

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA FORESTAL



Excelencia que trasciende

"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS
SISTRATOS PEAT MOSS CON EL
ELABORADO DE TURBA DE GUATEMALA"

TRABAJO DE GRADUACIÓN PRESENTADO POR

ANA LUCÍA ESTRADA HERRARTE

PARA OBTAR AL GRADO ACADÉMICO DE
LICENCIADA EN INGENIERÍA FORESTAL

GUATEMALA

2007

BIBLIOTECA
UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

*"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS
SISTRATOS PEAT MOSS CON EL
ELABORADO DE TURBA DE GUATEMALA"*

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA FORESTAL



Excelencia que trasciende

**“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS
SISTRATOS PEAT MOSS CON EL
ELABORADO DE TURBA DE GUATEMALA”**

TRABAJO DE GRADUACIÓN PRESENTADO POR

ANA LUCÍA ESTRADA HERRARTE

PARA OBTAR AL GRADO ACADÉMICO DE
LICENCIADA EN INGENIERÍA FORESTAL

GUATEMALA

2007

BIBLIOTECA
UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Vo. Bo:



Ingeniero Rodolfo Ortiz
Asesor


Ingeniero Cesar Castañeda
Director del Departamento de Ciencias Agrícolas
e Ingeniería Forestal

Tribunal:


Ingeniero Rodolfo Ortiz


Ingeniero Cesar Castañeda


Licenciado Marco Tulio Urizar

Fecha de aprobación: 08 de Octubre de 2007

Dedicado a:

Dios y la Virgen por estar siempre conmigo.

*A mis papás por los esfuerzos realizados y el apoyo brindado
durante toda mi vida.*

PREFACIO

La elaboración de este trabajo surgió al observar la diversidad de componentes ecológicos que posee Guatemala y que no han sido totalmente aprovechados, como es el caso de la turba en el área de las Verapaces, donde existe variedad de materia prima ha desarrollar para la elaboración de sustratos.

Por eso surgió el deseo de demostrar que la materia prima que poseemos en Guatemala tiene una eficiencia similar que la importada actualmente utilizada como sustrato.

De manera personal agradezco a la empresa AFOTESA por financiar este proyecto, a la Finca San José Armenia por poner a disposición sus instalaciones para realizar esta investigación.

Muy especialmente agradezco a mi asesor, Ingeniero Rodolfo Ortiz, por el apoyo y las observaciones aportadas, al Licenciado Marco Urizar por el tiempo y los consejos proporcionados.

CONTENIDO

	PÁGINA
PREFACIO	i
LISTA DE CUADROS	v
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE GRÁFICOS	viii
RESUMEN	ix
I INTRODUCCIÓN	1
II OBJETIVOS	3
III HIPÓTESIS	4
IV REVISIÓN DE LITERATURA	5
A. SUSTRATOS	5
1. ¿QUÉ ES UN SUSTRATO?	5
2. PROPIEDADES DE UN SUSTRATO	5
3. CARACTERÍSTICAS DE UN SUSTRATO	
IDEAL	11
4. TIPOS DE SUSTRATOS	13
5. DESCRIPCIÓN GENERAL DE ALGUNOS	
SUSTRATOS	14
B. TURBA	18
1. TURBA RUBIA	19
2. TURBA NEGRA	19
C. PINUS MAXIMINOI	20
1. DISTRIBUCIÓN	21
2. REQUERIMIENTOS AMBIENTALES	21
3. SEMILLA	21
4. PROPAGACIÓN SEXUAL	21
5. PERIODO DE SIEMBRA	21
D. VIVERO	22
1. MEDIOS DE CULTIVO	22

	2. BANDEJA O CONTENEDORES	22
	3. SUSTRATOS PARA PRODUCCIÓN EN VIVEROS	23
	E. ANÁLISIS QUÍMICO DEL SUSTRATO ELABORADO TURBA DE GUATEMALA Y PEAT MOSS IMPORTADO	25
V	MATERIALES Y MÉTODOS	27
	A. MATERIALES	27
	B. METODOLOGÍA	28
	1. PRIMERA FASE DE TRABAJO	28
	2. DISEÑO EXPERIMENTAL	28
	3. FASE DE ANÁLISIS	29
VI	RESULTADOS	31
	A. GERMINACIÓN	31
	B. CRECIMIENTO DE LA PLANTA	35
	C. PESO RADÍCULAR	42
	D. PRECIO DE LA TURBA DE GUATEMALA Y PEAT MOSS IMPORTADO	45
	E. DATOS ESTIMADOS DE CANTIDAD DE TURBA DISPONIBLE EN GUATEMALA PARA LA ELABORACIÓN DE SUSTRATO	45
VII	DISCUSIÓN	46
VIII	CONCLUSIONES	53
IX	RECOMENDACIONES	54
X	BIBLIOGRAFÍA	55
XI	APÉNDICE	57
APÉNDICE "A"	BANDEJAS DE 128 CM ³ EN SOMBRA DÍA DE SIEMBRA DESEMILLAS (27 DE ENERO DEL 2007)	57
APÉNDICE "B"	BANDEJAS DE 107 CM ³ EN SOMBRA A LOS 09 DÍAS DE SIEMBRA	57
APÉNDICE "C"	BANDEJAS DE 107 CM ³ SIN SOMBRA A LOS 09	

	DÍAS DE SIEMBRA	58
APÉNDICE "D"	GERMINACIÓN DE PLANTAS A LOS 24 DÍAS DE SEMBRADA EN BANDEJAS DE 107 CM ³ EN SOMBRA	58
APÉNDICE "E"	CRECIMIENTO DE PLÁNTULAS CON 75 DÍAS EN VIVERO EN BANDEJAS DE 107 CM ³ SIN SOMBRA	59
APÉNDICE "F"	CRECIMIENTO DE PLÁNTULAS CON 75 DÍAS EN VIVERO EN BANDEJAS DE 107 CM ³ SIN SOMBRA	59
APÉNDICE "G"	CRECIMIENTO PLÁNTULAS EN SOMBRA EN BANDEJA DE 128 CM ³ A LOS 75 DÍAS	59
APÉNDICE "H"	CRECIMIENTO EN BROZA COMO CONTROL A LOS 75 DIAS	60
APÉNDICE "I"	TAMAÑO DE PLANTA EN BANDEJA DE 107 CM ³ CON SOMBRA	60
APÉNDICE "J"	TAMAÑO DE PLANTA EN BANDEJA DE 107 CM ³ SIN SOMBRA	61
APÉNDICE "K"	TAMAÑO DE PLANTA EN BANDEJA DE 128 CM ³ CON SOMBRA	61

LISTA DE CUADROS

CUADRO		PÁGINA
Cuadro No. 1	Características físicas y químicas de materiales utilizados como sustratos	11
Cuadro No. 2	Propiedades físicas de un sustrato ideal	12
Cuadro No. 3	Valores de un sustrato ideal	12
Cuadro No. 4	Propiedades de las turbas	19
Cuadro No. 5	Interacción sustrato-clima-contenedor	23
Cuadro No. 6	Análisis químico Turba de Guatemala	25
Cuadro No. 7	Análisis químico de Turba rubia Sphagnum	26
Cuadro No. 8	Número y porcentaje de plantas vivas en bandeja de 107 cm ³ en sombra	31
Cuadro No. 9	Número y porcentaje de plantas vivas en bandeja de 107 cm ³ sin sombra	32
Cuadro No. 10	Número y porcentaje de plantas vivas en bandeja de 128 cm ³ en sombra	33
Cuadro No. 11	“Porcentaje de germinación de los tratamientos en las diferentes bandejas con sus condiciones a los 34 días de siembra	34
Cuadro No. 12	Control de germinación	34
Cuadro No. 13	Análisis de varianza para germinación	35
Cuadro No. 14	Promedio de alturas en vivero de dos lecturas para bandejas de 107 cm ³ en sombra	35
Cuadro No. 15	Promedio de alturas en vivero en dos lecturas para bandejas de 107 cm ³ sin sombra	36
Cuadro No. 16	Promedio de alturas en vivero dos lecturas para bandejas de 128 cm ³ en sombra	37
Cuadro No. 17	Comparación de promedios de altura (cm) de los cuatro tratamientos en las diferentes bandejas y condiciones ambientales en la ultima fecha de	

	medición.	37
Cuadro No. 18	Análisis de varianza para altura	38
Cuadro No. 19	Prueba de Tuckey para altura en los sustratos	38
Cuadro No. 20	Tamaño de las raíces, tallo y acículas en la bandeja de 107 cm ³ en sombra	39
Cuadro No. 21	Tamaño de las raíces, tallo y acículas en la bandeja de 107 cm ³ sin sombra	39
Cuadro No.22	Promedio de tamaño de las raíces, tallo y acículas en la bandeja de 128 cm ³ en sombra	39
Cuadro No. 23	Promedio de tamaño de raíces de cada sustrato en las diferentes bandejas y condiciones	40
Cuadro No. 24	Análisis de Varianza para raíces	41
Cuadro No. 25	Prueba de Duncan para raíces en las diferentes bandejas	41
Cuadro No. 26	Peso promedio de las raíces húmedas y secas en bandejas de 107 cm ³ en sombra con cada sustrato	42
Cuadro No. 27	Peso promedio de las raíces húmedas y secas en bandejas de 107 cm ³ sin sombra con cada sustrato	42
Cuadro No. 28	Peso promedio de las raíces húmedas y secas en bandejas de 128 cm ³ en sombra con cada sustrato	42
Cuadro No. 29	Comparación de promedios de raíces húmedas en las diferentes bandejas en sus respectivas condiciones	43
Cuadro No. 30	Análisis de varianza para peso radicular	44
Cuadro No. 31	Prueba de Tuckey peso radicular en bandejas	44
Cuadro No. 33	Precio del sustrato elaborado de turba de Guatemala y precio del Peat Moss importado en dólares y quetzales, ambos puestos en la ciudad de Guatemala	45

LISTA DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
Figura No 1. Comparación de dos sustratos tradicionales con el suelo	8
Figura No. 2 Distribución de agua-aire-sólido de diferentes turbas del mundo	20
Figura No. 3 Absorción de nutrientes por las raíces al sustrato	25

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO		PÁGINA
Gráfica No. 1	Porcentaje de plantas vivas en bandeja de 107 cm ³ en sombra	31
Gráfica No. 2	Porcentaje de plantas vivas en bandeja de 107 cm ³ sin sombra	34
Gráfica No. 3	Porcentaje de plantas vivas en bandeja de 128 cm ³ con sombra	32
Gráfica No. 4	Porcentaje de germinación de los sustratos en las diferentes bandejas con sus condiciones	33
Gráfica No. 5	Promedio de alturas en vivero de dos lecturas para bandejas de 107 cm ³ en sombra	34
Gráfica No. 6	Promedio de alturas en vivero de dos lecturas para bandejas de 107 cm ³ sin sombra	36
Gráfica No. 7	Promedio de alturas en vivero en dos lecturas para bandejas de 128 cm ³ en sombra	37
Gráfica No. 8	Comparación de promedios (cm.) de los cuatro sustratos en las diferentes bandejas y condiciones ambientales en la ultima fecha de medición	38
Gráfica No. 9	Promedio de tamaño de raíces de cada sustrato en las diferentes bandejas y condiciones	40
Gráfica No. 10	Comparación de promedios de raíces húmedas en las diferentes bandejas en sus respectivas condiciones	43

RESUMEN

Para determinar si existe una diferencia estadísticamente significativa en la utilización de sustratos elaborados de Turba de Guatemala, Turba de Guatemala mezclada con arena, Peat Moss importado y Peat Moss importado mezclado con arena; se realizó la producción de plántulas de la especie de *Pinus maximinoi* en bandejas de diferente volumen bajo condiciones ambientales distintas (sol y sombra) en vivero, analizando su germinación, crecimiento y desarrollo después de los dos meses y medio de haber sido plantadas.

Este análisis comparativo define la calidad del sustrato elaborado con materia prima de Guatemala, por experimentos físicos se demuestra que puede llegar a competir en el mercado con el sustrato Peat Moss importado y generar plantas de igual calidad.

Al comparar los sustratos elaborados de Turba de Guatemala con el Peat Moss importado se determina que no existe diferencia estadísticamente significativa entre el sustrato elaborado de materia prima de Guatemala contra el importado.

En la variable de respuesta días germinación no se encuentra ninguna diferencia significativa entre el sustrato de Turba de Guatemala, mezcla de Turba de Guatemala con arena, Peat Moss importado y mezcla de Peat Moss importado con arena.

En la variable de respuesta del tamaño de la planta se encontró una diferencia significativa en la altura de la planta, obteniendo mejores resultados con el sustrato de Peat Moss importado mezclado con arena, pero iguales resultados entre los sustratos de Turba de Guatemala mezclada con arena y Peat Moss importado.

En el desarrollo radicular de la planta no existe una diferencia significativa entre el sustrato a base de Turba de Guatemala con el de Peat Moss importado. Existe una diferencia significativa entre el tamaño de bandejas donde hay mayor desarrollo radicular en las bandejas con volumen menor (107 cm^3) que posee celdas más largas, que las bandejas con mayor volumen (128 cm^3) con celdas de mayor diámetro pero menor largo.

Existe una diferencia de costos del 63 % más económico al utilizar como sustrato el elaborado de Turba de Guatemala.

Se recomienda la utilización de Turba de Guatemala como sustrato para la producción de plantas en bandeja, ya que se obtiene resultados similares de calidad a los obtenidos en Peat Moss importado, pero a un menor costo.

Se recomienda realizar pruebas con la turba de Guatemala como sustrato con distintas mezclas en diferentes especies forestales y hortícolas producidas en bandeja.

I INTRODUCCIÓN

En los últimos tres años se importaron más de 74,000 quintales (MAGA, 2007), equivalente alrededor de un millón quinientos mil dólares, para la producción de plantas tanto agrícolas, forestales y ornamentales del sustrato Peat Moss provenientes de Estados Unidos, Canadá y de algunos países de Europa. Este producto importado incrementa en gran medida el costo de producción de plántulas en los viveros y estimula a que el déficit comercial de Guatemala siga aumentando y que su balanza comercial se deteriore cada día más. Donde Guatemala importa más productos de lo que exporta.

Guatemala posee una diversidad de flora y fauna sumamente extensa las cuales no se están aprovechando en su totalidad. La mayoría de productores y consumidores creen que todo el producto importado es mejor que el nacional, y no invierten tiempo en comprobar si esto es verdadero o falso.

Es por ello que el siguiente trabajo expone una comparación entre sustratos elaborados a base de turba encontrada en Guatemala y el Peat Moss importado actualmente utilizado en viveros. Aquí se plantea que no existe ninguna diferencia significativa entre los cuatro sustratos evaluados que se componen de: Turba de Guatemala, mezcla de turba de Guatemala con arena, Peat Moss importado y mezcla de Peat Moss importado con arena.

Para probarlo se trabajó con la especie de *Pinus maximinoi*, la cual es la tercera especie forestal más utilizada para el establecimiento de plantaciones en Guatemala a través del Programa de Incentivos Forestales (PINFOR), se estima un área plantada por incentivos forestales de 1997 al 2001 de 1,865.75 hectáreas de *Pinus maximinoi*.

Cada sustrato se trabajó en dos tipos de bandejas, la primera con un volumen de 128 cm³ y la segunda con un volumen de 107 cm³ con menor diámetro pero mayor largo de celdas que la bandeja con mayor volumen ambas con sombra de 50%. La bandeja de menor volumen se trabajó bajo dos condiciones diferentes: bajo sombra y expuesta al sol. Los resultados fueron analizados a los dos meses y medio de haberse sembrado la semilla.

Los resultados obtenidos en esta investigación son los utilizados para la comparación de los sustratos, donde a través de las variables de respuesta de días de germinación, tamaño de la planta y desarrollo radicular se determinó si existe una diferencia significativa entre los sustratos.

