

EFEECTO DE VEINTE SUSTRATOS Y FERTILIZACION  
NPK EN LA PRODUCCION DE PLANTA DE DOS  
ESPECIES FORESTALES EN INVIERNADERO

BONIFACIO MARTINEZ ANGUIANO

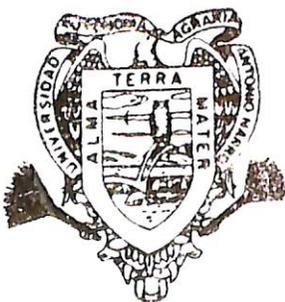
T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS  
EN SUELOS

Universidad Autónoma Agraria  
"ANTONIO NARRO"



BIBLIOTECA



Universidad Autónoma Agraria  
Antonio Narro

PROGRAMA DE GRADUADOS

Buenavista, Saltillo, Coah.

MAYO DE 1998

029583

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO

EFFECTO DE VEINTE SUSTRATOS Y FERTILIZACIÓN NPK EN LA  
PRODUCCIÓN DE PLANTA DE DOS ESPECIES FORESTALES EN  
INVERNADERO

TESIS

POR

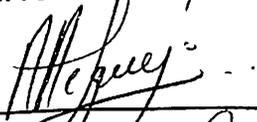
BONIFACIO MARTÍNEZ ANGUIANO

Elaborada bajo la supervisión del Comité Particular de Asesoría y aprobada como  
requisito parcial para optar al grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS  
EN SUELOS

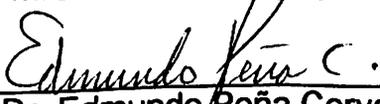
COMITÉ PARTICULAR

Asesor principal:



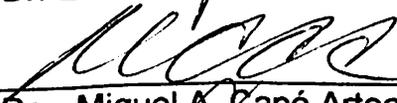
M.C. Ricardo Requejo López

Asesor:



Dr. Edmundo Peña Cervantes

Asesor:



Dr. Miguel A. Capó Arteaga



Dr. Jesús M. Fuentes Rodríguez  
Subdirector de Postgrado

Buenavista, Saltillo, Coahuila, Mayo de 1998.

## **AGRADECIMIENTOS**

- A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en especial al personal docente y administrativo del departamento de Suelos por la oportunidad y conocimientos brindados para mi superación profesional.
- Al Ing. M.C. Ricardo Requejo López por la orientación, dirección, ejecución y revisión de la presente investigación.
- Al Dr. Edmundo Peña Cervantes por su apoyo y participación brindados en la realización de la presente investigación, así como la revisión de la misma.
- Al Dr. Miguel Angel Capó Arteaga por su apoyo y participación en la realización de la presente investigación, así como la revisión de la misma.
- Al Dr. Jesús M. Fuentes Rodríguez y su eficiente grupo secretarial y administrativo por el apoyo brindado durante mis años de estudio.
- A las señoras Patricia Herrera Gaytán y Aracely García García, por su apoyo incondicional brindado en la realización de los análisis de laboratorio de la presente investigación.
- A la señorita Idalia María Hernández Torres, por su apoyo brindado para la realización de los análisis de laboratorio de la presente investigación.
- A mis compañeros estudiantes, por brindarme la oportunidad de convivir experiencias dentro y fuera de las aulas.

## DEDICATORIAS

Con profundo respeto, amor, agradecimiento y por todo el apoyo que siempre me han brindado, a mis padres:

**Sra. Tomasa Anguiano Luévanos de Martínez**  
**Sr. Jesús Martínez Ovalle**

Por haber realizado un gran esfuerzo físico y mental para batir los obstáculos en mi trayectoria de estudiante, para lograr lo que siempre anhelé de pequeño, ser profesionalista.

### **A mi mismo**

Por el cariño que siempre nos ha unido en las buenas y en las malas, así como por el apoyo incondicional brindado para salir adelante, a mis hermanos:

**Martina, Juana, Lucía, Silvano, Hilario, Ambrosio, María de Jesús,**  
**María Guadalupe, Santa y Norma.**

A todos mis tíos, tías, sobrinos, sobrinas, primos y primas por brindarme su apoyo de una u otra manera, con mucho cariño.

Al Ing. M.C. Sergio Guerrero Morales por haberme enseñado que: la mejor manera de perder el tiempo es, trabajando.

A mi amigo Ing. Julián Pérez Ríos por brindarme su amistad y la oportunidad de convivir con él incondicionalmente y formar una dupla fuerte de trabajo en el momento más crítico de nuestra formación profesional.

## **COMPENDIO**

**Efecto de veinte sustratos y fertilización NPK en la producción de planta de dos especies forestales en invernadero**

**POR**

**BONIFACIO MARTÍNEZ ANGUIANO**

**MAESTRÍA  
SUELOS**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, ABRIL DE 1998**

**M. C. Ricardo Requejo López - Asesor-**

**Palabras clave: Especies forestales, caracterización de sustratos, fertilización química, invernadero.**

La presente investigación tiene como objetivos identificar el sustrato y determinar la dosis óptimos de fertilización NPK, en la producción de planta en dos especies forestales en invernadero en dos etapas.

En la primera etapa, el estudio se realizó en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro con las dos especies forestales; *Celtis laevigata* y

*Tecoma stans*, y 20 sustratos, con un diseño completamente al azar arreglado en parcelas divididas con 20 tratamientos y cuatro repeticiones; en donde las parcelas grandes las constituyeron los genotipos y las parcelas chicas los tratamientos (sustratos).

De los 20 sustratos, 17 fueron no comerciales; de los cuales 16 consistieron de mezclas compuestas de un material mineral, un orgánico y un inorgánico. Los materiales minerales utilizados fueron suelo y arena; los orgánicos fueron celulosa, peat-moss, estiércol bovino y composta y los materiales inorgánicos fueron perlita y vermiculita. El suelo solo se utilizó como sustrato para tener 17 y se utilizaron tres sustratos comerciales; sunshine 3 (mezcla de peat-moss más perlita), peat-moss más perlita más vermiculita sin micorriza y peat-moss más perlita más vermiculita con micorriza, completando así los 20 sustratos.

A los tres meses después de la siembra se tomaron los datos de los parámetros altura de planta (cm), diámetro de tallo (mm), peso fresco (g), peso seco (g), longitud de raíz (cm) y número de hojas verdaderas; los datos correspondientes al parámetro días a emergencia se tomaron diariamente al iniciar la emergencia de la primera plántula hasta la última.

Los resultados muestran que la especie *Tecoma stans* presentó la media más baja en días a emergencia (11 días); comparada con la especie *Celtis laevigata* (30 días), obteniéndose ambas medias en el sustrato compuesto de suelo, estiércol bovino y perlita.

La especie *Celtis laevigata* presentó la media más alta en altura de planta (32.16 cm); comparada con la especie *Tecoma stans* (20.53 cm), obteniéndose ambas medias en el sustrato compuesto de suelo, estiércol bovino y perlita.

La especie *Tecoma stans* presentó la media más alta en las variables diámetro de tallo (3.46 mm), peso fresco (8.17 g), peso seco (1.44 g), longitud de raíz (24.00 cm) y número de hojas verdaderas (20 hojas) en comparación con la especie *Celtis laevigata* respectivamente; obteniéndose estos valores en el sustrato compuesto de suelo, estiércol bovino y perlita.

En la segunda etapa, el estudio se realizó en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro con las dos especies forestales; *Celtis laevigata* y *Tecoma stans* con un diseño completamente al azar arreglado en parcelas divididas en donde las parcelas grandes las constituyeron los genotipos y las parcelas chicas los tratamientos NPK, el diseño de tratamientos fue un factorial 3 X 3 X 3 con 27 tratamientos y cuatro repeticiones.

Los tratamientos a evaluar fueron: tres niveles de nitrógeno; 0, 50 y 100 kg/ha; tres niveles de fósforo; 0, 30 y 60 kg/ha; y tres niveles de potasio; 0, 50 y 100 kg/ha; las fuentes de fertilizantes utilizadas para nitrógeno, fósforo y potasio fueron: sulfato de amonio, fosfato de amonio y sulfato de potasio, respectivamente. A los dos meses después de la siembra se concluyó el experimento.

Este experimento no fue posible evaluarlo debido a que solamente la especie *Celtis laevigata* presentó emergencia en una repetición del tratamiento testigo. Por otra parte, si presentó emergencia en el resto de los tratamientos, en algunos solamente en dos repeticiones y en otros en tres repeticiones; además el crecimiento se detuvo a los dos meses de establecido el experimento; alcanzando una altura promedio de 4 cm, en este momento las plántulas presentaron quemaduras muy marcadas en los bordes de las hojas causando su muerte.

Con respecto a la especie *Tecoma stans*, ésta no presentó emergencia en la totalidad de los tratamientos, posiblemente porque la semilla no se encontraba viable, es decir, no tenía capacidad para germinar.

## **ABSTRACT**

**Effect of twenty substrates and NPK fertilization on plant production of two forestry species in greenhouse**

**By**

**BONIFACIO MARTÍNEZ ANGUIANO**

**MASTER OF SCIENCE  
SOILS**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MAY, 1998**

**M.C. Ricardo Requejo López -Advisor-**

**Key words:** forestry species, substrates characterization, chemical fertilization, greenhouse.

The objectives of this research were to identify the optimum substrate and to determinate dose of NPK fertilization for plant production in two stages of two forestry species grown in greenhouse.

In the first stage, the study was conducted at the Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro with two forestry species; *Celtis laevigata* and *Tecoma stans*, and 20 substrates with a random design in divided plots with 20 treatments and four replicates, the big plots were genotypes and small plots the treatments (substrates). Sixteen non commercial substrates, made up of mixtures of mineral, organic and inorganic materials were evaluated. Mineral materials were soil and sand, organic materials were cellulose, peat-moss, manure and compost and inorganic materials were perlite and vermiculite. Seventeen of the 20 evaluated substrates were unmixed soil, the other three were commercial blends: a) sunshine 3 (peat-moss plus perlite), b) peat-moss, perlite and vermiculite and c) peat-moss, perlite, vermiculite and micorrhizae.

The parameters plant height, shoot diameter, fresh weight, dry weight, longer roots y number of true leaves; were determined at harvest three months after planting; the emergence was determined at every instant to initiate emergence of the first until plant.

Results indicate that *Tecoma stans* showed the lowest emergence average (11 days) in the soil, compost and perlite substrate. *Celtis laevigata* had a 30 days emergence average in soil-manure-perlite sustrate.

*Celtis laevigata* showed the highest plant height (32.16 cm) compared with *Tecoma stans* (20.53 cm), both grown in soil-manure-perlite sustrate.

The *Tecoma stans* especie was superior in the variables shoot diameter (3.46 mm), fresh weight (8.17 g), dry weight (1.44 g), longer roots (24.00 cm) and number of true leaves (20) compared with *Celtis laevigata*, these values where obtained in soil-manure-perlite sustrate.

In the second stage, the study was conducted at the Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro with two forestry species; *Celtis laevigata* and *Tecoma stans* with random design in divided plots where the big plots were genotypes and small plots the treatments NPK, the treatments design was three-levels factorial 3 X 3 X 3 with 27 treatments and four replicates.

Evaluated treatments were: 0, 50 and 100 kg/ha of nitrogen; 0, 30 and 60 kg/ha de phosphorus; and 0, 50 and 10 kg/ha of potassium. The respective fertilizers used for nitrogen, phosphorus and potassium were: sulphate of ammonia, phosphate of ammonia and sulphate of potassium. This experiment was eliminated two months after planting.

In this experiment was'n possible the evaluation due to that *Celtis laevigata* specie only showed emergence in a replicate of the witness treatment. On the other hand, if showed emergence in the remainder of the treatments, in somes only in two replicates and on others in three replicates. In addition, the growth stop two months after the experiment was established; reaching an average height of 4 centimeters, in this moment the small plants showed burns very marked in the borders of the leaves causing its death.

*Tecoma stans* did not germinate in all treatments, possiblement because the seed was not viable, it lossed the capacity to germinate.

# ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XV
ÍNDICE DE CUADROS .....	XVI
INTRODUCCIÓN .....	1
REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
<b>Especies de Plantas</b> .....	4
Palo blanco ( <i>Celtis laevigata</i> ).....	4
Vara de San Pedro ( <i>Tecoma stans</i> ).....	5
Sustratos .....	6
Antecedentes de Sustratos .....	6
Características de un buen sustrato .....	8
Suelo .....	9
Arena.....	9
Celulosa .....	9
Peat-moss o Turba.....	10
Estiércol bovino.....	11
Composta .....	11
Perlita.....	12
Vermiculita .....	13
Caracterización de Sustratos .....	13
<b>Propiedades físicas más importantes</b> .....	13
Granulometría .....	14
Porosidad total .....	14
Porosidad ocupada por aire .....	15
Retención de agua por la fase sólida.....	15
<b>Fertilización</b> .....	16
Nitrógeno.....	16
Fósforo .....	16
Potasio .....	17
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	18

<b>Localización del sitio experimental</b> .....	18
<b>Primera etapa. “Efecto de Veinte Sustratos en la Producción de Planta, de dos Especies Forestales”</b> .....	18
<b>Materiales empleados</b> .....	18
Sustratos .....	18
Preparación de los sustratos.....	19
Descripción del equipo comercializado con el nombre de CAMPOT por la firma inglesa CAMLAND. ....	20
Macetas.....	26
Especies.....	27
Semilla .....	28
<b>Establecimiento del Experimento en Invernadero</b> .....	28
Diseño de tratamientos .....	28
Diseño experimental.....	28
Siembra.....	29
Riegos.....	29
Control de malezas .....	30
Control de plagas.....	30
Toma de datos .....	30
Parámetros Evaluados.....	30
<b>Segunda etapa. “Efecto de Fertilización NPK en la Producción de Planta de dos Especies Forestales, Sobre el Mejor Sustrato Obtenido en la Primera etapa.”</b> .....	33
<b>Materiales empleados</b> .....	33
Sustrato.....	33
Macetas.....	33
Especies.....	34
Semilla .....	34
<b>Fertilizantes</b> .....	34
Fuentes de fertilizantes.....	34
Factores de estudio y espacios de exploración .....	34
<b>Establecimiento del Experimento en Invernadero</b> .....	37
Diseño de tratamientos .....	37
Diseño Experimental .....	37
Fertilización.....	38
Siembra.....	38
Riegos .....	38
Control de malezas .....	38

Control de plagas.....	40
Toma de datos .....	40
Parámetros Evaluados .....	40
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>42</b>
<b>Primera etapa. “Efecto de Veinte Sustratos en la Producción de Planta de dos Especies Forestales en Invernadero” .....</b>	<b>42</b>
Días a emergencia.....	42
Altura de planta (cm) .....	46
Diámetro de tallo (mm) .....	50
Peso fresco (g) .....	54
Peso seco (g).....	58
Longitud de raíz (cm).....	62
Número de hojas verdaderas.....	66
<b>Segunda etapa. “Efecto de Fertilización NPK en la Producción de Planta de dos Especies Forestales, Sobre el Mejor Sustrato Obtenido en la Primera etapa.” .....</b>	<b>70</b>
<b>Análisis económico .....</b>	<b>70</b>
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>77</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>79</b>
<b>LITERATURA CITADA .....</b>	<b>84</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Pág.
3.1. Equipo comercializado con el nombre CAMPOT por la firma inglesa CAMLAND .....	22

