

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



**EFFECTO DE CUATRO SUSTRATOS ORGÁNICOS EN LA SOBREVIVENCIA
Y CRECIMIENTO DE *Pinus pinceana* Gordon, BAJO CONDICIONES DE
INVERNADERO.**

POR:

ROSALINO ABRAAM LÓPEZ MÉNDEZ

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

INGENIERO FORESTAL

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, Diciembre de 2007

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISION DE AGRONOMIA

**EFFECTO DE CUATRO SUSTRATOS ORGÁNICOS EN LA SOBREVIVENCIA
Y CRECIMIENTO DE *Pinus pinceana* Gordon, BAJO CONDICIONES DE
INVERNADERO.**

POR:

ROSALINO ABRAAM LÓPEZ MÉNDEZ

TESIS

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

INGENIERO FORESTAL

APROBADA POR:

PRESIDENTE DEL JURADO

Dr. Miguel Ángel Capo Arteaga

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, Diciembre de 2007

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISION DE AGRONOMIA

EFFECTO DE CUATRO SUSTRATOS ORGANICOS EN LA SOBREVIVENCIA
Y CRECIMIENTO DE *Pinus pinceana* Gordon, BAJO CONDICIONES DE
INVERNADERO.

POR:

ROSALINO ABRAAM LÓPEZ MÉNDEZ

TESIS

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

INGENIERO FORESTAL

APROBADA POR EL COMITÉ DE TESIS

Dr. Miguel Ángel Capo Arteaga
Presidente del jurado

Ing. Sergio Braham Sabag
Sinodal

MC. José Armando Najera Castro
Sinodal

MC. Melchor García Valdez
Suplente

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo

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

DEDICATORIA

A mis Padres

Teresa Méndez e Ismael López les doy las gracias por haberme dado la vida, confiar en mi, por todos los momentos que han estado conmigo cuando más los he necesitado y han sido el motor para luchar, por que sin ustedes no hubiese tenido este logro.

En especial a mi **madre** por sus desvelos y sufrimientos que pasó por mí durante mi niñez y en la etapa de la secundaria y el Bachillerato, es usted la mejor madre y la quiero mucho.

A mis abuelos paternos

Felipe López Jiménez

Carmen Ilescas Cruz

Por haberme enseñado a cultivar la tierra que es donde obtenemos el sustento alimenticio día a día, por sus sabios consejos que me han brindado y por ser unos amigos para mí, espero que dios les permita más tiempo con nosotros.

A mis abuelos maternos

Otón Méndez Cano (+)

Soledad Ilescas León (+)

A pesar del corto tiempo que convivimos los quise mucho, espero que en el lugar donde se encuentren estén bien y se sientan orgullosos de que por fin uno de sus queridos nietos culmino su carrera y compartan la misma felicidad conmigo.

A mis hermanos

Aron

Amalia

Lorena

Azucena

Gracias por la comprensión, amistad y cariño que me han brindado pero sobre todo los buenos ánimos que me dieron durante mi formación profesional.

En especial a mi hermano Aron que me apoyo económicamente depositando su confianza en mi sin dudar de mis grandes capacidades, gracias.

A mis sobrinos

Isaac

Esmeralda

Juliana Teresa

Que sin conocerlos físicamente los quiero mucho, espero que algún día estemos juntos para disfrutar al máximo el tiempo perdido.

Hortensia Yescas Tomas

Por todo el cariño y amor que me ha dado en los tres años que hemos convivido juntos, por su colaboración para que este proyecto se llevara a cabo, gracias amorcito, **te amo**.

AGRADECIMIENTOS.

A DIOS

Por iluminarme y guiarme constantemente en un buen camino, por haberme permitido concluir un logro más en esta vida y cuidarme hasta este momento.

A mi **ALMA TERRA MATER**, por haberme abierto las puertas de sus aulas y llevarme por el camino de la sabiduría.

Al **DR. Miguel Ángel Capó Arteaga**, gracias por haber depositado su confianza en mí, y también por todas las facilidades otorgadas para la realización de este proyecto de investigación.

Al **M.C. José Armando Najera Castro**, por su ayuda brindada en todo momento durante mi carrera, también por su asesoría para la realización de este proyecto.

Al **ING. Sergio Braham Sabag**, por el apoyo brindado para sacar adelante este proyecto de investigación el cual se ha culminado satisfactoriamente.

Al **M.C. Melchor García Valdez** por su asesoría y consejos brindados durante la vida útil del proyecto.

A **Zita Salazar** por su gran amistad y sabios consejos que me brindó en el corto tiempo de haber convivido con ella.

A **Don Miguel Sosa** por su colaboración en este trabajo de investigación.

A mis compañeros de la generación CIV de la carrera de Ingeniero Forestal que me brindaron su amistad y por haberme considerado como un compañero de clases y en especial a **Héctor Juan, Ángel Gerardo (El Chihuas), Lucas García y Sinuhe Ortega (El Taliban)**, por su confianza y comprensión que me brindaron durante el tiempo que convivimos.

A la familia **Vignòn Padrón** por su motivación, ayuda y comprensión que me brindaron durante toda mi formación educativa.

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS.....	IV
ÍNDICE DE FIGURAS.....	V
I INTRODUCCION.....	1
1.1 Importancia del estudio	1
1.2 Planteamiento del problema.....	2
1.3 Objetivos.....	2
1.3.1 Objetivo general.....	2
1.3.2 Objetivos específicos.....	3
1.4 Hipótesis.....	3
II REVISION DE LITERATURA.....	4
2.1 Aspectos generales sobre la especie	4
2.1.1 Descripción botánica de <i>Pinus pinceana</i> Gordon.....	4
2.1.2 Distribución geográfica.....	4
2.1.3 Condiciones ecológicas.....	5
2.1.4 Importancia.....	5
2.2 Sustratos.....	6
2.2.1 Historia.....	6
2.2.2 Definición.....	7
2.2.3 Necesidad de caracterizar los sustratos.....	9
2.2.4 Evolución de los medios de cultivos.....	9
2.2.5 Características de un buen sustrato.....	10
2.2.6 Clasificación de los sustratos.....	10
2.2.6.1 Materiales orgánicos.....	11
2.2.6.2 Materiales inorgánicos.....	11
2.2.7 Propiedades que debe tener un sustrato	12
2.2.7.1 Propiedades físicas.....	12

2.2.7.2	Propiedades químicas.....	18
2.2.7.3	Propiedades biológicas.....	23
2.2.7.4	Propiedades supresivas.....	24
2.2.7.5	Otras propiedades.....	25
2.2.8	Sustrato ideal.....	25
2.2.9	Mezcla de sustratos	26
2.3	Sustratos orgánicos utilizados.....	28
2.3.1	Peat moss o turba.....	28
2.3.2	Corteza desmenuzada, Aserrín y Viruta de pino.....	30
2.3.3	Fibra de coco.....	31
2.3.4	Fibra de lechuguilla.....	32
2.3.5	Fibra de cortadillo.....	32
2.4	Estudios a fines	33
III	MATERIALES Y METODOS.....	34
3.1	Descripción del área de estudio.....	34
3.1.1	Ubicación del invernadero.....	34
3.1.2	Invernadero.....	35
3.1.3	Contenedor.....	35
3.1.4	Siembra.....	36
3.1.5	Colecta de la semilla	36
3.2	Descripción de las actividades que se realizaron.....	37
3.2.1	Materiales.....	37
3.2.2	Actividades realizadas	38
3.2.3	Riego.....	38
3.2.4	Aplicación de fungicida.....	38
3.3	Descripción de la Metodología a emplear	39
3.3.1	Diseño experimental.....	39
3.3.2	Modelo estadístico.....	39

3.3.3 Descripción de los tratamientos.....	39
3.3.4 Distribución de los tratamientos.....	40
3.3.5 Diseño de la unidad experimental.....	40
3.3.6 Análisis de pureza de la semilla.....	41
3.3.7 Variables a evaluar	41
IV RESULTADOS Y DISCUSION.....	42
V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	52
VI LITERATURA CITADA.....	55
VII APÉNDICE.....	59

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Prueba de comparación de Tukey para el diámetro promedio (mm) en los diferentes tratamientos.....	42
Cuadro 2. Prueba de Tukey para el promedio de alturas (cm) de los diferentes tratamientos.....	44
Cuadro 3. Promedio del diámetro (mm) para las diferentes localidades.	46
Cuadro 4. Promedio de la altura (cm) para las diferentes localidades.....	48
Cuadro 5. Promedio de la sobrevivencia en porcentaje para los diferentes tratamientos.....	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Representación grafica del diámetro (mm) de las plántulas en cada tratamiento.....	43
Figura 2. Representación grafica de la altura (cm) final del tallo en los diferentes tratamientos.....	45
Figura 3. Representación grafica del diámetro (mm) en cada una de las localidades, para los diferentes sustratos.....	47
Figura 4. Representación grafica de la altura (cm) para las diferentes localidades.....	49
Figura 5. Representación grafica del porcentaje de sobrevivencia para los diferentes tratamientos.....	51

I INTRODUCCION

1.1 Importancia del estudio

En este planeta, vida es sinónimo de materia orgánica y todo lo que en el 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 provenimos y a la que todos volveremos. Tal equilibrio biológico nos 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 (Ecopol, 1991). Por tal motivo, a la luz de los 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 cultivos con altos rendimientos que conserven los recursos, son aún mas importantes cada día.

En México existen materiales que provienen de desechos del beneficiado de productos agrícolas, de los residuos de cosecha 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 con costos y calidad con materiales de importación que han penetrado en el mercado agrícola nacional.

Los residuos tienen un doble valor potencial dentro de la cadena de los procesos productivos: por un lado, representan una posible fuente de ingresos complementarios a la empresa agraria, cuando a corto plazo son directamente comercializados por el agricultor, y por otro lado, a más largo plazo, significan una aportación energética, principalmente en forma de materia orgánica, capaz de incrementar o restituir el potencial productivo del suelo.

Los componentes que debe de contener un sustrato deberán de ser seleccionados en base a su funcionalidad, costos, facilidad de manejo,

ausencia de semillas de malas hierbas y de insectos o patógenos. (Ansorena, 1994).

En la actualidad existe una gran cantidad de materiales que pueden ser utilizados como sustratos y su selección dependerá de la especie vegetal a sembrar, el tiempo, el sistema de siembra, el precio, la disponibilidad y las características propias de cada sustrato.

1.2 Planteamiento del problema

Tomando como base la aseveración anterior, el presente trabajo de investigación centra su atención en la utilización de cuatro fuentes de residuos orgánicos como sustratos (Guiche de lechuguilla, fibra de cortadillo, fibra de coco y aserrín), tomándose como sustrato testigo al Peat moss que es el más utilizado por los viveristas en la producción de plántulas de pinos y algunas hojosas. A estos sustratos se les agregó porciones iguales de vermiculita, perlita y un fertilizante iniciador que es el osmocote. Por las bondades y características que tienen cada uno de los residuos de cosechas transformados en sustratos orgánicos se presentan como una alternativa viable en la producción de plántulas forestales de calidad y así mismo poder sustituir al peat moss que a pesar de ser un producto canadiense es muy caro.

1.3 objetivos

1.3.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de diferentes mezclas de sustratos en la sobrevivencia y crecimiento de cinco localidades de *Pinus pinceana* Gordon bajo condiciones de invernadero a cuatro meses y medio de establecidas.

1.3.2 Objetivos específicos

a. Buscar el sustrato que pudiera sustituir a los materiales de importación en la producción de plantas de calidad en *Pinus pinceana*.

b.- Caracterizar las localidades de acuerdo con las características de altura y diámetro de sus plantas.

1.3 Hipótesis

Ho: No existe diferencias significativas en el efecto de las mezcla de sustratos en la sobrevivencia y crecimiento de *Pinus pinceana*.

Ha: Existe diferencias significativas en el efecto de las mezclas de sustratos en la sobrevivencia y crecimiento de *Pinus pinceana*.

II REVISION DE LITERATURA

2.1 Aspectos generales sobre la especie

2.1.1 Descripción botánica de *Pinus pinceana* Gordon

Martínez (1948), menciona que pertenece a la familia pinacea y comúnmente es llamado en su región de origen como: Pino piñón, Piñón rosa (S.L.P), Piñón blanco (Qro.).

Es un árbol de 6 a 12 metros de altura, tronco frecuentemente ramificado desde cerca de la base, copa redondeada y densa, con las ramillas irregulares, cenicientas, delgadas y colgantes, casi lisas y con las hullas de los fascículos apenas marcados. Hojas aglomeradas en la extremidad de las ramillas, en grupo de tres, ocasionalmente 4, de 6 a 8, a veces hasta 10, rectas, anchamente triangulares, delgadas de color verde claro, glaucas en sus caras internas, de borde entero; tiene un haz vascular con conductos resiníferos externos, en numero de 2. Los conillos son largamente pedunculados, oblongos, ligeramente atenuados en ambas extremidades; escamas gruesas y fuertemente aquilladas y provistas de una punta gruesa, dirigida hacia la base del cono. Conos suboblongos de 6 a 8 cm, a veces hasta 9 con pedúnculos delgados 1-3 cm de largos y 3 mm de grueso, simétricos, colgantes y pronto caedizos de color rojizo a amarillento anaranjado. La semilla mide unos 12 mm, de color oscuro, y es comestible, carece de ala, a veces solamente se desarrolla una de las dos que corresponde a cada escama. Su madera es suave y poco resinosa.