Estas variables determinaron que no existe una diferencia significativa entre la Turba de Guatemala y el Peat Moss importado utilizados como sustrato para la germinación y crecimiento de las plántulas de *Pinus maximinoi*, encontrando únicamente diferencias significativas en el tipo de bandeja a utilizar.

La utilización de un sustrato hecho a base de materias primas de Guatemala hacen que los costos del vivero disminuyan de manera considerable, por lo tanto al establecer que no existe ninguna diferencia significativa entre el sustrato elaborado de Turba de Guatemala y el Peat Moss importado, se recomienda el uso del mismo para la producción de plantas forestales en vivero.

II OBJETIVOS

A. OBJETIVO GENERAL

Comparar los sustratos elaborados con Turba de Guatemala con el Peat Moss importado y determinar si los sustratos elaborados con producto de Guatemala compiten tanto en calidad como en precio con el importado que se utiliza actualmente en viveros para la producción de plantas.

B. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Determinar el porcentaje de germinación de la especie *Pinus maximinoi* en el sustrato elaborado de Turba de Guatemala y el Peat Moss importado en condiciones de luz y sombra con diferente tamaño de bandeja; y comparar ambos resultados.
2. Determinar el crecimiento de las plántulas de *Pinus maximinoi* con Turba de Guatemala y Peat Moss importado en condiciones de luz y sombra con diferente tamaño de bandeja; y comparar ambos resultados.
3. Determinar el enraizamiento obtenido en plántulas de *Pinus maximinoi* en Turba de Guatemala y Peat Moss importado en condiciones de luz y sombra con diferente tamaño de bandeja; y comparar ambos resultados.
4. Determinar el precio del sustrato elaborado de Turba de Guatemala y el importado.

III HIPÓTESIS

Al utilizar sustrato elaborado de Turba de Guatemala y sustrato Peat Moss importado para la germinación y crecimiento de plántulas de la especie *Pinus maximinoi* no se encuentran diferencias estadísticamente significativas.

IV REVISIÓN DE LITERATURA

A. SUSTRATOS

1. ¿Qué es un sustrato?. Un sustrato se puede definir como todo material distinto del suelo, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, el cual colocado en un contenedor ya sea en forma pura o mezcla, permite el desarrollo y el anclaje del sistema radicular de la planta, desempeñando un papel de soporte para la planta. El sustrato puede o no intervenir en la nutrición mineral de la planta (Terres, 1997).

Un sustrato consiste en un sistema conformado por tres fases: sólida, líquida y gaseosa; en ese ambiente crecerán las raíces. (Valenzuela y Gallardo, 2003)

Los sustratos tienen la función de proveer soporte físico a la vez de proporcionar aire, agua y nutrientes para el apropiado funcionamiento de las raíces. Donde el equilibrio entre el agua retenida y la aireación en el medio de crecimiento es un aspecto esencial. (Pire y Pereira, 2003)

2. Propiedades de un sustrato

a. Propiedades físicas

1) Porosidad. La porosidad es la porción no sólida del volumen del sustrato, el cual está ocupado por aire o agua en una cierta proporción. El porcentaje adecuado de porosidad no debe ser menor al 80-85% (Pire y Pereira, 2003). Un sustrato, debe tener suficientes poros pequeños para retener el agua que va a absorber la planta y suficientes poros grandes para permitir el intercambio de aire con el medio externo y mantener las concentraciones de oxígeno por encima de los niveles críticos (Pire, 2003).

La administración de los flujos de agua y aire dentro de un sustrato dependerán, principalmente, de la calidad del espacio poroso del medio. Sin embargo no es suficiente que el sustrato posea una elevada porosidad total, sino que es necesario que ésta se encuentre convenientemente repartida entre poros de gran tamaño a macroporos, que se hallan ocupados por aire, y poros de menor tamaño o microporos que alojan agua en su interior (Calderón, 2006).

Los poros en un sustrato están determinados por la irregularidad en la forma de sus partículas primarias y agregados, implicando una lata heterogenidad en el tamaño, forma y dirección del mismo (Calderón, 2006).

El grosor de los poros condiciona la aireación y retención de agua del sustrato. Poros gruesos suponen una menor relación superficie/volumen, por lo que el equilibrio tensión superficial/fuerzas gravitacionales se restablece cuando el poro queda sólo parcialmente lleno de agua, formando una película de espesor determinado. (Terres, 1997)

1) Densidad. La densidad de un sustrato se refiere al material sólido que lo compone lo que se conoce como densidad real, la densidad calculada considera el espacio total ocupado por los componentes sólidos más el espacio poroso, y se denomina porosidad aparente, que indica indirectamente la porosidad del sustrato y la facilidad de transporte y manejo. Los valores de densidad aparente preferibles oscilan entre (0.7 – 1) ya que resultan económicamente beneficioso, debido a que mejora significativamente la capacidad operacional del medio de cultivo, disminuyendo los costos de transporte y manipulación de materiales. (Calderón, 2006)

La densidad aparente representa el peso seco del medio con relación al volumen total que ocupa mientras que la densidad de las partículas está representada por el mismo peso con relación al volumen del material sólido (Pire y Pereira, 2003). La densidad aparente es utilizada para estimar la capacidad total de almacenaje del medio de cultivo y su grado de compactación (Calderón, 2006).

2) Estructura. Puede ser granular como la de la mayoría de los sustratos minerales o bien fibrilares. La primera no tiene forma estable, acoplándose fácilmente a la forma del contenedor, mientras que la segunda dependerá de las características de las fibras. Si son fijadas por algún tipo de material de cementación, conservan formas rígidas y no se adaptan al recipiente pero tienen cierta facilidad de cambio de volumen y consistencia cuando pasan de secas a mojadas (Llurba, 1997).

3) Granulometría. El tamaño de los gránulos o fibras condiciona el comportamiento del sustrato, ya que además de su densidad aparente varía su comportamiento hídrico a causa de su porosidad externa, que aumenta de tamaño de poros conforme sea mayor la granulometría (Terres, 1997).

La mayoría de las partículas en componentes orgánicos como inorgánicos para sustratos deberán encontrarse entre 0.5 y 4 mm, y con menos del 20% presente en partículas más finas que 0.5 mm (Iskander, 2002).

4) Aireación. Todas las plantas necesitan oxígeno para respirar. La condición óptima de una planta es donde el intercambio gaseoso con la atmósfera es rápido. Tasas

de intercambio por sobre los $(40 \times 10^{-4} \text{ g /m}^2)$ resultan suficientes para la mayoría de la especies cultivadas (Calderón, 2006).

Para entender la dinámica de los gases en un medio de cultivo es necesario determinar el tipo de material utilizado, el tamaño y continuidad de sus poros, la temperatura, profundidad, humedad y actividad microbiológica de los sustratos (Calderón, 2006).

Sustratos a base de cortezas, fibras de madera, perlita y turba, han mostrado algún grado de dificultad al paso del aire, debido al pequeño tamaño o discontinuidad de sus poros (Calderón, 2006).

5) Capacidad de retención de agua. Es el volumen de agua que se retiene después del riego y el drenaje. La cantidad de agua retenida por un medio particular es depende de la distribución del tamaño de las partículas y la altura del recipiente. Cuando un medio determinado se ha saturado con agua y se ha permitido drenar libremente, se dice que el medio está a la "capacidad del recipiente". El volumen del medio ocupado por el aire a este nivel de humedad es la denominada porosidad de aireación o espacio drenable de poros (Pire y Pereira, 2003).

El agua cumple un papel fundamental en la dinámica del continuo sustrato-planta-atmósfera, debido a su participación en la mayoría de los procesos metabólicos de la planta. Junto con esto, el agua favorece la penetración de las raíces, a través de la lubricación del sustrato, y permite la absorción de los nutrientes (Calderón, 2006).

Dentro de un sustrato, el agua es retenida de dos formas, como una delgada película que envuelve las partículas y agregados, adsorción, o en fase líquida dentro de los poros de menor tamaño (Calderón, 2006).

Para evaluar la capacidad de retención de agua se utiliza una curva que tiene una forma particular para cada sustrato y refleja con precisión la distribución del tamaño de los poros de acuerdo a potenciales hídricos de 10, 50 y 100 cm. (Pire y Pereira, 2003).

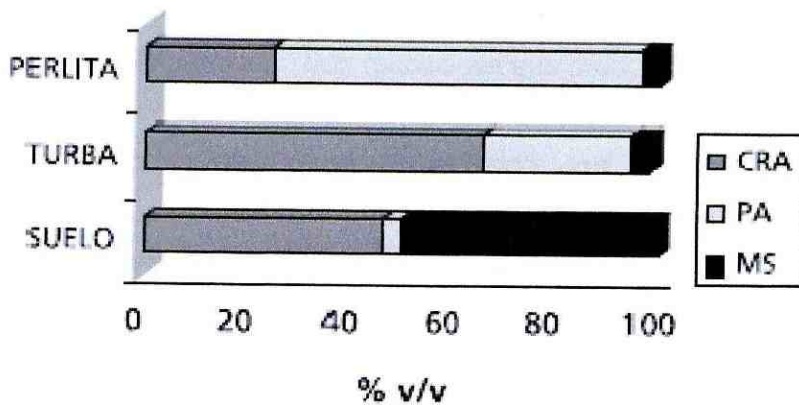
Un sustrato puede presentar una pobre retención de agua fácilmente disponible cuando: 1) Su porosidad total es baja. 2) Los poros son grandes y gran parte del agua se pierde por gravedad. 3) Los poros son muy pequeños y la planta no es capaz de extraer una parte importante del agua. 4) Existe una elevada concentración de sales en la solución acuosa y 5) Una combinación de las situaciones anteriores (Calderón, 2006).

Según Fonteno (1993) y Ansorena (1994) citado por Pire y Pereira (2003) propusieron el uso de podómetros para realizar dichas determinaciones. Estos instrumentos están representados por cilindros con un volumen conocido que permite

calcular la capacidad de retención de agua y de aireación después de dejar drenar por determinado tiempo cualquier medio poroso colocado en su interior. Es deseable un mínimo de 55% con base en volumen, para una maceta o recipiente de 10 – 15 cm de altura. Se desea que el volumen de agua total disponible para la planta debe aproximar por lo menos 30% del volumen total del sustrato (Iskander, 2002).

En la siguiente figura se muestra un ejemplo de la capacidad de retención de agua (CRA), poros con aire (PA) y material sólido (MS) de dos sustratos tradicionales (perlita y turba) en comparación con el suelo. El hecho que este último presente aproximadamente el 50% de espacio poroso total (EPT = CRA + PA) indica su uso inadecuado para contenedores.

Figura No 1. Comparación de dos sustratos tradicionales con el suelo



(Valenzuela y Gallardo, 2003)

b. Propiedades químicas. 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 (Llurba, 1997).

El sustrato ideal debe proveer nutrientes asimilables, en tiempo y forma, por la planta. Algunos ejemplos de estos nutrientes son: nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), azufre (S), calcio (Ca), magnesio (Mg), correspondientes ellos a los considerados macroelementos (necesarios en cantidades importantes), el hierro (Fe), en menos cantidades; y cobre (Cu), cinc (Zn), sodio (Na), manganeso (Mn), boro (B), cloro (Cl) y molibdeno (Mo), entre los microelementos (Giardina y Clozza, 2006).

1) 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. (Teuscher y Adler, 1980)

2) Fisico-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.

3) 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 , NH_4 , N_2H y otros elementos minerales por destrucción de la materia orgánica. (Teuscher y Adler, 1998)

Normalmente se prefieren sustratos inertes frente a los químicamente activos. 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). Los procesos químicos también perjudican la estructura del sustrato, cambiando sus propiedades físicas de partida. (Teuscher y Adler, 1998).

c. Propiedades biológicas. Los microorganismos compiten con la raíz por oxígeno y nutrientes. También pueden degradar el sustrato y empeorar sus características físicas de partida. Generalmente disminuye su capacidad de aireación, pudiéndose producir asfixia radicular. La actividad biológica está restringida a los sustratos orgánicos y se eliminarán aquellos cuyo proceso degradativo sea demasiado rápido. (Martínez, 1997)

d. Velocidad de descomposición. La velocidad de descomposición es función de la población microbiana y de las condiciones ambientales en las que se encuentre el sustrato. Ésta puede provocar deficiencias de oxígeno y de nitrógeno, liberación de sustancias fitotóxicas y contracción del sustrato. La disponibilidad de compuestos biodegradables (carbohidratos, ácidos grasos y proteínas) determina la velocidad de descomposición (Martínez, 1997)

e. Efecto de los productos de descomposición. Muchos de los efectos biológicos de los sustratos orgánicos se atribuyen a los ácidos húmicos y fúlvicos, que son los productos finales de la degradación biológica de la lignina y la hemicelulosa. Una gran variedad de funciones vegetales se ven afectadas por su acción (Martínez, 1997)

f. Actividad reguladora del crecimiento. Es conocida la existencia de actividad auxínica en los extractos de muchos materiales orgánicos utilizados en los medios de cultivo (Martínez 1997)

g. Índice de acidez. El pH es un indicador de la acidez y de la alcalinidad de una sustancia la cual se mide de 0 a 14, donde los líquidos ácidos tienen un pH bajo, y los básicos tienen un pH alto. Está determinado por el número de iones libres de hidrógeno (H^+) en una sustancia. (Chiquín, 2003)

Según el pH del sustrato, estarán disponibles en mayor o menor medida los nutrientes. Por ejemplo, con un pH bajo (< 7) están poco disponibles los iones de calcio, azufre y potasio, mientras que a pH alto son poco asimilables los iones de fósforo, hierro, manganeso, cinc, calcio, etc. La Turba, por lo general, suele utilizarse como constituyente que baja el pH (Giardina y Clozza, 2006)

La acidez es una de las propiedades más importantes del agua. El agua disuelve casi todos los iones. El pH sirve como un indicador que compara algunos de los iones más solubles en agua (Chiquín, 2003)

Cuando el sustrato utilizado es muy ácido ($pH < 5.0$) o alcalino ($pH > 7.5$) suelen aparecer síntomas de deficiencia de nutrientes, no debido a sus escasez en el medio de crecimiento sino por hallarse en formas químicas no disponibles para la planta (Dorronsoro, 2005).

h. Conductividad eléctrica. Es la capacidad de un cuerpo de permitir el paso de la corriente eléctrica a través de sí. (Chiquín, 2003). Se le considera un indicador de la "carga nutricional" o disponibilidad inmediata de nutrientes y la calidad del agua. La conductividad eléctrica es un indicador de la "carga nutricional" o disponibilidad inmediata de nutrientes y la calidad del agua. (Dorronsoro, 2005)

El siguiente cuadro elaborada por Valenzuela y Gallardo (2003) muestra las características físicas y químicas de materiales utilizados como sustratos donde se observa el espacio poroso total (EPT), la capacidad de retención de agua (CRA), poroso con aire (PA), densidad aparente (DA), densidad real (DR), materia orgánica (MO), conductividad eléctrica (CE) y reacción del sustrato (pH) de los diferentes sustratos. Las determinaciones se realizaron en el laboratorio de Sustratos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias UNER, según la propuesta metodológica de la Sociedad Española de Ciencias Hortícolas; la CE y pH se analizaron con el método de extracto de saturación.