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Pág.
3.1. Materiales utilizados para obtener los sustratos del experimento “Efecto de veinte sustratos en la producción de planta de dos especies forestales en invernadero”. Primera etapa. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coah., Noviembre de 1997.....	19
3.2. Tamaño de partículas seleccionados de cada uno de los materiales utilizados; clasificados por grupos, para obtener los sustratos para el experimento “Efecto de veinte sustratos en la producción de planta de dos especies forestales en invernadero”. Primera etapa. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coah., Noviembre de 1997.....	20
3.3. Tratamientos y características físicas del experimento “Efecto de veinte sustratos en la producción de planta de dos especies forestales en invernadero”. Primera etapa. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coah., Noviembre de 1997.....	24
3.4. Tratamientos y características químicas de los sustratos usados en el experimento “Efecto de veinte sustratos en la producción de planta de dos especies forestales en invernadero”. Primera etapa. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coah., Noviembre de 1997.....	27
3.5. Análisis químico del sustrato donde se produjo la especie forestal; <i>Celtis laevigata</i> , al final del experimento “Efecto de veinte sustratos en la producción de planta de dos especies forestales en invernadero”. Primera etapa. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coah., Noviembre de 1997.....	31
3.6. Análisis químico del sustrato donde se produjo la especie forestal; <i>Tecoma stans</i> , al final del experimento “Efecto de veinte sustratos en la producción de planta de dos especies forestales en invernadero”. Primera etapa. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coah., Noviembre de 1997.....	32
3.7. Análisis químico de los componentes del sustrato utilizado en el experimento “Efecto de fertilización NPK en la producción de planta de dos especies forestales en invernadero”. Segunda etapa. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coah., Noviembre de 1997.....	33

<b>3.8. Tratamientos usados en el experimento “Efecto de fertilización NPK en la producción de planta de dos especies forestales en invernadero”. Segunda etapa. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coah., Noviembre de 1997.....</b>	<b>39</b>
<b>3.9. Conductividad eléctrica de los tratamientos bajo, medio y alto del experimento “ Efecto de fertilización NPK en la producción de planta de dos especies forestales en invernadero”. Segunda etapa. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coah., Noviembre de 1997.....</b>	<b>41</b>
<b>4.10. Análisis de varianza para la variable días a emergencia de planta en dos especies forestales; <i>Celtis laevigata</i> y <i>Tecoma stans</i>, producidas en veinte sustratos diferentes. Primera etapa. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coah., Noviembre de 1997.....</b>	<b>42</b>
<b>4.11. Prueba de medias para la variable días a emergencia de planta en la especie <i>Celtis laevigata</i>, producida en veinte sustratos diferentes. Primera etapa. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coah., Noviembre de 1997.....</b>	<b>45</b>
<b>4.12. Análisis de varianza para la variable altura de planta (cm) en dos especies forestales; <i>Celtis laevigata</i> y <i>Tecoma stans</i>, producidas en veinte sustratos diferentes. Primera etapa. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coah., Noviembre de 1997.....</b>	<b>46</b>
<b>4.13. Prueba de medias para la variable altura de planta (cm) en la especie <i>Celtis laevigata</i>, producida en veinte sustratos diferentes. Primera etapa. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coah., Noviembre de 1997.....</b>	<b>48</b>
<b>4.14. Prueba de medias para altura de planta (cm) en la especie <i>Tecoma stans</i>, producida en veinte sustratos diferentes. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coah., Noviembre de 1997.....</b>	<b>49</b>
<b>4.15. Análisis de varianza para diámetro de tallo (mm) de planta en dos especies forestales; <i>Celtis laevigata</i> y <i>Tecoma stans</i>, producidas en veinte sustratos diferentes. Primera etapa. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coah., Noviembre de 1997.....</b>	<b>50</b>
<b>4.16. Prueba de medias para la variable diámetro de tallo (mm) de planta en la especie <i>Celtis laevigata</i>, producida en veinte sustratos diferentes. Primera etapa. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coah., Noviembre de 1997.....</b>	<b>52</b>
<b>4.17. Prueba de medias para la variable diámetro de tallo (mm) de planta en la especie <i>Tecoma stans</i>, producida en veinte</b>	

sustratos diferentes. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coah., Noviembre de 1997.....	53
4.18. Análisis de varianza para la variable peso fresco (g) de planta en dos especies forestales; <i>Celtis laevigata</i> y <i>Tecoma stans</i> , producidas en veinte sustratos diferentes. Primera etapa. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coah., Noviembre de 1997.....	54
4.19. Prueba de medias para la variable peso fresco (g) de planta en la especie <i>Celtis laevigata</i> , producida en veinte sustratos diferentes. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coah., Noviembre de 1997.....	56
4.20. Prueba de medias para la variable peso fresco (g) de planta en la especie <i>Tecoma stans</i> , producida en veinte sustratos diferentes. Primera etapa. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coah., Noviembre de 1997.....	57
4.21. Análisis de varianza para la variable peso seco (g) de planta en dos especies forestales; <i>Celtis laevigata</i> y <i>Tecoma stans</i> , producidas en veinte sustratos diferentes. Primera etapa. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coah., Noviembre de 1997.....	58
4.22. Prueba de medias para la variable peso seco (g) de planta en la especie <i>Celtis laevigata</i> , producida en veinte sustratos diferentes. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coah., Noviembre de 1997.....	60
4.23. Prueba de medias para la variable peso seco (g) de planta en la especie <i>Tecoma stans</i> , producida en veinte sustratos diferentes. Primera etapa. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coah., Noviembre de 1997.....	61
4.24. Análisis de varianza para la variable longitud de raíz (cm) de planta en dos especies forestales; <i>Celtis laevigata</i> y <i>Tecoma</i> <i>stans</i> , producidas en veinte sustratos diferentes. Primera etapa. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coah., Noviembre de 1997.....	62
4.25. Prueba de medias para la variable longitud de raíz (cm) en la especie <i>Celtis laevigata</i> , producida en veinte sustratos diferentes. Primera etapa. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coah., Noviembre de 1997.....	64
4.26. Prueba de medias para la variable longitud de raíz (cm) de planta en la especie <i>Tecoma stans</i> , producida en veinte	

sustratos diferentes. Primera etapa. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coah., Noviembre de 1997.....	65
4.27. Análisis de varianza para la variable número de hojas verdaderas de planta en dos especies forestales; <i>Celtis laevigata</i> y <i>Tecoma stans</i> , producidas en veinte sustratos diferentes. Primera etapa. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coah., Noviembre de 1997.....	66
4.28. Prueba de medias para la variable número de hojas verdaderas de planta en la especie <i>Celtis laevigata</i> , producida en veinte sustratos diferentes. Primera etapa. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coah., Noviembre de 1997.....	68
4.29. Prueba de medias para la variable número de hojas verdaderas de planta en la especie <i>Tecoma stans</i> , producida en veinte sustratos diferentes. Primera etapa. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coah., Noviembre de 1997.....	69
4.30. Sustratos y su relación con base a volumen (v) y peso (g), “Efecto de Veinte Sustratos en la Producción de dos Especies Forestales en Invernadero”. Primera etapa. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coah., Noviembre de 1997.....	71
4.31. Análisis económico de los materiales utilizados en la preparación de sustratos; del experimento “Efecto de veinte sustratos en la producción de dos especies forestales en invernadero”. Primera etapa. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coah., Noviembre de 1997.....	74
4.32. Análisis económico de los materiales utilizados en la preparación del mejor sustrato, del experimento “Efecto de veinte sustratos en la producción de dos especies forestales en invernadero”. Primera etapa. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coah. Noviembre de 1997.....	76
4.33. Sustratos compuestos de mezcla de un material mineral, un orgánico y un inorgánico, y sustratos comerciales usados en el experimento “Efecto de veinte sustratos en la producción de planta de dos especies forestales en invernadero”. Primera etapa. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coah., Noviembre de 1997.....	81

## INTRODUCCIÓN

Los habitantes de las zonas áridas de México desarrollan diversas actividades agrícolas, ganaderas, mineras, de recolección y extracción de productos vegetales. Todas estas actividades tienen un común denominador: tienden a la destrucción y desaparición de la frágil cubierta vegetal.

Esto viene a agravar el problema de por sí importante, de la escasez de material leñoso que sirva como combustible para consumo doméstico.

Las actividades de reforestación y plantación de especies arbóreas se llevan a cabo con el objeto de proteger y recuperar áreas forestales, la conservación de los suelos, la generación de bosques comerciales, mejorar el aspecto de áreas urbanas, tener áreas con vegetación para recreo y servir de reserva ecológica. La especie *Celtis laevigata* de la familia del olmo y la especie *Tecoma stans* de la familia del mimbre son importantes como árboles de ornato y son utilizados para cumplir las actividades mencionadas.

Por tal motivo, la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro; a través del Departamento Forestal está produciendo plantas de especies forestales; *Celtis laevigata* y *Tecoma stans*, para el Programa Nacional de Reforestación, el cual distribuye dichas plantas en casi todo el Estado de Coahuila.

La producción de plantas forestales en invernadero tiene una duración promedio de tres meses, utilizando como sustratos solamente materiales comerciales y en algunas ocasiones mezclados con suelo común en diferentes proporciones.

La utilización de sustratos en la producción de plantas forestales en invernadero, es uno de los factores que mayor influencia ejerce sobre la calidad de las mismas (Alarcón, 1992).

Mientras que unos sustratos retienen poca humedad, otros se compactan al secarse; de tal modo que el crecimiento de las plantas es heterogéneo, por lo que es importante que el sustrato presente buenas características físicas y químicas para producir un crecimiento rápido y vigoroso de la planta en el menor tiempo posible. Para lograr lo anterior, existe una técnica llamada caracterización de sustratos, con la cual se pueden preparar sustratos con materiales regionales disponibles y considerados de deshecho.

Con base a lo anterior, en la presente investigación se plantean los siguientes:

### **Objetivos**

- \* Identificar el sustrato óptimo en la producción de planta de dos especies forestales en invernadero. Primera etapa.
- \* Determinar la dosis óptima de fertilización NPK en la producción de planta de dos especies forestales en invernadero. Segunda etapa.
- \* Realizar un análisis económico del mejor sistema de producción.

Bajo las siguientes:

### **Hipótesis**

- \* El crecimiento de las plantas es diferente en cada uno de los sustratos.

- \* El crecimiento de las plantas es diferente en cada uno de los niveles de fertilización NPK.

# REVISIÓN DE LITERATURA

## Especies de Plantas

### Palo blanco (*Celtis laevigata*)

Villarreal (1993), menciona que el palo blanco es uno de los árboles representantes de la familia del olmo (Ulmaceae); siendo muy codiciado por su madera de gran valor económico, por sus resinas y mucílagos que se emplean en la elaboración de medicamentos. El uso más generalizado de los representantes de la familia del olmo es como árboles de sombra, ornato y productores de maderas duras. El mismo autor, menciona que la familia del olmo comprende 15 géneros y unas 200 especies distribuidas en regiones templadas y subtempladas del hemisferio norte.

Harrar y Harrar (1946), menciona que el palo blanco es un árbol de tamaño mediano, de 18 a 24 metros de altura y de 0.6 a 0.9 metros de diámetro con una corona delgada que se extiende en ramas colgantes en el extremo y un sistema radical moderadamente profundo; las hojas de este árbol son alternas, simples, deciduas, de 6 a 12 centímetros de longitud y de 2.5 a 6 centímetros de ancho, oblongas y lanceoladas; el ápice se convierte en una punta delgada, la base es oblicua, es de color verde claro, lisa o ligeramente rugosa, de color más pálido en la parte inferior; pecíolos delgados, lisos de aproximadamente 1 centímetro de largo; el fruto es una drupa de color naranja o amarilla, de 0.6 centímetros de longitud, casi esférico, con un hueso arrugado, de piel gruesa y

una delgada capa de pulpa, nace en un pecíolo corto de 0.6 a 1.25 centímetros de longitud; las ramas son parecidas a las del palo blanco común, excepto los brotes que solo miden 0.3 a 0.4 centímetros de longitud.

El palo blanco (*Celtis laevigata*), generalmente se presenta como árbol ocasional en asociación con muchas especies, pero más comúnmente con la goma dulce, el olmo americano, el cedro, el roble y la acacia dulce.

Este árbol se distribuye por el Sureste de Estados Unidos; desde las costas de Virginia hasta el Este de Texas, incluyendo Florida.

### **Vara de San Pedro (*Tecoma stans*)**

Villarreal (1993), menciona que el árbol Vara de San Pedro es uno de los representantes de la familia del mimbre (Bignoniaceae) y que su importancia económica se restringe a árboles que sirven de ornato. El mismo autor, menciona que la familia del mimbre comprende unos 100 géneros y aproximadamente 700 especies de plantas tropicales y subtropicales.

Standley (1926), menciona que la altura del árbol Vara de San Pedro oscila entre uno y ocho metros; sus hojas son opuestas, pinadas, con cinco y tres hojas lineal-lanceoladas, oval-lanceoladas o elípticas, agudas, serradas o raramente enteras, glabras en la parte inferior o frecuentemente pubescentes o tomentosas; flores ligeramente amarillas, en racimos terminales o panículos; cáliz tubular-campanulado, de cinco dientes; corola de 3.5 a 5 centímetros de longitud, campanulada en embudo; el limbo ligeramente bilabiado, de cinco lóbulos; cuatro estambres; cápsula lineal, de 10 a 20 centímetros de longitud, de seis milímetros de ancho, dehiscente, comprimida; semillas aladas. Las flores son ligeramente aromáticas y producen mucha miel. La madera es de

poco valor pero antiguamente los indígenas la utilizaban para hacer arcos. Las raíces se utilizan como diurético, tónico, antisifilítico y vermífugo. En Veracruz se prepara un brebaje con las flores y corteza para aliviar dolores estomacales; en otras partes de México, la planta tiene la fama de aliviar y curar la diabetes. En Guadalajara, la raíz se utiliza para preparar un tipo de cerveza.

El árbol, Vara de San Pedro es distribuido en casi todo México y ampliamente en America tropical y subtropical.

## **Sustratos**

### **Antecedentes de Sustratos**

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

Cuando se utilizan recipientes de un volumen de 500 ml o más, el contenido nutricional de la mezcla o sustrato no es tan crítica como en el caso de usar recipientes muy pequeños. En recipientes más grandes la mezcla debe contribuir a la nutrición de la planta mientras crece en el vivero, pero con recipientes de pequeño volumen, la contribución es menor.

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

Tinus y Stephen (1979); hacen referencia a algunos materiales que pueden ser utilizados como medios de crecimiento, tales como: arena, estiércol, turba, musgo fangoso, vermiculita, suelo superficial y algunos materiales sintéticos, pero por razones funcionales y económicas predominan las mezclas de turba-vermiculita.

Venator y Liegel (1985), sostienen que cuando el crecimiento de las plantas se lleva a cabo en recipientes pequeños de 130 ml de volumen o menos hay factores que se ven involucrados en el medio de crecimiento o sustrato, uno muy notable es que no se utiliza tierra, ni arena, ni componentes de aserrín; o bien, se utilizan cantidades pequeñas. Esto no quiere decir que una mezcla que sea ligera y que tenga un valor nutritivo bajo no sea deseable; el problema radica en que no existe mezcla alguna que sea ligera, que proporcione buen drenaje y tenga las condiciones idóneas de nutrimentos, tres características esenciales de un buen sustrato.

