 1988. Semilla de árboles y arbustos. Ontogenia y Estructura. Ed. LIMUSA. Chapingo, México. pp 86 - 88.
- Niembro, R. A. y A. Fierros G. 1990. Factores ambientales que controlan la germinación de la semilla de pino. Mejoramiento genético y plantaciones forestales. Centro de Genética Forestal, A.C. Lomas de San Juan. Chapingo, México. pp 124 -135.
- Resh, H. M. 1982. Cultivos hidropónicos: nuevas técnicas de producción. Segunda Ed. Mundi Prensa. Madrid, España.
- Robert, M. L. 1982. El cultivo de tejidos vegetales en México. CONACYT. México.
- Russell, E. J. 1950. Soil conditions and plant growth. 8ª Ed. Longmans. London.
- Rzedowski, J. E. 1978. Flora fanerogámica del Valle de México. Ed. Limusa. México.
- Rzedowski, J. E. 1978. Vegetación de México. Ed. Limusa. México.
- Ostle, B. 1974. Estadística aplicada. Técnicas de la estadística moderna, cuando y donde aplicarlas. Ed. LIMUSA. 4ª reimpresión. México.

- Pritchett, W.L. 1986. Suelos forestales. Propiedades, conservación y mejoramiento. Ed. Limusa, 1ª Edición. México.
- Serrano, G.E. 1983. Economía de la actividad forestal. Serie de Ciencias Sociales No 5. Colección de cuadernos universitarios. Impreso en Chapingo, México. pp. 36 -48.
- Tinus, W.R and Stephen, E. M 1979. How to grown tree seedlings in containers in green house. General technical report R.M Rocky Mountain Forestry and Ranger Experiment Station. Forest Service, USA. Departament of Agriculture. USA.
- Venator, C.R. y Liegel ,L.H. 1985. Manual para el funcionamiento de viveros mecanizados para raíces desnudas y viveros semimecanizados con recipientes de volumen menor. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Programa Nacional Forestal. Agencia para el desarrollo internacional. Ecuador. 140 p.
- Zarzosa, R:F. 1975. Influencia de dos tipos de sustrato en el desarrollo de *Pinus arizonica* Engel en vivero. Tesis de Licenciatura. ENA. Chapingo, México.

## APÉNDICE

Cuadro A.1. Programación S.A.S.

```
options ps=60;
data donny1;
infile'a:picegerm.dat';
input trat rep g1 g2 g3 g4 g5 pmf pms phum db ht;

g1t=57.29578*(arsin(((g1+.05)/100)**0.5));
g2t=57.29578*(arsin(((g2+.05)/100)**0.5));
g3t=57.29578*(arsin(((g3+.05)/100)**0.5));
g4t=57.29578*(arsin(((g4+.05)/100)**0.5));
g5t=57.29578*(arsin(((g5+.05)/100)**0.5));
pmft=57.29578*(arsin(((pmf+.05)/100)**0.5));
phumt=57.29578*(arsin(((phum+.05)/100)**0.5));
;
*proc print;
proc anova data=donny1;
class trat;
model g1 g1t g2 g2t g3 g3t g4 g4t g5 g5t pmf pmft pms phum phumt db ht = trat;
means trat/tukey;
run;
□
```

Cuadro A.2. Análisis de varianza para velocidad de germinación (G1 T) de *Pinus cembroides* en un periodo de 20 días.

F.V	GL	S.C	C.M	F.C	P.> F
Tratamiento	7	1473.800742	210.542963	2.67	0.0495
Error	16	1263.697265	78.981079		
Total	23	2737.498007			

R2 = 0.538375                      RAIZ CME = 8.887130  
 C.V = 43.55002                      MEDIA DE G1T = 20.4067179

Cuadro A.3. Análisis de varianza para velocidad de germinación (G2 T) de *Pinus cembroides* en un periodo de 30 días.

F.V	GL	S.C	C.M	F.C	P.> F
Tratamiento	7	1679.407317	239.915331	3.39	0.0204
Error	16	1131.949108	70.746819		
Total	23	2811.356426			

R2 = 0.597365                      RAIZ CME = 8.411113  
 C.V = 22.20560                      MEDIA DE G2T = 37.8783421

Cuadro A.4. Análisis de varianza para velocidad de germinación (G3 T) de *Pinus cembroides* en un periodo de 45 días.

F.V	GL	S.C	C.M	F.C	P.> F
Tratamiento	7	1025.543331	146.506190	3.93	0.0110
Error	16	595.749913	37.234370		
Total	23	1621.293244			

R2 = 0.632546                      RAIZ CME = 6.101997  
 C.V = 11.91122                      MEDIA DE G3T = 51.2289642

Cuadro A.5. Análisis de varianza para velocidad de germinación (G4 T) de *Pinus cembroides* en un periodo de 60 días.