Cuadro No. 1 Características físicas y químicas de materiales utilizados como sustratos¹⁾

Sustratos	EPT	CRA (% v/v)	PA	DA (g/cm ³)	DR (g/cm ³)	MO (%)	CE (dS/m ¹)	pH
Suelo de almáguo	59,38	57,38	2,00	1,03	2,53	6,36	1,00	5,43
Suelo + Compost de basura	58,50	52,25	6,24	1,04	2,51	7,17	0,91	7,53
Suelo + Mantillo (3:1)	62,28	54,80	7,48	0,91	2,41	12,77	0,76	6,98
Mantillo de selva en galería	74,97	62,78	12,19	0,64	2,54	5,61	0,82	5,78
Mantillo de monte	83,78	21,70	62,06	0,35	2,14	31,29	2,16	4,33
Turba de arroyo + Arena (1:1)	70,08	61,92	8,12	0,74	2,46	10,06	0,09	4,63
Turba de arroyo	85,46	62,79	22,67	0,31	2,10	34,24	0,78	4,63
Turba del Delta E.R. (tamiz < 1 cm)	92,80	39,02	53,78	0,12	1,70	75,96	1,71	3,63
Turba del Delta E.R. (tamiz > 1 cm)	93,03	15,51	77,42	0,11	1,58	82,74	0,91	3,58
Turba de Tierra del Fuego	94,59	66,03	28,56	0,08	1,54	93,20	0,58	5,18
Sustrato comercial importado Alemania	92,30	39,53	52,47	0,12	1,57	89,41	1,69	5,52
Sustrato comercial importado Canadá	93,85	57,07	36,78	0,12	1,86	55,10	0,74	5,48
Perlite agrícola	96,17	25,28	70,89	0,10	2,64	0,52	0,04	7,73
Cáscara de arroz	93,78	30,24	63,53	0,10	1,65	79,05	0,68	6,33
Cáscara de arroz carbonizada	92,39	19,65	72,74	0,14	1,88	53,87	1,65	6,67
Lombricomposto residuo domiciliario	73,06	62,78	10,28	0,64	2,14	31,13	5,76	7,33
Rango óptimo	> 85,00	55-70	15-30	<0,40	—	—	0,75-3,39	5,2-6,3

(Valenzuela y Gallardo, 2003)

3. Características de un sustrato ideal. Un sustrato ideal es aquel que

proporcione a la planta las mejores condiciones para su crecimiento, que posea un bajo impacto ambiental y que la relación costo/beneficio sea adecuada para el sistema productivo en cuestión. (Valenzuela y Gallardo, 2003)

El mejor medio de cultivo depende de numerosos factores como son el tipo de material vegetal con el que se trabaja (semillas, plantas, estacas, etc.), especie vegetal, condiciones climáticas, sistemas y programas de riego y fertilización, aspectos económicos, etc.

Para obtener buenos resultados durante la germinación, el enraizamiento y el crecimiento de las plantas, se requieren las siguientes características del medio de cultivo. (Urrestarazu, 1997)

1. Propiedades físicas

- Elevada capacidad de retención de agua fácilmente disponible.
- Suficiente suministro de aire.
- Distribución del tamaño de las partículas que mantenga las condiciones anteriores.
- Baja densidad aparente.

- Elevada porosidad.
- Estructura estable, que impida la contracción o hinchazón del medio (Terres *et al.* 1997).

El cuadro de la siguiente paginas muestra los valores ideales y los valores de sustratos utilizados para la producción de plantas ornamentales en maceta, de porosidad total, retención de agua, capacidad de aireación, agua disponible y el peso húmedo en el sustrato. Los valores fueron determinados por Iskander (2002) en sustratos colocados en macetas de 15 cm de profundidad y bajo condiciones de capacidad de contenedor (riego de saturación seguido por drenaje hasta equilibrio hídrico). Donde se consideró turba del musgo Sphagnum y mezcla compuesta por partes iguales de Turba, Arena y aserrín de madera.

Cuadro No. 2 "Propiedades físicas de un sustrato ideal"

Sustrato	Porosidad total	Retención de agua	Capacidad de aireación	Agua disponible	Peso húmedo
	(% , en base al volumen total del sustrato)				(kg litro ⁻¹)
Sustrato ideal	70 – 85	55 – 70	10 – 20	> 30	1.0 – 1.5
Turba – Perlita	93	73	20	48	0.87
Turba - Vermiculita	94	81	13	60	0.99
Mezcla U. de C	73	62	11	44	1.14

(Iskander, 2002)

El cuadro en la siguiente página se muestran los datos de las propiedades físicas y químicas que debe llevar un sustrato ideal.

Cuadro No. 3 "Valores de un sustrato ideal"

Característica	Valor
Densidad aparente	0.22 g/cm ³
Densidad real	1.44 g/cm ³
Espacio poroso total	85%
Fase sólida	10 – 15 %
Agua de reserva	6 – 10 %
pH	5.5 – 6.5
Capacidad de intercambio Cationico	10-30 meq/100 g peso seco

(FAO, 2002)

b. Propiedades químicas

- Baja o apreciable capacidad de intercambio catiónico, dependiendo de que la fertirrigación se aplique permanentemente o de modo intermitente, respectivamente.
- Suficiente nivel de nutrientes asimilables.
- Baja salinidad.
- Elevada capacidad tampón y capacidad para mantener constante el pH.
- Mínima velocidad de descomposición (Llurba, 1997).

c. Otras propiedades. Libre de semillas de malas hierbas, nematodos y otros patógenos y sustancias fitotóxicas.

- Reproductividad y disponibilidad.
- Bajo coste.
- Fácil de mezclar.
- Fácil de desinfectar y estabilidad frente a la desinfección.
- Resistencia a cambios externos físicos, químicos y ambientales (Llurba, 1997).

3. Tipos de sustratos. Existen diferentes criterios de clasificación de los sustratos, basados en el origen de los materiales, su naturaleza, sus propiedades, su capacidad de degradación, etc.

a. Según sus propiedades. Existen dos diferentes los sustratos químicamente inertes y los químicamente activos, las diferencias entre ambos vienen determinadas por la capacidad de intercambio catiónico o la capacidad de almacenamiento de nutrientes por parte del sustrato. Los sustratos químicamente inertes actúan como soporte de la planta, no interviniendo en el proceso de adsorción y fijación de los nutrientes, por lo que han de ser suministrados mediante la solución fertilizante. Los sustratos químicamente activos sirven de soporte a la planta pero a su vez actúan como depósito de reserva de los nutrientes aportados mediante la fertilización. almacenándolos o cediéndolos según las exigencias del vegetal (Canovas, 1990).

1) Sustratos químicamente inertes.

- arena granítica o silíceas
- grava
- roca volcánica
- perlita

- arcilla expandida
- lana de roca. (Canovas, 1990)

2) Sustratos químicamente activos

- Turbas rubias y negras
- Corteza de pino
- Vermiculita
- Materiales ligno-celulósicos (Canovas, 1990)

b. Según el origen de los materiales

1) Materiales orgánicos

- De origen natural. Se caracterizan por estar sujetos a descomposición biológica (turbas).
- De síntesis. Son polímeros orgánicos no biodegradables, que se obtienen mediante síntesis química (espuma de poliuretano, poliestireno expandido, etc.).
- Subproductos y residuos de diferentes actividades agrícolas, industriales y urbanas. La mayoría de los materiales de este grupo deben experimentar un proceso de compostaje, para su adecuación como sustratos (cascarillas de arroz, pajas de cereales, fibra de coco, orujo de uva, cortezas de árboles, serrín y virutas de la madera, residuos sólidos urbanos, lodos de depuración de aguas residuales, etc.) (Maroto, 1990).

2) Materiales inorgánicos o minerales

- De origen natural. Se obtienen a partir de rocas o minerales de origen diverso, modificándose muchas veces de modo ligero, mediante tratamientos físicos sencillos. No son biodegradables (arena, grava, tierra volcánica, etc.).
- Transformados o tratados. A partir de rocas o minerales, mediante tratamientos físicos, más o menos complejos, que modifican notablemente las características de los materiales de partida (perlita, lana de roca, vermiculita, arcilla expandida, etc.).
- Residuos y subproductos industriales. Comprende los materiales procedentes de muy distintas actividades industriales (escorias de horno alto, estériles del carbón, etc.) (Maroto, 1990).

4. Descripción general de algunos sustratos

a. Sustratos naturales

- 1) Agua. Es común su empleo como portador de nutrientes, aunque

también se puede emplear como sustrato (Sade, 1997).

2) Gravas. Suelen utilizarse las que poseen un diámetro entre 5 y 15 mm. Destacan las gravas de cuarzo, la piedra pómez y las que contienen menos de un 10% en carbonato cálcico. Su densidad aparente es de 1.500-1.800 kg/m³. Poseen una buena estabilidad estructural, su capacidad de retención del agua es baja si bien su porosidad es elevada (más del 40% del volumen). Su uso como sustrato puede durar varios años. Algunos tipos de gravas, como las de piedra pómez o de arena de río, deben lavarse antes de utilizarse. Existen algunas gravas sintéticas, como la herculita, obtenida por tratamiento térmico de pizarras (Sade, 1997).

3) Arenas. Las que proporcionan los mejores resultados son las arenas de río. Su granulometría más adecuada oscila entre 0,5 y 2 mm de diámetro. Su densidad aparente es similar a la grava. Su capacidad de retención del agua es media (20 % del peso y más del 35 % del volumen); su capacidad de aireación disminuye con el tiempo a causa de la compactación; su capacidad de intercambio catiónico es nula. Es relativamente frecuente que su contenido en caliza alcance el 8-10 %. Algunos tipos de arena deben lavarse previamente. Su pH varía entre 4 y 8. Su durabilidad es elevada. Es bastante frecuente su mezcla con turba, como sustrato de enraizamiento y de cultivo en contenedores (Sade, 1997).

4) Tierra volcánica. Son materiales de origen volcánico que se utilizan sin someterlos a ningún tipo de tratamiento, proceso o manipulación. Están compuestos de sílice, alúmina y óxidos de hierro. También contiene calcio, magnesio, fósforo y algunos oligoelementos. Las granulometrías son muy variables al igual que sus propiedades físicas. El pH de las tierras volcánicas es ligeramente ácido con tendencias a la neutralidad. La C.I.C. es tan baja que debe considerarse como nulo. Destaca su buena aireación, la inercia química y la estabilidad de su estructura. Tiene una baja capacidad de retención de agua, el material es poco homogéneo y de difícil manejo (Sade, 1997).

5) Corteza de pino. Se pueden emplear cortezas de diversas especies vegetales, aunque la más empleada es la de pino, que procede básicamente de la industria maderera. Al ser un material de origen natural posee una gran variabilidad. Las cortezas se emplean en estado fresco (material crudo) o compostadas. Las cortezas crudas pueden provocar problemas de deficiencia de nitrógeno y de fitotoxicidad. Las propiedades físicas dependen del tamaño de sus partículas, y se recomienda que el 20-40% de dichas partículas sean con un tamaño inferior a los 0,8 mm. es un sustrato ligero, con una densidad aparente de 0,1 a 0,45 g/cm³. La porosidad total es superior al 80-85%,

la capacidad de retención de agua es de baja a media, siendo su capacidad de aireación muy elevada. El pH varía de medianamente ácido a neutro. La CIC es de 55 meq/100 g. (Sade, 1997).

6) Fibra de coco. Este producto se obtiene de fibras de coco. Tiene una capacidad de retención de agua de hasta 3 o 4 veces su peso, un pH ligeramente ácido (6,3-6,5) y una densidad aparente de 200 kg/m³. Su porosidad es bastante buena y debe ser lavada antes de su uso debido al alto contenido de sales que posee. Posee extraordinarias propiedades físicas, facilidad de manejo y carácter ecológico (Noguera, 2006).

a. Sustratos artificiales

1) Lana de roca. Es un material obtenido a partir de la fundición industrial a más de 1600 °C de una mezcla de rocas basálticas, calcáreas y carbón de coke. Finalmente al producto obtenido se le da una estructura fibrosa, se prensa, endurece y se corta en la forma deseada. En su composición química entran componentes como el sílice y óxidos de aluminio, calcio, magnesio, hierro, etc.

Es considerado como un sustrato inerte, con una C.I.C. casi nula y un pH ligeramente alcalino, fácil de controlar. Tiene una estructura homogénea, un buen equilibrio entre agua y aire, pero presenta una degradación de su estructura, lo que condiciona que su empleo no sobrepase los tres años. (Fernández *et al*, 1998). Es un material con una gran porosidad y que retiene mucha agua, pero muy débilmente, lo que condiciona una disposición muy horizontal de las tablas para que el agua se distribuya uniformemente por todo el sustrato (Fernández *et al*, 1998).

2) Perlita. Material obtenido como consecuencia de un tratamiento térmico a unos 1.000-1.200 °C de una roca silíceo volcánica del grupo de las riolitas. Se presenta en partículas blancas cuyas dimensiones varían entre 1,5 y 6 mm, con una densidad baja, en general inferior a los 100 kg/m³. Posee una capacidad de retención de agua de hasta cinco veces su peso y una elevada porosidad; su C.I.C. es prácticamente nula (1,5-2,5 meq/100 g); su durabilidad está limitada al tipo de cultivo, pudiendo llegar a los 5-6 años. Su pH está cercano a la neutralidad (7-7,5) y se utiliza a veces, mezclada con otros sustratos como turba, arena, etc. (Sade, 1997).

3) Vermiculita. Se obtiene por la exfoliación de un tipo de micas sometido a temperaturas superiores a los 800 °C. Su densidad aparente es de 90 a 140 kg/m³, presentándose en escamas de 5-10 mm. Puede retener 350 litros de agua por

metro cúbico y posee buena capacidad de aireación, aunque con el tiempo tiende a compactarse. Posee una elevada C.I.C. (80-120 meq/l). Puede contener hasta un 8% de potasio asimilable y hasta un 12% de magnesio asimilable. Su pH es próximo a la neutralidad (7-7,2). (Sade, 1997).

4) Arcilla expandida. Se obtiene tras el tratamiento de nódulos arcillosos a más de 100 °C, formándose como unas bolas de corteza dura y un diámetro, comprendido entre 2 y 10 mm. La densidad aparente es de 400 kg/m³ y posee una baja capacidad de retención de agua y una buena capacidad de aireación. Su C.I.C. es prácticamente nula (2-5 meq/l). Su pH está comprendido entre 5 y 7. Con relativa frecuencia se mezcla con turba, para la elaboración de sustratos (Sade, 1997).

5) Poliestireno expandido. Es un plástico troceado en flóculos de 4-12 mm, de color blanco. Su densidad es muy baja, inferior a 50 Kg/m³. Posee poca capacidad de retención de agua y una buena posibilidad de aireación. Su pH es ligeramente superior a 6. Suele utilizarse mezclado con otros sustratos como la Turba, para mejorar la capacidad de aireación (Sade, 1997).

c. Mezclas. Las mezclas utilizadas en recipientes están sometidas a tensiones de humedad diferentes al de un suelo en campo abierto debido a las condiciones físicas impuestas por el contenedor. Por lo tanto es importante que la mezcla tenga características en las que pueda proporcionar adecuada aireación, capacidad de retención de humedad y soporte a la planta a la vez de poseer peso liviano y estar constituida por componentes de fácil obtención e incorporación (Pire, 2003).

La mezcla de dos o más componentes por lo general produce interacciones que hacen que las propiedades físicas de la mezcla final no sean la media óptima de las propiedades de los ingredientes. Por ello, es necesario determinar en cada caso las propiedades de las mezclas resultantes. Una vez que éstas se han determinado, los ajustes en las proporciones de los componentes de la mezcla pueden hacerse hasta encontrar los requisitos mínimos deseados (Iskander, 2002).

La mezclas de sustratos con componentes inorgánicos como las arenas ayudan a incrementar la densidad de los sustratos para reducir el riesgo de volcado de macetas por el viento. Agregar gran cantidad de componentes inorgánicos en grandes cantidades puede incrementar en gran manera el peso del sustrato lo que puede dificultar el manejo e incrementar los costos del flete. Por lo general la incorporación de materiales inorgánicos

como arenas se recomienda no sobrepasar más de un 20 – 30% del volumen total del sustrato (Iskander, 2002).