Ansorena (1994), menciona que durante los últimos años se ha tenido un espectacular desarrollo en las técnicas de cultivo de plantas en maceta. El medio de cultivo ha ido evolucionando desde los primeros sustratos basados en suelo mineral hasta las actuales mezclas, con proporción mayoritaria de componentes orgánicos tipo turba, corteza de pino y similares. Paralelamente a la evolución de las técnicas y medios de cultivo, se ha experimentado una importante ampliación del campo de aplicaciones de sustratos: planta ornamental y arbustiva, jardinería, campos deportivos, etc. El consiguiente aumento de la demanda se ha producido en un clima de creciente sensibilidad hacia el agotamiento de los recursos no renovables y las consecuencias del deterioro del medio ambiente; lo anterior ha favorecido el aprovechamiento de materiales muy diversos, que hasta fechas recientes eran considerados como residuos no deseables (p. ej., lodos de depuradora) o subproductos de escaso valor (cortezas de pino, paja de cereales, etc.).

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

### **Características de un buen sustrato**

Ansorena (1994), menciona que el sustrato además de servir de soporte a la planta, debe suministrar a las raíces cantidades equilibradas de aire, agua y nutrimentos minerales. Así mismo, señala que si las proporciones de los componentes de una mezcla utilizada como sustrato no son adecuadas, el crecimiento de la planta podrá verse afectado por asfixia debido a la falta de oxígeno, impidiendo la respiración de las raíces; deshidratación por falta de agua que puede llegar a producir la muerte de la planta; exceso o carencia de nutrimentos minerales limitando el crecimiento de las plantas; enfermedades producidas indirectamente por las causas anteriores.

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

- El medio debe retener suficiente humedad para evitar riegos muy frecuentes.
- Debe ser suficientemente poroso de manera que drene el exceso de agua, permitiendo una aireación adecuada.

- Debe proporcionar cantidades adecuadas de nutrimentos cuando las plantas permanecen en él un período largo de tiempo.
- Debe estar libre de semillas de malezas y patógenos.

## **Suelo**

Tinus y Stephen (1979), afirman que el suelo natural no es utilizado como medio de crecimiento de plantas en maceta porque otros medios tienen características físicas más deseables. Además, el suelo natural y la arena son muy pesados para la producción de plantas en maceta.

## **Arena**

Resh (1992), indica que en el suroeste de USA se utiliza arena lavada de río, procurando que no sea la arena usada para mortero, puesto que ésta es demasiado fina y suele sedimentarse formando barros originados por la vibración de la arena al paso del agua desde la superficie, motivados por la existencia de un alto porcentaje de limo y arena fina. El agregado a utilizarse deberá lavarse para dejarlo libre de limo más fino y arcilla. Deberá también estar relativamente libre de partículas mayores de 0.6 mm. Una arena para cultivo cernida propiamente deberá drenar con facilidad después de un riego con gran cantidad de agua.

## **Celulosa**

Aguilera (1996), indica que la celulosa es un material que es derivado de la industria elaboradora del papel, el cual es obtenido de los procesos a partir de

la fibra celulósica reciclada; es considerado como un desperdicio y no tiene utilidad.

Castellanos (1996), encontró que la celulosa no es factible utilizarla como medio de crecimiento para plantas de girasol, porque inhibe el crecimiento de las mismas. Sin embargo, señala que puede ser utilizada como medio de germinación.

### **Peat-moss o Turba**

Abad (1993), ha definido a las turbas como la forma disgregada de la vegetación de un pantano que no se ha descompuesto completamente por el exceso de agua y falta de oxígeno; estos materiales con el tiempo se van depositando formando estratos más o menos densos de materia orgánica, en los que se pueden identificar los restos de las diferentes especies vegetales que los forman.

Resh (1982), menciona que la turba consiste en una vegetación acuática pantanosa o de ciénega parcialmente descompuesta. Los diferentes depósitos de turba varían ampliamente dependiendo de la vegetación original, estado de descomposición por contenido mineral y grado de acidificación.

El peat-moss o turba es un producto ampliamente utilizado en los invernaderos de Estados Unidos y México en la producción de plántulas de hortalizas y plantas de ornato. Además, es un acondicionador orgánico del suelo, ayuda a regular la humedad y aireación del suelo; creando condiciones adecuadas de crecimiento, se usa con el suelo en una relación 1:1.

## **Estiércol bovino**

Nava (1992), menciona que la materia orgánica es una sustancia muy compleja, de naturaleza variable y de origen diverso. Contiene un sinnúmero de materiales cuyos porcentajes varían de acuerdo con la clase de residuos (plantas o animales) y su estado de descomposición. Así mismo, la materia orgánica interviene en varios procesos físico-químicos en el suelo, tales como: el suministro de elementos nutritivos por la mineralización; en particular, la liberación de nitrógeno, fósforo, azufre y micronutrientes disponibles para las plantas, compensar a los suelos contra cambios químicos rápidos en el pH, causados por la adición de enmiendas y/o fertilizantes y reducción de la alcalinidad de los suelos debido a la liberación de los ácidos orgánicos en descomposición.

Buckmann y Brady (1977), mencionan que este tipo de materia orgánica tiene capacidad para mejorar las características físicas, químicas y biológicas del suelo. Por su parte, Cooke (1981) afirma que el nitrógeno (0.5 por ciento), el fósforo (0.25 por ciento) y el potasio (0.5 por ciento) que contiene, son liberados gradualmente conforme el estiércol se descompone en la rizósfera.

Castellanos (1996), encontró que el cultivo de girasol en estiércol bovino al 100 por ciento no es factible, debido a que presentó un alto índice de mortalidad en las plantas, con respecto de otros sustratos a base de mezclas.

## **Composta**

Deffis (1989), indica que la composta es un producto negro, homogéneo, de forma granulada, sin restos gruesos. A la vez es un producto húmico y cálcico; un fertilizante orgánico que por su aportación de microelementos al

suelo es muy apreciado; se le conoce como humus, compuesto de partículas coloidales electrizadas, que tienen la propiedad de atraer iones a la superficie del suelo, regula el pH, es rico en fosfato, la composición de la composta depende fundamentalmente del contenido de basura fresca.

Miranda (1992), en un trabajo con suelos erosionados de Apipilhuasco, Edo. de México encontró que al adicionar compostas a un suelo erosionado; el rendimiento de grano de trigo incrementó en un 394 por ciento respecto a si el productor no usa fertilizantes químicos, y en un 307 por ciento si el productor usara fertilizantes químicos en una dosis de 120 kg de nitrógeno y 60 kg de fósforo por hectárea.

Castellanos (1996), encontró que el cultivo de girasol en composta al 100 por ciento no es factible, debido a que presentó un alto índice de mortalidad en las plantas, con respecto de otros sustratos a base de mezclas.

### **Perlita**

Resh (1992), indica que la perlita es un material silíceo que se calienta a 760 °C, proceso que nos da un material estéril. La perlita absorbe de tres a cuatro veces su peso en agua, siendo esencialmente neutra con un pH de 6.0 a 8.0, sin amortiguamiento químico; no tiene capacidad de intercambio iónico y no tiene nutrimentos minerales. Es más útil para incrementar la aireación de la mezcla, ya que tiene una estructura muy rígida. Da lugar a que el tamaño de las partículas vaya disminuyendo conforme éstas se parten con el uso.

## **Vermiculita**

Resh (1992), indica que la vermiculita es un mineral expandido por efectos de altas temperaturas (cerca a 1,093 °C), separando los estratos y formando trozos pequeños y porosos como esponjas en forma de semilla, dando lugar a una esterilización perfecta. También menciona que la vermiculita expandida toma un peso muy ligero (0.096 a 0.16 g/cc), con una reacción neutra y buenas propiedades tampón, siendo insoluble en agua, si bien es capaz de absorber grandes cantidades de ésta (0.4 a 0.53 ml/cc); tiene una capacidad de intercambio de cationes relativamente alta, y por tanto, puede retener nutrimentos e irlos cediendo posteriormente. Sus contenidos en potasio y magnesio, aunque bajos, son fácilmente disponibles para las plantas.

## **Caracterización de Sustratos**

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

### **Propiedades físicas más importantes**

Ansorena (1994), menciona que las propiedades físicas más importantes que permiten evaluar la capacidad de un material como sustrato, o comparar diferentes materiales, son: granulometría o distribución del tamaño de partículas; porosidad, y su reparto entre las fases líquida y gaseosa, es decir: capacidad de retención de agua y porosidad de aire.

## **Granulometría**

En la práctica, la porosidad aumenta a medida que lo hace el tamaño medio de la partícula; así, Handreck (1983) estudió mezclas basadas en corteza de pino, concluyendo que la fracción menor de 0.5 mm y en particular la que va de 0.1 a 0.25 mm, presenta la máxima influencia en la porosidad de aire y en la retención de agua. En contraste, la influencia del tamaño de partícula en las propiedades químicas del sustrato no parece tan clara (Daniels y Wright, 1988).

Ansorena (1994), menciona que la presencia de partículas muy pequeñas hace que disminuya la porosidad total y aumente la cantidad de agua retenida, ya que crece el número de microporos o huecos pequeños, que son los que retienen el agua. También se reducirá la porosidad ocupada por aire, al disminuir el volumen de los macroporos.

## **Porosidad total**

Ansorena (1994), menciona que la porosidad total varía en un amplio intervalo de valores, desde un 30 por ciento en suelos compactados hasta cifras del orden del 95 por ciento en algunas turbas. Por término medio, los buenos suelos de campo con hierba contienen alrededor de un 50 por ciento de poros, mientras que en los sustratos de maceta la porosidad puede llegar a alcanzar valores de un 95 por ciento o superiores, recomendándose un mínimo del 85 por ciento.

### **Porosidad ocupada por aire**

Ansorena (1994), menciona que la porosidad del aire  $P_a$  es probablemente la propiedad física más importante de los sustratos empleados en horticultura ornamental. No existe unanimidad entre los diferentes autores respecto del valor óptimo de  $P_a$ , aunque se acepta con carácter general que debe estar comprendido entre 10 y 20 por ciento para sustratos en maceta. El mismo autor, menciona que muchos investigadores aun no llegan a un acuerdo sobre las necesidades de aireación de un sustrato, la cual es debida a tres causas principales: a) diferentes tolerancias de las plantas a niveles bajos de aireación del medio de cultivo, b) influencia de factores ambientales y de manejo, y c) los diferentes métodos empleados para determinar los valores de porosidad de aire.

### **Retención de agua por la fase sólida**

Ansorena (1994), menciona que una mezcla con una elevada porosidad tendrá las ventajas potenciales de una buena aireación y retención de agua. Sin embargo, el que estas condiciones se den en la práctica dependerá, además, de la distribución de los tamaños de los poros. Si estos son muy grandes, la porosidad estará ocupada principalmente por aire, pudiendo llegar a ser insuficiente la cantidad de agua retenida. Por el contrario, si los poros son excesivamente pequeños, se retendrá mucha agua, pero la cantidad de aire disponible para la respiración de la raíces puede no ser suficiente. Por lo tanto, es necesario que la distribución de los tamaños de los poros sea la adecuada para que el sustrato retenga las cantidades suficientes de agua y aire.

## **Fertilización**

### **Nitrógeno**

Tisdale y Nelson ( 1991), mencionan que el nitrógeno es un constituyente esencial de todos los tejidos vegetales y desempeña un papel de máxima importancia en el desarrollo y funcionamiento del protoplasma en las estructuras vegetales, encontrándose esencialmente en los tejidos relacionados con el crecimiento y la reproducción. Así mismo, existen datos evidentes indicando que la velocidad del desarrollo de las plantas depende más del nitrógeno que de ningún otro elemento.

Carbonero (1985), menciona que el nitrógeno en muchos suelos está presente en muy bajas concentraciones y es el elemento cuya disponibilidad limita las cosechas más que cualquier otro nutrimento vegetal.

Vázquez y Cajuste (1977), mencionan que las pérdidas de nitrógeno durante el ciclo de un cultivo anual son debidas a la fijación del amonio en limos y arcillas; donde se aplican fertilizantes amoniacales, pueden ser del 7 al 41 por ciento del nitrógeno aplicado.

### **Fósforo**

Tisdale y Nelson (1991), indican que el fósforo es un elemento que juega un papel importante en la división celular, la respiración y fotosíntesis, síntesis de azúcar, grasa y proteínas, y la acumulación de energía; de tal modo que, los efectos positivos del fósforo que conllevan a una adecuada disponibilidad de fósforo son; mayor desarrollo radical, mayor crecimiento y desarrollo general de

la planta, aceleración de la floración y fructificación, y mayor resistencia a las condiciones adversas; acumulándose este elemento principalmente en los tejidos activos, los meristemas, semillas y frutos.

Tisdale y Nelson (1982), indican que el pH del suelo es uno de los factores que afecta la utilización del fósforo y de muchos otros elementos. En la mayoría de los suelos la disponibilidad de fósforo es máxima en un orden de pH que oscila de 5.5 a 7, disminuyendo cuando el pH cae por debajo de 5.5 y cuando es mayor que 7. La presencia de iones de calcio o magnesio deben acompañar a altos valores de pH si hay una continua disminución en la solubilidad del fósforo.

Rodríguez (1982), reporta que la solubilidad del fósforo es baja y es fácilmente retenido por el suelo, de allí su poca movilidad en el mismo. La poca cantidad disuelta de fósforo en la solución del suelo hace que este se movilice fundamentalmente por difusión. Las pérdidas del mismo se producen por la absorción de las plantas y en menor medida por lixiviación.

Fuentes (1994), encontró que la asimilación del fósforo se favorece cuando hay un buen nivel de materia orgánica y de fósforo en el suelo. De donde es importante el aporte de materia orgánica y de no escatimar la dosis de abonado de fósforo. Así mismo, menciona que cuando se abona con escasez se aprovecha un porcentaje menor que cuando se abona con una cantidad adecuada.

## **Potasio**

Tisdale y Nelson (1991), indican que la presencia de una cantidad adecuada de potasio disponible en el suelo mejora la calidad de la planta,

aumenta la resistencia a ciertas enfermedades; neutraliza el efecto de un exceso de nitrógeno y ayuda a la planta a utilizar la humedad del suelo de manera más ventajosa, así como a evitar la maduración demasiado rápida por un exceso de fósforo disponible.

Recientemente, el Potash & Phosphate Institute of Canada (1988) indicó que la alta movilidad del potasio permite que se traslade rápidamente de célula a célula, o de tejido viejo a tejido nuevo en desarrollo, o a órganos de almacenamiento y que una cantidad inadecuada de potasio para cubrir todas las necesidades de las partes de la planta disminuye el crecimiento y pone al cultivo en condiciones indeseables, tales como incremento de enfermedades, rompimiento de tallo, y susceptibilidad a otras condiciones de estrés.

# **MATERIALES Y MÉTODOS**

## **Localización del sitio experimental**

La presente investigación se realizó en uno de los invernaderos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en las coordenadas 25° 23' latitud norte y 101° 00' longitud oeste, y con una altitud de 1743 msnm (Mendoza 1990).