2.1.2 Distribución geográfica

Rzedowski (1978), menciona que *Pinus pinceana* Gordon, como otras especies de piñoneros (*Pinus edulis* Engelm., *Pinus maximartinezii* Rzedoski, *Pinus monophylla* Torr. Y *Pinus nelsonii* Shaw.), tiene distribución geográfica restringida en México y en apariencia no constituyen elementos dominantes en los bosques, sino muy localmente.

Perry (1991), menciona que esta especie se encuentra dispersa en la sierra madre oriental, principalmente en el estado de Coahuila y como pequeñas poblaciones dispersas en el estado de Zacatecas.

2.1.3 Condiciones ecológicas

Eguiluz (1978), menciona que las condiciones ecológicas donde prospera esta especie es en suelos calizos y desérticos, pedregosos, muy delgados y pobres en materia orgánica; en laderas de montaña y lomeríos donde puede rodar con facilidad la semilla.

También menciona que dicha especie se asocia principalmente con especies de matorrales desérticos con *Mimosa* spp., también con *Juniperus* sp, *Pinus cembroides* Zucc., *Yucca* sp. Y muy rara vez con *Pinus nelsonii* Shaw; otras veces se asocia con *Quercus crassifolia* H. et B., *Prosopis laevigata* H. et B y *Pinus teocote* Schl. Et Cham.

2.1.4 Importancia

Eguiluz (1978), menciona que su madera no tiene usos industriales, se le utiliza con fines domésticos, como leña, postes para cerca y muebles rústicos; sus piñones son comestibles y en la región se venden tostados en el mercado. Puede ser una especie exitosa para programas de reforestación con fines de protección al suelo.

Martínez (1948), menciona que por el follaje y la forma del tronco la especie es interesante en usos hortícolas, particularmente en áreas donde la escasez del agua es un problema.

Según la NOM-ECOL-059-1994, (INE 1994), la especie también es considerada de importancia especial, debido a que actualmente se considera dentro de la categoría de protección ya que su distribución es restringida.

2.2 Sustratos

2.2.1 Historia

Burés (1997), menciona que el uso de un medio de cultivo adecuado en maceta tiene probablemente el mismo origen que la jardinería. Desde hace 4000 años los egipcios cultivaban árboles en contenedores de madera o piedra, dejando evidencias de ello en sus pinturas murales.

El mismo autor menciona dos hechos que lograron tener influencia en la evolución del concepto de sustrato distinto del suelo natural. El primero fue el descubrimiento de que todas las plantas tienen los mismos requerimientos básicos. El segundo hecho fue el descubrimiento de que el medio de cultivo solo proporciona soporte, humedad, aireación y nutrientes minerales a la planta. Las primeras mezclas normalizadas de este tipo fueron la de turba y arena.

Venator y Liegel (1985) mencionan que la historia del cultivo de plantas en recipientes tiene su paralelo con la investigación sobre la mejor manera de utilizar macetas para cultivar plantas. Se han utilizado mezclas para la producción de plantas que se cultivan en cientos de recipientes.

Alarcón (1992), menciona que el uso de suelos artificiales con las mezclas apropiadas de materiales, representa una excelente oportunidad para producir plántulas de pino de buena calidad morfológica y fisiológica.

Ansorena (1994), menciona que durante los últimos años se ha tenido un espectacular desarrollo en las técnicas de cultivo de plantas en macetas y contenedores. El medio de cultivo ha ido evolucionando desde los primeros sustratos basados en suelo mineral hasta las actuales mezclas, con proporción mayoritaria de componentes orgánicos tipo turba, corteza de pino y similares. Paralelamente a la evolución de las técnicas y medios de cultivos, se ha experimentado una importante aplicación del campo de aplicaciones de sustratos: planta ornamental y arbustiva, jardinería, campos deportivos, etc. El

consiguiente aumento de la demanda se ha producido en un clima de creciente sensibilidad hacia el agotamiento de los recursos no renovables y las consecuencias del deterioro del medio ambiente; lo anterior ha favorecido el aprovechamiento de materiales muy diversos, que hasta fechas reciente eran considerados como residuos no deseables (por ejemplo lodos de depuradora) o subproductos de escaso valor (cortezas de pino, paja de cereales, etc.).

El mismo autor menciona que la importancia de los sustratos para la producción de cultivos está basada en los estudios de la física y la química de los suelos debido a que los sustratos ya sean inertes o no, guardan cierta semejanza con el suelo como el medio de cultivo. Dependiendo del tipo de sustrato utilizado será el contenido de humedad, la aireación existente, la compactación del mismo y otras características más.

Calderón (1989), señala que en la producción de plántulas con charolas germinadoras, se puede suministrar el oxígeno, agua, nutrimentos y soporte para las raíces de las plantas, como lo hace el mismo suelo. Agrega que la solución nutritiva aportará agua, nutrimentos e incluso oxígeno suplementario.

2.2.2 Definición

Abad (1993), define que dentro de la agricultura un sustrato es conocido como todo aquel material distinto al suelo, de origen orgánico o de síntesis mineral que colocado sobre un recipiente solo o mezclado, proporciona a la semilla las condiciones necesarias para su germinación, enraizamiento, anclaje y de igual manera este puede desempeñar un papel importante en el suministro de nutrientes, dependiendo de su origen.

Cadahia (2000), menciona que el término sustrato en horticultura es todo material sólido distinto del suelo in situ, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que, colocado en un contenedor, en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radicular, desempeñando, por tanto, un papel de soporte para la planta.

Ansorena (1994), menciona que los sustratos además de servir de soporte o anclaje a las plantas, tienen que suministrar a las raíces las cantidades equilibradas de aire, agua y nutrientes minerales para que la planta se desarrolle adecuadamente.

Resh (1982), establece que un medio de cultivo es aquel que suministra oxígeno, agua, nutrientes, soporte y anclaje para las raíces de las plantas, también como el mismo suelo, mencionando que en las explotaciones agrícolas intensivas los medios de cultivo sin suelo son a base de agua, aserrín, turba y vermiculita.

Tinus y Stephen (1979), hacen referencia a algunos materiales que pueden ser utilizados como medios de crecimiento, tales como: el estiércol, la turba, el musgo fangoso y los clasifica como medios de cultivo orgánicos además, define que medios de cultivos como la vermiculita, la perlita y la arena son materiales sintéticos, pero por razones funcionales y económicas predominan las mezclas de turba-vermiculita.

Estos mismos investigadores afirman que el suelo no es utilizado por las plantas como medio de cultivo, por que no tienen las características más deseables como aireación, drenaje, capacidad de retención de humedad, densidad aparente y capacidad de intercambio catiónico.

Venator y Liegel (1985), menciona que un sustrato o medio de cultivo adecuado proporciona firmeza, nutrientes y humedad, en beneficio del desarrollo de la planta, además, el sustrato debe ser ligero de manejar y que debe de mantener un volumen casi equilibrado de humedad constante o sequedad, que se vea libre de plagas y enfermedades. Debido a las limitaciones de peso, la arena y la tierra no son considerados dentro de la clasificación de este grupo.

2.2.3 Necesidad de caracterizar los sustratos

Ansorena (1994), menciona que en la práctica, para valorar la calidad de un sustrato no basta con conocer las propiedades de sus principales componentes, sino que es necesario determinarlas para cada ingrediente o mezcla particular, ya que las variaciones suelen ser muy importantes.

En la actualidad, la agricultura moderna exige a los productores como a los investigadores la obtención de nuevos medios de cultivo que ayuden a obtener plántulas de mejor calidad y con el menor costo posible; además de esto la agricultura orgánica exige que se logren altos niveles de producción sin causar un daño al medio ambiente.

En la producción de hortalizas existe una gran variedad de técnicas que nos permite la obtención de plántula, sin embargo la mayoría de los sustratos utilizados provienen de materiales minerales, de los cuales no se conocen concretamente sus características, y esto ha sido una limitante de gran importancia ya que todo tiene un uso, pero no todo sirve para lo mismo.

Otra de las necesidades de caracterizar los sustratos es que no se tiene en manifiesto la inexistencia de un control adecuado de los sustratos, normalmente por que no se analizan y en algunas ocasiones por que la información no es interpretada correctamente.

2.2.4 Evolución de los medios de cultivo

Ansorena (1994), menciona que al paso de los últimos años la agricultura ha evolucionado, de manera que las técnicas de cultivo de plantas en maceta y en contenedor han cambiado.

Los medios de cultivo han pasado por una etapa de transformación, desde los primeros sustratos de origen mineral hasta lo que hoy se está haciendo a través de mezclas con diferentes productos orgánicos.

Este proceso de evolución se ha visto favorecido gracias a una gran cantidad de propiedades físicas que permiten un mejor manejo del sustrato que el del suelo natural.

2.2.5 Características de un buen sustrato

Hartmann y Kester (1982), mencionan que para producir plantas de calidad, un buen sustrato debe tener las siguientes características:

- ❖ El medio debe retener suficiente humedad para evitar riegos muy frecuentes.
- ❖ Debe ser suficientemente poroso de manera que drene el exceso de agua, permitiendo una aireación adecuada.
- ❖ Debe proporcionar cantidades adecuadas de nutrimentos cuando las plantas permanecen en él un período largo de tiempo.
- ❖ Debe estar libre de semillas de malezas y patógenos.

Cadahia (2000), menciona que un gran número de materiales pueden ser utilizados con éxito como sustratos, bien separadamente o bien en mezcla, en la preparación de los medios de cultivos de las plantas. La elección de un medio de cultivo viene determinada por:

- Su suministro y homogeneidad.
- La finalidad de la producción.
- Su costo.
- Sus propiedades físicas, químicas y biológicas; y
- La experiencia local en su utilización.

2.2.6 Clasificación de los sustratos

En la actualidad existe una gran diversidad de materiales que se utilizan como sustratos en la agricultura, una de las ventajas que presentan estos sustratos es que pueden ser utilizados solos o en mezclas; la clasificación más común

que se tiene acerca de los sustratos mas frecuentes es; orgánicos, inorgánicos, y mixtos.

2.2.6.1 Materiales orgánicos

Bures (1997), menciona que existen dos tipos de materiales orgánicos los que se obtienen de manera natural y los que son obtenidos a través de un proceso de síntesis. Los primeros se basan en la descomposición biológica y pueden ser utilizados como medios de cultivo después de una serie de procesos biológicos ya sea de manera artificial o por medio de un proceso de compostaje y por último de manera natural como las turbas. Los materiales orgánicos biodegradables que se obtienen mediante procesos químicos como el poliestireno o las espumas de poliuretano que por sus características en algunas ocasiones se clasifican como inorgánicos

2.2.6.2 Materiales inorgánicos

Bures (1997), menciona que este grupo se obtiene a través de rocas y materiales minerales de distintos orígenes e incluyen suelos naturales. Estos materiales pueden sufrir modificaciones ligeras sin alterar la estructura interna del material.

Winsor (1990), establece una clasificación en donde menciona que existen dos tipos de sustratos.

- Orgánicos (turbas, cortezas)
- Inorgánicos o inertes (perlita, vermiculita, arenas).

Sin embargo la clasificación solo se refiere principalmente a sus características de estabilidad química y resistencia a la descomposición, por lo que induce a cierta confusión.

2.2.7 Propiedades que debe tener un sustrato

Cadahia et al. (1998), demuestran que la primera etapa de la aplicación de un sustrato en el cultivo sin suelo, es la caracterización del mismo, con objeto de conocer sus propiedades físicas, físico-químicas, químicas y biológicas. Las propiedades de los materiales son factores dominantes que determinan el manejo posterior del sustrato (contenedor, riego y fertilización).

García (1996), menciona que el sustrato óptimo para cualquier situación depende de varios factores: tipo de especie a cultivar y sus requerimientos, el volumen del recipiente, la disponibilidad de los materiales para las mezclas y la calidad física, química y biológica de los sustratos.

2.2.7.1 Propiedades físicas

Ansorena (1994), menciona que de la naturaleza y del tamaño de partículas dependerán principalmente, las propiedades físicas, que son las que podemos ver y sentir: granulometría, calor, retención de agua y aireación.

Abad (1993), reporta que las propiedades físicas de los medios de cultivo son de primerísima importancia, ya que una vez que el sustrato esté en el contenedor y la planta creciendo en el, no es posible modificar las características físicas básicas de dicho sustrato.

Además aclara que un buen sustrato debe contener: elevada capacidad de retención de agua fácilmente disponible, suficiente suministro de aire, distribución adecuada de las partículas que lo constituyen que mantendrá las condiciones antes mencionadas, baja densidad aparente, elevada porosidad y estructura estable que impedirá la contracción del medio.

Raviv et al. (1986), menciona que el suministro de agua y aire así como una baja densidad aparente, una elevada porosidad total y una estructura estable, son algunas de las características físicas que debe tener un sustrato para lograr proporcionar a la planta condiciones favorables para su desarrollo.

Debe contener una alta capacidad de retención de humedad disponible, para que la planta pueda absorber el agua necesaria para contribuir a su punto óptimo de desarrollo de sus funciones sin un gasto energético importante.

Fase sólida

Abad (1993), indica que dentro de la fase sólida del suelo la mayor parte es mineral mientras que en un sustrato orgánico suele ser mayor la materia orgánica; dependiendo del nivel de descomposición de la materia orgánica será el nivel de influencia en las propiedades nutricionales del suelo.