F.V	GL	S.C	C.M	F.C	P.> F
Tratamiento	7	1096.526537	156.646648	2.75	0.0444
Error	16	910.800180	56.925011		
Total	23	2007.326717			

R2 = 0.546262                      RAIZ CME = 7.544867  
 C.V = 13.53478                      MEDIA DE G4T = 55.7442876

Cuadro A.6. Análisis de varianza para velocidad de germinación (G5 T) de *Pinus cembroides* en un periodo de 95 días.

F.V	GL	S.C	C.M	F.C	P.> F
Tratamiento	7	991.8550369	141.6935767	2.25	0.0851
Error	16	1008.1752374	63.0109523		
Total	23	2000.0302742			

R2 = 0.495920  
C.V = 13.3.1767

RAIZ CME = 7.937944  
MEDIA DE G5T = 59.6045814

Cuadro A.7. Análisis de varianza para Altura total (HT) de *Pinus cembroides* en un periodo de 95 días.

F.V	GL	S.C	C.M	F.C	P.> F
Tratamiento	7	2.53558333	.036222619	2.17	0.0946
Error	16	2.67120000	0.16695000		
Total	23	5.20678333			

R2 = 0.486977  
C.V = 9.504055

RAIZ CME = 0.408595  
MEDIA DE HT = 4.29916667

Cuadro A.8. Análisis de varianza para Diametro basal (DB) de *Pinus cembroides* en un periodo de 95 días.

F.V	GL	S.C	C.M	F.C	P.> F
Tratamiento	7	0.10633333	0.01519048	0.46	0.8494
Error	16	0.52880000	0.03305000		
Total	23	0.63513333			

R2 = 0.167419  
C.V = 12.38115

RAIZ CME = 0.181797  
MEDIA DE DB = 1.46833333

Cuadro A.9. Análisis de varianza para Porciento de humedad (PHMT) de *Pinus cembroides* en un periodo de 95 días.

F.V	GL	S.C	C.M	F.C	P.> F
Tratamiento	7	62.68573391	8.95510448	0.29	0.9502
Error	16	501.48587125	31.34286695		
Total	23	564.17160515			

R2 = 0.111111  
C.V = 11.22454

RAIZ CME = 5.598470  
MEDIA DE PHUMT = 49.8780656



Cuadro A.10. Análisis de varianza para Peso de materia fresca (PMF) de *Pinus cembroides* en un periodo de 95 días.

F.V	GL	S.C	C.M	F.C	P.> F
Tratamiento	7	2.22298809	0.31756973	0.29	0.9502
Error	16	17.78390468	1.11149404		
Total	23	20.00689277			

R2 = 0.111111  
C.V = 11.52864

RAIZ CME = 1.054274  
MEDIA DE PMFT = 9.14482589

Cuadro A.11. Resultados de Altura (HT) y Diámetro basal (DB) por tratamiento obtenidos en la evaluación efectuada a *Pinus cembroides* en un periodo de 95 días.

Tratamiento	Árbol	Diámetro Basal(DB)	Diámetro basal medio	Altura	Altura media
T1-R1	1	1.5	1.54	5	3.82
	2	2.1		4	
	3	1.3		3	
	4	1.3		3.9	
	5	1.5		3.2	
T1-R2	1	1.2	1.34	4.0	4.78
	2	1.1		3.8	
	3	1.5		6.5	
	4	1.4		4.4	
	5	1.5		5.2	
T1-R3	1	1.1	1.40	4.2	3.72
	2	1.4		3.0	
	3	1.5		4.0	
	4	1.1		3.4	
	5	1.9		4.0	
T2-R1	1	1.1	1.38	3.0	3.86
	2	1.8		4.0	
	3	1.2		3.0	
	4	1.5		4.5	
	5	1.3		4.8	
T2-R2	1	1.1	1.4	5.0	4.7
	2	1.2		5.0	
	3	1.6		4.2	
	4	1.9		5.2	
	5	1.2		4.1	