Las condiciones del invernadero fueron 26 °C en el día y 18 °C en la noche, con una humedad relativa del 55 por ciento.

El presente trabajo consta de dos etapas:

**Primera etapa. “Efecto de Veinte Sustratos en la Producción de Planta, de dos Especies Forestales”.**

## **Materiales empleados**

### **Sustratos**

Se utilizaron ocho materiales, de los cuales dos fueron: materiales minerales: suelo, S; y arena, A; cuatro materiales orgánicos: celulosa, Ce; peat-moss, Pm; estiércol bovino, Eb y composta, Co; la cual es a base de un 50 por ciento de abonos verdes (residuos de la poda de truenos y residuos de la poda

de pasto de jardín) y 50 por ciento de residuos de frijol (tasol), maíz y girasol, y dos materiales: inorgánicos: perlita, Per y vermiculita, V. Se utilizaron también tres materiales comerciales: sunshine 3 (una mezcla de peat-moss más vermiculita), peat-moss más perlita más vermiculita con micorriza y una mezcla de peat-moss más perlita más vermiculita sin micorriza (Cuadro 3.1). Todos estos materiales fueron esterilizados en una estufa a una temperatura de 80 °C durante cuatro horas, excepto el sustrato con micorriza.

**Cuadro 3.1. Materiales utilizados para la obtención de los sustratos del experimento “Efecto de veinte sustratos en la producción de planta de dos especies forestales en invernadero”. Primera etapa. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coah., Noviembre de 1997.**

Minerales	Clave	Orgánicos	Clave	Inorgánicos	Clave	Comerciales	Clave
Suelo	S	Celulosa	Ce	Perlita	Per	Sunshine 3	Pm v
Arena	A	Peat-moss	Pm	Vermiculita	V	Premier	Pm Per V SM
		Est. bovino	Eb			Premier	Pm Per V CM
		Composta*	Co				

\* 50 por ciento de abonos verdes y 50 por ciento de residuos de frijol (tasol), maíz y girasol.

### Preparación de los sustratos

En el laboratorio de fertilidad de suelos de la UAAAN, con los ocho materiales se prepararon los sustratos en estudio; los cuales consistieron de mezclas compuestas de un material mineral, un orgánico y un inorgánico.

Los ocho materiales fueron sometidos a un análisis granulométrico (juego de tamices) para separarlos en diferentes tamaños de partículas, siendo indispensable para encontrar el tamaño de partícula adecuado de cada uno de los materiales a participar en los sustratos (Cuadro 3.2).

**Cuadro 3.2. Tamaño de partículas seleccionados de cada uno de los materiales utilizados; clasificados por grupos, para la obtención de los sustratos para el experimento "Efecto de veinte sustratos en la producción de planta de dos especies forestales en invernadero". Primera etapa. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coah., Noviembre de 1997.**

Mineral	Tamaño (mm)	da*	Orgánico	Tamaño (mm)	da*	Inorgánico	Tamaño (mm)	da*
Suelo	$0.5 < \varnothing < 1$	0.77	Celulosa	$1 < \varnothing < 3$	0.70	Perlita	$1 < \varnothing < 2.3$	0.10
Arena	$\varnothing < 0.5$	1.82	Peatmoss	$0.5 < \varnothing < 1$	0.19	Vermiculita	$1 < \varnothing < 3$	0.13
			Est. bovino	$0.5 < \varnothing < 1$	0.13			
			Composta	$0.5 < \varnothing < 1$	1.20			

\* densidad aparente (da); g/cc.

A todos los tamaños de partícula (Cuadro 3.2) obtenidos de cada uno de los materiales; se les determinó: densidad aparente,  $D_a$  (probeta) y densidad de sólidos,  $D_s$  (picnómetro) para alimentar la fórmula de porosidad total;  $P_t$  (%) =  $100(1 - D_a/D_s)$  y encontrar el valor mínimo requerido; 85 por ciento, el cual indica que es un sustrato adecuado desde el punto de vista físico (Ansorena, 1994).

Posteriormente, se procedió a buscar la relación de los materiales seleccionados para obtener los sustratos. Dicha relación, se encontró determinando la porosidad del aire;  $P_a$ , de los sustratos mediante la fórmula:  $P_a$  (%) =  $100(V_1/V_2)$ ; con un equipo similar al de la firma inglesa CAMLAND y comercializado con el nombre de CAMPOT, el valor de la porosidad del aire para un sustrato adecuado varía en un rango de 10 a 20 por ciento (Ansorena, 1994).

#### **Descripción del equipo comercializado con el nombre CAMPOT por la firma inglesa CAMLAND.**

El equipo es un cilindro construido en metacrilato el cual posee una doble base que consta de dos discos perforados con ocho orificios cada uno;

mediante un giro pueden hacerse coincidir los orificios de ambos discos, de tal forma que el agua de drenaje pasa al exterior; en caso contrario, el cierre de los dos discos que forman la base del cilindro es hermético. Una vez colocado el collar de extensión y el embudo sobre el cilindro con los discos en posición de cierre, se comienza a llenar el cilindro con el sustrato a intervalos de aproximadamente 100 ml. Cuando se ha llenado hasta la parte superior del collar, se quita el embudo, se golpea suavemente sobre la mesa para facilitar el asentamiento y se adapta a la parte superior del collar una tapa con malla (Figura 3.1).

Se abren los orificios inferiores y se introduce el conjunto en un cubo vacío que se va llenando gradualmente con agua hasta alcanzar el nivel de la superficie superior de la muestra; este proceso debe durar aproximadamente una hora. Se deja el cilindro lleno en el cubo hasta saturar totalmente el sustrato, normalmente es suficiente dejarlo durante una noche, pero algunas muestras difíciles de saturar pueden requerir más tiempo. Es esencial que la saturación sea completa.

Se extrae el conjunto del cubo y se deja drenar durante 5 minutos. La muestra se comprimirá descendiendo a un nivel inferior al inicial, por lo que volviendo a colocarlo en el cubo deberá ajustarse el nivel de agua al de la superficie del sustrato. El proceso hasta aquí descrito representa un ciclo de humectación y drenaje. Los posteriores ciclos son menos duraderos ya que la muestra se encuentra húmeda. Se ha encontrado que tres ciclos de humectación y drenaje son suficientes para llevar la mayoría de sustratos a un volumen final equivalente al que tendrían si hubiesen permanecido en un vivero durante unos meses. Una vez finalizado el tercer drenaje, se quitan la tapa y el collar de extensión y, usando un cuchillo se elimina el sustrato húmedo que sobresale del cilindro hasta nivelarlo con la parte superior de este último.

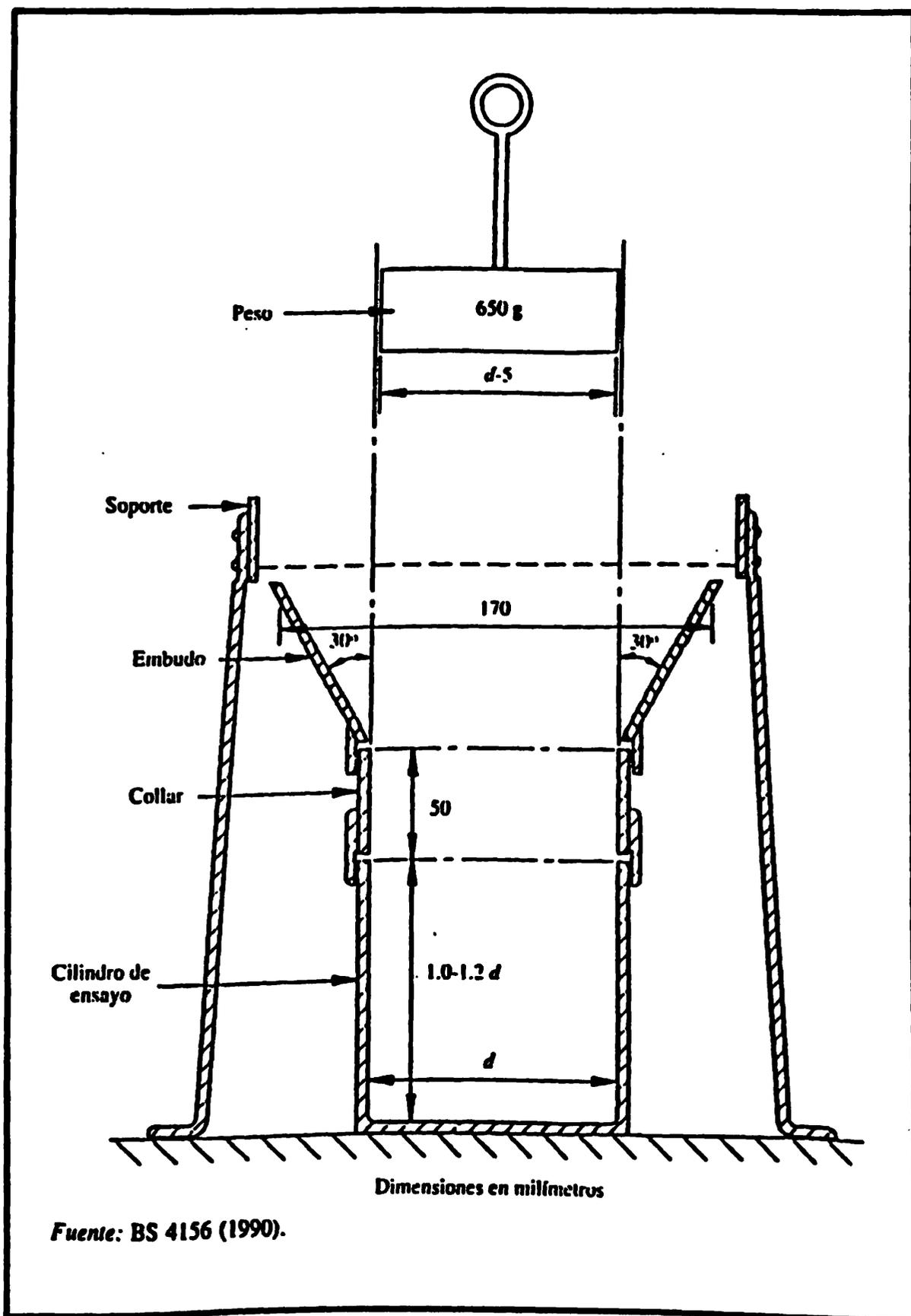


Figura 3.1. Equipo comercializado con el nombre **CAMPOT** por la firma inglesa **CAMLAND**.

Estando el cilindro sumergido en el agua del cubo, se cierran los orificios de la base girándola hacia la derecha. Se extrae el cilindro del cubo eliminando el agua que pueda quedar en el exterior con papel absorbente y después de abrir los orificios de la base con un giro hacia la izquierda del cilindro, se deja drenar el sustrato durante 30 minutos sobre un recipiente colector. El volumen en ml ( $V_1$ ) del agua colectada se mide con una probeta. La porosidad del aire  $P_a$  es:

$P_a (\%) = 100 (V_1/V_2)$  donde;

$V_1$  es el volumen de agua drenada y  $V_2$  es el volumen de la muestra.

De la combinación de los materiales se generaron 16 sustratos; el suelo común participó como un sustrato solo, el cual es sumado para tener 17 y con los tres materiales comerciales se completaron 20. El suelo solo y los tres materiales comerciales fueron los testigos.

A los 20 sustratos se les realizó un análisis físico-químico; las determinaciones físicas fueron: densidad aparente,  $D_a$  (probeta); densidad de sólidos,  $D_s$  (picnómetro); porosidad total,  $P_t$  con la fórmula:

$P_t (\%) = 100 (1 - D_a / D_s)$ ; Porosidad del aire, con la fórmula:

$P_a (\%) = 100 (V_1 / V_2)$  y retención de humedad; RH (gravimétrico), (Cuadro 3.3).

Las determinaciones químicas fueron: nitrógeno aprovechable (Kjeldahl), fósforo disponible (colorimetría), potasio aprovechable (colorimetría), materia orgánica (Walkley - Black), pH (potenciómetro) y C.E. (puente Wheatstone). (Cuadro 3.4).

**Cuadro 3.3. Tratamientos y características físicas del experimento “Efecto de veinte sustratos en la producción de planta de dos especies forestales en invernadero”. Primera etapa. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coah., Noviembre de 1997.**

Sustratos	Relación	Da (g/cc)	Ds (g/cc)	Pt (%)	Pa (%)	RH (%)
1 S Ce Per	3.5: 1: 0.5	0.54	1.91	71.72	15.10	52.58
2 S Pm Per	1.5: 2: 1.5	0.57	1.69	62.27	14.00	69.80
3 S Eb Per	3: 1: 1	0.46	1.82	74.72	16.30	43.32
4 S Co Per	2.5: 1.5: 1	0.51	1.70	70.00	12.20	51.37
5 S Ce V	4: 0.5: 0.5	0.52	1.92	72.91	13.00	52.73
6 S Pm V	3: 1: 1	0.49	1.74	71.84	14.80	47.80
7 S Eb V	3: 1.5: 0.5	0.51	2.05	75.12	19.40	47.89
8 S Co V	2: 2: 1	0.55	1.67	67.06	18.12	53.18
9 A Ce Per	1: 3: 1	0.73	1.96	62.75	12.20	38.00
10 A Pm per	1.5: 1.5: 2	0.85	2.38	64.28	18.60	46.53
11 A Eb Per	2: 2.5: 0.5	0.85	2.12	59.90	17.40	43.31
12 A Co Per	2: 2.5: 0.5	0.97	2.07	53.14	18.80	37.10
13 A Ce V	2: 1: 2	1.016	2.38	57.31	14.20	37.11
14 A Pm V	1.5: 2: 1.5	0.71	2.26	68.58	12.20	44.30
15 A Eb V	1.5: 2: 1.5	0.81	2.38	65.96	12.00	43.45
16 A Co V	2: 1: 2	0.87	2.13	59.15	11.20	34.65
17 S	5	0.77	1.94	60.30	17.80	51.00
18 Pm Per V SM	4: 0.5: 0.5	0.15	0.89	83.14	24.00	83.00
19 Pm Per V CM	4: 0.5: 0.5	0.12	0.97	87.62	28.00	84.00
20 Pm V	3.75: 1.25	0.18	0.92	83.92	27.00	83.00

En los Cuadros 3.4, 3.5 y 3.6 los valores de nitrógeno aprovechable, fósforo disponible y potasio aprovechable están reportados en gramos por maceta (g/maceta); y los valores de materia orgánica (M.O.) se reportan en porcentaje (%).

Los análisis químicos de suelos reportan al nitrógeno aprovechable y materia orgánica en porcentaje (%), mientras que el fósforo disponible y potasio aprovechable son reportados en partes por millón (ppm).

Procedimiento para transformar nitrógeno aprovechable, fósforo disponible y potasio aprovechable a (g/maceta). Este ejercicio es para el sustrato tres del Cuadro 3.4.