Composición del medio de cultivo

Ansorena (1994), menciona que el suelo en plantas cultivadas en macetas y contenedores, ha sido sustituido por sustratos con una proporción mayoritaria de componentes orgánicos: estos elementos además de servir de soporte y anclaje a las plantas, deben suministrar a las raíces una cantidad equilibrada de agua, aire y nutrientes.

El medio de cultivo debe tener las tres fases que contiene el suelo (sólida, líquida y gaseosa); estas condiciones tienen un rango de variación de acuerdo a la naturaleza del medio y de las condiciones exteriores.

Porosidad

Bures (1997), la define como el espacio ocupado por poros en un sustrato.

Ansorena (1994), define que la porosidad de un medio de cultivo pasa a ser el porcentaje de volumen que se encuentra fuera de la fase sólida.

La porosidad de un sustrato varía en un intervalo que va desde un 30% que se considera compacto hasta el orden de un 95% en materiales totalmente orgánicos.

Esta característica del sustrato es la suma de los huecos entre las partículas y la procedente de los poros interiores de dichas partículas.

Espacio poroso total

García (1999), lo define como el volumen total del sustrato no ocupado por partículas. Este está en función de la distribución granulométrica que dará como resultado la aparición de poros capilares de tamaño pequeño (tienen capacidad de retención de agua) y poros de mayor tamaño (poros de aireación).

Martínez y García (1993) citados por Minero (2005), mencionan que la porosidad total está determinada por los tipos de poros del sustrato, capilares ($<30\ \mu\text{m}$), los cuales retienen el agua y macroporos ($>30\ \mu\text{m}$), que permite la aireación.

Densidad

La densidad de un sustrato se puede referir bien a la del material sólido que lo compone y entonces se habla de densidad real, o bien a la densidad calculada considerando el espacio total ocupado por los componentes sólidos más el espacio poroso, y se denomina porosidad aparente, Infoagro (2007).

La densidad real tiene un interés relativo. Su valor varía según la materia de que se trate y suele oscilar entre 2.5-3 para la mayoría de los de origen mineral. La densidad aparente indica indirectamente la porosidad del sustrato y su facilidad de transporte y manejo. Los valores de densidad aparente se prefieren bajos (0.7-1.0) y que garanticen una cierta consistencia de la estructura.

Estructura

Terrez et al. (1997), dice que se refiere a la forma en que está compuesto un sustrato; puede ser granular como la mayoría de los sustratos minerales, o bien fibrilar. La primera no tiene forma estable, acoplándose fácilmente a la forma del contenedor, mientras que en la segunda dependerá de la forma de las fibras. Si son fijadas por algún tipo de material de cementación, conservan formas rígidas y no se adaptan al recipiente pero tiene cierta facilidad de cambio de volumen y consistencia cuando pasan de secas a mojadas.

Granulometría

Ansorena (1994), reporta que la granulometría se refiere a la dimensión de las partículas que constituyen un material disgregado y a la proporción en que se mezclan. Es común que los sustratos estén formados por la mezcla de partículas o fibras de diferentes tamaños. Dependiendo de la naturaleza de estos materiales tendrán en su interior poros de diferentes tamaños, que constituyen la porosidad interna o intraparticular, pero además quedarán huecos entre partículas tanto mas grandes cuanto mayor sea el tamaño de las partículas que componen el sustrato, que dan lugar a la porosidad interparticular.

Resh (1987), señala que la capacidad de retención del agua se determina por el tamaño de sus partículas, de su forma y porosidad; mientras mas pequeñas son estas, mayor será el espacio de los poros y su superficie, de aquí que más cantidad de agua puede ser almacenada por éstas. Las partículas con forma regular tienen una mayor superficie que las lisas y redondas, y por tanto, poseen un mayor poder de retención hídrica y buen drenaje.

Fase líquida o solución acuosa

Calderón (1989) menciona que una de las características de gran importancia dentro de un medio de cultivo, es que el medio de cultivo o sustrato debe tener una capacidad elevada de retención de agua, debido a que el medio de cultivo

es pequeño en relación a las pérdidas elevadas de agua por evapotranspiración; esta fase debe representar un valor porcentual promedio del 30%. La importancia de la fase acuosa radica en que las plantas no pueden tomar alimentos sólidos y deben recibir los nutrientes minerales a través de una solución del medio de cultivo; este proceso se puede dar de tres maneras:

- Intercepción de raíces
- Flujo de masas
- Difusión

Esta fase determina la posibilidad a la planta de utilizar como vehículo la humedad disponible para realizar sus funciones metabólicas.

Agua fácilmente disponible

García (1999), menciona que es el agua contenida por el sustrato, después de haber sido saturada y dejado drenar 10 cm de columna de agua (c.a). El agua fácilmente disponible favorece el crecimiento y desarrollo de las plantas. Resulta por ello muy importante un valor elevado de esta agua en el sustrato.

Minero (2005), menciona que el agua total disponible es la diferencia en el volumen de agua retenida por el sustrato después de saturado y drenado 10 cm de columna de agua, y el agua retenida en el sustrato a 100 cm de columna de agua. El valor óptimo debe estar entre 24% y 40% del volumen total.

Agua difícilmente disponible

García (1999), se puede definir como un valor de estrés para la planta ya que el gasto energético que la planta ha de realizar para obtenerla es elevado, incluso algunas especies de plantas cultivadas no pueden asimilar esta agua, que se define como aquella que está retenida a una tensión superior a 100 cm de columna de agua (c.a).

Fase gaseosa

Ansorena (1994), menciona que en la práctica de cultivo en contenedores, el sistema radical ocupa un espacio limitado por el tamaño del contenedor y el volumen de sustrato que se coloca en el contenedor, la cual tiene dos efectos sobre la aireación.

La fase gaseosa ayuda a mantener el metabolismo y crecimiento de la planta. El sustrato debe tener una capacidad adecuada para aireación debido a que cumple dos funciones específicas, como son el suministro de aire para la planta y la eliminación de anhídrido carbónico producido por los microorganismos del sustrato.

Esta fase puede verse afectada por cualquier acción que reduzca el tamaño de los poros más grandes y disminuirá la proporción de aire del medio de cultivo.

Capacidad de aireación

Nuez (1995) citado por Minero (2005), la define como el porcentaje de espacios de aire en el sustrato una vez saturado de agua y drenado a una tensión de 10 cm de columna de agua.

La capacidad de aireación de un sustrato es modificable con el manejo del riego. Riegos de pequeño volumen y frecuentes van a mantener el sustrato en su máxima capacidad de retención de agua, por lo que la capacidad de aireación no se ve incrementada. Pero riegos amplios y espaciados van a promover que el espacio poroso capilar pierda agua y sea ocupado por aire incrementando así la capacidad de aireación del sustrato.

Pastor (1974), la define como la proporción del volumen del sustrato que contiene aire después que dicho sustrato ha sido llevado a saturación y dejado drenar (normalmente a 10 cm de columna de agua). El valor óptimo se produce cuando se dan valores entre 10 y 30 %.

Abad (1993), alude que en sustratos orgánicos, con una elevada población microbiana, el oxígeno es requerido doblemente o más que en las plantas cultivadas en suelos minerales, sin abundante materia orgánica.

Calderón (1989), menciona que un déficit de oxígeno a nivel del sustrato provoca una severa disminución en el crecimiento de las raíces; formando un empardecimiento del sistema radical. Este déficit a nivel del sistema radical promueve la muerte de las raíces de la planta y la aparición de enfermedades fungosas. La oxigenación y el adecuado espacio para el desarrollo del sistema radicular, son elementos muy importantes considerados como factores de primer orden dentro de la técnica de producción de cultivo en sustrato.

Mojabilidad

Abad et al. (1996), citado por Mendoza, la expresan como el tiempo (en minutos) necesarios para que se absorban 10 ml de agua destilada, a través de la superficie de una muestra de sustrato seco a 40°C. El nivel óptimo es igual o inferior a 5 minutos.

Contracción de volumen

Cadahia et al. (1998), la definen como el porcentaje de pérdida de volumen cuando el sustrato se seca, referido al volumen aparente inicial en unas determinadas condiciones de humedad. Informan sobre el grado de variación de volumen del sustrato bajo condiciones de cultivo, en ciclos de humectación-desecación.

2.2.7.2 Propiedades químicas

Infoagro (2007), menciona que la reactividad química de un sustrato se define como la transferencia de materia entre el sustrato y la solución nutritiva que alimenta las plantas a través de las raíces. Esta transferencia es recíproca entre sustrato y solución de nutrientes y puede ser debida a reacciones de distinta naturaleza:

a) Químicas. Se deben a la disolución e hidrólisis de los propios sustratos y pueden provocar:

- Efectos fitotóxicos por liberación de iones H^+ y OH^- y ciertos iones metálicos como el Co_2^+ .
- Efectos carenciales debido a la hidrólisis alcalina de algunos sustratos que provoca un aumento del pH y la precipitación del fósforo y algunos microelementos.
- Efectos osmóticos provocados por un exceso de sales solubles y el consiguiente descenso en la absorción de agua por la planta.

b) Físico-químicas. Son reacciones de intercambio de iones. Se dan en sustratos con contenidos en materia orgánica o los de origen arcilloso (arcilla expandida) es decir, aquellos en los que hay cierta capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.). Estas reacciones provocan modificaciones en el pH y en la composición química de la solución nutritiva por lo que el control de la nutrición de la planta se dificulta.

c) Bioquímicas. Son reacciones que producen la biodegradación de los materiales que componen el sustrato. Se producen sobre todo en materiales de origen orgánico, destruyendo la estructura y variando sus propiedades físicas. Esta biodegradación libera CO_2 y otros elementos minerales por destrucción de la materia orgánica.

La actividad química aporta a la solución nutritiva elementos adicionales por procesos de hidrólisis o solubilidad. Si éstos son tóxicos, el sustrato no sirve y hay que descartarlo, pero aunque sean elementos nutritivos útiles entorpecen el equilibrio de la solución al superponer su incorporación un aporte extra con el que habrá que contar, y dicho aporte no tiene garantía de continuidad cuantitativa (temperatura, agotamiento, etc).

Nuez (1995), citado por Minero (2005), menciona que las propiedades químicas determinan la transferencia de elementos entre el sustratos, la solución, la raíz

de la planta, es decir, de las relaciones nutricionales (procesos de disolución, hidrólisis, intercambio de iones y reacciones de biodegradación).

Abad (1993), menciona que los materiales orgánicos son los componentes que contribuyen en mayor grado a la química de los sustratos, ya que interactúan con la solución nutritiva, suministrando nutrimentos, actuando como reserva de los mismos a través de la capacidad de intercambio catiónico, que a su vez depende en gran medida del pH del medio.

Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

Abad (1993), la define como la suma de cationes que pueden ser absorbidos por unidad de peso o de volumen del sustrato. Estos cationes quedan retenidos frente al efecto lixivante del agua y están usualmente disponibles para las plantas.

También concluye que el valor óptimo de los sustratos dependerá de la frecuencia del fertiriego que se maneje. Si la fertirrigación es permanente, la CIC de los materiales no representa ninguna ventaja, recomendándose mejor el uso de materiales inertes con nula o muy baja CIC. En cambio, si la fertirrigación es intermitente, será mejor la utilización de materiales con moderada o alta CIC, en todo caso superior a los 20meq/100g.

Lucena et al. (1991), menciona que en los materiales orgánicos utilizados como medios de cultivos para plantas en contenedor, la aplicación de quelatos es optimizada al manifestarse un efecto de acumulación en dichos materiales. Cabe mencionar que éste efecto puede tardar algunos días en presentarse.

Potencial Hidrógeno (pH)

Hartmann y Kester (1998), lo definen como un parámetro de medición de la concentración de iones hidrógeno; sus principales factores de influencia los encontramos en la disponibilidad de nutrientes y la actividad de la flora

microbiana benéfica. Un rango de pH de 5.5-7.0 es el mejor para el desarrollo de la mayoría de las plantas hortícola.

García (1999), reporta que el pH ejerce un efecto muy importante sobre la asimilación de los elementos nutritivos por parte de la planta. Existe un rango óptimo de pH para la absorción de cada elemento, aunque este rango es lo suficientemente amplio como para no generar serios problemas, con pH de 5.0-6.5, la mayoría de las sustancias nutritivas mantienen su máximo nivel de asimilación.

Ansorena (1994), menciona que el rango óptimo de pH en sustratos orgánicos esta comprendido entre 5.0 y 5.5. Dice que el objetivo del encalado será distinto según se trate de suelos minerales o de sustratos orgánicos; mientras que en los primeros se intenta reducir la concentración de aluminio al sustituirlo por calcio, en los sustratos orgánicos se tratara de neutralizar el exceso de iones hidrógeno, sin que haya necesidad de aportar calcio al medio de cultivo, siendo entonces superior la cantidad de cal necesaria para producir un aumento de pH en un suelo mineral, que la necesaria para un sustrato orgánico.

Abad (1993), menciona que en pH menor pueden presentarse deficiencias de N, K, Ca, Mg, B, etc., mientras con pH mayor las disponibilidades afectan a elementos como Fe, P, Mn, B, Zn, Cu. Los óxidos metálicos (de Fe, Mn, Cu, Zn, etc.) se hacen mas solubles al disminuir el pH(<5.0) pudiendo llegar a exceso que resulten tóxicos para las plantas.