B. TURBA

La formación de Turba –sustrato orgánico- requiere miles de años. Es fruto del proceso de carbonización lenta que sufren los residuos vegetales -restos de musgo y otras plantas superiores- que, a causa de un exceso de agua, no tienen contacto con el oxígeno. Las reservas de turba, pues, son limitadas y no renovables (Cormezana, 2004).

Las Turbas son materiales de origen vegetal, de propiedades físicas y químicas variables en función de su origen. Se pueden clasificar en dos grupos: turbas rubias y negras. Las turbas rubias tienen un mayor contenido en materia orgánica y están menos descompuestas, las turbas negras están más mineralizadas teniendo un menor contenido en materia orgánica (Sade, 1997).

La Turba es un material orgánico compacto, de color pardo oscuro y rico en carbono. Está formado por una masa esponjosa y ligera en la que aún se aprecian los componentes vegetales que la originaron. Tiene propiedades físicas y químicas variables en función de su origen. Se emplea como combustible y en la obtención de abonos orgánicos.

La Turba constituye la primera etapa del proceso por el que la vegetación se transforma en carbón mineral. Éste se forma como el resultado de la putrefacción y carbonización parcial de la vegetación en el agua ácida de las turberas.

Las propiedades de la turba son bastante variables, el rango de densidad observado se encuentra entre 0.06 y 0.6 Mg m⁻³, la porosidad total entre 85 y 90% y el contenido en materia orgánica entre 25 y 95%. En su mayor parte son turberas ácidas (pH 4.0 5.5). (Martínez *et al*, 2000).

La capacidad de intercambio de cationes efectiva (CICe), que depende del grado de descomposición de la materia orgánica y del pH, varía de 4.5 a 20.5 cmol c kg⁻¹. Aunque hay cierta heterogeneidad, la secuencia de abundancia de cationes en las turberas es Mg,Ca > Al > Na > K y Al > Ca > Mg > Na > K (Martínez *et al*, 2000).

La Turba se puede utilizar como sustrato ya que ayuda a aumentar la capacidad de agua, aumenta la porosidad, lo que mejora la aireación y el drenaje; aumenta la densidad aparente, facilitando el desarrollo radicular; aumenta el efecto amortiguador, que permite equilibrar el pH y las sales solubles; es una fuente de

liberación lenta de nitrógeno; mejora la disponibilidad de nutrientes para la planta. Se pueden definir dos tipos de turbas.

1. Turba rubia. Es la forma menos descompuesta. La turba rubia o poco descompuesta debido a su estructura, posee una excelente porosidad y es buena receptora de soluciones nutritivas, proporcionando gran aireación a las raíces, tiene bajo pH y poco nitrógeno. Está libre de gérmenes y semillas de malas hierbas y es muy liviana. Después de su humedecimiento y abonado puede ser utilizada inmediatamente (FAO, 2002).

2. Turba negra. Las turbas "negras" tienen la característica de ser más descompuestas, negro o castaño oscuro, tienen dificultades para retener el agua, cuentan con menos aireación para las raíces y alto contenido de sales solubles (FAO, 2002).

En el siguiente cuadro se presentan los rangos de las propiedades generales de las turbas.

Cuadro No. 4 Propiedades de las Turbas

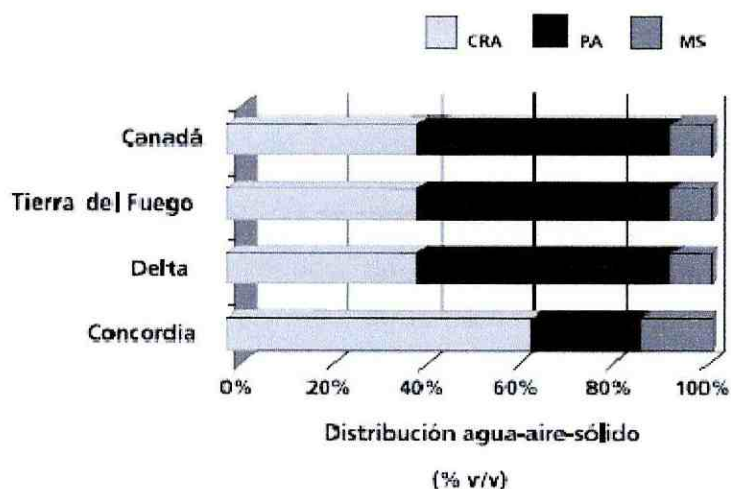
Propiedades	Turba rubia	Turba negra
Densidad aparente (gr/cm ³)	0.06 – 0.1	0.3 – 0.5
Densidad real (gr/cm ³)	1.35	1.65 – 1.85
Espacio poroso (%)	94 o más	80 – 84
Capacidad de absorción de agua (g /100 g m.s.)	1049	287
Aire (% Volumen)	29	7.6
Agua fácilmente disponible (% volumen)	33.5	24
Agua de reserva (% volumen)	6.5	4.7
(Agua difícilmente disponible (% volumen)	25.3	47.7

C.I.C. (meq/100 gr)	110 - 130	250 o más
Materia orgánica	80 -90 %	50 %
Cenizas	10 - 20 %	50 %

(Fernández *et al*, 1998)

La siguiente figura elaborada por Valenzuela y Gallardo (2003) se muestran las diferencias en la distribución de agua-aire-sólido de diferentes sustratos del mundo. Donde la capacidad de retención de agua (CRA) fue determinada a una succión de referencia de -1KPa , los poros con aire (PA) en forma indirecta ($\text{PA} = \text{EPT} - \text{CRA}$), al igual que el material sólido ($\text{MS} = 100 - \text{EPT}$) donde EPT es el espacio poroso total.

Figura No. 2 Distribución de agua-aire-sólido de diferentes turbas del mundo



(Valenzuela y Gallardo, 2003)

C. *PINUS MAXIMINOI*

Su nombre científico es *Pinus maximinoi* H. E. Moore, se puede encontrar con el nombre de pino candelillo.

Pertenece al orden Pinales de la familia pinaceae.

Esta especie pertenece al grupo de *Pinus pseudostrobus* y se caracteriza por

sus acículas delgadas y un fuerte recubrimiento de las escamas en los conos (Dataforg, 2004).

1. Distribución. El *Pinus maximinoi* es una especie forestal distribuida desde la parte Sur del Golfo de México atravesando por Guatemala, Honduras, El Salvador hasta el noroeste de Nicaragua. Crece en bosque húmedo montano bajo con asociaciones de pino-encino (Dataforg, 2004).

Se asocia con *Pinus pseudostrobus*, *Pinus oocarpa*, *Pinus michoacana*, *Pinus tecunumanii*, *Pinus rudis* y *Cupressus lusitanica* (Dataforg, 2004).

2. Requerimientos ambientales. Crece a altitudes desde 600 a 2,800 metros sobre el nivel del mar, con una precipitación anual promedio de 1000 a 2400 mm, con estación seca máxima de tres meses, temperatura de 12 a 21° C, suelos fértiles, húmedos, de ácidos a básicos (pH de 4.5 a 7.5) con buen drenaje, profundos y con buen contenido de materia orgánica y de textura franco arenosa y franco arcillosa (Dataforg, 2004).

3. Semilla. El tamaño de la semilla es de 4-6 x 3-4 mm, con alas articuladas de 13-22 x 4-8 mm. Su porcentaje de germinación es de 84 a 95 %, pero para que la germinación sea uniforme, la semilla se sumerge en agua limpia por 12 horas (Dataforg, 2004).

4. Propagación sexual. Por cada cono se encuentran alrededor de 40 semillas por cada kilogramo hay alrededor de 55,000 a 74,000 semillas. Donde se obtiene un rendimiento de semillas por árbol de 0.25 a 0.50 kg (Dataforg, 2004).

Se recomienda coleccionar la semilla de árboles sanos, vigorosos y bien conformados, estos deben estar espaciados al menos 100 metros de distancia (Dataforg, 2004).

5. Germinación. El proceso de germinación tarda de 7 a 24 días (CATIE, 1997).

6. Periodo de siembra. Se recomienda sembrar la semilla y mantenerla en vivero de 5 a 7 meses antes de establecerla en campo definitivo, para que lleve una altura de 25-30 cm. (Dataforg, 2004).

7. Periodo de siembra. Se usa en ebanistería, muebles, carpintería, revestimientos, construcciones livianas, chapas, plywood, juguetes, artesanías, postes de transmisión eléctrica y telefónica (tratados), cortinas o persianas flexibles, pulpa y papel, artículos torneados, puertas, gabinetes. Es apta para reforestaciones industriales. Su resina sirve para hacer desinfectantes, pinturas, barnices y productos químicos (Dataforg, 2004).

D. VIVERO

Lugar donde se producen plantas. El buen desarrollo del mismo consiste en dar plántulas con un excelente desarrollo, el cual debe de contar con un buen material genético he incorporar tecnología adecuada en el proceso de producción para un mayor rendimiento. El sustrato en el que la planta desarrollará sus primero estadios de vida es un elemento tecnológico fundamental para la obtención de plantas de calidad. (FAO, 2002).

1. Medios de cultivo. Los medios de cultivos, distintos del suelo, pueden proteger teóricamente al cultivo, ya que ofrecen ventajas técnicas como el control de enfermedades y plagas del suelo, mejor empleo del agua y los abonos, mayor aprovechamiento del espacio, posibilidad de satisfacer las necesidades de las plantas. Estos también pueden ofrecer desventajas como la disponibilidad, costos elevados y las características de los medios de cultivo que pueden cambiar con rapidez así como también el contenido de humedad (FAO, 2002).

2. Bandeja o contenedores. Un contenedor se puede entender como cualquier recipiente que tenga una altura limitada y que su base esté a presión atmosférica y se hallara a diferencia del suelo natural, aislado por la base y con drenaje libre. Donde se aloje el sustrato y se produzca el desarrollo de la planta. Un contenedor puede tener dimensiones muy variables, desde un alvéolo de una bandeja multicelda, cualquier tipo de maceta, hasta un campo de fútbol (Valenzuela y Gallardo, 2003).

La producción de plantas en recipientes bajo condiciones de vivero ha aumentado notoriamente en los últimos años, especialmente, en las explotaciones de flores de corte, plantas de follaje, plantas forestales y paisajismo (Pire, 2003).

Independientemente de la especie, las producciones de plantas en contenedores requieren de un manejo mucho más intenso que las realizadas en el suelo. La gran superficie de los contenedores, en relación a su volumen, les confiere las características de presentar escasa plasticidad ante variaciones del ambiente; es por ello que las raíces pueden estar expuestas a fluctuaciones muy marcadas de disponibilidad hídrica, temperatura, etc. (Valenzuela y Gallardo, 2003).

En el siguiente cuadro elaborada por Valenzuela y Gallardo (2003) se puede observar la interacción sustrato-clima-contenedor, donde se muestra que la capacidad de retención de agua de un sustrato es una variable clave para el manejo del riego en la

producción de platinos. Donde se toma el volumen de celdas de bandejas plásticas (Vol); como sustratos el compost de residuos de industria frigorífica (CF), perlita (P), Turba de tierra del fuego (TTF); valores de evapotranspiración de referencia (ET), espacio poroso total (EPT), capacidad de retención de agua (CRA), volumen ocupado en la celda por el espacio total de poros ocupados por agua a capacidad de contenedor (Vol. CRA), equivalente en lámina de agua disponible en los sustratos a capacidad de contenedor (LAM) y tiempo transcurrido desde el punto de capacidad de contenedor hasta la desecación de los sustratos para las condiciones (Tiempo).

Cuadro No. 5 Interacción sustrato-clima-contenedor

Vol _c (cm ³)	ET ₀ (mm día ⁻¹)	Sustrato	EPT (cm ³ cm ⁻³)	CRA (cm ³ cm ⁻³)	Vol _c EPT (cm ³)	Vol _c CRA (cm ³)	LAM (mm)	Tiempo (horas)
23	3	CF-P 1:1	0,87	0,41	20,00	9,35	7,80	62,86
		TTF	0,95	0,66	21,76	15,19	12,65	101,25
		P	0,95	0,27	21,85	6,23	5,15	41,55
	6	CF-P 1:1	0,87	0,41	20,00	9,35	7,80	51,18
		TTF	0,95	0,66	21,76	15,19	12,65	50,62
		P	0,95	0,27	21,85	6,23	5,15	20,78
	12	CF-P 1:1	0,87	0,41	20,00	9,35	7,80	15,59
		TTF	0,95	0,66	21,76	15,19	12,65	25,31
		P	0,95	0,27	21,85	6,23	5,15	10,39
70	3		0,87	0,41	60,86	28,47	15,61	121,86
		TTF	0,95	0,66	66,21	46,22	25,31	202,72
		P	0,95	0,27	66,51	18,97	10,40	83,20
	6	CF-P 1:1	0,87	0,41	60,86	28,47	15,61	62,43
		TTF	0,95	0,66	66,21	46,22	25,31	101,36
		P	0,95	0,27	66,51	18,97	10,40	41,60
	12	CF-P 1:1	0,87	0,41	60,86	28,47	15,61	31,22
		TTF	0,95	0,66	66,21	46,22	25,31	50,68
		P	0,95	0,27	66,51	18,97	10,40	20,80

(Valenzuela y Gallardo, 2003)

3. Sustratos para producción en viveros. Dentro de este grupo se

diferencian los sustratos para planta de interior utilizando como componente mayoritario la turba rubia junto con la fibra de coco y los sustratos para plantas de exterior donde se utiliza comportados como la corteza de pino u orujo de uva estos son sustratos más pesados que evitan el vuelco de los contenedores. Cuanto más tiempo deba pasar la planta en un contenedor, más importante es que el sustrato no se degrade física o químicamente (Coll, 2005).

a. Cultivos bajo invernadero. Para estos se debe reducir el peso del contenedor para facilitar el manejo y el transporte. Si la planta debe pasar por un período largo de transporte o en el punto de venta es preferible una alta capacidad de retención de agua y de nutrientes para paliar una deficiencia durante la post-venta (Coll, 2005).

Si se riega frecuentemente es necesario que el sustrato tenga alta capacidad de retención de aireación. Hay que tomar en cuenta que el sustrato sea capaz de absorber el agua aplicada en el riego en poco tiempo, por lo tanto, que tenga alta permeabilidad (Coll, 2005).

b. Sustratos para multiplicación. Estos difieren poco según cultivos y técnicas empleadas. Aquí se empieza a diferenciar diversas tipologías de sustratos: para semilleros, para enrizamiento de esquejes y para forestales (Coll, 2005).

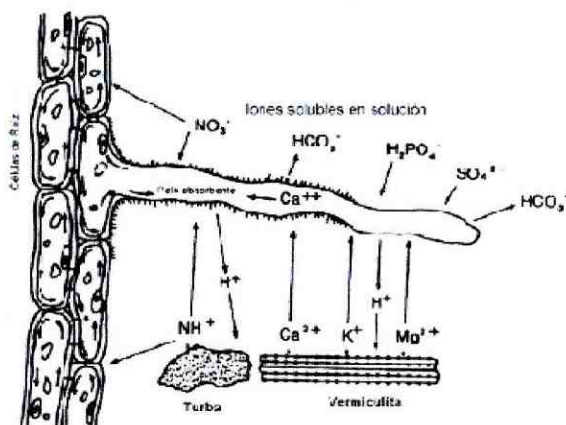
A medida que se desarrolle la planta la evapotranspiración aumenta, por lo que es necesario que el sustrato proporcione un suministro continuo de agua y elementos nutritivos, y de aireación suficiente al mismo tiempo. Se deben seleccionar sustratos de elevada retención de agua a bajas tensiones a la vez que garantice la óptima aireación de las raíces, para ello también es de gran importancia tomar en cuenta el tamaño del contenedor. Estos sustratos deben ser fibrosos para evitar que el cepellón no se rompa al extraerlo del alvéolo, por ello los sustratos para la multiplicación se suelen basar en mezclas de turba rubia y negra (Coll, 2005).

c. Sustratos para Hidroponía. En estos sustratos la capacidad de intercambio catiónico deja de ser importante ya que el sustrato no necesita tener reserva de nutrientes. Por ese motivo, los sustratos más introducidos son los casi inertes desde el punto de vista químico, como la perlita, la lana de roca o la de arena (Coll, 2005).

d. Fertilización. La comprensión de cómo la fertilización afecta el crecimiento de especies forestales en contenedores es esencial para el diseño e implementación de un programa de fertilización en vivero. Los fertilizantes se descomponen en iones en una solución acuosa: por ejemplo, el sulfato de amonio $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$ produce iones amonio (NH_4^+) e iones sulfato (SO_4^{2-}). Estos iones son adsorbidos en los sitios de intercambio catiónico en las partículas del medio de crecimiento, como la turba o la vermiculita, o se mantienen en la solución del medio de crecimiento hasta que son absorbidos por el sistema radical de la planta (fig. 4.1.1). Una planta forestal, como cualquier planta, obtiene como iones esos elementos minerales de la solución del suelo, si bien algunos nutrientes pueden también ser tomados como moléculas o complejos orgánicos. La molécula de urea, que es una forma soluble del nitrógeno, también puede ser absorbida por las raíces de las plantas así como algunos quelatos complejos de micronutrientes (Landis, 1989).