Nitrógeno aprovechable	Fósforo disponible	Potasio aprovechable
0.0185 %	185.18 ppm	93.86 ppm

### Para nitrógeno

Volumen de la maceta = 500 cc

Densidad aparente (da) del sustrato 3 = 0.46 g/cc

masa (m) del sustrato 3 = (volumen de la maceta) (da del sustrato),  
sustituyendo valores, tenemos que:

$$m = (500 \text{ cc}) (0.46 \text{ g/cc}) = 230 \text{ g}$$

con una regla de 3 simple, tenemos que:

100 g de sustrato → 0.0185 g de nitrógeno

230 g de sustrato → X

$$X = (230) (0.0185) / 100 = 0.042 \text{ g/maceta.}$$

### Para fósforo

P disponible = 185.18 ppm

Volumen de la maceta = 500 cc

Densidad aparente (da) del sustrato 3 = 0.46 g/cc

masa (m) del sustrato 3 = (volumen de la maceta) (da del sustrato),  
sustituyendo valores, tenemos que:

$$m = (500 \text{ cc}) (0.46 \text{ g/cc}) = 230 \text{ g} = 0.230 \text{ kg}$$

Sabemos que ppm = mg/kg, entonces 185.18 ppm = 185.18 mg/kg

con una regla de 3 simple, tenemos que:

$$\begin{array}{l} 185.18 \text{ mg de fósforo} \rightarrow 1 \text{ kg de sustrato} \\ X \qquad \qquad \qquad \rightarrow 0.230 \text{ kg de sustrato} \end{array}$$

$X = (0.230) (185.18) / 1 = 42.6 \text{ mg/maceta}$ , que divididos entre 1000 para convertirlos a gramos, tenemos 0.042 g/maceta.

### Para potasio

K aprovechable = 93.86 ppm

Volumen de la maceta = 500 cc

Densidad aparente (da) del sustrato 3 = 0.46 g/cc

masa (m) del sustrato 3 = (volumen de la maceta) (da del sustrato),  
sustituyendo valores, tenemos que:

$$m = (500 \text{ cc}) (0.46 \text{ g/cc}) = 230 \text{ g} = 0.230 \text{ kg}$$

Sabemos que ppm = mg/kg, entonces 93.86 ppm = 93.86 mg/kg

con una regla de 3 simple, tenemos que:

$$\begin{array}{l} 93.86 \text{ mg de potasio} \rightarrow 1 \text{ kg de sustrato} \\ X \qquad \qquad \qquad \rightarrow 0.230 \text{ kg de sustrato} \end{array}$$

$X = (0.230) (93.86) / 1 = 21.58 \text{ mg/maceta}$ , que divididos entre 1000 para convertirlos a gramos, tenemos 0.021 g/maceta.

### Macetas

Las macetas utilizadas fueron bolsas de polietileno; de color negro, con un diámetro de 10 centímetros y una altura de 18 centímetros, en las cuales se depositó un volumen de 500 cc de sustrato.

**Cuadro 3.4. Tratamientos y características químicas de los sustratos usados en el experimento "Efecto de veinte sustratos en la producción de planta de dos especies forestales en invernadero". Primera etapa. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coah., Noviembre de 1997.**

Sustratos	Relación	N* aprov.	P* disp.	K* aprov.	M.O. %	pH	CE dS/m
1 S Ce Per	3.5: 1: 0.5	0.032	0.020	0.123	16.60	7.9	1.65
2 S Pm Per	1.5: 2: 1.5	0.034	0.016	0.142	6.60	7.4	1.20
3 S Eb Per	3: 1: 1	0.042	0.042	0.021	10.88	7.9	1.55
4 S Co Per	2.5: 1.5: 1	0.055	0.070	2.840	2.31	7.8	3.50
5 S Ce V	4: 0.5: 0.5	0.024	0.010	0.077	11.60	7.7	1.75
6 S Pm V	3: 1: 1	0.038	0.015	0.013	4.45	7.3	0.90
7 S Eb V	3: 1.5: 0.5	0.045	0.050	2.890	20.16	7.8	2.20
8 S Co V	2: 2: 1	0.057	0.082	3.000	20.86	8.2	3.50
9 A Ce Per	1: 3: 1	0.008	0.014	0.031	14.45	7.7	1.10
10 A Pm per	1.5: 1.5: 2	0.007	0.016	0.042	1.16	7.2	0.70
11 A Eb Per	2: 2.5: 0.5	0.037	0.110	1.890	7.39	8.7	2.00
12 A Co Per	2: 2.5: 0.5	0.086	0.150	0.360	2.31	8.8	1.65
13 A Ce V	2: 1: 2	0.004	0.160	0.180	6.88	7.9	0.66
14 A Pm V	1.5: 2: 1.5	0.002	0.010	0.048	17.79	5.2	0.56
15 A Eb V	1.5: 2: 1.5	0.027	0.044	2.940	13.80	9.2	5.00
16 A Co V	2: 1: 2	0.022	0.076	0.600	8.81	8.6	2.50
17 S	5	0.061	0.026	0.304	0.38	7.3	1.30
18 Pm Per V SM	4: 0.5: 0.5	0.009	0.004	0.220	39.77	6.5	2.00
19 Pm Per V CM	4: 0.5: 0.5	0.006	0.003	0.170	38.15	6.3	1.50
20 Pm V	3.75: 1.25	0.010	0.004	0.260	46.88	6.0	1.25

\* g/maceta.

### Especies

Se utilizaron las siguientes especies: Palo blanco (*Celtis laevigata*) de la familia *Ulmaceae* y Vara de San Pedro (*Tecoma stans*) de la familia *Bignoniaceae*.

## **Semilla**

La semilla de la especie *Celtis laevigata* fue colectada en la sierra La Muralla; la cual se encuentra por la carretera a Monclova, Coah., y la semilla de la especie *Tecoma stans* fue colectada en el área forestal de la UAAAN. La semilla fue tratada con cloro al 5 por ciento por un período de tiempo de 5 horas y posteriormente fue remojada en agua corriente por un período de tiempo de 48 horas, quedando lista para realizar la siembra.

## **Establecimiento del Experimento en Invernadero**

### **Diseño de tratamientos**

Los tratamientos (sustratos) se obtuvieron haciendo combinaciones de los diferentes materiales utilizados, como se indica en los Cuadros 3.3 y 3.4; además se adicionó un tratamiento (sustrato) solo, siendo este el suelo.

### **Diseño experimental**

El diseño experimental utilizado para esta investigación fue un completamente al azar arreglado en parcelas divididas y cuatro repeticiones; dando un total de 160 unidades experimentales, donde las parcelas grandes las constituyeron las especies y las parcelas chicas los sustratos.

**El modelo estadístico que describe el diseño es el siguiente:**

$$Y_{ijk} = \mu + E_i + S_j + E_{sij} + E_{ijk}$$

Con:

$i = 1$  y  $2$  especies

$j = 1, 2, 3, \dots, 18, 19$  y  $20$  sustratos

$k = 1, 2, 3$  y  $4$  repeticiones

Donde:

$Y_{ijk}$  = Variable aleatoria observable con la "i" ésima especie, el "j" ésimo sustrato y la "k" ésima repetición.

$\mu$  = Media general

$E_i$  = Efecto de la "i" ésima especie

$S_j$  = Efecto del "j" ésimo sustrato

$ES_{ij}$  = efecto de la interacción "i" ésima especie y "j" ésimo sustrato

$E_{ijk}$  = Error experimental

## **Siembra**

La siembra se inició el 29 marzo de 1997; depositando dos semillas por maceta con el objetivo de seleccionar la plántula más vigorosa a los dos o tres días después de presentarse la emergencia.

## **Riegos**

Los riegos se dieron cada tres días; hasta el momento de la emergencia de las primeras plántulas, aplicando un volumen de 50 ml de agua de la llave; después de la emergencia, los riegos se dieron todos los días y el volumen de agua aplicado varió en función de la plántula más necesitada.

## **Control de malezas**

Las malezas que se presentaron durante el desarrollo de las plantas se eliminaron manualmente, según iban apareciendo.

## **Control de plagas**

Después de la emergencia de las primeras plántulas, se presentó una mosquita negra causando daño en los bordes de las hojas, la cual fue controlada con el insecticida piretroide (aerosol), realizando aplicaciones dependiendo de la incidencia de dicha mosquita.

## **Toma de datos**

Los datos de los parámetros altura de planta (cm), diámetro de tallo (mm), peso fresco (g), peso seco (g), longitud de raíz (cm) y número de hojas verdaderas se tomaron el 29 Junio de 1997; los datos correspondientes al parámetro días a emergencia se tomaron conforme iban emergiendo las plántulas, iniciando al emerger la primera plántula y terminando al emerger la última.

Al final del experimento, se realizó un análisis químico de los sustratos para las dos especies en estudio (Cuadros 3.5 y 3.6).

## **Parámetros Evaluados**

Los parámetros evaluados fueron: días a emergencia, altura de planta (cm), diámetro de tallo (mm), peso fresco (g), peso seco (g) longitud de raíz

(cm) y número de hojas verdaderas; a los cuales se les realizó la prueba de medias de Tuckey.

**Cuadro 3.5. Análisis químico del sustrato donde se produjo la especie forestal; *Celtis laevigata*, al final del experimento "Efecto de veinte sustratos en la producción de planta de dos especies forestales en invernadero". Primera etapa. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coah., Noviembre de 1997.**

Sustratos	Relación	Da (g/cc)	N* aprov.	P* disp.	K* aprov.	M.O. %	pH	CE dS/m
1 S Ce Per	3.5: 1: 0.5	0.58	0.050	0.020	0.185	26.90	6.5	3.50
2 S Pm Per	1.5: 2: 1.5	0.32	0.023	0.007	0.063	14.63	7.2	1.80
3 S Eb Per	3: 1: 1	0.48	0.044	0.025	0.157	19.64	7.2	3.00
4 S Co Per	2.5: 1.5: 1	0.51	0.053	0.063	0.490	21.60	7.2	4.20
5 S Ce V	4: 0.5: 0.5	0.58	0.050	0.014	0.200	20.45	7.3	2.55
6 S Pm V	3: 1: 1	0.49	0.034	0.015	0.067	21.82	7.4	2.00
7 S Eb V	3: 1.5: 0.5	0.56	0.049	0.040	0.230	24.46	6.8	6.00
8 S Co V	2: 2: 1	0.78	0.075	0.100	0.097	20.27	7.7	3.25
9 A Ce Per	1: 3: 1	0.49	0.007	0.001	0.156	13.16	8.0	1.70
10 A Pm per	1.5: 1.5: 2	0.49	0.005	0.050	0.018	11.00	7.2	1.50
11 A Eb Per	2: 2.5: 0.5	0.95	0.021	0.630	0.051	10.20	8.1	3.00
12 A Co Per	2: 2.5: 0.5	0.90	0.052	0.130	0.760	12.46	8.1	3.50
13 A Ce V	2: 1: 2	0.82	0.007	0.005	0.071	5.90	7.7	1.50
14 A Pm V	1.5: 2: 1.5	0.68	0.011	0.004	0.004	5.22	7.2	1.00
15 A Eb V	1.5: 2: 1.5	0.70	0.014	0.030	0.160	9.46	7.8	2.00
16 A Co V	2: 1: 2	0.95	0.019	0.067	0.071	9.53	7.7	2.30
17 S	5	0.76	0.063	0.030	0.080	26.83	7.5	2.25
18 Pm Per V SM	4: 0.5: 0.5	0.15	0.005	0.005	0.220	45.81	6.8	1.20
19 Pm Per V CM	4: 0.5: 0.5	0.13	0.004	0.004	0.190	56.24	6.2	1.75
20 Pm V	3.75: 1.25	0.22	0.008	0.004	0.023	55.07	6.5	1.40

\* g/maceta.

**Cuadro 3.6. Análisis químico del sustrato donde se produjo la especie forestal; *Tecoma stans*, al final del experimento "Efecto de veinte sustratos en la producción de planta de dos especies forestales en invernadero". Primera etapa. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coah., Noviembre de 1997.**

Sustratos	Relación	Da (g/cc)	N* aprov.	P* disp.	K* aprov.	M.O. %	pH	CE dS/m
1 S Ce Per	3.5: 1: 0.5	0.31	0.026	0.008	0.110	13.68	6.8	2.25
2 S Pm Per	1.5: 2: 1.5	0.31	0.027	0.006	0.130	28.44	6.9	1.75
3 S Eb Per	3: 1: 1	0.52	0.050	0.035	0.500	22.23	7.1	3.90
4 S Co Per	2.5: 1.5: 1	0.58	0.053	0.020	0.110	29.72	6.2	2.24
5 S Ce V	4: 0.5: 0.5	0.59	0.048	0.018	0.027	25.15	6.7	1.90
6 S Pm V	3: 1: 1	0.47	0.037	0.017	0.150	20.77	7.5	3.50
7 S Eb V	3: 1.5: 0.5	0.52	0.048	0.037	0.760	27.54	6.8	4.00
8 S Co V	2: 2: 1	0.47	0.043	0.056	0.560	20.23	5.8	1.80
9 A Ce Per	1: 3: 1	0.54	0.006	0.004	0.030	20.14	7.2	3.00
10 A Pm per	1.5: 1.5: 2	0.64	0.005	0.002	0.023	6.23	6.3	5.50
11 A Eb Per	2: 2.5: 0.5	0.96	0.026	0.050	0.025	5.46	6.2	3.90
12 A Co Per	2: 2.5: 0.5	0.95	0.042	0.099	0.280	15.73	6.0	3.75
13 A Ce V	2: 1: 2	0.93	0.004	0.002	0.034	10.18	5.9	1.60
14 A Pm V	1.5: 2: 1.5	0.81	0.010	0.011	0.150	3.16	6.5	1.25
15 A Eb V	1.5: 2: 1.5	0.81	0.017	0.038	0.130	5.43	6.6	2.50
16 A Co V	2: 1: 2	0.98	0.023	0.029	0.250	4.56	5.7	1.50
17 S	5	0.72	0.057	0.018	0.170	17.04	6.5	2.20
18 Pm Per V SM	4: 0.5: 0.5	0.14	0.008	0.004	0.017	26.23	7.5	1.25
19 Pm Per V CM	4: 0.5: 0.5	0.11	0.004	0.003	0.160	27.74	6.7	0.75
20 Pm V	3.75: 1.25	0.16	0.010	0.001	0.230	29.82	6.6	0.87

\* g/maceta

**Segunda etapa. "Efecto de Fertilización NPK en la Producción de Planta de dos Especies Forestales, Sobre el Mejor Sustrato Obtenido en la Primera etapa".**

### **Materiales empleados**

#### **Sustrato**

El sustrato utilizado fue una mezcla de suelo, estiércol bovino y perlita; con una relación 3:1:1 y tamaños de partícula de  $0.5 < \emptyset < 1$ ,  $0.5 < \emptyset < 1$  y  $1 < \emptyset < 2.3$  respectivamente, al cual se le realizó un análisis químico de cada uno de los componentes (Cuadro 3.7).

**Cuadro 3.7. Análisis químico de los componentes del sustrato utilizado en el experimento "Efecto de fertilización NPK en la producción de planta de dos especies forestales en invernadero". Segunda etapa. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coah., Noviembre de 1997.**

Componentes	da	N*	P*	K*	pH	CE (dS/m)
Suelo	0.77	0.037	0.015	0.182	7.3	1.3
Estiércol bovino	0.19	0.036	0.042	7.115	9.2	10.0
Perlita	0.23	0.0001	0.006	0.002	7.4	0.40

\* g/maceta.

#### **Macetas**

Las macetas utilizadas fueron bolsas de polietileno; de color negro, con un diámetro de 10 centímetros y una altura de 18 centímetros, en las cuales se depositó un volumen de 500 cc de sustrato.