Conductividad eléctrica

Abad (1993), dice que se refiere a la cantidad de sales solubles presentes en la solución del sustrato. Las causas que originan un incremento en la salinidad pueden ser:

- ❖ La presencia de fertilizantes insolubles;
- ❖ Cuando la cantidad de sales aportadas con el agua de riego o la solución de fertilizantes es superior a las cantidades absorbidas por la planta;
- ❖ Cuando el sustrato presenta una elevada CIC.

Ansorena (1994), menciona a la salinidad como el riesgo de acumulación de niveles excesivos de sales disueltas, lo que en un reducido volumen de medio de cultivo del que disponen las raíces de las plantas cultivadas en contenedor, siempre está amenazante. La salinidad de una solución acuosa se mide por su contenido en sales disueltas (mg/l o ppm) o, más comúnmente, por su capacidad para conducir la corriente eléctrica o conductividad en miliSiemens por cm (mS/cm), o microSiemens por cm (μ S/cm). Cuanto más sean las sales presentes en la solución, mayor será la conductividad y por consecuencia mayor la salinidad de la fase acuosa.

García (1999), dice que la concentración de sales solubles presentes en la solución del sustrato, es modificable por la disponibilidad de humedad del sustrato, el aporte de sustancias nutritivas y su forma de ser aportadas, el estado vegetativo del cultivo, la época del año, la humedad ambiente y la presencia de raíces en descomposición que incrementa la CIC.

Disponibilidad de los nutrientes

Cadahia et al. (1998), menciona que la mayoría de los sustratos minerales no se descomponen químicamente ni biológicamente y, desde un punto de vista práctico, se pueden considerar desprovistos de nutrimentos. Por el contrario, los sustratos orgánicos se difieren marcadamente entre sí en el contenido de nutrimentos asimilables. Así, algunos poseen un nivel reducido de éstos, mientras que otros presentan niveles elevados, dependiendo dicho nivel del origen del compost y del proceso de compostaje.

Relación Carbono - Nitrógeno (C/N)

Abad (1993), plantea que es un índice del origen de la materia orgánica, de su madurez y su estabilidad. Una relación C/N menor de 20 es considerada como óptima para el cultivo en sustrato, ya que es un material orgánico maduro y estable.

Guerrero (1992) citado por Ansorena (1994), propone intervalos óptimos de la relación C/N, para turbas, que son:

- < 20 Buena
- 20 – 25 Aceptable
- 25 – 30 Deficiente
- > 30 Mala

2.2.7.3 Propiedades biológicas

Bures (1999), las define como 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.

Entre las características biológicas destacan:

- Contenido de materia orgánica.
- Estado y velocidad de descomposición, entre otros.

Velocidad de descomposición

Abad (1993), menciona que todos los sustratos orgánicos son susceptibles de degradación biológica, viéndose favorecida esta situación por las condiciones ambientales que prevalecen en los invernaderos. La población microbiana es la responsable de dicho proceso, pudiendo resultar finalmente su actividad biológica en deficiencias de oxígeno y de nitrógeno, liberación de fitotoxinas y

contracción del sustrato. La velocidad de descomposición está determinada por la disposición de compuestos biodegradables (carbohidratos, ácidos grasos y proteínas); disposición que puede reducirse mediante el compostaje y mantenimiento de suficientes niveles de nitrógeno asimilable.

Canovas (1993), menciona que sin importar las características del medio de cultivo, éste siempre contará con cierta actividad biológica, de naturaleza e intensidad variable. Cuando los sustratos son inertes, la actividad biológica se presenta en forma parásita o saprofita a expensas de los nutrimentos o de las raíces.

Efecto de los productos de descomposición

Muchos de los efectos biológicos de los sustratos son directamente atribuibles a los ácidos húmicos y fúlvicos, que son los productos finales de la degradación de la lignina y la hemicelulosa. Las sustancias húmicas actúan como transportadoras de los micronutrientes para las plantas.

Actividad reguladora del crecimiento

Es conocida la existencia de actividad auxínica en los extractos de muchos materiales orgánicos utilizados en los medios de cultivo de las plantas.

Actividad enzimática

Se libera después de la descomposición de la materia orgánica. Se han identificado diferentes actividades enzimáticas (celulasas, proteasas, ureasas, etc.) en los sustratos orgánicos con efectos muy positivos sobre la nutrición vegetal.

2.2.7.4 Propiedades supresivas

Inhiben el desarrollo de determinados agentes fitopatógenos, especialmente hongos.

2.2.7.5 Otras propiedades

Cadahia (1998), menciona que otras de las propiedades importantes que se deben de considerar para la elección de materiales para la producción de plántulas es que deben de estar libres de patógenos y semillas de malas hierbas, deben ser de bajo costo, de fácil manejo, además de tener una capacidad de amortiguar cambios físicos, ambientales y químicos externos.

2.2.8 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 las mezclas y la calidad física, química y biológica de los sustratos

Abad (1993), afirma que no existe el sustrato ideal, pero si el mejor medio de cultivo para cada caso concreto, este depende de varios factores: tipo de material con que se trabaja (semillas, plantas, estacas, etc.), especie vegetal, condiciones climáticas, sistemas y regímenes de riego, aspectos económicos, estar disponible, etc.

El mismo autor determina que para obtener buenos resultados durante la germinación, el enraizamiento y el crecimiento de las plantas, se requieren las siguientes características:

Propiedades físicas

Elevada capacidad de retención de agua fácilmente disponible.

Suficiente suministro de aire.

Distribución del tamaño de las partículas que mantengan las condiciones antes mencionadas.

Baja densidad aparente.

Elevada porosidad total.

Estructura estable que impida la contracción o hinchazón del sustrato.

Propiedades químicas

Alta o apreciable CIC.

Suficiente nivel de nutrientes asimilables.

Salinidad reducida.

pH ligeramente ácido y moderada capacidad tampón.

Propiedades biológicas

Mínima velocidad de descomposición.

Otras propiedades

Libres de semillas de malas hierbas, nematodos y otros patógenos, y sustancias fitotóxicas.

Reproducibilidad y disponibilidad.

Bajo costo.

Facilidad en la preparación y el manejo.

Facilidad en la desinfección y estabilidad frente a ésta.

Resistencia a los cambios extremos físicos, químicos y ambientales.

2.2.9 Mezcla de sustratos

Abad (1993), publica que es raro que un material reúna por si 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 proporciones, para adecuarlo a las condiciones requeridas.

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 nutrientes, el desarrollo microbiológico, etc.

Tinus y Stephen (1979), mencionan algunas razones para realizar una buena mezcla, por ejemplo: ligereza en peso, uniformidad en composición, accesibilidad económica, fácil disponibilidad, carencia de plagas y enfermedades, alta CIC, elevada retención de humedad, buen drenaje y aireación.

Abad (1993), enfatiza que en la mezcla de los materiales la granulometría juega el papel más importante, por que al realizarse en materiales con tamaños de partículas diferentes, el volumen final es generalmente inferior a la suma de los volúmenes de los materiales originales. Además, cuanto más grande sea la diferencia del tamaño de las partículas, mayor será la reducción en volumen de la mezcla y porosidad. La proporción de dos o más materiales que hacen que la porosidad de la mezcla sea mínima se le denomina "proporción umbral". La existencia de esta proporción hace que las propiedades físicas de los medios de cultivo no sigan relaciones lineales al mezclar materiales distintos, imposibilitando el predecir las propiedades de una mezcla a partir de materiales originales, tantos más cuantos mayores sean las diferencias entre los tamaños de sus partículas.

El mismo autor menciona que el contenido de humedad de los materiales antes de ser mezclados deben fluctuar entre el 50 y 60 % en peso; si no se puede llevar los materiales a esta humedad, se añadirá un mojante (tipo tensoactivo o detergente agrícola).

Según la Norma Inglesa citada por Ansorena (1994), la humedad de algunos materiales, como la turba, debe alcanzar un valor mínimo del 30%, para que pueda mezclarse y humedecerse convenientemente.

Abad (1993), indica mezclas de 2 a 4 materiales como óptimos, con el objetivo de que los sustratos conseguidos sean económicamente viables.

2.3 Sustratos orgánicos utilizados

2.3.1 Peat moss o turba

Hartmann (1995), define la turba como restos de vegetación acuática, de pantanos, o marismas, que han sido conservados bajo el agua en estado de descomposición parcial, debido a la falta de oxígeno, lo que hace más lenta la descomposición bacteriana y química del material vegetal.

Turbas eutróficas y oligotróficas

Ballester (1992), clasifica a las turbas en eutróficas y oligotróficas, atendiendo su aspecto, el de las plantas que son su origen y las condiciones topográficas en las cuales se han formado estas.

Turbas eutróficas

Gaucher (1971), menciona que ésta es también conocida como turba cálcica, y se forma en depresiones donde la capa de agua permanece o descansa sobre un sustrato calcáreo, siendo su pH neutro o moderadamente ácido. La vegetación que ha dado origen a este material estuvo compuesta por musgo (hipnáceas), *Phragmitas* spp, *Carex* spp, *Juncos* y Cañaverales (*Fragmitas*). Todo este conjunto constituye turberas infracuáticas, llamadas también turberas planas inmergidas, alcalinas o basiclinas, términos que hacen alusión a las condiciones topográficas de las turberas o a la reacción del agua.

Ballester (1992), señala que estas turbas son de color oscuro o negro, de estructura fuertemente descompuesta y con propiedades físico-químicas, que las hacen, por si solas y sin tratamiento previo, poco favorables para el desarrollo de ciertas especies ornamentales, dada su baja porosidad, reducida capacidad de retención de agua, elevado contenido de caliza, y gran variabilidad en su estructura, pH, contenido en sales y riqueza en nutrientes.

Turbas oligotróficas

Resh (1987), menciona que esta turba está formada por la deshidratación de residuos resistentes e incluso partes vivas de plantas ácidas de pantanos del género Sphagnum. Este tipo de turbas son de las más apreciadas, y en ellas generalmente encontramos dos grupos principales de musgo Sphagnum, siendo estos del grupo Cymbiofolia y el grupo Acuatifolia.

Ballester (1992), menciona que el grupo de Cymbiofolia, tiene hojas largas en forma de cuenca, lo que le confiere una alta capacidad de retención y absorción de humedad. Las turbas originadas de este grupo se descomponen fácilmente.

Posadas (1999), menciona que se forman en zonas frías, con una alta pluviometría. Son turberas que tienen el centro más elevado que los bordes. Las fuertes lluvias y el hecho de tener una buena capacidad de drenaje, hace que estas zonas estén muy desmineralizadas. La falta de calcio mantiene a los grupos carboxilo y sulfhidrilo de la turba en su forma ácida. La reacción de estas turbas da un pH de 3.5 en esas condiciones, es decir cierta sequedad intermitente, y extrema pobreza nutritiva, aparte de la alta acidez; solo crecen plantas muy poco exigentes como los Esphagno. En las turberas altas también pueden aparecer musgos verdaderos, así como plantas pertenecientes al género Eriophorum. Las hojas de estas plantas dejan un residuo fibroso que recuerda la crin de un caballo. Un exceso de estas fibras disminuye el valor agrícola de esta turba.

Ballester (1992), divide a las turbas oligotróficas, según su grado de descomposición:

- a) de color claro o rubias.
- b) de color oscuro.

Turbas oligotrófica clara

Es de color pardo claro y se extrae del estrato más superficial de la turbera. Está poco descompuesta y conserva visiblemente la estructura de los musgos que la constituyen.

Es muy utilizada, dadas sus excelentes características físicas: estructura mullida, elevada capacidad de retención de agua (hasta 10 veces su peso), gran porosidad total, de (30 al 90 por ciento), y elevada capacidad de intercambio catiónico.

García (1996), menciona que el peat moss o turba, es un producto de origen canadiense, muy utilizado en los invernaderos de estados Unidos y México en la producción de plántulas de hortalizas y plantas de ornato, se encuentra disponible en el mercado en sacos de 113 libras.

Turbas oligotrófica negra

Es un material oscuro procedente de los estratos inferiores de la turbera, se puede observar que ha perdido su estructura. Posee una calidad inferior a la turba rubia, siendo menor su capacidad de retención de agua y la porosidad libre es de un 6 a 7 %. Posee un pH ácido y una interesante riqueza en ácidos húmicos y fúlvicos, solo retiene de 3 a 5 veces su peso en agua.

Sholto (1988), opina que en la producción de plántulas no debería usarse únicamente turba como medio de sustentación por ser poco uniforme, lo que podría dar lugar a zonas de poco desarrollo de las plántulas. Sin embargo, puede mezclarse con arena, vermiculita, perlita o pumita, para hacer sustratos más sueltos y mejorar así su aireación.

2.3.2 Corteza desmenuzada, aserrín y viruta de pino

De la Cruz et al. (1987) menciona que son desechos y en ocasiones un subproducto de aserraderos y talleres de carpintería. Normalmente se les

utiliza en mezclas de suelo para aumentar la capacidad de retención de humedad.

Hartmann y Kester (1988), menciona que cuando están frescos, algunos tipos de estos materiales pueden contener materiales tóxicos para las plantas, como fenoles, resinas, terpenos, y taninos, de tal manera que es necesario formar con ellos una composta, de 8 a 10 semanas antes de usarlos.