En la figura No. 3 de la siguiente página se muestra que los nutrientes minerales son absorbidos directamente de la solución del medio de crecimiento de alrededor de la raíz, que se vuelve a llenar por medio del intercambio catiónico con las partículas del medio de crecimiento (Landis, 1989).

Figura No. 3 Absorción de nutrientes por las raíces al sustrato



E. ANÁLISIS QUÍMICO DEL SUSTRATO ELABORADO CON TURBA DE GUATEMALA Y PEAT MOSS IMPORTADO

Cuadro No. 6 Análisis químico Turba de Guatemala

pH	6.20%
Nitrogeno	1.44%
Potasio	0.10%
Calcio	3.82%
Magnesio	1.325
Cobre	6.10 ppm
Hierro	5440 ppm
Manganeso	198.5 ppm
Zinc	102.4 ppm
Ceniza	41%
Carbono Orgánico	33%
Densidad Aparente	0.46 g/ cm ³
Densidad de Partículas	1.34 g /cm ³
Porosidad	65.67%
Carbono / Nitrógeno	22.9

(Analab, 2007)

Cuadro No. 7 Análisis químico de Turba rubia Sphagnum

pH	5.5 – 6.5
Nitrogeno	-----
Fosforo	0.036%
Potasio	0.01%
Calcio	0.15%
Magnesio	0.04%
Cobre	2.80 ppm
Hierro	834 ppm
Manganeso	100 ppm
Zinc	12 ppm
Materia organic	14 – 16 kgs

(Analab, 1999)

IV MATERIALES Y MÉTODOS

A. MATERIALES

Para el trabajo en campo se utilizaron ocho bandejas con medidas de 4 cm. de diámetro por 8.5 cm. de largo lo que equivale a un volumen de 107 centímetros cúbicos por celda, con un total de 4,280 cm³ por bandeja y cinco bandejas con medidas de 5 cm. de diámetro por 6.5 cm. Con un volumen de 128 centímetros cúbicos, con un total de 5,120 cm³ con cuarenta celdas cada bandeja.

Previamente al trabajo de campo del experimento, se trabajó la Turba de Guatemala, donde se extrajo de un pantano y se puso a secar al sol, luego fue triturada para tener partículas más finas.

Las semillas son de la empresa Agrokan, S.A. provenientes de rodales semilleros de Honduras los cuales se encuentran registrados por el Instituto Nacional de Bosques (INAB) con un porcentaje de germinación de 90 %. Se utilizaron 40 semillas por tratamiento en cada bandeja, con un total de 520 semillas.

Para los cuatro diferentes tratamientos se utilizaron:

- Turba de Guatemala.
- Peat Moss rubio importado marca Klaussman.
- Arena de río desinfectada.
- Broza con micorriza.
- 4 oz. de fertilizante MAP (10-50-0).

Para la identificación de cada tratamiento se elaboraron rótulos de papel cubiertos con plástico especificando el nombre de cada uno. Para medir la altura de la planta en el vivero se utilizó metro marca Stanley.

En el trabajo de laboratorio se utilizó una regla Vernier para medir el tamaño de las raíces, tallo y acículas, una balanza analítica marca Sartorius modelo CP 224 S calibrada para determinar el peso de las raíces y acículas, y un horno para secar las plántulas.

B. METODOLOGÍA

1. Primera fase de trabajo en gabinete. Se realizó una recopilación bibliográfica de las diferentes características del sustrato importado utilizado actualmente (Peat Moss) y cuales son las exigencias del mercado hacia el mismo, para así determinar la demanda que se le debe del sustrato elaborado de Turba de Guatemala. Esta información se obtuvo por medio de revisión de textos, Internet y diferentes tesis elaboradas que hacen énfasis en sustratos.

2. Diseño experimental. Previamente al trabajo de campo del experimento, se trabajo la Turba de Guatemala, la cual se extrajo de un pantano y se puso a secar al sol, luego fue triturada para tener partículas más finas.

La parte experimental se realizó en el vivero de la Finca San José Armenia, ubicada en el municipio de Palencia, departamento de Guatemala, a 40 kilómetros de la Ciudad Capital. Con coordenadas geográficas N 14° 39'45.9'' y WO 90°21'49.0 '' y una altura de 1,312 metros sobre el nivel del mar. El vivero cuenta con los sistemas adecuados para la germinación y crecimiento de las plantas, donde se aplicó riego los días lunes y jueves de cada semana.

Se estipularon cuatro variables (tratamientos) para el crecimiento de las plantas:

- a. Ochenta plantas en bandeja con sustrato de 80% Peat Moss importado y 20% broza con micorriza.
- b. Ochenta plantas en bandeja con sustrato de 50% Peat Moss importado, 25% arena y 25% broza con micorriza.
- c. Ochenta plantas en bandeja con sustrato de 80 % Turba de Guatemala y 20% broza con micorriza.
- d. Ochenta plantas en bandeja con sustrato de 50% Turba de Guatemala, 25 %arena y 25 % broza con micorriza.

A cada variable se le agregó aproximadamente 1 onza del fertilizante MAP (10-50-0)¹.

¹ 10 % de Nitrógeno y 50 % de Fósforo.

Como prueba de germinación de la semilla se realizó una siembra de cuarenta semillas en una bandeja con broza, para control.

Las plantas crecieron en dos condiciones ambientales diferentes, la primera con 50% de sombra y la segunda sin ninguna sombra directamente a la exposición del sol.

Las plantas se colocaron en dos tipos de bandejas: con mayor diámetro y menor largo con un volumen de 128 centímetros cúbicos por celda y la segunda bandejas con menor diámetro pero mayor largo con un volumen de 107 centímetros cúbicos por celda.

Se colocaron cuarenta semillas con cada tratamiento bajo sombra con ambas bandejas, y bajo sol se colocaron únicamente bandejas de menor diámetro con las mismas cantidades de plantas para cada tratamiento.

La fecha de siembra se llevó acabo el 27 de enero del 2007 donde se realizaron siete lecturas de germinación, y crecimiento de la planta en las siguientes fechas: 05 de febrero, 12 de febrero, 20 de febrero, 02 de marzo, 12 de marzo, 29 de marzo y 12 de abril; llegando alcanzar la planta una edad de dos meses y medio en vivero con los cuatro diferentes tratamientos como sustrato.

Para el análisis de crecimiento foliar, crecimiento y peso radicular, se tomaron cinco repeticiones de cada tratamiento haciendo un total de sesenta plántulas analizadas en el laboratorio de suelos de la Universidad del Valle de Guatemala.

Cada planta se lavó con agua para limpiar las raíces, para medir y pesar el tamaño de acículas, tronco y raíces de cada muestra en centímetros y gramos respectivamente.

Después de haber determinado el peso las sesenta plántulas se ingresaron a un horno a temperatura de 40°C y se mantuvieron por un lapso de 24 horas, cada planta se volvió a medir para determinar el peso de las raíces secas y así determinar el porcentaje de humedad de la planta en cada tratamiento.

Se llevó un cuaderno de apuntes donde se registró cualquier cambio físico que se suscitará en la planta así como los valores obtenidos en el laboratorio.

3. Fase de análisis. Durante la segunda semana del mes de abril se analizaron los datos experimentales, los cuales se sometieron a una prueba estadística de análisis de varianza, prueba de Tukey y una prueba de Duncan. El análisis de resultados ayudó a determinar si se acepta o se rechaza la hipótesis planteada.

Para rechazar o aprobar la hipótesis anterior se trabajo con las siguientes variables:

a. Variables de respuesta

- 1) Días de germinación.
- 2) Tamaño de la planta.
- 3) Desarrollo radicular.

b. Variables de tratamiento

- 1) Sustrato de Turba de Guatemala
- 2) Sustrato de Turba de Guatemala mezclada con arena.
- 3) Sustrato de Peat Moss importado.
- 4) Sustrato de Peat Moss importado mezclado con arena.

V RESULTADOS

A. GERMINACIÓN

Los cuadros muestran los resultados obtenidos de los cuatro diferentes sustratos de las plántulas en siete diferentes fechas a partir de la siembra, mostrando plantas vivas y el porcentaje de las mismas, tomando en cuenta que para cada sustrato se sembraron 40 semillas.

Cuadro No. 8 Número y porcentaje de plantas vivas en bandeja de 107 cm³ en sombra

No. de lectura	Días de sembrada la planta	T1		T2		T3		T4	
		No. de plantas	%	No. de plantas	%	No. de plantas	%	No. de plantas	%
1	10	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
2	17	6	15%	12	30%	11	28%	6	15%
3	25	19	48%	19	48%	25	63%	27	68%
4	34	24	60%	21	53%	26	65%	31	78%
5	44	25	63%	21	53%	27	68%	31	78%
6	61	25	63%	21	53%	28	70%	32	80%
7	75	25	63%	22	55%	27	68%	32	80%

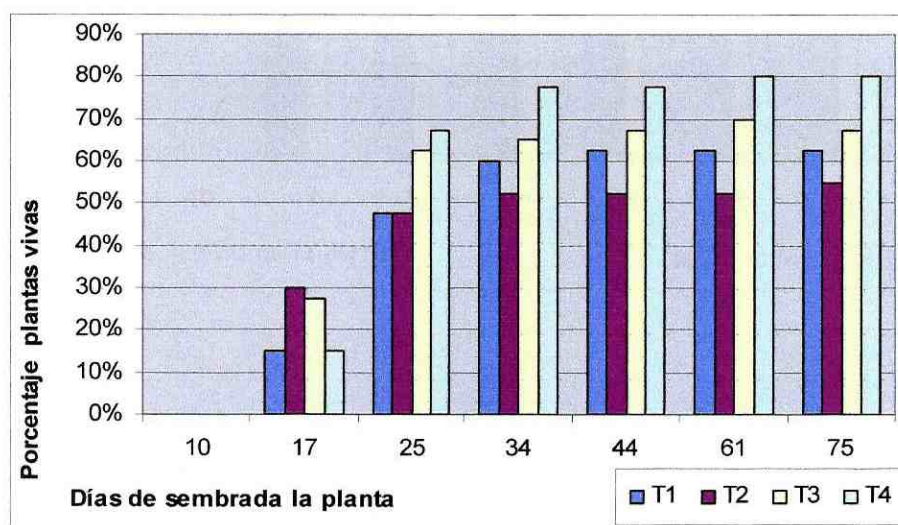
T1 = Número de plantas en el sustrato de Turba de Guatemala

T2 = Número de plantas en el sustrato de Turba de Guatemala mezclada con arena.

T3 = Número de plantas en el Sustrato de Peat Moss importado.

T4 = Número de plantas en el Sustrato de Peat Moss importado mezclado con arena.

Gráfica No.1 Porcentaje de plantas vivas en bandeja de 107 cm³ en sombra



Cuadro No. 9 Número y porcentaje de plantas vivas en bandeja de 107 cm³ sin sombra

No. de lectura	Días de sembrada la planta	T1		T2		T3		T4	
		No. de plantas	%	No. de plantas	%	No. de plantas	%	No. de plantas	%
1	10	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
2	17	14	35%	11	28%	11	28%	13	33%
3	25	23	58%	25	63%	23	58%	23	58%
4	34	24	60%	27	68%	22	55%	27	68%
5	44	25	63%	27	68%	23	58%	26	65%
6	61	25	63%	27	68%	23	58%	26	65%
7	75	25	63%	27	68%	23	58%	26	65%

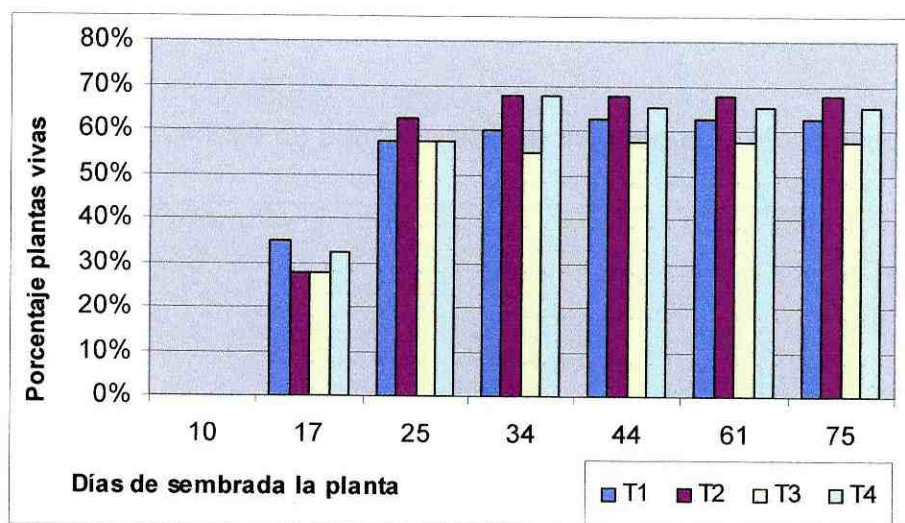
T1 = Número de plantas en el sustrato de Turba de Guatemala

T2 = Número de plantas en el sustrato de Turba de Guatemala mezclada con arena.

T3 = Número de plantas en el Sustrato de Peat Moss importado.

T4 = Número de plantas en el Sustrato de Peat Moss importado mezclado con arena.

Gráfica No. 2 Porcentaje de plantas vivas en bandeja de 107 cm³ sin sombra



Cuadro No. 10 Número y porcentaje de plantas vivas en bandeja de 128 cm³ en sombra

No. de lectura	Días de sembrada la planta	T1		T2		T3		T4	
		No. de plantas	%	No. de plantas	%	No. de plantas	%	No. de plantas	%
1	10	0	0	0	0%	0	0%	0	0%
2	17	10	25%	14	35%	3	10%	5	13%
3	25	23	58%	28	70%	14	47%	25	63%
4	34	23	58%	27	68%	16	53%	24	60%
5	44	23	58%	27	68%	18	60%	24	60%
6	61	21	53%	26	65%	18	60%	21	53%
7	75	21	53%	26	65%	21	70%	23	58%

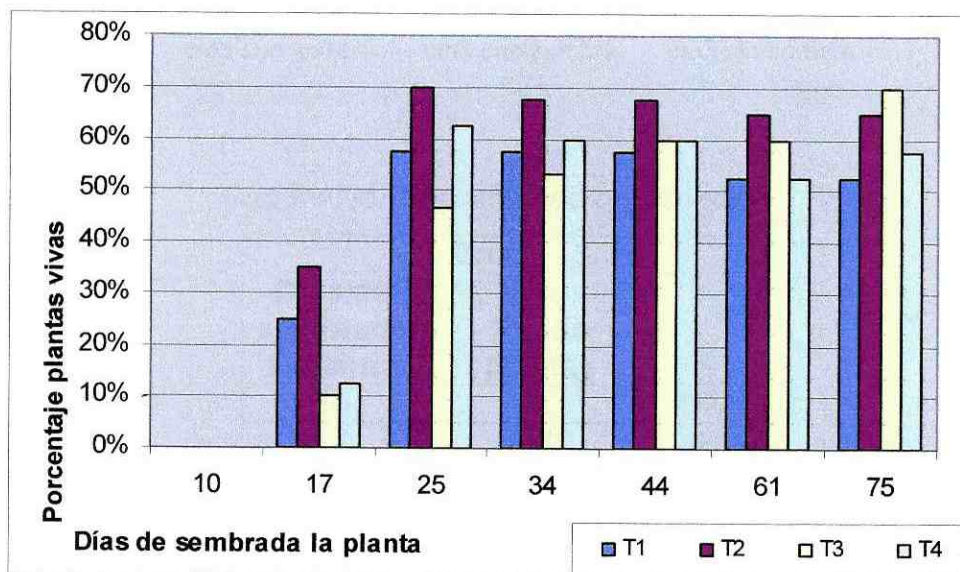
T1 = Número de plantas en el sustrato de Turba de Guatemala

T2 = Número de plantas en el sustrato de Turba de Guatemala mezclada con arena.