## **Especies**

Se utilizaron las siguientes especies: Palo blanco (*Celtis laevigata*) de la familia *Ulmaceae* y Vara de San Pedro (*Tecoma stans*) de la familia *Bignoniaceae*.

## **Semilla**

La semilla de la especie *Celtis laevigata* fue colectada en la sierra La Muralla la cual se encuentra por la carretera a Monclova, Coah., y la semilla de la especie *Tecoma stans* fue colectada en el área forestal de la UAAAN. La semilla fue tratada con cloro al 5 por ciento por un período de tiempo de 5 horas; posteriormente fue remojada en agua corriente por un período de tiempo de 48 horas, quedando lista para realizar la siembra.

## **Fertilizantes**

### **Fuentes de fertilizantes**

Las fuentes de fertilizantes para nitrógeno, fósforo y potasio fueron: sulfato de amonio (20.5-00-00), fosfato de amonio (18-46-00) y sulfato de potasio (0-0-50), respectivamente.

### **Factores de estudio y espacios de exploración**

Los factores de estudio y espacios de exploración considerados en el presente trabajo, fueron: tres niveles de nitrógeno; 0, 50 y 100 kg/ha; tres

niveles de fósforo; 0, 30 y 60 kg/ ha; y tres niveles de potasio; 0, 50 y 100 kg/ha. (Cuadro 3.8). En el mismo cuadro se muestran las cantidades en gramos por maceta (g/maceta), equivalentes a los niveles estudiados de nitrógeno, fósforo y potasio.

### Procedimiento para convertir kg/ha a g/maceta (Cuadro 3.8).

Fuentes de fertilizantes: Sulfato de amonio (25-0-0), Fosfato de amonio (18-46-0) y Sulfato de potasio (0-0-50).

Densidad aparente (da) del sustrato; 0.46 g/cc.=0.46 ton/m<sup>3</sup>

Volumen (V) del sustrato; 500 cc.

Profundidad (P) de la maceta; 18 cm=0.18 m.

Masa (m) del sustrato= (da) del sustrato) (V/ha); donde V/ha=área (A) X P; sustituyendo valores, tenemos:

$$m=(0.46 \text{ ton/m}^3) (10,000 \text{ m}^2) (0.18 \text{ m})$$

$$m=828 \text{ ton/ha}=828,000 \text{ kg/ha.}$$

masa (m) del sustrato=(da) (V)

$$m=(0.46 \text{ g/cc}) (500 \text{ cc})$$

$$m=230 \text{ g}=0.230 \text{ kg.}$$

Al utilizar fosfato de amonio (FDA) como fuente de fósforo incluye nitrógeno, por lo que primero se convierte el fósforo de kg/ha a g/maceta.

### Fósforo

$$828,000 \text{ kg de sustrato} \rightarrow 30'000,000 \text{ mg de fósforo}$$

$$0.230 \text{ kg de sustrato} \rightarrow X$$

X=8.33 mg de fósforo; que dividido entre 1000 para tener g:

$$X=0.0083 \text{ g de fósforo.}$$

$$0.0083 \text{ g de fósforo} \rightarrow 46 \% \text{ FDA}$$

$$X \rightarrow 100 \% \text{ FDA}$$

X=0.018 g FDA aplican 30 kg/ha de fósforo a la vez que aplican nitrógeno como se indica:

100 g FDA → 18 g de nitrógeno  
 0.018 g FDA → X X=0.0032 g de nitrógeno.  
 (0.018 g FDA) (2)=0.036 aplican 60 kg/ha de fósforo.

## Nitrógeno

Fuente: Sulfato de amonio (SA)

828,000 kg de sustrato → 50'000,000 mg de nitrógeno  
 0.230 kg de sustrato → X

X=13.88 mg de nitrógeno; que dividido entre 1000 para tener g:  
 X= 0.01388 g de nitrógeno.

0.01388 g de nitrógeno → 20.5 % SA  
 X → 100 % SA

X=0.0677 g de SA aplican 50 kg/ha de nitrógeno, menos los kg/ha aplicados con FDA, como se indica:

0.0677 g SA - 0.0032 g FDA = 0.0645 g SA aplican los kg/ha de nitrógeno para completar los 50 kg/ha.

(0.0645 g SA) (2)=0.129 g SA aplican los kg/ha de nitrógeno para completar los 100 kg/ha.

## Potasio

Fuente: Sulfato de potasio (SP)

828,000 kg de sustrato → 50'000,000 mg de potasio  
 0.230 kg de sustrato → X

X=13.88 mg de potasio; que dividido entre 1000 para tener g:  
 X= 0.01388 g de potasio.

0.01388 g potasio → 50 % SP  
 X → 100 % SP

X=0.0277 g SP aplican 50 kg/ha de potasio.

(0.0277 g SP) (2)=0.0554 g SP aplican 100 kg/ha de potasio.

## Establecimiento del Experimento en Invernadero

### Diseño de tratamientos

El diseño de tratamientos fue un factorial 3 X 3 X 3; el cual generó 27 tratamientos (Cuadro 3.8).

### Diseño Experimental

El diseño experimental fue un completamente al azar arreglado en parcelas divididas y cuatro repeticiones; dando un total de 216 unidades experimentales, siendo las parcelas grandes para las especies y las parcelas chicas para los tratamientos NPK.

**El modelo estadístico que describe el diseño es el siguiente:**

$$Y_{ijk} = \mu + E_i + S_j + E_{sij} + E_{ijk}$$

Con:

$i = 1$  y 2 especies

$j = 1, 2, 3, \dots, 18, 19$  y 20 sustratos

$k = 1, 2, 3$  y 4 repeticiones

Donde:

$Y_{ijk}$  = Variable aleatoria observable con la "i" ésima especie, el "j" ésimo sustrato y la "k" ésima repetición.

$\mu$  = Media general

$E_i$  = Efecto de la "i" ésima especie

$S_j$  = Efecto del "j" ésimo sustrato

$ES_{ij}$  = efecto de la interacción "i" ésima especie y "j" ésimo sustrato

$E_{ijk}$  = Error experimental

## **Fertilización**

La cantidades de nitrógeno, fósforo y potasio correspondientes a cada uno de los tratamientos (Cuadro 3.8) se disolvieron en 50 ml de agua destilada y se aplicaron 15 días antes de la siembra

## **Siembra**

La siembra se inició el 27 de Septiembre de 1997; depositando dos semillas por maceta con el objetivo de seleccionar la plántula más vigorosa a los dos o tres días después de presentarse la emergencia.

## **Riegos**

Los riegos se dieron cada tres días hasta el momento de la emergencia de las primeras plántulas aplicando un volumen de 50 ml de agua de la llave; después de la emergencia de las primeras plántulas, los riegos se dieron todos los días y el volumen de agua aplicado varió en función de la plántula más necesitada.

## **Control de malezas**

Las malezas que se presentaron durante el desarrollo de las plantas emergidas se eliminaron manualmente, según iban apareciendo.

**Cuadro 3.8. Tratamientos usados en el experimento "Efecto de fertilización NPK en la producción de planta de dos especies forestales en invernadero". Segunda etapa. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coah., Noviembre de 1997.**

Tratamientos	Factores			Fuentes y cantidades de fertilizantes (©)		
	N	P	K	SA*	FDA**	SP***
1	0	0	0	----	----	----
2	0	0	50	----	----	0.0277
3	0	0	100	----	----	0.0554
4	0	30	0	----	0.018	----
5	0	30	50	----	0.018	0.0277
6	0	30	100	----	0.018	0.0277
7	0	60	0	----	0.036	----
8	0	60	50	----	0.036	0.0277
9	0	60	100	----	0.036	0.0554
10	50	0	0	0.0645	----	----
11	50	0	50	0.0645	----	0.0277
12	50	0	100	0.0645	----	0.0554
13	50	30	0	0.0645	0.018	----
14	50	30	50	0.0645	0.018	0.0277
15	50	30	100	0.0645	0.018	0.0277
16	50	60	0	0.0645	0.036	----
17	50	60	50	0.0645	0.036	0.0277
18	50	60	100	0.0645	0.036	0.0554
19	100	0	0	0.1290	----	----
20	100	0	50	0.1290	----	0.0277
21	100	0	100	0.1290	----	0.0554
22	100	30	0	0.1290	0.018	----
23	100	30	50	0.1290	0.018	0.0277
24	100	30	100	0.1290	0.018	0.0277
25	100	60	0	0.1290	0.036	----
26	100	60	50	0.1290	0.036	0.0277
27	100	60	100	0.1290	0.036	0.0554

\* Sulfato de amonio      \*\* Fosfato de amonio      \*\*\* Sulfato de potasio

© g/maceta (tratamiento).

## **Control de plagas**

Después de la emergencia de las primeras plántulas, se presentó una mosquita negra; causando daño en los bordes de las hojas; la cual fue controlada con el insecticida piretroide (aerosol) realizando aplicaciones dependiendo de la incidencia de dicha mosquita, en este momento todavía no emergía la totalidad de las plántulas.

## **Toma de datos**

El 28 de Noviembre de 1997 se concluyó el experimento y solamente se tomaron los datos correspondientes al parámetro días a emergencia de las plántulas que lograron emerger; los datos se tomaron conforme iban emergiendo las plántulas iniciando cuando emergió la primera, en este momento empezaron a morir las plántulas emergidas.

## **Parámetros Evaluados**

No se evaluaron los parámetros días a emergencia, altura de planta (cm), diámetro de tallo (mm), peso fresco (g), peso seco (g), longitud de raíz (cm) y número de hojas verdaderas.

Al final del experimento se determinó la conductividad eléctrica (CE) de los tratamientos medio, bajo y alto (Cuadro 3.9).

**Cuadro 3.9. Conductividad eléctrica de los tratamientos bajo, medio y alto del experimento " Efecto de fertilización NPK en la producción de planta de dos especies forestales en invernadero". Segunda etapa. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coah., Noviembre de 1997.**

Tratamientos	Factores			Fuentes y cantidades de fertilizantes (©)			CE (dS/m)
	N	P	K	SA*	FDA**	SP***	
Bajo	0	0	0	---	----	----	1.55
Medio	50	30	50	0.0645	0.018	0.0277	10.00
Alto	100	60	100	0.1290	0.036	0.0554	10.00

\* Sulfato de amonio

\*\* Fosfato de amonio

\*\*\* Sulfato de potasio

© g/maceta.

**Nota:**

En el Cuadro 3.9 se observa que con la aplicación de pequeñas cantidades de fertilizantes se incrementa la conductividad eléctrica y debido a que las especies de plantas forestales son altamente susceptibles a la salinidad, deberá tenerse cuidado con posteriores aplicaciones de fertilizantes ya que la salinidad afecta el crecimiento de las plantas.

El efecto principal de la salinidad es el de reducir el agua disponible para las plantas, esto se aprecia en su mala germinación, crecimiento más lento y una condición de achaparramiento general de las plantas. En casos extremos, el crecimiento de las plantas se detiene.

009398

BANCO DE TESIS

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Primera etapa. "Efecto de Veinte Sustratos en la Producción de Planta de dos Especies Forestales en Invernadero".

A continuación se describen los resultados obtenidos de los análisis de varianza y comparación de medias para cada una de los parámetros evaluados, en la presente investigación.

#### Días a emergencia

El análisis de varianza para la variable días a emergencia de las especies *Celtis laevigata* y *Tecoma stans* se presenta en el Cuadro 4.10; donde se observa que existe significancia entre los factores: especies (A) y sustratos (B), así como la interacción con un coeficiente de variación de 7.47 por ciento.

**Cuadro 4.10. Análisis de varianza para la variable días a emergencia de planta en dos especies forestales; *Celtis laevigata* y *Tecoma stans*, producidas en veinte sustratos diferentes. Primera etapa. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coah., Noviembre de 1997.**

FV	GL	SC	CM	FC	Ft	
					0.05	0.01
Factor A	1	22372.89	22372.89	22728.02**	3.98	6.95
Factor B	19	1422.52	74.87	24.63**	1.68	2.10
A X B	19	1464.35	77.07	25.35**	1.68	2.10
Error	114	346.52	3.04			
Total	159	25611.77				

C.V. = 7.47 %

\*\* altamente significativo al uno por ciento

En el Cuadro 4.11 se observan las medias de los tratamientos para el factor sustratos en la especie *Celtis laevigata*, donde se muestra que las medias más altas corresponden a los sustratos no comerciales compuestos de arena, estiércol bovino y vermiculita (15) con una media de 39 días; arena, celulosa y perlita (9) con una media de 51 días; y arena, celulosa y vermiculita (13) con una media de 53 días. La media más baja la presenta el sustrato no comercial compuesto de suelo, estiércol bovino y perlita (3) con 30 días y en el resto de los sustratos varió de uno y siete días con respecto del sustrato (3), siendo este el mejor para la especie *Celtis laevigata* en cuanto al número de días a emergencia.

El sustrato 3 tiene una densidad aparente inicial de 0.46 g/cc siendo la más baja de los sustratos no comerciales, mientras que los sustratos comerciales; peat-moss más perlita más vermiculita sin micorriza (18), peat-moss más perlita más vermiculita (19) y peat-moss más perlita (20) tienen densidades aparentes de 0.15, 0.12 y 0.18 g/cc respectivamente.

Tamhane y Bali (1986) mencionan al respecto, que la densidad de la masa es de más importancia para comprender el comportamiento físico de los suelos y que los suelos con bajas densidades de masa tienen condiciones físicas más favorables mientras que aquellos con densidades elevadas de masa poseen malas condiciones físicas para la penetración, anclaje y crecimiento de las raíces.

Sin embargo, Hartman y Kester (1982) mencionan que un medio de crecimiento entre más componentes orgánicos tenga su contenido de materia orgánica será mayor, incrementándose su contenido de humus, que le da al medio una coloración más oscura. Entre más oscuro sea el medio será mayor la captación de energía proveniente del exterior, incrementando así su

temperatura; la cual afectará la germinación de la semilla y por consecuencia la emergencia de las plántulas.

El mismo autor, afirma que las temperaturas elevadas aumentan la absorción de agua por la semillas y que la velocidad de emergencia de las plántulas está influenciada de manera negativa por una alta provisión de humedad disponible ocasionando que las semillas no germinen o que se retrase su emergencia a causa de un suministro deficiente de oxígeno, necesario para el proceso de germinación. Esto quizá sea el motivo de que en los sustratos comerciales 18, 19 y 20; las plántulas emergieron 9, 21 y 23 días después con respecto a las plántulas emergidas en el mejor sustrato (3), debido a que contienen 80, 80 y 75 por ciento de material orgánico comparado con un 60 por ciento contenido en el sustrato 3 y ligado también a que los sustratos 18,19 y 20 presentaron porcentos de retención de humedad de 83, 84 y 83, mientras que el sustrato 3 presentó un 43.32 por ciento de retención de humedad.

Para la especie forestal *Tecoma stans* no se presentan los valores de la prueba de medias de la variable días a emergencia debido a que no hubo significancia entre sustratos, esta especie emergió a los 11 días en todos los sustratos.