El aserrín es un sustrato muy abundante y barato en México. Su capacidad de retención de agua así como su espacio poroso se pueden hacer variar de acuerdo al tamaño de sus partículas o mezclando el aserrín con viruta.

Resh (1992), menciona que el aserrín fue adoptado como medio de cultivo, a causa de su bajo costo, ligereza y disponibilidad. Un aserrín moderadamente fino, o mezclado con una buena proporción de viruta, suele ser más adecuado, a causa de que la humedad se difunde lateralmente mejor con éstos que con el aserrín grueso.

Dado que el aserrín es un sustrato orgánico rico en carbono y pobre en nitrógeno se debe considerar que cuando se le irriga con la solución nutritiva, se presenta frecuentemente un proceso de descomposición parcial de ésta por bacterias que utilizan principalmente el nitrógeno de la solución para su crecimiento y reproducción, fijándolo temporalmente, lo que puede dar lugar a una deficiencia de este elemento en las plantas cultivadas en el aserrín. Por ello se considera conveniente realizar un composteo de este sustrato previo a su uso como medio de cultivo.

2.3.3 Fibra de coco

Cervantes (2003), menciona que es un sustrato con posibilidades de ser utilizado en cultivos sin suelos, como sustituto o componente de otros sustratos; sus propiedades se mantienen durante muchos años y es recomendable colocar un poco más de sustrato nuevo cada tres años para renovarlo. Tiene una capacidad de retención de agua de hasta 3 o 4 veces su

peso, un pH ligeramente ácido (6.3 a 6.5) y una densidad aparente de 200 kg/m³, su porosidad es bastante buena y debe ser lavado antes de su uso debido al alto contenido de sales que posee.

2.3.4 Fibra de lechuguilla

Hernández (2001), menciona que conforme se incrementa el porcentaje del residuo de tallado de la lechuguilla en el sustrato, la calidad de la planta disminuye hasta inhibir totalmente la germinación. Debido a los altos contenidos de sales (conductividad eléctrica) principalmente.

También menciona que el residuo del tallado de la lechuguilla solo o en alta concentración, no puede ser utilizado como sustrato para producir plantas de calidad, ni es un buen sustrato para la utilización de germinación de plantas.

2.3.5 Fibra de cortadillo

Romahn De La Vega (1992), menciona que *Nolina cespitifera* se aprovecha en México desde hace más de veinte años; se utiliza básicamente en la obtención de fibras para la fabricación de escobetillas, escobas y escobillones de barredoras mecánicas, aunque es una especie que también tiene potencialidad para la obtención de celulosa en la fabricación de papel, plásticos y fibras sintéticas y la obtención de sapogeninas esteroideas de su semilla.

Arredondo (1981), menciona que la fibra de esta especie es usada para la fabricación de cestos, sombreros, abanicos, mecate, cordelería y artesanías.

Cruse (1949), menciona que el aprovechamiento la fibra de las hojas de *Nolina texana* por los pobladores locales es más dedicado a la elaboración de escobas, pero debido al alto contenido de celulosa se espera que se encuentren otros usos para este material.

Los residuos del tallado de la fibra de *Nolina cepitifera* es utilizado para alimentar el ganado ovino, caprino y muy poco en vacunos. Los residuos del tallado de esta especie no han sido utilizados como sustrato para el cultivo de plantas de vivero, ni ornamentales.

2.4 Estudios a fines

Montes (1997), realizó una investigación con tres sustratos en la producción de plántulas de tabaco obteniendo que en el sustrato compuesto por celulosa las plantas alcanzaron mayor altura pero con menor desarrollo radicular y una lenta germinación. En cambio el sustrato compuesto de guiche de lechuguilla presento plantas de menor tamaño.

Bautista et al. (2005), realizaron un ensayo donde probaron tres combinaciones de sustratos en el crecimiento de *Pinus patula*.

S1: 30% peat moss, 30% corteza de pino y 40% tierra de monte.

S2: 40% peat moss, 40% corteza de pino y 20% vermicomposta.

S3: 50% corteza de pino y 50% tierra de monte.

Encontrando que las combinaciones de sustratos que contiene peat moss y tierra de monte propician un mejor desarrollo en altura y diámetro de esta especie.

Sánchez et al. (2005), llevaron acabo un experimento utilizando aserrín crudo mezclado con diferentes porciones de tierra de monte en la producción de planta forestal, para determinar a que nivel el aserrín es toxico en las plantas, encontrando que puede ser utilizado entre 60 y 80%.

III MATERIALES Y METODOS

3.1 Descripción del área de estudio

3.1.1 Ubicación del invernadero

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en una nave del invernadero perteneciente al Departamento Forestal, el cual se encuentra ubicado dentro de las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Buenavista, localizada al sur de la ciudad de Saltillo, (a 10km) por la carretera a Zacatecas, entre los paralelos 25°21' y 25° 22' de Latitud Norte y los meridianos 101° 01' y 101° 03' de Longitud Oeste. (Lara, 1996).

Altitud y Suelo

Comprende un área irregular situada en un valle formado entre la Sierra de Zapalinamé y la Sierra Cuchilla de Calabacita, a una altitud de 1754 m.s.n.m. Todo el valle tiene un suelo tipo rendzina y castañozem de origen aluvial, variando de somero a profundo y con afloraciones de roca caliza y lutitas (Lara, 1996).

Clima

El clima es seco y templado con lluvias en verano, principalmente. La temperatura media anual es de 17.8 °C, siendo los meses más calidos Junio, Julio y Agosto (con temperatura máxima de hasta 38 °C). Durante Enero y Febrero se registran las temperaturas más bajas, de hasta -10.4 °C con heladas regulares en el periodo de Diciembre a Febrero (Lara, 1996).

Precipitación

La precipitación media anual es de 490 mm y los meses más lluviosos son Julio, Agosto y Septiembre; lo anterior da como resultado un 64% de humedad

relativa media anual que se distribuye desigualmente; el verano es la estación con mayor humedad relativa y las estaciones de invierno y primavera de mayor sequía (Lara, 1996).

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 la producción; en forma general, son estructuras independientes, cubierta 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 del invernadero. Está conformado por una estructura cuadrada de lamina galvanizada, con paredes y techos de laminas 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 en el día y por la noche de 22°C, la segunda temporada que es otoño e invierno con 22°C en el día y por la noche 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 movimientos 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. La composición del sustrato que se utiliza para preparar la siembra en los contenedores, consiste en 155 litros de peat moss, 114 litros de vermiculita, 125 litros de agrolita o perlita y 1.5 kilogramos de osmocote, la porción de la mezcla es de 1:1:1:1.5. La cantidad obtenida de sustrato es suficiente para llenar 40 contenedores de 112 cavidades, 33 contenedores de 60 cavidades de tipo cónica ó 35 contenedores de 77 cavidades.

El sustrato que se utiliza no recibe ningún tipo de esterilización; la semilla que se utiliza para la siembra corresponde a diversas especies como: *Pinus greggi*, *Pinus cembroides*, *Picea mexicana* y *Pseudotsuga menziesii* principalmente, aunque se maneja cantidades pequeñas de muchas latifoliadas y también se introduce y cría una gran cantidad de especies hortícola para trabajos de investigación de otras áreas de la Universidad., las cuales tampoco reciben ningún tipo de tratamiento de germinación y esterilización.

3.1.4 Siembra

En la siembra, la capa de sustrato para cubrir la semilla se realiza de acuerdo al tamaño de la semilla, el criterio utilizado es dos veces el tamaño de la semilla a sembrar. El número de semillas va a depender de la especie que se utilice, para *Abies mexicana* se utilizan 3 a 4 semillas, para *Pseudotsuga mensiezii* de 2 a 3 semillas y para *Pinus greggi* de 1 a 2 semillas por cavidad; esto debido a que la semilla no recibe ningún método de limpieza y selección. Los riegos se efectúan cada tercer día, lunes, miércoles y viernes.

3.1.5 Colecta de la semilla

La semilla se colectó en cada una de las localidades nativas de la especie:

Localidad I. Maguey Verde, Querétaro.

Localidad II: Palmas Altas, Coahuila.

Localidad III: La Yesera, San Luís Potosí.

Localidad IV: Lomas del Orégano, Zacatecas.

Localidad V: Jagüey de Ferniza, Coahuila.

La semilla de las plántulas de borde se colectara en Garambullo, Coahuila.

Las áreas de colecta están conformadas principalmente de pinares mezclados, la selección de la semilla fue lo más homogénea posible, procurando que tengan más o menos el mismo peso, del tamaño del cono y sin que presenten lesiones causadas por agentes externos.

3.2 Descripción de las actividades que se realizaron

3.2.1 Materiales

Los materiales que se utilizaron en el experimento son los que a continuación se mencionan:

- 20 charolas de 77 cavidades
- Semillas de *Pinus pinceana* de seis localidades.
- Etiquetas, marcadores, libreta y formato de datos.
- Sistema de riego por aspersion.
- Tambos
- Una cama de crecimiento
- Veneno de ratas
- Fungicida “Manzate 200 DF” (mancozeb)
- Fibra de cortadillo
- Guiche de lechuguilla
- Fibra de coco
- Aserrín
- Peat moss
- Agrolita o perlita
- Vermiculita
- Osmocote

3.2.2 Actividades realizadas

Los sustratos se recolectaron 15 días antes de la preparación de las mezclas, la fibra de cortadillo y el guiche de lechuguilla se compraron en Notillas, Saltillo, Coahuila; la corteza de pino se trajo de San Antonio de las Alazanas, y , la fibra de coco y el peat moss se compraron en la tienda agroexpo de Saltillo, Coahuila.

Las mezclas de los sustratos se realizaron un día antes de la siembra, la cual se efectuó el 29 de Marzo de 2007. Los contenedores se llenaron con cada uno de los sustratos elaborados. Para la siembra, la semilla se cubre de acuerdo al tamaño de la misma, utilizando un criterio básico que es “dos veces el tamaño de la semilla”; se depositó una semilla por cada cavidad en el contenedor, lo cual nos da un total de 900 semillas sembradas, 180 semillas de cada localidad.

3.2.3 Riego

El agua es un elemento primordial para que haya vida en el planeta, el riego es indispensable para que las semillas germinen y la planta se mantenga con vida durante mucho tiempo,

El riego se realizó durante todo el tiempo que duró el experimento con el sistema semirobotizado; el primer riego se aplicó el día de la siembra y posteriormente cada tercer día.

3.2.4 Aplicación de fungicida

Los tratamientos 1 (Guiche de lechuguilla) y 3 (Fibra de cortadillo) se les tuvieron que aplicar fungicida (manzate 200 DF), por que estos medios de cultivos no venían libres de plagas ni de hongos, ya que al mes de haber empezado la germinación se presentó el hongo Damping off matando un porcentaje de plántulas germinadas. La aplicación se realizó dos veces, cada 8 días aplicando una dosis de 20 gramos en 19 litros de agua en las unidades experimentales que contenían estos medios de cultivos.

3.3 Descripción de la metodología empleada

3.3.1 Diseño experimental

Para este experimento se utilizó un diseño completamente al azar el cual constituyo de cinco tratamientos con cuatro repeticiones y con nueve plantas por repetición.

3.3.2 Modelo estadístico

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

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.

α_i = es el efecto del i -ésimo tratamiento.

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

3.3.3 Descripción de los tratamientos

Los tratamientos se formularon a base de la mezcla principal con que se trabaja en el invernadero del departamento de forestal, que es en proporción de 1:1:1 y se la agrega 1.5 Kg. de osmocote, este volumen alcanza para llenar 35 contenedores de 77 cavidades.

Se utilizaron 5 tratamientos incluyendo el testigo y fueron los siguientes:

- **Tratamiento 1:** 17.71 litros de guiche de lechuguilla + 13.02 litros de vermiculita + 14.28 litros de perlita + 171.43 gramos de osmocote.
- **Tratamiento 2:** 17.71 litros de aserrín + 13.02 litros de vermiculita + 14.28 litros de perlita + 171.43 gramos de osmocote.
- **Tratamiento 3:** 17.71 litros de fibra de cortadillo + 13.02 litros de vermiculita + 14.28 litros de perlita + 171.43 gramos de osmocote.
- **Tratamiento 4:** 17.71 litros de fibra de coco + 13.02 litros de vermiculita + 14.28 litros de perlita + 171.43 gramos de osmocote.
- **Tratamiento 5 (Testigo):** 17.71 litros de peat moss + 13.02 litros de vermiculita + 14.28 litros de perlita + 171.43 gramos de osmocote.

En todos los tratamientos se utilizaron las mismas proporciones de vermiculita, perlita y osmocote, lo que se sustituyó fue el sustrato orgánico el cual se utilizó en las mismas proporciones para todos los tratamientos.

3.3.4 Distribución de los tratamientos

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

3.3.5 Diseño de la unidad experimental

Para este experimento se utilizaron 45 semillas de *Pinus pinceana*, nueve semillas de cada localidad por cada unidad experimental, conteniendo como resultado 20 unidades experimentales, que permitieron un rango mayor de confiabilidad para los resultados a obtener, a cada unidad experimental se le colocaron semillas de borde.

Distribución de los tratamientos en la cama de crecimiento.