T3 = Número de plantas en el Sustrato de Peat Moss importado.

T4 = Número de plantas en el Sustrato de Peat Moss importado mezclado con arena.

Gráfica No. 3 Porcentaje de plantas vivas en bandeja de 128 cm³ con sombra



Cuadro No. 11 Porcentaje de germinación de los sustratos en las diferentes bandejas con sus condiciones a los 34 días de siembra

	Bandeja de 128 cm³ con sombra	Bandeja de 107 cm³ con sombra	Bandeja de 107 cm³ sin sombra
T1	58%	60%	60%
T2	68%	53%	68%
T3	53%	65%	55%
T4	60%	78%	68%

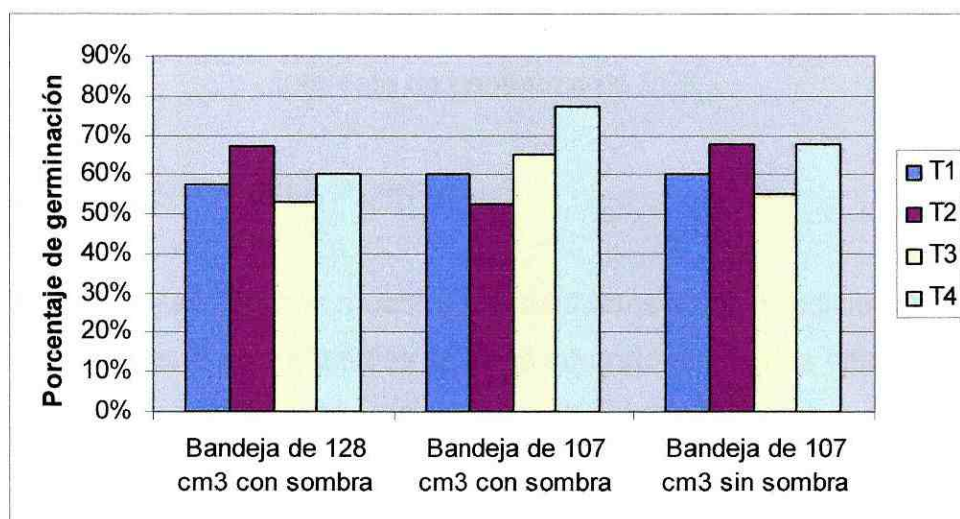
T1 = Porcentaje de germinación en el sustrato de Turba de Guatemala

T2 = Porcentaje de germinación en el sustrato de Turba de Guatemala mezclada con arena.

T3 = Porcentaje de germinación en el Sustrato de Peat Moss importado.

T4 = Porcentaje de germinación en el Sustrato de Peat Moss importado mezclado con arena.

Gráfica No. 4 Porcentaje de germinación de los sustratos en las diferentes bandejas con sus condiciones ambientales



Cuadro No. 12 Control de germinación

Broza		
Días de sembrada la planta	No. de plantas	%
10	0	0%
17	11	28%
25	26	65%
34	27	68%
44	27	68%
61	26	65%
75	26	65%

Los datos del cuadro No. 12, en la página anterior, muestran el resultado de plántulas germinadas en broza que se utilizó como control para el porcentaje de plantas vivas durante las diferentes lecturas.

Cuadro No. 13 Análisis de varianza para germinación en los cuatro sustratos

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	F tabulada 0.05
Sustrato	3	0.159	0.053	.0440	0.726
Bandeja	2	0.079	0.039	0.327	0.723
Error	36	4.339	0.121		
TOTAL	41	4.571			

Intervalo de confianza de 95%.

B. CRECIMIENTO DE LA PLANTA

Los siguientes cuadros muestra los resultados de las mediciones realizadas en vivero de alturas de las plántulas en cada sustrato en los dos diferentes tipos de bandejas y sus respectivas condiciones ambientales de sombra o sol.

Cuadro No. 14 Promedio de alturas en vivero de dos lecturas para bandejas de 107 cm³ en sombra

Fecha	Sustrato			
	T1	T2	T3	T4
29/03/2007	6.44	7.88	8.19	6.13
12/04/2007	8.38	8.38	8.75	7.06

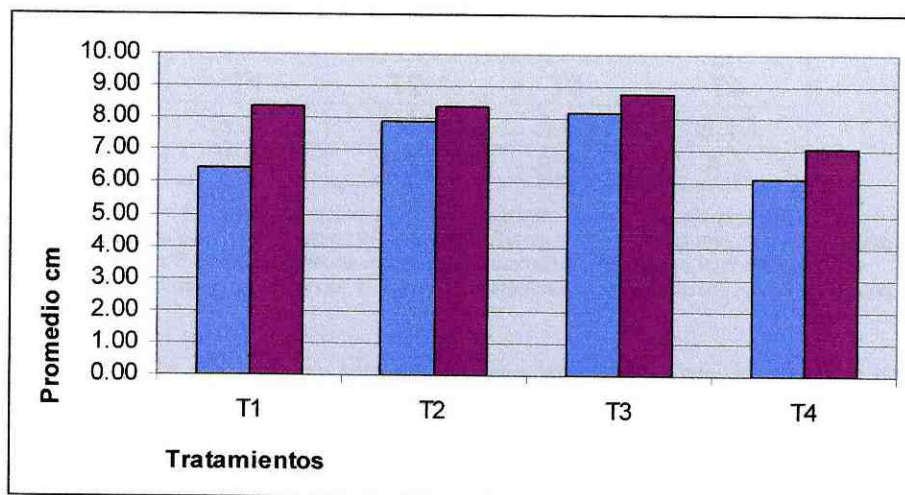
T1 = Promedio de altura en cm en el sustrato de Turba de Guatemala

T2 = Promedio de altura en cm en el sustrato de Turba de Guatemala mezclada con arena.

T3 = Promedio de altura en cm en el Sustrato de Peat Moss importado.

T4 = Promedio de altura en cm en el Sustrato de Peat Moss importado mezclado con arena.

Gráfica No. 5 Promedio de alturas en vivero de dos lecturas para bandejas de 107 cm³ en sombra

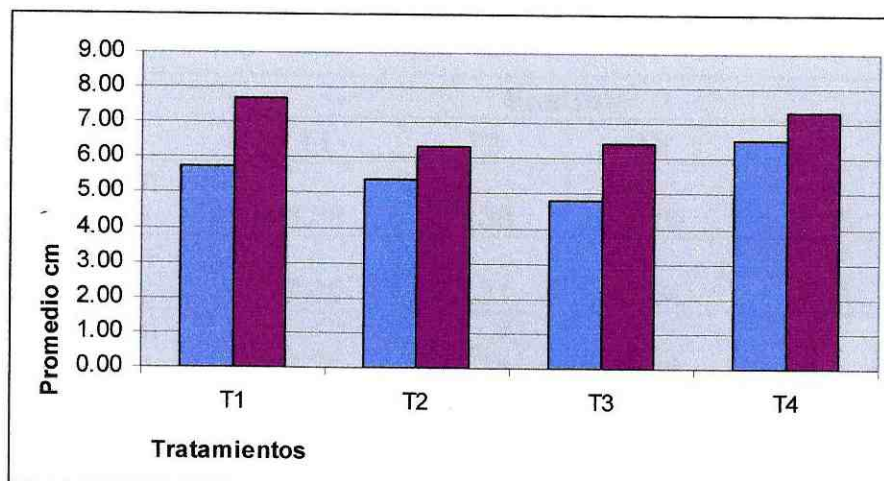


Cuadro No. 15 Promedio de alturas en vivero en dos lecturas para bandejas de 107 cm³ sin sombra

Fecha	Sustrato			
	T1	T2	T3	T4
29/03/2007	5.75	5.38	4.81	6.56
12/04/2007	7.69	6.31	6.44	7.31

T1 = Promedio de altura en cm en el sustrato de Turba de Guatemala
 T2 = Promedio de altura en cm en el sustrato de Turba de Guatemala mezclada con arena.
 T3 = Promedio de altura en cm en el Sustrato de Peat Moss importado.
 T4 = Promedio de altura en cm en el Sustrato de Peat Moss importado mezclado con arena.

Gráfica No. 6 Promedio de alturas en vivero de dos lecturas para bandejas de 107 cm³ sin sombra

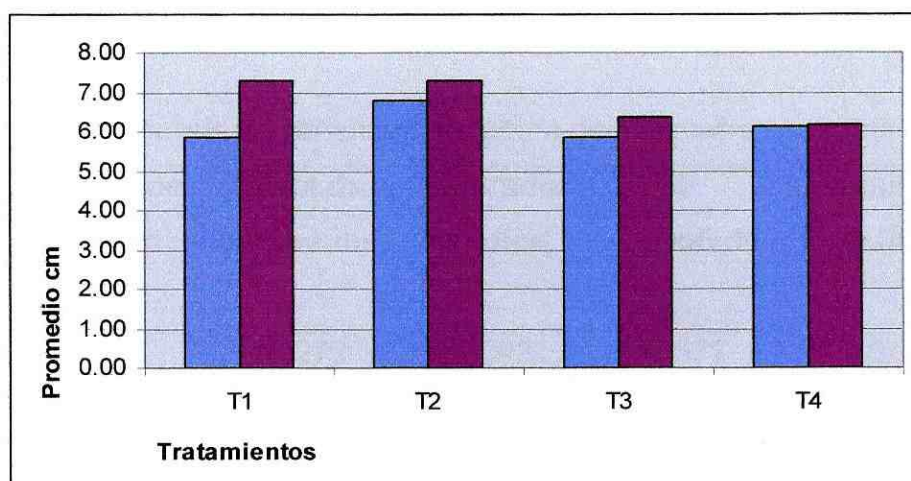


Cuadro No. 16 Promedio de alturas en vivero dos lecturas para bandejas de 128 cm³ en sombra

Fecha	Sustrato			
	T1	T2	T3	T4
29/03/2007	5.88	6.81	5.88	6.13
12/04/2007	7.31	7.31	6.38	6.2

T1 = Promedio de altura en cm en el sustrato de Turba de Guatemala
 T2 = Promedio de altura en cm en el sustrato de Turba de Guatemala mezclada con arena.
 T3 = Promedio de altura en cm en el Sustrato de Peat Moss importado.
 T4 = Promedio de altura en cm en el Sustrato de Peat Moss importado mezclado con arena.

Gráfica No. 7 Promedio de alturas en vivero en dos lecturas para bandejas de 128 cm³ en sombra

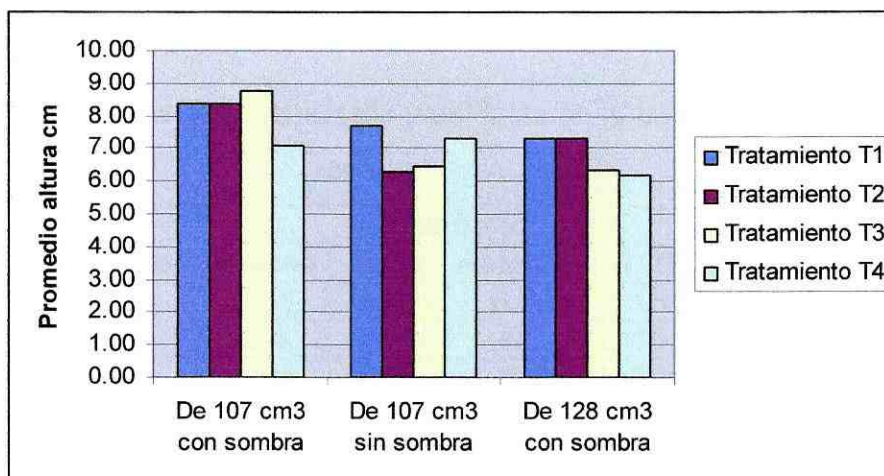


Cuadro No. 17 Comparación de promedios de altura (cm.) de los cuatro sustratos en las diferentes bandejas y condiciones ambientales en la última fecha de medición

Bandeja	Sustrato			
	T1	T2	T3	T4
De 107 cm ³ con sombra	8.38	8.38	8.75	7.06
De 107 cm ³ sin sombra	7.69	6.31	6.44	7.31
De 128 cm ³ con sombra	7.31	7.31	6.38	6.2

T1 = Promedio de altura en cm en el sustrato de Turba de Guatemala
 T2 = Promedio de altura en cm en el sustrato de Turba de Guatemala mezclada con arena.
 T3 = Promedio de altura en cm en el Sustrato de Peat Moss importado.
 T4 = Promedio de altura en cm en el Sustrato de Peat Moss importado mezclado con arena.

Gráfica No. 8 Comparación de promedios (cm.) de los cuatro sustratos en las diferentes bandejas y condiciones ambientales en la última fecha de medición



Cuadro No. 18 Análisis de varianza para altura de los cuatro sustratos

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	F tabulada 0.05
Sustrato	3	12.279	4.093	2.577	0.059
Bandeja	2	36.443	18.221	11.473	0.000
Error	84	133.406	1.588		
TOTAL	89				

Intervalo de confianza de 95%.

Cuadro No. 19 Prueba de Tuckey para altura en los cuatro sustratos

Sustrato	Subconjunto	
	A	B
T1		7.7917
T2	7.3333	7.3333
T3	7.1875	7.1875
T4	6.7917	

T1 = Sustrato de Turba de Guatemala
 T2 = Sustrato de Turba de Guatemala mezclada con arena.
 T3 = Sustrato de Peat Moss importado.
 T4 = Sustrato de Peat Moss importado mezclada con arena.

En los siguientes cuadros se muestran el resultado de la medición de raíces, tallo y acículas en el laboratorio.

Cuadro No. 20 Tamaño de las raíces, tallo y acículas en la bandeja de 107 cm³ en sombra

Sustrato	Tamaño (cm)			
	Raíces	Tallo	Acículas	TOTAL
T1	5.66	4.26	6.56	16.48
T2	5.4	4.06	6.9	16.36
T3	6.94	4.32	6.8	18.06
T4	5.56	4.22	5.86	15.64

T1 = Sustrato de Turba de Guatemala
 T2 = Sustrato de Turba de Guatemala mezclada con arena.
 T3 = Sustrato de Peat Moss importado.
 T4 = Sustrato de Peat Moss importado mezclado con arena.

Cuadro No. 21 Tamaño de las raíces, tallo y acículas en la bandeja de 107 cm³ sin sombra

Sustrato	Tamaño (cm)			
	Raíces	Tallo	Acículas	TOTAL
T1	7.225	3.475	6.15	16.85
T2	7.06	3.74	5.28	16.08
T3	7.18	3.68	6.32	17.18
T4	8.44	3.54	6.04	18.02

T1 = Sustrato de Turba de Guatemala
 T2 = Sustrato de Turba de Guatemala mezclada con arena.
 T3 = Sustrato de Peat Moss importado.
 T4 = Sustrato de Peat Moss importado mezclado con arena.