**Cuadro 4.11. Prueba de medias para la variable días a emergencia de planta en la especie *Celtis laevigata*, producida en veinte sustratos diferentes. Primera etapa. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coah., Noviembre de 1997.**

Sustratos	Relación	Días a emergencia
3 S Eb Per	3: 1: 1	30 a <sup>y</sup>
16 A Co V	2: 1: 2	31 ab
18 Pm Per V SM	4: 0.5: 0.5	32 ab
2 S Pm Per	1.5: 2: 1.5	32 ab
12 A Co Per	2: 2.5: 0.5	32 ab
4 S Co Per	2.5: 1.5: 1	32 ab
20 Pm V	3.75: 1.25	32 ab
19 Pm Per V CM	4.0: 0.5: 0.5	32 ab
6 S Pm V	3: 1: 1	32 ab
11 A Eb Per	2: 2.5: 0.5	33 ab
17 S	5	33 abc
7 S Eb V	3: 1.5: 0.5	33 abc
5 S Ce V	4: 0.5: 0.5	33 abc
14 A Pm V	1.5: 2: 1.5	33 abc
8 S Co V	2: 2: 1	33 abc
1 S Ce Per	3.5: 1: 0.5	34 bc
10 A Pm Per	1.5: 1.5: 2	37 cd
15 A Eb V	1.5: 2: 1.5	39 d
9 A Ce Per	1: 3: 1	51 e
13 A Ce V	2: 1: 2	53 e

#### Tuckey 5.00

(Y) Separación de medias para cada sustrato con la prueba de rango múltiple de Tuckey; con significancia del 0.05, letras iguales significa que no existe diferencia estadística entre medias.

### Altura de planta (cm)

El análisis de varianza para la variable altura de planta de las especies *Celtis laevigata* y *Tecoma stans* se presenta en el Cuadro 4.12; donde se observa que existe significancia entre los factores: especies (A) y sustratos (B), así como en la interacción con un coeficiente de variación de 32.44 por ciento.

**Cuadro 4.12. Análisis de varianza para la variable altura de planta (cm) en dos especies forestales; *Celtis laevigata* y *Tecoma stans*, producidas en veinte sustratos diferentes. Primera etapa. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coah., Noviembre de 1997.**

FV	GL	SC	CM	FC	Ft	
					0.05	0.01
Factor A	1	399.472656	399.472656	22.8202**	3.98	6.95
Factor B	19	6642.457031	349.602997	15.7617**	1.68	2.10
A X B	19	1107.640625	58.296875	2.6283**	1.68	2.10
Error	114	2528.582031	22.180544			
Total	159	10791.796875				

**C.V. = 32.44 %**

**\*\* altamente significativo al uno por ciento**

En el Cuadro 4.13 se observan las medias de los tratamientos para el factor sustratos en la especie *Celtis laevigata*; donde se muestra que la media más alta, 32.16 cm corresponde al sustrato no comercial compuesto de suelo, estiércol bovino y perlita (3). También se observa que la mayoría de las medias que le siguen corresponden a sustratos no comerciales, mientras que los sustratos comerciales peat-moss más vermiculita (20) con una media de 8.67 cm, peat-moss más perlita más vermiculita sin micorriza (18) con una media de 8.40 cm y peat-moss más perlita más vermiculita con micorriza (19) una media de 7.17 cm; presentaron valores muy bajos.

Las diferencias presentadas en altura de planta, se confirman cuando Venator y Liegel (1985) mencionan que las proporciones de los componentes afectan el crecimiento de las plantas al cambiar la porosidad total y el drenaje.

El sustrato no comercial; suelo, estiércol bovino y perlita (3) tiene una porosidad total de 74.72 por ciento y un espacio poroso de 16.30 por ciento, mientras que los sustratos comerciales; peat-moss más perlita más vermiculita sin micorriza (18) tiene una porosidad total de 83.14 por ciento y un espacio poroso de 24.00 por ciento; peat-moss más perlita más vermiculita con micorriza (19) tiene una porosidad total de 87.62 por ciento y un espacio poroso de 28.00 por ciento y, peat-moss más vermiculita (20) tiene una porosidad total de 83.92 por ciento y un espacio poroso de 27.00 por ciento; estos valores de porosidad total que presentan los sustratos comerciales prácticamente coinciden con el valor mínimo de porosidad total, 85 por ciento adecuado para un buen sustrato, indicado por Ansorena (1994). Sin embargo, los valores de espacio poroso presentados por los sustratos comerciales 18, 19 y 20 fueron 24, 28 y 27 por ciento; estos valores no coinciden con el valor de espacio poroso, 10 a 20 por ciento, indicado por Ansorena (1994) como el adecuado para un buen sustrato.

Los sustratos con mayor materia orgánica son suelo y estiércol (3 y 7) y suelo y composta (4 y 8) se colocaron en los tratamientos de mayor altura, en tanto los que tienen menor nitrógeno se sitúan en los últimos lugares.

En el Cuadro 4.14 se observan las medias de los tratamientos para el factor sustratos en la especie *Tecoma stans*; donde se muestra que la media más alta, 20.53 cm corresponde al sustrato no comercial compuesto de suelo, estiércol bovino y perlita (3). También se observa que todas las medias que le siguen corresponden a los sustratos no comerciales, mientras que los sustratos comerciales peat-moss más vermiculita (20) con una media de 6.55 cm, peat-

moss más perlita más vermiculita sin micorriza (18) con una media de 2.62 y peat-moss más perlita más vermiculita con micorriza (19) con una media de 2.27 cm; siendo las más bajas. Existe diferencia significativa con respecto a la especie *Celtis laevigata*, debido al efecto de especies de acuerdo con Venator y Liegel (1985).

**Cuadro 4.13. Prueba de medias para la variable altura de planta (cm) en la especie *Celtis laevigata*, producida en veinte sustratos diferentes. Primera etapa. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coah., Noviembre de 1997.**

Sustratos	Relación	Altura de planta (cm)	
3 S Eb Per	3:1:1	32.16	a <sup>y</sup>
7 S Eb V	3.5: 1: 0.5	29.00	ab
8 S Co V	2: 2: 1	26.25	abc
4 S Co Per	2.5: 1.5: 1	24.87	abc
5 S Ce V	4: 0.5: 0.5	24.07	abc
15 A Eb V	1.5: 2: 1.5	20.95	abcd
12 A Co Per	2: 2.5: 0.5	20.37	abcde
11 A Eb Per	2: 2.5: 0.5	18.70	bcdef
17 S	5	18.12	bcdef
6 S Pm V	3: 1: 1	18.06	bcdef
1 S Ce Per	3.5: 1: 0.5	17.35	bcdef
16 A Co V	2: 1: 2	15.23	cdefg
2 S Pm Per	1.5: 2: 1.5	10.07	defg
20 Pm V	3.75: 1.25	8.67	efg
18 Pm Per V SM	4: 0.5: 0.5	8.40	fg
14 A Pm V	1.5: 2: 1.5	7.25	fg
19 Pm Per V CM	4: 0.5: 0.5	7.17	fg
10 A Pm per	1.5: 1.5: 2	6.75	fg
9 A Ce Per	1: 3: 1	4.87	g
13 A Ce V	2: 1: 2	4.62	g

#### Tuckey 12.1061

(Y) Separación de medias para cada sustrato con la prueba de rango múltiple de Tuckey; con significancia del 0.05, letras iguales significa que no existe diferencia estadística entre medias.

**Cuadro 4.14. Prueba de medias para altura de planta (cm) en la especie *Tecoma stans*, producida en veinte sustratos diferentes. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coah., Noviembre de 1997.**

Sustratos	Relación	Altura de planta (cm)
3 S Eb Per	3: 1: 1	20.53 a <sup>y</sup>
8 S Co V	2: 1: 1	18.62 ab
11 A Eb Per	2: 2.5: 0.5	18.37 ab
5 S Ce V	4: 0.5: 0.5	17.75 ab
6 S Pm V	3: 1: 1	17.15 ab
1 S Ce Per	3.5: 1: 0.5	16.40 ab
7 S Eb V	3: 1.5: 0.5	16.32 ab
15 A Eb V	1.5: 2: 1.5	16.26 ab
17 S	5	15.27 ab
4 S Co Per	2.5: 1.5: 1	14.83 ab
16 A Co V	2: 1: 2	14.10 abc
2 S Pm Per	1.5: 2: 1.5	13.32 abc
14 A Pm V	1.5: 2: 1.5	13.10 abc
12 A Co Per	2: 2.5: 0.5	9.92 abc
10 A Pm Per	1.5: 1.5: 2	8.95 abc
13 A Ce V	2: 1: 2	8.35 bc
9 A Ce Per	1: 3: 1	7.75 bc
20 Pm V	3.75: 1.25	6.55 bc
18 Pm Per V SM	4: 0.5: 0.5	2.62 c
19 Pm Per V CM	4: 0.5: 0.5	2.27 c

#### Tuckey 12.1061

(Y) Separación de medias para cada sustrato con la prueba de rango múltiple de Tuckey; con significancia del 0.05, letras iguales significa que no existe diferencia estadística entre medias.

### Diámetro de tallo (mm)

El análisis de varianza para la variable diámetro de tallo de las especies *Celtis laevigata* y *Tecoma stans* se presenta en el Cuadro 4.15; donde se observa que existe significancia entre los factores: especies (A) y sustratos (B), así como en la interacción con un coeficiente de variación de 20.42 por ciento.

**Cuadro 4.15. Análisis de varianza para diámetro de tallo (mm) de planta en dos especies forestales; *Celtis laevigata* y *Tecoma stans*, producidas en veinte sustratos diferentes. Primera etapa. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coah., Noviembre de 1997.**

FV	GL	SC	CM	FC	Ft	
					0.05	0.01
Factor A	1	28.628784	28.628784	23.2132**	3.98	6.95
Factor B	19	36.626831	1.927728	9.9684**	1.68	2.10
A X B	19	10.554993	0.555526	2.8726**	1.68	2.10
Error	114	22.045837	0.193385			
Total	159	102.892151				

**C.V. = 20.42 %**

**\*\* altamente significativo al uno por ciento**

En el Cuadro 4.16 se observan las medias de los tratamientos para el factor sustratos en la especie *Celtis laevigata*; donde se muestra que la media más alta, 2.86 mm corresponde al sustrato no comercial compuesto de suelo, estiércol bovino y perlita (3). Además se observa que las medias que le siguen corresponden a los sustratos no comerciales, mientras que los sustratos comerciales peat-moss más perlita más vermiculita sin micorriza (18) con una media de 1.67 mm, peat-moss más vermiculita (20) con una media de 1.40 y peat-moss más perlita más vermiculita con micorriza (19) con una media de 1.25 mm; siendo estas muy bajas.

Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Rangel (1993), realizando un trabajo similar con girasol y en el cual concluye que los sustratos influyen directamente sobre la respuesta de longitud y diámetro de tallo de las plantas.

Fersini (1986), afirma que el estiércol contiene cantidades pequeñas de minerales como hierro, manganeso, cobre, zinc, etc. requeridos por las plantas; así mismo, menciona que los materiales orgánicos tienen un proceso continuo de descomposición durante el cual, la liberación de CO<sub>2</sub> se concentra en la atmósfera del material provocando toxicidad en las plantas. Al respecto, Narro (1994) afirma que el aire del suelo está compuesto por una mezcla de gases, entre ellos el CO<sub>2</sub>, que puede producir efectos tóxicos en la planta cuando se encuentra en concentraciones relativamente altas. Quizá esto sea el motivo de la respuesta negativa de los sustratos comerciales y ligado también a las condiciones físicas inadecuadas, las cuales no concuerdan con las propuestas por Ansorena (1994).

En el Cuadro 4.17 se observan las medias de los tratamientos para el factor sustratos en la especie *Tecoma stans*; donde se muestra que la media más alta, 3.46 mm corresponde al sustrato no comercial compuesto de suelo, estiércol y perlita (3). También se observa que la mayoría de las medias corresponden a los sustratos no comerciales, mientras que los sustratos comerciales; peat-moss más perlita más vermiculita sin micorriza (18) con una media de 2.55 mm; peat-moss más vermiculita (20) con una media de 2.50 mm y peat-moss más perlita más vermiculita con micorriza (19) con una media de 2.27 mm; generaron los menores valores. Así mismo, se observa que por efecto de especies, la especie *Tecoma stans* presentó mayor diámetro que la especie *Celtis laevigata*.

**Cuadro 4.16. Prueba de medias para la variable diámetro de tallo (mm) de planta en la especie *Celtis laevigata*, producida en veinte sustratos diferentes. Primera etapa. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coah., Noviembre de 1997.**

Sustratos	Relación	Diámetro de tallo (mm)
3 S Eb Per	3:1 :1	2.86 a <sup>y</sup>
17 S	5	2.35 ab
7 S Eb V	3: 1.5: 0.5	2.33 ab
4 S Co Per	2.5: 1.5: 1	2.25 abc
2 S Pm Per	1.5: 2: 1.5	2.20 abcd
5 S Ce V	4: 0.5: 0.5	2.10 abcd
8 S Co V	2: 2: 1	1.92 abcd
15 A Eb V	1.5: 2: 1.5	1.87 abcd
1 S Ce Per	3.5: 1: 0.5	1.85 abcd
6 S Pm V	3: 1: 1	1.76 abcd
11 A Eb Per	2: 2.5: 0.5	1.76 abcd
12 A Co Per	2: 2.5 : 0.5	1.72 bcd
18 Pm Per V SM	4: 0.5: 0.5	1.67 bcd
16 A Co V	2: 1: 2	1.45 bcd
20 Pm V	3.75: 1.25	1.40 bcd
14 A Pm V	1.5: 2: 1.5	1.37 bcd
10 A Pm Per	1.5: 1.5: 2	1.35 bcd
19 Pm Per V CM	4: 0.5: 0.5	1.25 bcd
13 A Ce V	2: 1: 2	1.07 d
9 A Ce Per	1: 3: 1	1.02 d

**Tuckey 1.1304**

(Y) Separación de medias para cada sustrato con la prueba de rango múltiple de Tuckey; con significancia del 0.05, letras iguales significa que no existe diferencia estadística entre medias.

**Cuadro 4.17. Prueba de medias para la variable diámetro de tallo (mm) de planta en la especie *Tecoma stans*, producida en veinte sustratos diferentes. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coah., Noviembre de 1997.**

Sustratos	Relación	Diámetro de tallo (mm)
3 S Eb Per	3: 1: 1	3.46 a <sup>y</sup>
5 S Ce V	4: 0.5: 0.5	3.15 ab
11 A Eb Per	2: 2.5: 0.5	3.05 ab
8 S Co V	2: 2: 1	3.02 ab
6 S Pm V	3: 1: 1	2.97 abc
14 A Pm V	1.5: 2: 1.5	2.97 abc
17 S	5	2.87 abc
15 A Eb V	1.5: 2: 1.5	2.86 abc
7 S Eb V	3: 1.5: 0.5	2.86 abc
1 S Ce Per	3.5: 1: 0.5	2.86 abc
12 A Co Per	2: 2.5: 0.5	2.80 abc
16 A Co V	2: 1: 2	2.60 abc
18 Pm Per V SM	4: 0.5: 0.5	2.55 abc
20 Pm V	3.75: 1.25	2.50 abc
2 S Pm Per	1.5: 2: 1.5	2.33 abc
10 A Pm Per	1.5: 1.5: 2	2.30 bc
19 Pm Per V CM	4: 0.5: 0.5	2.27 bc
4 S Co Per	2.5: 1.5: 1	1.86 cd
13 A Ce V	2: 1: 2	1.12 d
9 A Ce Per	1: 3: 1	1.06 d

#### Tuckey 4.1304

(Y) Separación de medias para cada sustrato con la prueba de rango múltiple de Tuckey; con significancia del 0.05, letras iguales significa que no existe diferencia estadística entre medias.