T2R4	T1R1	T3R4	T5R2	T4R2
T5R1	T2R3	T1R2	T4R4	T3R1
T4R3	T2R1	T3R3	T1R4	T5R3
T3R2	T5R4	T2R2	T4R1	T1R3

3.3.6 Análisis de pureza de la semilla

Para obtener la pureza deseada de la semilla se utilizaron mallas para separar el material inerte como son las ramillas, hojas y conillos. Para separar la semilla vacía o con daños se utilizó el método de flotación de la semilla en agua.

3.3.7 Variables evaluadas

Para las variables establecidas se tomaron todas las plantas que sobrevivieron hasta la tercera lectura que se efectuó el 12 de Agosto de 2007, de cada una de las unidades experimentales con sus respectivas localidades.

Las variables a evaluadas fueron las siguientes:

Sobrevivencia: El porcentaje de sobrevivencia se determinó a partir de que germinó la última semilla, que fue el 20 de Mayo hasta que se tomó la medición de las otras dos variables.

Altura de la plántula: La medición se realizó desde la base del tallo hasta el ápice de la plántula; esta medición se llevó a cabo con una regla graduada en centímetros.

Diámetro basal del tallo: La medición se realizó en la parte basal de la plántula; para tal medición se utilizó el vernier.

IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con los datos obtenidos en la presente investigación, se presentan los siguientes resultados y discusión para cada una de las variables evaluadas.

Diámetro de las plántulas

El resultado del crecimiento de las plántulas fue diferente en cada uno de los tratamientos. Dichas diferencias dependen mucho de las características físicas y nutricionales que cada uno de los sustratos presenta. En el análisis de varianza para esta variable, se encontraron diferencias estadísticas, con una alta significancia donde $Pr < F = .0001$, (Apéndice 1), lo cual indica que los sustratos influyen de manera significativa en el diámetro de las plántulas de *Pinus pinceana*.

Se realizó la prueba de comparación de medias de Tukey a 0.05, representada en el cuadro 1 donde se muestra que los tratamientos superiores en diámetro fueron el T5 (testigo) y el T4 (fibra de coco), con un diámetro medio de 2.82315 mm y 2.78816 mm, el tratamiento de menor respuesta fue el T1 (guiche de lechuguilla) con un diámetro medio de 2.4624 mm.

Cuadro 1. Prueba de comparación de medias de Tukey para el diámetro promedio (mm) en los diferentes tratamientos.

Tratamientos	Medias	Agrupación de tukey
5 Testigo	2.82315	A
4 Fibra de coco	2.78816	A
2 Aserrín	2.70697	BA
3 Fibra de cortadillo	2.63170	B
1 Guiche de lechuguilla	2.46624	C

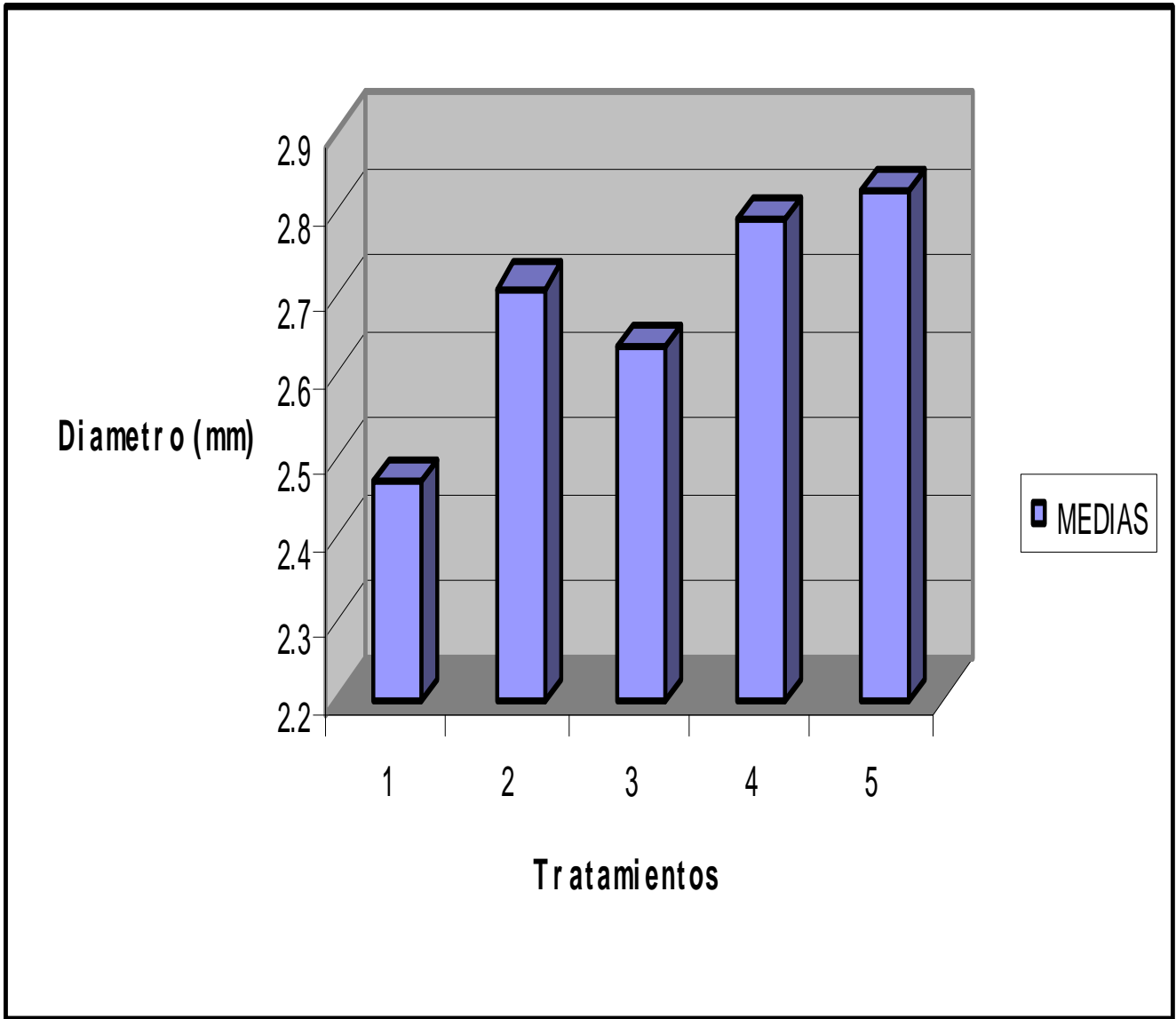


Figura 1. Representación grafica del diámetro (mm) de las plántulas en cada tratamiento.

Altura de las plantas

El análisis de varianza donde $Pr < F = .0001$, (Apéndice 2), muestra que para esta variable existe alta significancia, lo que nos indica que existen diferencias entre los sustratos; para esto se realizó la prueba de comparación de medias de Tukey al 0.05 (Cuadro 2) para establecer las diferencias de los tratamientos. Los resultados obtenidos muestran que los tratamientos superiores fueron el T4 (fibra de coco) y T5 (testigo) con un promedio de altura de 9.2996 cm y 9.289 cm.

Cuadro 2. Prueba de Tukey para el promedio de alturas (cm) de los diferentes tratamientos.

Tratamientos	Medias	Agrupación tukey
4 Fibra de coco	9.2996	A
5 Testigo	9.289	A
3 Fibra de cortadillo	8.8604	B
2 Aserrín	8.4649	B
1 Guiche de lechuguilla	7.5432	C

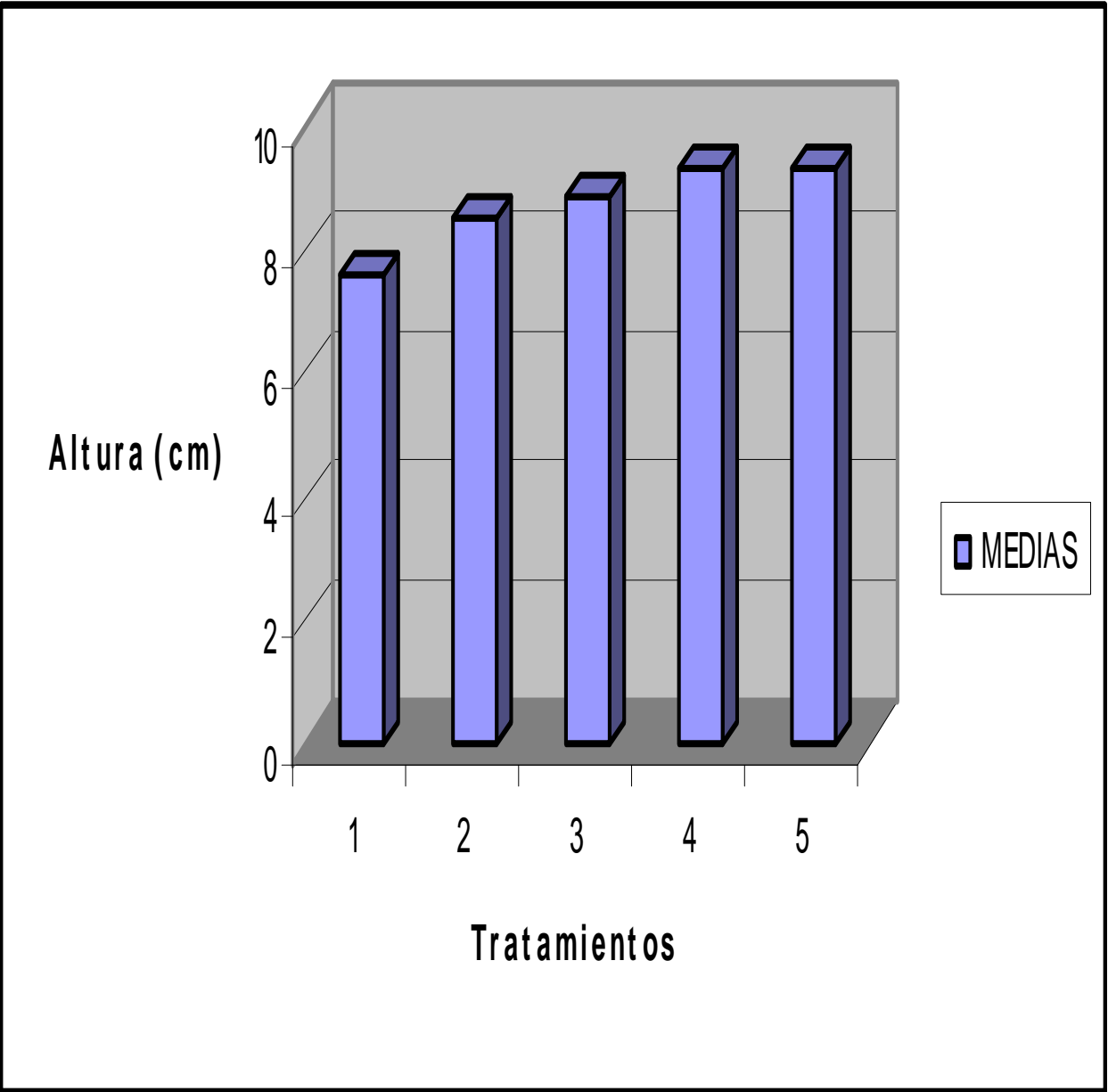


Figura 2. Representación grafica de la altura (cm) final del tallo en los diferentes tratamientos.

Diámetro por localidad

El resultado del crecimiento de las plántulas por localidad varía entre los tratamientos. El análisis de varianza para esta variable, presenta valores de diferencia estadística los cuales son significativos con una $Pr < F = .0001$, (Apéndice 3) lo cual indica que los sustratos influyen de manera significativa en el diámetro de las plántulas de cada localidad de *Pinus pinceana*.

El análisis de varianza, muestra que para la variable en estudio existe una diferencia significativa, lo que nos indica que existen diferencias en el incremento en diámetro entre las localidades, para esto se realizó la prueba de comparación de medias de Tukey al 0.05 (Cuadro 3) para establecer las diferencias de las localidades. Los resultados obtenidos muestran que las mejores localidades para esta variable fueron la loc. 4, loc. 2, loc. 3 y loc. 5, con un promedio de diámetro por localidad de 2.73935 mm, 2.73542 mm, 2.70554 mm y 2.68817mm, respectivamente.

Cuadro 3. Promedio del diámetro (mm) para las diferentes localidades.