Cuadro No.22 Promedio de tamaño de las raíces, tallo y acículas en la bandeja de 128 cm³ en sombra

Sustrato	Tamaño (cm)			
	Raíces	Tallo	Acículas	TOTAL
T1	6.7	4.38	5.58	16.66
T2	5.96	4.08	5.64	15.68
T3	7.72	4.02	4.36	16.1
T4	5.64	4.4	4.4	14.44

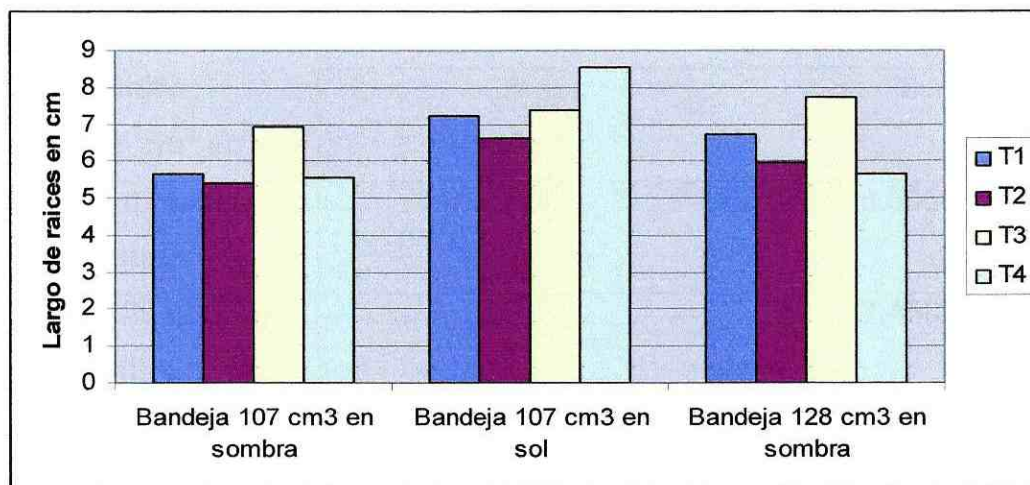
T1 = Sustrato de Turba de Guatemala
 T2 = Sustrato de Turba de Guatemala mezclada con arena.
 T3 = Sustrato de Peat Moss importado.
 T4 = Sustrato de Peat Moss importado mezclado con arena.

Cuadro No. 23 Promedio de tamaño de raíces de cada sustrato en las diferentes bandejas y condiciones

Sustrato en cm	Bandeja 107 cm ³ en sombra	Bandeja 107 cm ³ en sol	Bandeja 128 cm ³ en sombra
T1	5.66	7.22	6.7
T2	5.4	6.64	5.96
T3	6.94	7.4	7.72
T4	5.56	8.54	5.64

T1 = Sustrato de Turba de Guatemala
 T2 = Sustrato de Turba de Guatemala mezclada con arena.
 T3 = Sustrato de Peat Moss importado.
 T4 = Sustrato de Peat Moss importado mezclado con arena.

Gráfica No. 9 Promedio de tamaño de raíces de cada sustrato en las diferentes bandejas y condiciones



Cuadro No. 24 Análisis de varianza para raíces en cuatro sustratos

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	F tabulada 0.05
Sustrato	3	13.986	4.662	1.079	0.367
Bandeja	2	24.699	12.349	2.857	0.067
Sustrato * Bandeja	6	15.832	2.639	0.610	0.721
Error	48	207.480	4.232		
TOTAL	53				

Intervalo de confianza de 95%.

Cuadro No. 25 Prueba de Duncan para raíces en las diferentes bandejas

Sustrato	Subconjunto	
	A	B
Bandeja 107 cm³ en sol	5.8900	
Bandeja 107 cm³ en sombra	6.5050	6.5050
Bandeja 128 cm³ en sombra		7.4500

C. PESO RADICULAR

En las siguientes tablas se muestran los resultados obtenidos de cinco plantas muestreadas de cada sustrato obteniendo el peso radicular de cada una.

Cuadro No. 26 Peso promedio de las raíces húmedas y secas en bandejas de 107 cm³ en sombra con cada sustrato

Promedio	T1	T2	T3	T4
Peso húmedo (g)	0.1195	0.10334	0.12946	0.0911
Peso seco (g)	0.04814	0.02414	0.04186	0.03832

T1 = Sustrato de Turba de Guatemala
 T2 = Sustrato de Turba de Guatemala mezclada con arena.
 T3 = Sustrato de Peat Moss importado.
 T4 = Sustrato de Peat Moss importado mezclado con arena.

Cuadro No. 27 Peso promedio de las raíces húmedas y secas en bandejas de 107 cm³ sin sombra con cada sustrato

Promedio	T1	T2	T3	T4
Peso húmedo (g)	0.1839	0.13112	0.21652	0.16696
Peso seco (g)	0.07428	0.05892	0.05814	0.0305

T1 = Sustrato de Turba de Guatemala
 T2 = Sustrato de Turba de Guatemala mezclada con arena.
 T3 = Sustrato de Peat Moss importado.
 T4 = Sustrato de Peat Moss importado mezclado con arena.

Cuadro No. 28 Peso promedio de las raíces húmedas y secas en bandejas de 128 cm³ en sombra con cada sustrato

Promedio	T1	T2	T3	T4
Peso húmedo (g)	0.09622	0.1036	0.09122	0.07332
Peso seco (g)	0.0512	0.04374	0.05044	0.03904

T1 = Sustrato de Turba de Guatemala
 T2 = Sustrato de Turba de Guatemala mezclada con arena.
 T3 = Sustrato de Peat Moss importado.
 T4 = Sustrato de Peat Moss importado mezclado con arena.

Cuadro No. 29 Comparación de promedios de raíces húmedas en las diferentes bandejas en sus respectivas condiciones

	T1	T2	T3	T4
Bandeja 107 cm³ con sombra	0.1195	0.10334	0.12946	0.0911
Bandeja 107 cm³ sin sombra	0.1839	0.13112	0.21652	0.16696
Bandeja 128 cm³ en sombra	0.09622	0.1036	0.09122	0.07332

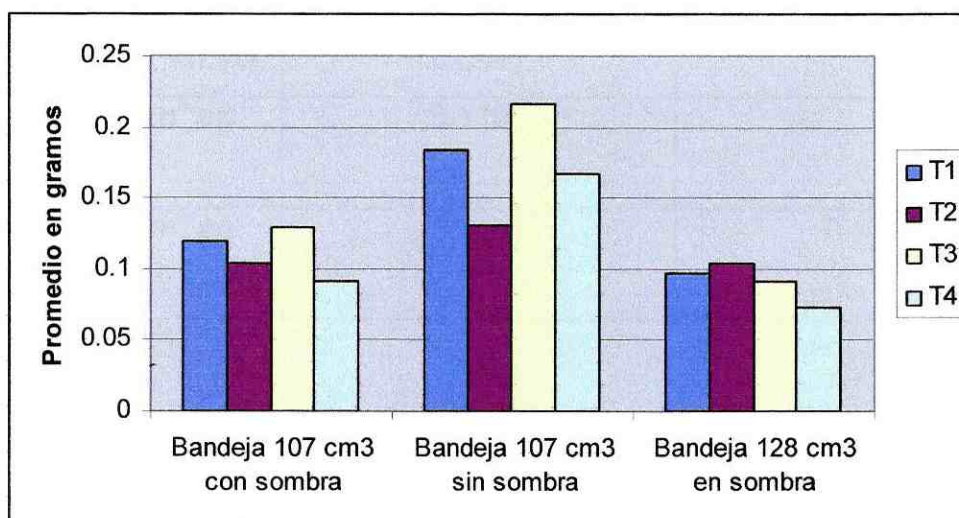
T1 = Sustrato de Turba de Guatemala

T2 = Sustrato de Turba de Guatemala mezclada con arena.

T3 = Sustrato de Peat Moss importado.

T4 = Sustrato de Peat Moss importado mezclado con arena.

Gráfica No. 10 Comparación de promedios de raíces húmedas en las diferentes bandejas en sus respectivas condiciones



Cuadro No. 30 Análisis de varianza para peso radicular en cuatro sustratos

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	F tabulada 0.05
Sustrato	3	0.013	0.004	1.583	0.206
Bandeja	2	0.076	0.038	14.048	0.000
Sustrato * Bandeja	6	0.013	0.002	0.793	0.580
Error	48	0.130	0.003		
TOTAL	59	1.178			

Intervalo de confianza de 95%.

Cuadro No. 31 Prueba de Tuckey peso radicular en bandejas

Sustrato	Subconjunto	
	A	B
Bandeja 107 cm³ en sol	0.0911	
Bandeja 107 cm³ en sombra	0.1109	
Bandeja 128 cm³ en sombra		0.1746

D. PRECIO DE LA TURBA DE GUATEMALA Y EL PEAT MOSS IMPORTADO

Cuadro No. 32 Precio del sustrato elaborado de turba de Guatemala y precio del Peat Moss importado en dólares y quetzales, ambos puestos en la ciudad de Guatemala.

	Sustrato de turba de Guatemala		Sustrato con turba de Guatemala mezclada con arena		Peat Moss importado		Peat Moss mezclado con arena	
	<i>Paca de 3.8 pies cúbicos</i>	<i>1 m³</i>	<i>Paca de 3.8 pies cúbicos</i>	<i>1 m³</i>	<i>Paca de 3.8 pies cúbicos</i>	<i>1 m³</i>	<i>Paca de 3.8 pies cúbicos</i>	<i>1 m³</i>
Precio	\$ 12.94	\$116.46	\$ 13.52	\$ 121	\$ 25	\$ 225	\$ 27	\$ 240
Precio	Q100.03	Q 900	Q104.51	Q 935	Q193.25	Q 1739.25	Q 208.71	Q 1855.20

Nota: El cambio se tomó según el dato del banco de Guatemala a Q7.73 por \$1.00
1 metro cúbico equivale a 9 pacas de 3.8 pies cúbicos para estos datos.

E. DATOS ESTIMADOS DE CANTIDAD DE TURBA DISPONIBLE EN GUATEMALA PARA ELABORACIÓN DE SUSTRATO

Se estima un área en el departamento de Alta Verapaz de 35 hectáreas con una profundidad de 2 metros, lo que equivale a 21,188,800.03 pies cúbicos (600,000 metros cúbicos) lo que equivale a 5,576,000 de pacas de 3.8 pies cúbicos disponibles.

VI DISCUSIÓN

El Peat Moss se conoce como un sustrato ideal para la germinación y el crecimiento de las plantas en vivero, por tener; porosidad, retención de agua, capacidad de aireación, agua disponible aceptables para el desarrollo de la planta. La Turba de Guatemala debe de poseer resultados similares al Peat Moss para competir con el mismo. El análisis químico realizado a la Turba de Guatemala, previamente al experimento, determina que sí es factible una comparación experimental por poseer características físicas similares al Peat Moss.

Los componentes nutricionales del Peat Moss (Cuadro No. 7) como Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio, entre otros, encontrados también en la Turba de Guatemala (Cuadro No. 6), ayudan en la germinación y desarrollo de la planta, para obtener mejores resultados es necesario aplicarle fertilizante según la especie a trabajar.

Según la literatura consultada; la especie de *Pinus maximinoi* tiene un promedio de germinación de siete a veinticuatro días después que la semilla ha sido plantada. En la cuadro No. 9 se observan los porcentajes de germinación de cada tratamiento a los 34 días de haberse sembrado. Para fines de este trabajo, se tomó esta lectura como porcentaje de germinación ya que la lectura anterior que teóricamente debería haberse tomado, fue a los 25 días y se incrementa alrededor de un 2 a 10 % el número de plantas germinadas dependiendo del tratamiento y bandejas aplicadas. La germinación tardía se puede deber a que no se aplicó ningún tratamiento pre germinativo a las semillas.

En el cuadro No. 12 se muestran los resultados de semillas sembradas en broza, el cual se utilizó como control, para determinar la germinación de las semillas, el

porcentaje de germinación es de 68 % siendo igual al obtenido en el sustrato número tres (Peat Moss importado), lo que demuestra que el porcentaje de germinación obtenido fue relativamente bajo a lo esperado, lo que se puede deber a la calidad de la semilla o por la falta de un tratamiento pre germinativo y no por el sustrato.

Los datos de germinación, de los cuatro sustratos en las diferentes bandejas, muestran que el mayor porcentaje de germinación (78%) se obtuvo en el sustrato número cuatro (Mezcla de Peat Moss importado con arena) de la bandeja con 107 cm³ bajo sombra. El menor porcentaje de germinación (53%) se obtuvo en dos sustratos; en el número tres (Peat Moss importado) en la bandeja de 128 cm³ y en el número dos (Turba de Guatemala) en bandeja de 107 cm³. Comparando entre bandejas los diferentes sustratos, la que corresponde a un volumen de 107 cm³ bajo sombra (Cuadro No. 7) el menor porcentaje de germinación fue de 53% que pertenece a Turba de Guatemala y el mayor como ya se había dicho corresponde a la mezcla de Peat Moss importado con un 78%. En la bandeja de 107 cm³ sin sombra (Cuadro No. 9), el mayor porcentaje de germinación se encuentra en dos sustratos; Turba de Guatemala y la mezcla de Peat Moss importado con arena, ambos con 68%. El menor porcentaje se dio en Peat Moss importado con un 55%. La bandeja de 128 cm³ en sombra (Cuadro No. 10), el mayor porcentaje (68%) se obtuvo en la mezcla de Turba de Guatemala mezclada con arena y el menor (53%) pertenece al Peat Moss importado.

Estos datos muestran que no hubo ninguna diferencia estadísticamente significativa entre las distintas bandejas donde se haya encontrado el porcentaje de germinación más alto o más bajo.

En cuanto a los datos de germinación de la especie de *Pinus maximinoi* obtenidos en la investigación desarrollada no se observa ningún cambio

significativo entre los cuatro sustratos: Turba de Guatemala, Turba de Guatemala mezclada con arena, Peat Moss importado y Peat Moss importado con arena.

A través de las pruebas estadísticas elaboradas con análisis de varianza (Cuadro No. 13) se determinó que, no hay una diferencia estadísticamente significativa para definir que el resultado de germinación es mayor para el Peat Moss importado y la mezcla de Peat Moss con arena en comparación con el sustrato elaborado de turba encontrada en Guatemala. A través de la misma prueba estadística se puede decir que no hay diferencia significativa entre las bandejas utilizadas en cada sustrato. Se aplicó la prueba de Tuckey, la cual respalda el resultado obtenido en el análisis de varianza, donde se muestra que no hubo ninguna diferencia entre los sustratos utilizados

En el Cuadro No. 10 se determina que hubo una mortalidad del 2% en el sustrato elaborado de mezcla de Turba de Guatemala con arena y una mortalidad del 3% en la mezcla de Peat Moss con arena, por lo tanto la mortalidad no depende del sustrato utilizado, sino de algún otro factor no determinado.

En la mayoría de los tratamientos hubo germinación tardía después de los 35 días de siembra, esto se puede deber a varios factores, uno de ellos es que la semilla se haya ido al fondo de la celda donde estaba a una profundidad tal que hubiese ocasionado que la planta no pudiera salir con mayor facilidad a la superficie y por ende tardara más en ser visualizada.

El porcentaje promedio de germinación entre todos los sustratos es del 62%, lo que indica un bajo índice de germinación, ya que el porcentaje de germinación de la especie *Pinus maximinoi* es del 80 – 90 %. Al observar los datos generados por el control (Cuadro No. 14) podemos ver que el porcentaje de germinación a los 35 días de sembrada la semilla también es relativamente bajo (68%) a los resultados esperados.