<b>Tratamiento</b>	<b>Árbol</b>	<b>Diámetro Basal(DB)</b>	<b>Diámetro basal medio</b>	<b>Altura</b>	<b>Altura media</b>
T2-R3	1	2.0	1.88	3.5	4.3
	2	2.0		3.6	
	3	1.9		4.4	
	4	1.8		4.5	
	5	1.7		5.5	
T3-R1	1	1.4	1.54	4.5	4.18
	2	1.3		3.2	
	3	1.7		3.1	
	4	1.4		5.0	
	5	1.9		5.1	
T3-R2	1	1.3	1.14	3.0	5.0
	2	0.8		5.0	
	3	1.0		5.0	
	4	1.4		6.0	
	5	1.2		6.0	
T3-R3	1	1.4	1.38	4.1	3.88
	2	1.5		4.0	
	3	1.6		5.0	
	4	1.3		3.0	
	5	1.1		3.3	
T4-R1	1	1.9	1.64	4.0	3.92
	2	2.1		3.9	
	3	1.3		3.2	
	4	1.7		4.0	
	5	1.2		4.5	
T4-R2	1	1.0	1.46	5.0	3.46
	2	2.0		3.4	
	3	1.5		3.0	
	4	1.4		2.4	
	5	1.4		3.5	
T4-R3	1	1.4	1.42	4.0	3.74
	2	1.8		4.2	
	3	0.9		3.1	
	4	1.8		3.9	
	5	1.2		3.5	
T5-R1	1	1.5	1.48	2.5	4.2
	2	1.2		5.3	
	3	1.6		5.0	
	4	1.8		5.2	
	5	1.3		3.0	

<b>Tratamiento</b>	<b>Árbol</b>	<b>Diámetro Basal(DB)</b>	<b>Diámetro basal medio</b>	<b>Altura</b>	<b>Altura media</b>
T5-R2	1	1.7	1.38	4.5	4.24
	2	1.6		4.2	
	3	1.1		4.5	
	4	1.4		5.0	
	5	1.1		3.0	
T5-R3	1	1.1	1.44	5.0	4.68
	2	1.7		4.2	
	3	1.4		5.4	
	4	1.4		4.6	
	5	1.6		4.2	
T6-R1	1	1.1	1.46	4.0	4.14
	2	2.0		5.2	
	3	1.3		4.0	
	4	1.4		3.2	
	5	1.5		4.3	
T6-R2	1	1.4	1.28	5.0	4.02
	2	1.1		4.8	
	3	1.5		4.4	
	4	1.4		2.4	
	5	1.0		3.5	
T6-R3	1	1.1	1.52	5.0	4.98
	2	1.2		5.8	
	3	2.1		4.9	
	4	1.5		4.2	
	5	1.7		5.0	
T7-R1	1	1.2	1.22	5.0	5.0
	2	1.1		4.0	
	3	1.5		6.0	
	4	1.1		5.1	
	5	1.2		4.9	
T7-R2	1	1.1	1.74	4.9	5.18
	2	2.0		5.3	
	3	2.3		5.0	
	4	1.8		5.4	
	5	1.5		5.3	
T7-R3	1	2.1	1.54	5.0	4.7
	2	1.5		4.0	
	3	1.8		4.0	
	4	1.5		5.3	
	5	0.8		5.2	

Tratamiento	Árbol	Diámetro Basal(DB)	Diámetro basal medio	Altura	Altura media
T8-R1	1	1.9	1.38	3.9	4.06
	2	1.4		5.5	
	3	1.0		3.0	
	4	1.1		4.0	
	5	1.5		3.9	
T8-R2	1	1.2	1.54	3.0	4.26
	2	1.5		4.0	
	3	1.8		4.9	
	4	1.3		5.4	
	5	1.9		4.0	
T8-R3	1	2.1	1.74	5.0	4.36
	2	1.5		4.0	
	3	1.5		4.5	
	4	1.7		4.4	
	5	1.9		3.9	

Cuadro A 12. Resultados de Peso de materia seca (PMS) ,Peso de materia fresca (PMF) y Porcentaje de humedad (PHMT) por tratamiento obtenidos en la evaluación efectuada a *Pinus cembroides*

Tratamiento	P.M.F. (GR)	P.M.S. (GR)	% Humedad
T1-R1	2	1	50
T1-R2	2	1	50
T1-R3	3	1	66.6
T2-R1	3	1	66.6
T2-R2	2	1	50
T2-R3	3	1	66.6
T3-R1	3	1	66.6

<b>Tratamiento</b>	<b>P.M.F. (GR)</b>	<b>P.M.S. (GR)</b>	<b>% Humedad</b>
T3-R2	3	1	66.6
T3-R3	2	1	50
T4-R1	2	1	50
T4-R2	3	1	66.6
T4-R3	3	1	66.6
T5-R1	3	1	66.6
T5-R2	2	1	50
T5-R3	2	1	50
T6-R1	3	1	66.6
T6-R2	2	1	50
T6-R3	2	1	50
T7-R1	3	1	66.6
T7-R2	2	1	50
T7-R3	3	1	66.6
T8-R1	2	1	50
T8-R2	3	1	66.6
T8-R3	2	1	50