Localidad	Medias	Prueba de tukey
4 Lomas del orégano Zacatecas	2.73935	A
2 Palmas altas Coahuila	2.73542	A
3 La yesera San Luís Potosí	2.70554	A
5 Jagüey de ferniza, Coahuila	2.68817	A
1 Maguey verde, Querétaro	2.54775	B

DIAMETRO POR LOCALIDAD

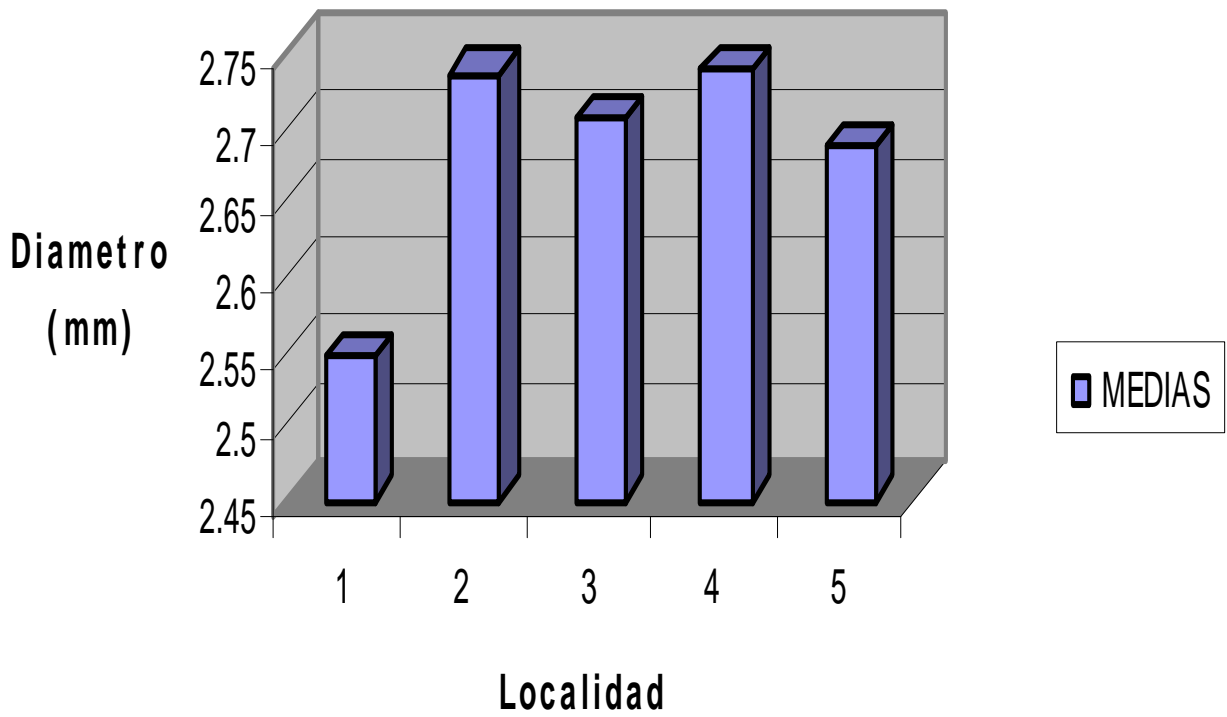


Figura 3. Representación grafica del diámetro (mm) en cada una de las localidades, para los diferentes sustratos.

Altura por localidad

El resultado del crecimiento en altura de las plántulas por localidad varía entre los tratamientos. El análisis de varianza (Apéndice 4) muestra que para esta variable en estudio existe una diferencia significativa mínima de 0.4133, lo que nos indica que existen diferencias entre las localidades. Se realizó la prueba de comparación de medias de Tukey al 0.05, (Cuadro 4), para establecer las diferencias de las localidades. Los resultados obtenidos muestran que las mejores localidades para esta variable fueron, la loc. 1 y loc. 4 con un promedio de altura por localidad de 8.9777 cm y 8.8774 cm.

Cuadro 4. Promedio de la altura (cm) para las diferentes localidades

Localidad	Medias	Agrupación tukey
1 Maguey verde Querétaro	8.9777	A
4 Lomas del orégano, Zacatecas	8.8774	A
2 Palmas altas, Coahuila	8.6007	BA
5 Jagüey de ferniza	8.5755	BA
3 La yesera, San Luís Potosí	8.4257	B

ALTURA POR LOCALIDAD

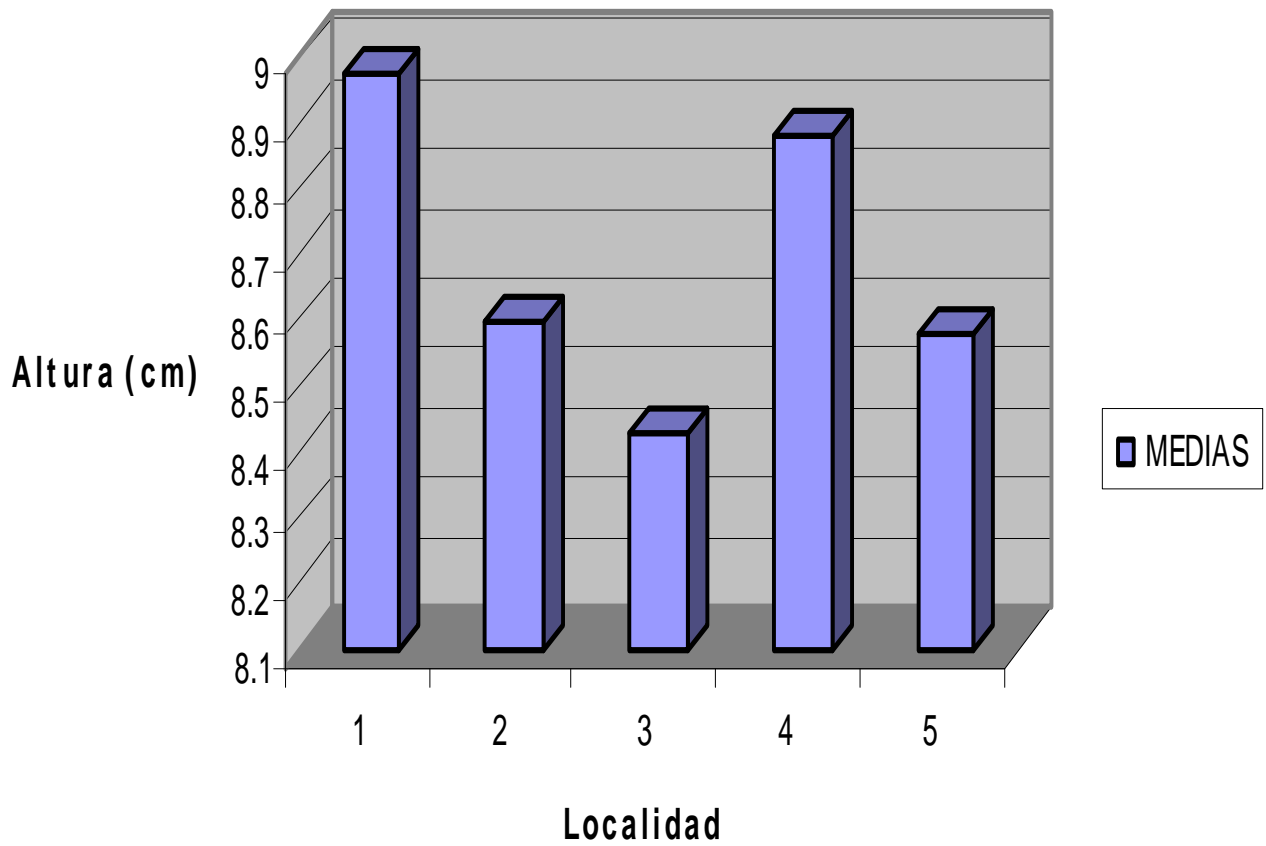


Figura 4. Representación grafica de la altura (cm) para las diferentes localidades.

Sobrevivencia

El resultado de la sobrevivencia mostró diferencias entre los tratamientos, la cual dependió de cada una de las características físicas y nutricionales de cada uno de los sustratos, como qué tan libres de plagas y enfermedades estaban.

El análisis de varianza presenta valores de diferencia estadística que son altamente significativos con una $Pr > F = .0001$, (Apéndice 5), lo cual indica que el tipo de sustrato tiene gran influencia en la sobrevivencia de *Pinus pinceana*.

El análisis de varianza, muestra que para esta variable en estudio existe alta significancia, lo que nos indica que existe diferencia entre los sustratos.

Se realizó la prueba de comparación de medias de Tukey al 0.05, (Cuadro 5), para establecer las diferencias de los tratamientos donde se muestra que los mejores tratamientos fueron T5, T4, T2 con un porcentaje promedio de 100 %, 98.889% y 98.036%, respectivamente.

Cuadro 5. Promedio de la sobrevivencia en porcentaje para los diferentes tratamientos.

Tratamientos	Porcentaje	Agrupación tukey
5 Testigo	100	A
4 Fibra de coco	98.889	A
2 Aserrín	98.036	A
3 Fibra de cortadillo	89.524	B
1 Guiche de lechuguilla	88.492	B

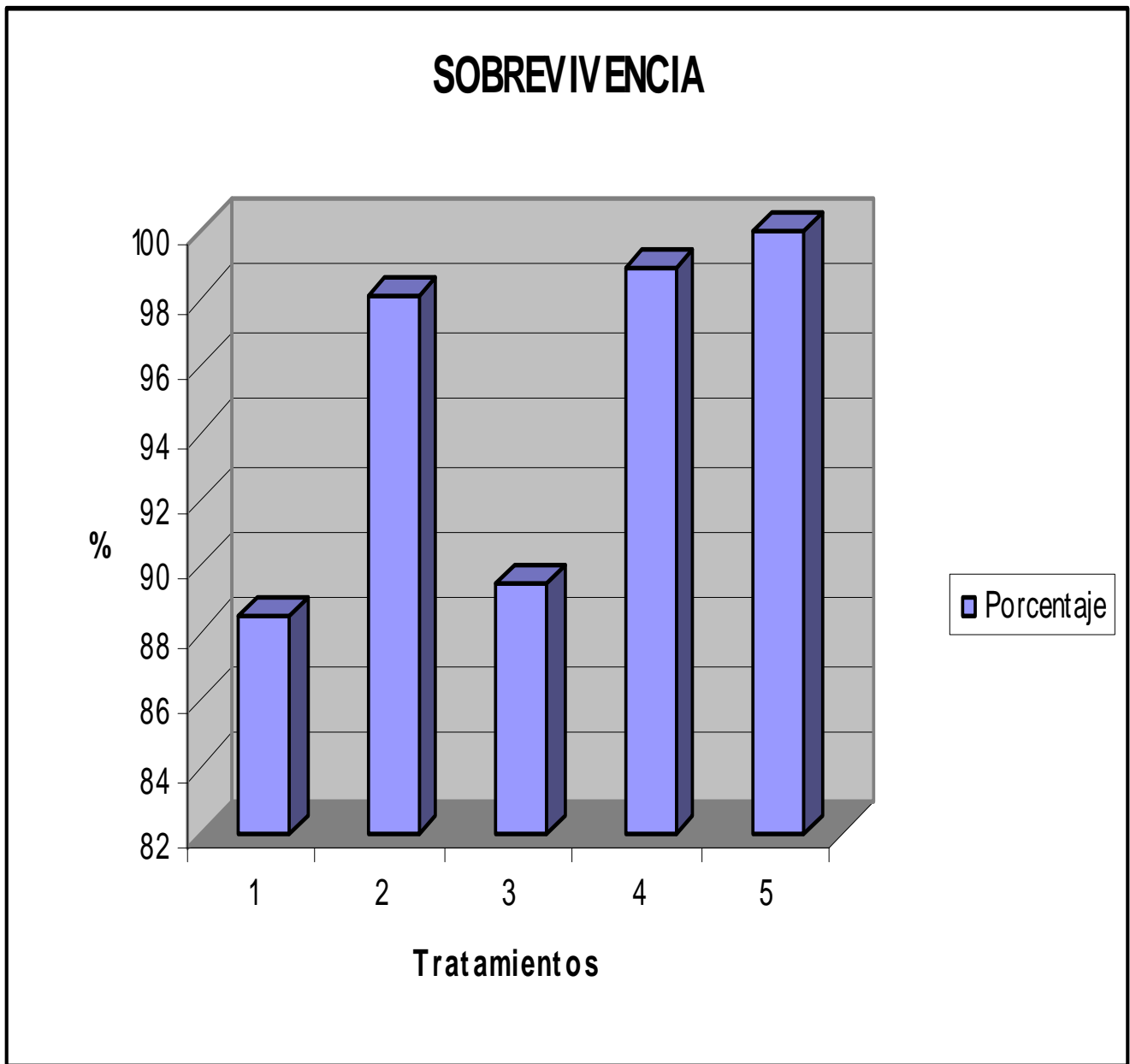


Figura 5. Representación grafica del porcentaje de sobrevivencia para los diferentes tratamientos.

V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Considerando los objetivos e hipótesis formulados y relacionándolos con los resultados obtenidos en la presente investigación, se puede concluir que:

En lo que respecta al crecimiento de las plántulas en los diferentes tratamientos se observó que hubo diferencias significativas en las tres variables evaluadas, siendo los tratamientos 5 (Testigo) y 4 (fibra de coco) donde se obtuvieron las mayores repuestas a los tratamientos, a los cuatro meses y medio de edad.

Con estos resultados se acepta la hipótesis alterna, puesto que si hubo diferencias en el crecimiento y sobrevivencia de las plántulas de *Pinus pinceana* por la influencia de los diferentes sustratos.

El sustrato que pudiera sustituir al peat moss en la proporción utilizada en este trabajo es la fibra de coco, ya que con la prueba de comparación de medias de Tukey que se realizó a las tres variables, muestra que el tratamiento 5 compuesto de Peat moss y el tratamiento 4 compuesto de fibra de coco son estadísticamente iguales.