En el crecimiento de la planta, se analizó la altura de 8 plántulas en vivero (sin sacrificar la planta), lo que llevo a tener las alturas promedios de cada sustrato en las diferentes bandejas con sus variables ambientales de sol y sombra. En el cuadro No. 17 se muestran los resultados de cada sustrato en las diferentes bandejas, donde se determina que la planta con crecimiento menor fue la de la mezcla de Peat Moss importado con arena (6.2 cm.) en la bandeja de 128 cm³ en sombra: la altura más alta (8.78 cm.) encontrada fue en la bandeja de 107 cm³ con sombra en el sustrato de Peat Moss importado.

A través la prueba de Análisis de varianza mostradas en el cuadro No. 18 se determina que sí existe una diferencia entre sustratos en el desarrollo de altura de la planta. Para determinar en qué sustrato se dan las mejores alturas, se utilizó la prueba de Tuckey donde se muestra la diferencia entre medias, en la cual la columna A expone los sustratos con las alturas más altas y B los sustratos con las alturas más bajas. De esta manera se determina que el sustrato con los mejores resultados fue la mezcla de Peat Moss con arena y el sustrato de Turba de Guatemala obtuvo los resultados más bajos. Los tratamientos de Turba de Guatemala mezclada con arena y Peat Moss importado obtuvieron los mismos resultados no habiendo diferencia estadísticamente significativa entre estos dos sustratos.

Según los resultados experimentales el Peat Moss mezclado con arena se obtienen mayores alturas en las plántulas de *Pinus maximinoi* sembradas en vivero. La planta debe tener mayor crecimiento radicular que altura del tallo para obtener mejores resultados al transplantar la planta al campo definitivo, una mayor altura de la planta puede generar el quiebre del tallo si éste no tiene un buen diámetro.

En el resultado de la medición de raíces (Cuadro No. 23), se determinó el promedio de largo de las raíces en cinco diferentes repeticiones, por medio de la prueba de Análisis de varianza (Cuadro No. 24) se demuestra que no existe una diferencia entre cada sustrato.

Al utilizar cualquiera de los cuatro sustratos, no se tendrán diferencias estadísticamente significativas, para decidir si en un sustrato se obtienen mejores resultados en el crecimiento radicular.

El cuadro No. 25 expone los resultados obtenidos en la prueba estadística de Duncan, muestra que existe una diferencia entre bandejas en el desarrollo radicular de las plántulas de *Pinus maximinoi*; las plantas desarrolladas en la bandeja de mayor volumen (128 cm^3) tienen un crecimiento menor de raíces, esto se puede deber a que la celda es más ancha, pero de menor largo que la bandeja de menor volumen (107 cm^3), donde no permite que la raíz pivotante se desarrolle adecuadamente. Las plantas sembradas bajo sol obtuvieron mejores resultados de crecimiento radicular, esto se debe a que las plantas sembradas sin sombra desarrollan más sus raíces ya que la planta sufre más de transpiración (perdida de agua) y pérdida de nutrientes por el calor emitido por los rayos del sol, lo que provoca que la raíz pivotante busque mayor profundidad para obtener más humedad.

El análisis de bandejas lleva a demostrar que los sustratos utilizados no poseen ninguna diferencia entre si en el crecimiento radicular, sino es el tipo de bandeja el que proporciona la diferencia.

Los resultados obtenidos en las cinco diferentes repeticiones realizadas en cada sustrato, muestran que el mayor peso radicular se dio en las plántulas germinadas y desarrolladas bajo el sol (Cuadro No. 29). Para determinar, si existe una diferencia significativa entre los tratamientos de sustratos utilizados, se aplico el análisis de varianza, donde muestra que la F tabulada para los

tratamientos es menor que el nivel de significancia de 0.05, por lo tanto no existe diferencia entre los cuatro sustratos. La diferencia encontrada en la prueba de Tuckey (Cuadro No.32), manifiesta que existe un mayor peso radicular en las bandeja de 107 cm³ tanto bajo el sol como en la sombra, donde es posible decir que para el desarrollo de plantas forestales en vivero es favorable trabajar con bandejas que posean celdas con mayor longitud que celdas con mayor diámetro.

En los anexos E, F y G se presentan las fotografías de los dos tipos de bandejas en diferentes condiciones de luz con los cuatro distintos sustratos. Para las bandejas que se encuentran bajo sombra de 50%, el color de sus acículas es de verde fuerte. En contraste se observa en el anexo F el color de las acículas de la planta expuesta al sol es un verde pálido amarillento. Esto se puede deber a que la planta transpira constantemente, y por los rayos directos del sol pierda el pigmento de la clorofila. La pérdida de color no se debe al tipo de sustrato utilizado, ya que las plantas que se encuentran debajo de la sombra con los mismos sustratos no presentan este problema. Se puede dar que la planta por encontrarse sin sombra absorba mayor cantidad de nutrientes del sustrato, necesitando una buena aplicación de fertilizante para contrarrestar a la falta de nutrientes y mantener en mejores condiciones la planta.

Al calcular los precios del sustrato elaborado a base de Turba de Guatemala y la mezcla de Turba de Guatemala con arena; y los precio del mercado del sustrato utilizado actualmente por la mayoría de viveros en Guatemala (Peat Moss importado) mostrados en el cuadro No. 33, se puede observar que existe una diferencia de Q 93 por cada paca de 3.8 pies cúbicos, lo que reduciría el costo de los viveros en la compra de sustrato en un 52 %.

Al elaborar sustratos con materias primas de Guatemala, no solo se esta reduciendo el costo de viveros, sino también se están generando empleos para el

área rural. En otras palabras se está ayudando a que el déficit comercial no siga empeorando.

Al reducir los costos de sustratos los viveros pueden invertir más en comprar semillas de mayor calidad, lo que beneficiaría al sector forestal al obtener plantas con características morfológicas más homogéneas. Esto puede llevar a tener plantaciones con árboles que posean una mejor calidad en madera lo incrementaría el valor del árbol. Al reducir los costos de sustratos se puede invertir en aplicar mayor cantidad de fertilizantes.

Trabajar con semilla de buena calidad incrementa el porcentaje de germinación y mejora la adaptación de la planta en el campo de definitivo, reduciendo así los costos de reposición de plantas por mortalidad.

Una planta de buena calidad puede hacer que el tiempo de cosecha del árbol se reduzca, generando ganancias en menor tiempo para los productores.

VIII CONCLUSIONES

- A. Se acepta la hipótesis planteada debido que al utilizar sustrato elaborado de Turba de Guatemala y sustrato Peat Moss importado para la germinación y crecimiento de plántulas de la especie *Pinus maximinoi*, no se encuentran diferencias estadísticamente significativas.
- B. El porcentaje de germinación de la especie de *Pinus maximinoi* no muestra ninguna diferencia significativa entre los cuatro sustratos utilizados, obteniendo un porcentaje de germinación promedio entre todos los sustratos del 62%.
- C. Los resultados de las diferentes alturas muestran que existe una diferencia significativa entre los cuatro sustratos utilizados. El sustrato Peat Moss importado genera mayor altura en las plántulas y el sustrato elaborado de Turba de Guatemala genera plantas de menor altura. El sustrato mezclado Turba de Guatemala con arena y el Peat Moss importado mezclado con arena no muestran ninguna diferencia entre sí, comportándose de la misma manera al medir alturas. Por lo tanto, entre los sustratos de Turba de Guatemala con arena y Peat Moss con arena, no existe ninguna diferencia significativa con relación a alturas de la planta.
- D. No existe una diferencia estadísticamente significativa entre los cuatro sustratos, para determinar cuál es mejor para el crecimiento radicular. Existe una diferencia en cuanto a la bandeja utilizada, donde hay menor crecimiento radicular en las bandejas de 128 cm³. Las plantas sembradas bajo el sol en bandejas de 107 cm³, obtuvieron un mayor desarrollo radicular.
- E. Al utilizar Turba elaborada de Guatemala los viveros reducirán sus costos de sustratos en un 63 %, lo que puede beneficiar al sector forestal, donde el viverista puede invertir más en conseguir semillas de mejor calidad, y de esta manera incrementar el desarrollo de plantaciones forestales.

IX RECOMENDACIONES

- A. Analizar el sustrato de Turba de Guatemala con diferentes especies forestales y hortícolas para demostrar si existe alguna diferencia con el sustrato utilizado actualmente (Peat Moss importado).
- B. Realizar el experimento utilizando diferentes mezclas de Turba de Guatemala con componentes minerales como vermiculita y/o perlita para determinar la eficiencia del mismo.
- C. Realizar un tratamiento pre germinativo a las semillas utilizadas en la siembra para obtener una mayor homogeneidad en el crecimiento de las plantas y un incremento en el porcentaje de germinación.
- D. Analizar el crecimiento y desarrollo radicular de las plantas de *Pinus maximinoi* hasta el traslado definitivo al campo (seis meses después de sembrada la planta).
- E. Elaborar otros sustratos con diferentes materias primas de Guatemala y determinar la eficiencia de los mismos para el crecimiento de plantas en bandeja producidas en vivero.
- F. Determinar otros lugares en Guatemala donde se pueda obtener mayor cantidad de turba para la producción del sustrato.
- G. Realizar el experimento con Turba de Guatemala desinfectada para comparar los resultados obtenidos en este trabajo y demostrar si es necesario desinfectarla para obtener mejores resultados.

X BIBLIOGRAFÍA

- COLL M. 2005. <Tipos de sustratos en viveros> Revista Extra. España. 74-75 págs.
- CORMENZANA S. 2004. *Gaudí reciclador y la cultura del Coco*. Asociación Gaudí & Barcelona Club. Forúm 2004.
- DORRONSORO, C. 2005. *Introducción a la edafología, propiedades fisicoquímicas*. Universidad de Granada, España. Lección 5.
- FERNÁNDEZ, M.M.; AGUILAR, M.I.; CARRIQUE J.R.; TORTOSA, J.; GARCÍA, C.; LÓPEZ, M.; PÉREZ, J.M. 1998. *Suelo y medio ambiente en invernaderos*. Consejería de Agricultura y pesca. Junta de Andalucía. Sevilla.
- GUATEMALA, Ministerio de Agricultura, ganadería y alimentación, Unidad de Normas y Regulaciones. Importaciones 2004, 2005 y 2006.
- GUDIÉL V. y QUINTO R. *¿El déficit comercial amenaza a la economía?* Elperiódico [Guatemala]. 26 de Febrero 2007.
- ISKANDER, R. 2002. *Manejo de sustratos, producción de plantas ornamentales en maceta*. Department of Horticultural Sciences. Texas, USA. 1-9 págs.
- LANDIS, T. 1989. *Nutrientes minerales y fertilización*. Capítulo 1. Washington, U.S.A. 74 págs.
- MAROTO, J.V. 1990. *Elementos de Horticultura General*. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.
- NOGUERA V. 2006. *La fibra de coco como sustrato de cultivo: Características y manejo*. Universidad politécnica de Valencia. España. 4 págs.
- PIRE R. y PEREIRA A. 2003. *Propiedades físicas de componentes de sustratos de uso común en la horticultura del estado*. Lara, Venezuela. Propuesta metodológica. Venezuela. 55-59 págs.
- PROYECTO FONDEF. 2006. Universidad de Chile Avda. Santa Rosa, Facultad de Cs. Agronómicas. La Pintana, Región Metropolitana, Chile. 3 págs.
- SADE, A. 1997. *Cultivos bajo condiciones forzadas*. Nociones generales. Ed. Hazera España 90, S.A. Israel.
- TERRES, V.; ARTETXE, A.; BEUNZA, A. 1997. *Caracterización física de los sustratos de cultivo*. Revista Horticultura Nº 125 - Diciembre 1997.

- VALENZUELA O. y GALLARDO C. 2002. *Características de los sustratos utilizados por los Viveros Forestales*. Facultad de Ciencias Agropecuarias UNER. Argentina. 55-57 págs.
- VALENZUELA O. y GALLARDO C. 2003. *Sustratos Hortícolas*. Facultad de Ciencias Agropecuarias UNER. Argentina. 25-29 págs.

X APÉNDICE

APÉNDICE “A” BANDEJAS DE 128 CM³ EN SOMBRA DÍA DE SIEMBRA DE SEMILLAS (27 DE ENERO DEL 2007)



PEAT MOSS

TURBA DE GUATEMALA
CON ARENA

TURBA DE GUATEMALA

PEAT MOSS
CON ARENA

APÉNDICE “B” BANDEJAS DE 107 CM³ EN SOMBRA A LOS 09 DÍAS DE SIEMBRA



APÉNDICE “C”
SIEMBRA

BANDEJAS DE 107 CM³ SIN SOMBRA A LOS 09 DÍAS DE



APÉNDICE “D”

GERMINACIÓN DE PLANTAS A LOS 24 DÍAS DE
SEMBRADA EN BANDEJAS DE 107 CM³ EN SOMBRA



APÉNDICE "E" CRECIMIENTO DE PLÁNTULAS CON 75 DÍAS EN VIVERO EN BANDEJAS DE 107 CM³ SIN SOMBRA



APÉNDICE "F" CRECIMIENTO DE PLÁNTULAS CON 75 DÍAS EN VIVERO EN BANDEJAS DE 107 CM³ SIN SOMBRA



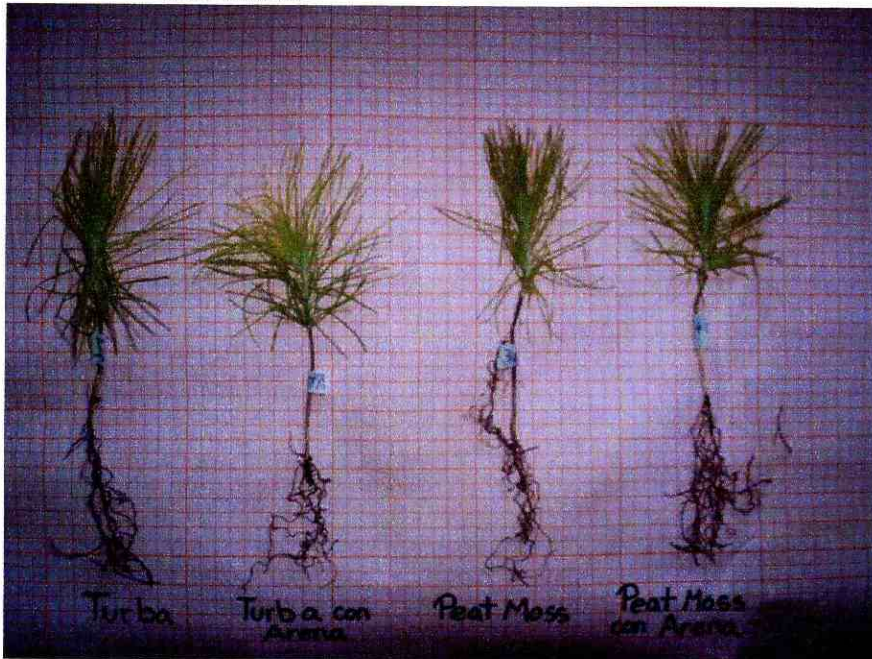
APÉNDICE "G" CRECIMIENTO PLÁNTULAS EN SOMBRA EN BANDEJA DE 128 CM³ A LOS 75 DÍAS



APÉNDICE "H" CRECIMIENTO DE BROZA COMO CONTROL A LOS 75 DÍAS



APÉNDICE "I" TAMAÑO DE PLANTA EN BANDEJA DE 107 CM³ CON SOMBRA



APÉNDICE “J” TAMAÑO DE PLANTA EN BANDEJA DE 107 CM³ SIN SOMBRA



APÉNDICE “K” TAMAÑO DE PLANTA EN BANDEJA DE 128 CM³ CON SOMBRA