Los sustratos 1 (Guiche de lechuguilla), 2 (Aserrín) y 3 (Fibra de cortadillo) son fáciles de obtener en la región pero con ellos no se producen plantas de calidad, el tratamiento 1 compuesto de guiche de lechuguilla y complementos, y el tratamiento 3 compuesto de fibra de cortadillo y complementos, son medios de cultivos que no ofrecen las mejores características físicas ni nutricionales para la producción de plántula de *Pinus pinceana*, ya que son materiales que por tener baja densidad aparente (Ser porosos) no retienen mucho la humedad y por lo tanto al trabajar con estos sustratos se requiere de riegos constantes, y el agua es un problema para el invernadero de la UAAAN. El tratamiento 2 compuesto de aserrín estadísticamente es igual al los tratamientos 4(Fibra de coco) y 5 (Testigo) en la variable de sobrevivencia y crecimiento en diámetro de *Pinus pinceana*.

Debido a que el tratamiento 1 (Guiche de lechuguilla) y el 3 (Fibra de cortadillo) se colectaron directamente a la intemperie y no se les aplicó ningún método de esterilización, fueron los dos medios de cultivos que presentaron el complejo de hongos que causan el Damping off y este factor provocó que el porcentaje de sobrevivencia disminuyera.

Con lo que respecta a las localidades se concluye que las plántulas de las localidades 4 (Lomas del orégano, Zacatecas), 2 (Palmas altas, Coahuila), 3 (La yesera San Luís Potosí), y 5 (Jagüey de ferniza, Coahuila) alcanzaron un mayor diámetro en todos los tratamientos, y la localidad 4 (Lomas del orégano Zacatecas) también alcanzó mayor altura.

Las plántulas de la localidad 1 (Maguey verde, Querétaro) presentaron menor diámetro pero mayor altura, por lo que se concluye que las plantas de esta localidad son plántulas delgadas y altas.

Las plántulas de la localidad 3 (La yesera, San Luís Potosí) alcanzaron un diámetro superior de 2.70554 mm y es la que obtuvo una menor respuesta a la altura siendo la mas baja, con un altura promedio de 8.4257 cm.

Los tratamientos en donde se obtuvieron las mayores repuestas de nuestras variables evaluadas que son diámetro promedio, altura promedio y sobrevivencia, fueron el T5 (testigo) y T4 (fibra de coco) probablemente porque estos medios de cultivo tienen características físicas, químicas y nutricionales adecuadas.

Recomendaciones

- Se recomienda utilizar mezclas de fibra de coco + perlita + vermiculita + osmocote como sustrato para la producción de plántulas de *Pinus pinceana*, además de ser un medio de cultivo que se puede obtener en el país.
- Se recomienda un estudio de costo-beneficio para determinar la factibilidad económica de la anterior recomendación.
- Se recomienda que los sustratos provenientes de desechos orgánicos que se deseen utilizar en la producción de plántulas de *Pinus* en vivero e invernadero se les aplique un método de esterilización para exterminarles plagas y patógenos que puedan afectar el crecimiento de las plántulas.
- Se recomienda que los sustratos de baja densidad aparente se combinen con sustratos que contengan partículas más pequeñas (arcillas) para que exista mayor retención de humedad en el sustrato y así generar plantas de buen vigor.
- Es recomendable seguir haciendo investigación con el guiche de lechuguilla, fibra de cortadillo y con otros residuos de cosecha que estén dispuestos en la región, buscando con ello nuevas alternativas para la producción de sustratos de bajo costo y conservando la calidad del ambiente.
- Es recomendable seguir realizando investigación de cada una de las localidades evaluadas para conocer más acerca de su germinación y crecimiento en su hábitat natural y así poder trabajar sobre su protección.

VI LITERATURA CITADA

- Abad, B. M. (1993). Sustratos, características y propiedades. Curso Superior de Especialización sobre: cultivos sin suelo. FIAPA. Almería, España.
- Abad, B. M. (1993). Sustratos, inventario y características. Curso Superior de Especialización sobre: cultivos sin suelo. FIAPA. Almería, España.
- Ansorena, M.J: (1994).Sustratos, Propiedades y caracterización. Ed. Mundi-Prensa España.
- Arredondo, v. d. 1981. Componentes de la vegetación del rancho demostrativo "Los Ángeles". Tesis profesional. UAAAN, Saltillo, Coahuila. 63 pp.
- Ballester, J. F. 1992. Sustratos para el Cultivo de plantas Ornamentales. Hojas Divulgativas No. 11/92 pp. 2, 24,32 Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación, Madrid, España.
- Burés, S. 1997.Sustratos. Ediciones Agrotécnicas S.L. Madrid, España.
- Burés, S. 1999. Introducción a los sustratos: aspectos generales. pp. 19-46.
- Cadahia, L. C. 1998. Fertirrigación, Cultivos Horticolas y ornamentales, Ediciones Mundi-Prensa, México.
- Cadahia, L. C. 1998. Fertirrigación, Cultivos Horticolas y ornamentales, Segunda Edición Revisada, Ediciones Mundi-Prensa, México.
- Calderón, F. 1989. El Cultivo Hidropónico. Manual Practico. Publicidad Artes – Gráficas Diseño. Bogota, Colombia.
- Canovas, M. F. 1993, Principios Básicos de la Hidroponía. Aspectos comunes y diferenciales de los cultivos con y sin suelo. Curso Superior de Especialización sobre: Cultivo sin Suelo. FIAPA. Almería, España. pp. 29-42.
- Cervantes F. M; 2003. Canal del Cultivo Continuo

www.infoagro.com/hortalizas/cultivo-continuo.htm.

Cruse, R. 1949. A chemurgic survey of the desert flora in the American Southwestern. *Economic Botany* 3(2).

De la cruz, J. A., Zarate, A., Preciado, S., Peña, A., Capo M. A, y Mendoza, A. 1987. *Manual de semillas, Viveros y Plantaciones Forestales*. Depto. Forestal.

Eguiluz P. T. 1978 *Ensayo de integración de los conocimientos sobre el genero Pinus en México*.

García, M. A. B. (1996), *Algunos sustratos orgánicos, sus mezclas, caracterización y procedimientos*. Tesis profesional en suelos. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coahuila.

García, P. J. M. 1999. *Propiedades y Características de los Sustratos*. Perlita, pp. 29-45.

Hartmann, H. T. y D. E. Kester. 1988. *Propagación de Plantas. Principios y Prácticas*. 2ª. Ed. CECSA. México. 760 pp.

Hartmann, H. T. y D. E. Kester. 1999. *Propagación de Plantas. Principios y Prácticas*. 7ª reimpresión, CECSA. México, pp 44.

Hartmann, H. T. 1995, *Propagación de Plantas, Principios y Prácticas*. Editorial CECSA, pp. 44-45, 53-54 México DF, México.

Hernández, H. E. 2001. *Evaluación del Residuo del Tallado de la Lechuguilla y cascarilla de Café, como sustratos para la producción de planta*. Tesis de licenciatura, Universidad autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

INE, 1994. *Norma Oficial Mexicana 059 que determina las especies y subespecies de flora y fauna silvestres terrestres y acuáticas en peligro de extinción, amenazadas, raras y las sujetas a protección especial, y*

que establece especificaciones para su protección Diario Oficial de la Federación, 1993, México.

Lara R. D. 1994. Prueba de germinación y sobrevivencia de *Pinus Cembroides* Zucc. Sobre ocho sustratos diferentes en etapa de vivero. Tesis licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 76 p.

Lucena, J. J., García, P., Manzanares, M. and Garate, A. 1991. Accumulative Effects of Chelates Addition to culture Substrates Used in Comercial Greenhouses. *Acta-Hortic.* Wageningen: International Society for Horticultural Science. (287) 197-205.

Martínez, M. 1948. Los pinos mexicanos, segunda edición, editorial botas, México.

Mendoza, M. L. M. 2006. Estudio de diversos sustratos orgánicos y aplicación foliar de ácidos fulvicos en la producción de plántula de Alcachofa (*Cynora scolymus*), var. Green Globe, en invernadero. Tesis de licenciatura, Universidad autónoma Agraria Antonio Narro, Buenacita, Saltillo, Coahuila, México.

Minero, A. A. 2005. productores de hortalizas. Selección de sustratos. *Meister, Media Worldwide*, año 14, No. 5, Mayo, Estados Unidos de America., pp. 14,16.

Pastor S. J. N. (ed.). Universidad de Lleida. España. De Boodt, M., O. Verdonck e I. Cappaert. 1974. Method for measuring the water release curve of organic substrates. *Acta Hort.* 37: 2054-2062.

Perry, P. J. 1991. The pines of México and Central America. Timber Press Portland, Oregon. 231 paginas.

Posadas, S. F. 1999. Propiedades y características de los sustratos. Turba y fibra de coco, PP. 65 – 92.

- Resh, A. M. (1982), Cultivos hidropónicos: nuevas técnicas de producción. Segunda edición, Ed. Mundi-Prensa, Madrid, España.
- Resh, A. M. (1992), Cultivos hidropónicos: Segunda edición, Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España.
- Resh, A. M. 1987, Cultivos hidropónicos, Ediciones Mundi-Prensa, pp. 89-98, Madrid, España.
- Romahn de la Vega, C. F., Principales Productos Forestales no Maderables de México. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, México, 250 pp.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Editorial Limusa, México
- Sholto, D.J. 1988. Hidropónia, como Cultivar sin Tierra pp. 24-25. Editorial BLUME. Barcelona, España.
- Tinus, W. R. and Stephen, E. M. 1979. How to Grown Tree Seedlings in Greenhouse. Technical Report R. M-60 Rock and Mountain Forest and Ranger Experiment Station. Forest Service U.S. D. A. pp. 20-27.
- Terrez, V; Artetxe, A; Beunza, A. 1997. Caracterización física de los sustratos de cultivo. Revista horticultura. No. 125. PP. 15-17.
- Venator, C. Y Liegel, H. L. 1985. Manual de Viveros Mecanizados para Plantas de Raíz Desnuda; y, Sistema Semimecanizado con Recipientes Menores de 130 cc. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Programa Nacional Forestal. Quito, Ecuador. pp 35-48.

www.infoagro.com. 2007.

VII APÉNDICE

Apéndice 1. Análisis de varianza de las medias generales para la variable diámetro en *Pinus pinceana* Gordon.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	24	2.32007595	0.09666983	5.58	<.0001
ERROR	75	1.29971586	0.01732954		
TOTAL	99	3.61979181			

C.V.= 4.91

FV	GL	ANOVA SS	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	4	1.61788813	0.40447203	23.34	<.0001
TRAT * LOC	16	0.20721253	0.01295078	0.75	0.7372
LOC	4	0.49497529	0.12374382	7.14	<.0001

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	75
Error del cuadrado medio	0.01733
Valor critico del rango estudentizado	3.95308
Diferencia significativa mínima	0.1164

AGRUPACIÓN		NO. DE		
TUKEY	MEDIAS	OBSERVACIONES	TRATAMIENTO	
A	2.82315	20	5	
A	2.78816	20	4	
BA	2.70697	20	2	
B	2.6317	20	3	
C	2.46624	20	1	

Apéndice 2. Análisis de varianza de las medias generales para la variable altura.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	24	48.16571295	2.00690471	9.18	<.0001
ERROR	75	16.39349926	0.21857999		
TOTAL	99	64.55921221			

C.V.=5.38

FV	GL	ANOVA SS	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	4	42.50720463	10.6268012	48.62	<.0001
TRAT * LOC	16	1.48223373	0.09263961	0.42	0.9716
LOC	4	4.17627458	1.04406865	4.78	0.0017

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	75
Error del cuadrado medio	0.21858
Valor crítico del rango estudentizado	3.95308
Diferencia significativa mínima	0.4133

AGRUPACIÓN		NO. DE	
TUKEY	MEDIAS	OBSERVACIONES	TRATAMIENTO
A	9.2996	20	4
A	9.289	20	5
B	8.8604	20	3
B	8.4649	20	2
C	7.5432	20	1

Apéndice 3. Prueba de Tukey de las medias generales para la variable diámetro (mm) por localidad.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	75
Error del cuadrado medio	0.01733
Valor critico del rango estudentizado	3.95308
Diferencia significativa mínima	0.1164

AGRUPACIÓN		NO. DE	
TUKEY	MEDIAS	OBSERVACIONES	TRATAMIENTO
A	2.73935	20	4
A	2.73542	20	2
A	2.70554	20	3
A	2.68817	20	5
B	2.54775	20	1

Apéndice 4. Prueba de tukey de las medias generales para la variable altura (cm) por localidad.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	75
Error del cuadrado medio	0.21858
Valor critico del rango estudentizado	3.95308
Diferencia significativa mínima	0.4133

AGRUPACIÓN		NO. DE	
TUKEY	MEDIAS	OBSERVACIONES	TRATAMIENTO
A	8.9777	20	1
A	8.8774	20	4
BA	8.6007	20	2
BA	8.5755	20	5
B	8.4257	20	3

Apéndice 5. Análisis de varianza de las medias generales para la variable sobrevivencia.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	4	2433.604183	608.401046	8.43	<.0001
ERROR	95	6855.308327	72.16114		
TOTAL	99	9288.912509			

C.V.=8.94%

FV	GL	ANOVA SS	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	4	42.50720463	10.6268012	48.62	<.0001

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	95
Error del cuadrado medio	72.16114
Valor critico del rango estudentizado	3.93274
Diferencia significativa mínima	7.4702

AGRUPACIÓN	NO. DE		
TUKEY	MEDIAS	OBSERVACIONES	TRATAMIENTO
A	100	20	5
A	98.889	20	4
A	98.036	20	2
B	89.524	20	3
B	88.492	20	1