## Peso fresco (g)

El análisis de varianza para la variable peso fresco en las especies *Celtis laevigata* y *Tecoma stans* se presenta en el Cuadro 4.18; donde se observa que existe significancia entre los factores: especies (A) y sustratos (B), así como en la interacción con un coeficiente de variación de 32.55 por ciento.

**Cuadro 4.18. Análisis de varianza para la variable peso fresco (g) de planta en dos especies forestales; *Celtis laevigata* y *Tecoma stans*, producidas en veinte sustratos diferentes. Primera etapa. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coah., Noviembre de 1997.**

FV	GL	SC	CM	FC	Ft	
					0.05	0.01
Factor A	1	209.434570	209.434570	307.4710**	3.98	6.95
Factor B	19	393.231567	20.696398	27.0501**	1.68	2.10
A X B	19	94.098267	4.952540	6.4730**	1.68	2.10
Error	114	87.222900	0.765113			
Total	159	102.892151				

**C.V. = 32.55 %**

**\*\* altamente significativo al uno por ciento**

En el Cuadro 4.19 se observan las medias de los tratamientos para el factor sustratos en la especie *Celtis laevigata*; donde se muestra que la media más alta, 4.18 g corresponde al sustrato no comercial compuesto de suelo, estiércol bovino y perlita (3). También se observa que la mayoría de las medias que le siguen corresponden a los sustratos no comerciales, mientras que los sustratos comerciales; peat-moss más perlita más vermiculita sin micorriza (18) con una media de 0.72 g; peat-moss más vermiculita (20) con una media de 0.45 g y peat-moss más perlita más vermiculita (19) con una media de 0.35 g; arrojaron los valores menores.

Con estos resultados, está claro que el peso fresco se relacionó con la altura de la planta; puesto que en la evaluación de la misma, el comportamiento fue similar; ya que las condiciones de los sustratos, tales como porosidad total coinciden, con las propuestas por Ansorena (1994), pero no coincide el espacio poroso con el propuesto por el mismo autor.

En el Cuadro 4.20 se observan las medias de los tratamientos para el factor sustratos en la especie *Tecoma stans*; donde se muestra que la media más alta, 8.17 g corresponde al sustrato no comercial compuesto por suelo, estiércol bovino y perlita (3). También se observa que la mayoría de las medias corresponden a los sustratos no comerciales, mientras que los sustratos comerciales; peat-moss más perlita más vermiculita sin micorriza (18) con una media de 2.58 g; peat-moss más perlita más vermiculita con micorriza (19) con una media de 2.56 g y peat-moss más vermiculita (20) con una media de 1.79 g, produjeron los valores más pequeños. Así mismo, se observa que la especie *Tecoma stans* presentó mayor peso fresco que la especie *Celtis laevigata*.

**Cuadro 4.19. Prueba de medias para la variable peso fresco (g) de planta en la especie *Celtis laevigata*, producida en veinte sustratos diferentes. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coah., Noviembre de 1997.**

Sustratos	Relación	Peso fresco (g)
3 S Eb Per	3: 1: 1	4.18 a <sup>y</sup>
7 S Eb V	3: 1.5: 0.5	3.21 ab
8 S Co V	2: 2: 1	3.12 ab
5 S Ce V	4: 0.5: 0.5	2.52 abc
6 S Pm V	3: 1: 1	2.44 abcd
4 S Co Per	2.5: 1.5: 1	2.18 abcd
15 A Eb V	1.5: 2: 1.5	1.90 bcd
12 A Co Per	2: 2.5: 0.5	1.89 bcd
17 S	5	1.81 bcd
11 A Eb Per	2: 2.5: 0.5	1.51 bcd
1 S Ce Per	3.5: 1: 0.5	1.45 bcd
16 A Co V	2: 1: 2	0.84 cd
18 Pm Per V SM	4: 0.5: 0.5	0.72 cd
2 S Pm Per	1.5: 2: 1.5	0.67 cd
14 A Pm V	1.5: 2: 1.5	0.46 cd
20 Pm V	3.75: 1.25	0.45 cd
10 A Pm Per	1.5: 1.5: 2	0.42 cd
13 A Ce V	2: 1: 2	0.42 cd
19 Pm Per V CM	4: 0.5: 0.5	0.35 cd
9 A Ce Per	1: 3: 1	0.21 d

#### Tuckey 2.2484

(Y) Separación de medias para cada sustrato con la prueba de rango múltiple de Tuckey; con significancia del 0.05, letras iguales significa que no existe diferencia estadística entre medias.

**Cuadro 4.20. Prueba de medias para la variable peso fresco (g) de planta en la especie *Tecoma stans*, producida en veinte sustratos diferentes. Primera etapa. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coah., Noviembre de 1997.**

Sustratos	Relación	Peso fresco (g)
3 S Eb Per	3: 1: 1	8.17 a <sup>y</sup>
11 A Eb Per	2: 2.5: 0.5	6.88 ab
7 S Eb V	3: 1.5: 0.5	6.57 ab
5 S Ce V	4: 0.5: 0.5	6.06 abc
8 S Co V	2: 2: 1	5.82 bc
6 S Pm V	3: 1: 1	5.47 bcd
4 S Co Per	2.5: 1.5: 1	5.34 bcd
17 S	5	4.93 bcde
14 A Pm V	1.5: 2: 1.5	4.13 cdef
16 A Co V	2: 1: 2	3.48 defg
15 A Eb V	1.5: 2: 1.5	3.48 defg
2 S Pm Per	1.5: 2: 1.5	3.35 efg
1 S Ce Per	3.5: 1: 0.5	2.83 efg
18 Pm Per V SM	4: 0.5: 0.5	2.58 fg
19 Pm Per V CM	4: 0.5: 0.5	2.56 fg
20 Pm V	3.75: 1.25	1.79 gh
12 A Co Per	2: 2.5: 0.5	1.78 gh
10 A Pm Per	1.5: 1.5: 2	1.37 gh
9 A Ce Per	1: 3: 1	0.22 h
13 A Ce V	2: 1: 2	0.12 h

**Tuckey 2.2484**

(Y) Separación de medias para cada sustrato con la prueba de rango múltiple de Tuckey; con significancia del 0.05, letras iguales significa que no existe diferencia estadística entre medias.

### Peso seco (g)

El análisis de varianza para la variable peso seco en las especies *Celtis laevigata* y *Tecoma stans* se presenta en el Cuadro 4.21; donde se observa que existe significancia entre los factores: especies (A) y sustratos (B), así como en la interacción con un coeficiente de variación de 45.89 por ciento.

**Cuadro 4.21. Análisis de varianza para la variable peso seco (g) de planta en dos especies forestales; *Celtis laevigata* y *Tecoma stans*, producidas en veinte sustratos diferentes. Primera etapa. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coah., Noviembre de 1997.**

FV	GL	SC	CM	FC	Ft	
					0.05	0.01
Factor A	1	4.300957	4.300957	35.5908**	3.98	6.95
Factor B	19	16.454895	0.866047	9.1912**	1.68	2.10
A X B	19	4.983582	0.262294	2.7837**	1.68	2.10
Error	114	10.741753	0.094226			
Total	159	37.264633				

**C.V. = 45.89 %**

**\*\* altamente significativo al uno por ciento**

En el Cuadro 4.22 se observan las medias de los tratamientos para el factor sustratos en la especie *Celtis laevigata*; donde se muestra que la media más alta, 1.25 g corresponde al sustrato no comercial compuesto de suelo, estiércol bovino y perlita (3). También se observa que la mayoría de las medias que le siguen corresponden a los sustratos no comerciales, mientras que los sustratos comerciales; peat-moss más perlita más vermiculita sin micorriza (18) con una media de 0.27 g; peat-moss más vermiculita (20) con una media de 0.21 g y peat-moss más perlita más vermiculita con micorriza (19) con una media de 0.19 g; produjeron los menores valores.

Con estos resultados, está claro que el peso seco al igual que el peso fresco; se relacionó con la altura de la planta puesto que en la evaluación de

la misma, el comportamiento fue muy similar ya que las condiciones de porosidad total de los sustratos comerciales coinciden con las propuestas por Ansorena (1994), pero no coincide el espacio poroso con el propuesto por el mismo autor.

En el Cuadro 4.23 se observan las medias de los tratamientos para el factor sustratos en la especie *Tecoma stans*; donde se muestra que la media más alta, 1.44 g corresponde al sustrato no comercial compuesto de suelo, estiércol bovino y perlita (3). También se observa que las medias que le siguen corresponden a los sustratos no comerciales, mientras que los sustratos comerciales peat-moss más perlita más vermiculita sin micorriza (18) con una media de 0.65 g; peat-moss más perlita más vermiculita con micorriza (19) con una media de 0.61 g y peat-moss más vermiculita (20) con una media de 0.45 g; dieron los menores valores. Así mismo, se observa que la especie *Tecoma stans* presentó mayor peso seco que la especie *Celtis laevigata*.

**Cuadro 4.22. Prueba de medias para la variable peso seco (g) de planta en la especie *Celtis laevigata*, producida en veinte sustratos diferentes. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coah., Noviembre de 1997.**

Sustratos	Relación	Peso seco (g)
3 S Eb Per	3: 1: 1	1.25 a <sup>y</sup>
8 S Co V	2: 2: 1	0.99 ab
4 S Co Per	2.5: 1.5: 1	0.86 abc
7 S Eb V	3: 1.5: 0.5	0.85 abc
5 S Ce V	4: 0.5: 0.5	0.68 abc
12 A Co Per	2: 2.5: 0.5	0.64 abc
6 S Pm V	3: 1: 1	0.63 abc
15 A Eb V	1.5: 2: 1.5	0.54 abc
17 S	5	0.52 abc
2 S Pm Per	1.5: 2: 1.5	0.51 abc
9 A Ce Per	1: 3: 1	0.42 bc
11 A Eb Per	2: 2.5: 0.5	0.41 bc
1 A Ce Per	3.5: 1: 0.5	0.31 bc
18 Pm Per V SM	4: 0.5: 0.5	0.27 bc
20 Pm V	3.75: 1.25	0.21 bc
19 Pm Per V CM	4: 0.5: 0.5	0.19 c
10 A Pm Per	1.5: 1.5: 2	0.19 c
14 A Pm V	1.5: 2: 1.5	0.19 c
13 A Ce V	2: 1: 2	0.16 c
16 A Co V	2: 1: 2	0.13 c

**Tuckey 0.7890**

(Y) Separación de medias para cada sustrato con la prueba de rango múltiple de Tuckey; con significancia del 0.05, letras iguales significa que no existe diferencia estadística entre medias.

**Cuadro 4.23. Prueba de medias para la variable peso seco (g) de planta en la especie *Tecoma stans*, producida en veinte sustratos diferentes. Primera etapa. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coah., Noviembre de 1997.**

Sustratos	Relación	Peso seco (g)	
3 S Eb Per	3: 1: 1	1.44	a <sup>y</sup>
4 S Co Per	2.5: 1.5: 1	1.41	ab
11 A Eb Per	2: 2.5: 0.5	1.31	abc
7 A Eb V	3: 1.5: 0.5	1.30	abc
8 S Co V	2: 2: 1	1.24	abc
5 S Ce V	4: 0.5: 0.5	1.14	abcd
14 A Pm V	1.5: 2: 1.5	1.04	abcde
17 S	5	1.01	abcde
6 S Pm V	3: 1: 1	1.01	abcde
16 A Co V	2: 1: 2	0.94	abcde
15 A Eb V	1.5: 2: 1.5	0.86	abcdef
1 S Ce Per	3.5: 1: 0.5	0.74	abcdefg
2 S Pm Per	1.5: 2: 1.5	0.67	abcdefg
18 Pm Per V SM	4: 0.5: 0.5	0.65	bcdefg
19 Pm Per V CM	4: 0.5: 0.5	0.61	cdefg
20 Pm V	3.75: 1.25	0.45	defg
10 A Pm Per	1.5: 1.5: 2	0.34	efg
12 A Co Per	2: 2.5: 0.5	0.30	efg
9 A Ce Per	1: 3: 1	0.10	fg
13 A Ce V	2: 1: 2	0.03	g

**Tuckey 0.7890**

(Y) Separación de medias para cada sustrato con la prueba de rango múltiple de Tuckey; con significancia del 0.05, letras iguales significa que no existe diferencia estadística entre medias.

### Longitud de raíz (cm)

El análisis de varianza para la variable longitud de raíz en las especies *Celtis laevigata* y *Tecoma stans* se presenta en el Cuadro 4.24; donde se observa que existe significancia entre los factores: especies (A) y sustratos (B), así como en la interacción con un coeficiente de variación de 14.77 por ciento.

**Cuadro 4.24. Análisis de varianza para la variable longitud de raíz (cm) de planta en dos especies forestales; *Celtis laevigata* y *Tecoma stans*, producidas en veinte sustratos diferentes. Primera etapa. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coah., Noviembre de 1997.**

FV	GL	SC	CM	FC	Ft	
					0.05	0.01
Factor A	1	89.402344	89.402344	35.3376**	3.98	6.95
Factor B	19	2393.082031	125.951683	15.9337**	1.68	2.10
A X B	19	945.410156	49.758430	6.2948**	1.68	2.10
Error	114	901.140625	7.904742			
Total	159	4367.000000				

**C.V. = 14.77 %**

**\*\* altamente significativo al uno por ciento**

En el Cuadro 4.25 se observan las medias de los tratamientos para el factor sustratos en la especie *Celtis laevigata*; donde se muestra que la media más alta, 21.87 cm corresponde al sustrato no comercial compuesto de suelo, estiércol bovino y perlita (3). También se observa que la mayoría de las medias que le siguen corresponden a los sustratos no comerciales, mientras que los sustratos comerciales; peat-moss más perlita más vermiculita sin micorriza (18) con una media de 18.50 cm; peat-moss más perlita más vermiculita con micorriza (19) con una media 17.75 cm y peat-moss más vermiculita (20) con una media de 17.32 cm; generaron los valores más pequeños.

Por otro lado, los valores de espacio poroso, 16.30 por ciento; retención de humedad, 43.32 por ciento y porosidad total, 74.42 por ciento; encontrados en el sustrato 3 fueron menores que los valores encontrados en los sustratos comerciales 18; espacio poroso, 24 por ciento; retención de humedad, 83 por ciento y porosidad total, 83.14 por ciento; sustrato 19; espacio poroso, 28 por ciento; retención de humedad, 84 por ciento y porosidad total, 87 por ciento, y sustrato 20; espacio poroso, 27 por ciento; retención de humedad, 83 por ciento y porosidad total, 83.92 por ciento. Los valores de porosidad total y retención de humedad de los sustratos 18, 19 y 20 prácticamente coinciden con los propuestos por Ansorena (1994) como los adecuados para un buen sustrato; pero no coinciden los valores de espacio poroso, siendo superiores al indicado por el mismo autor, 10 a 20 por ciento. De lo anterior se deduce que el espacio poroso es el más importante. Además, las partículas de los componentes del sustrato 3 son más grandes que las partículas de los sustratos 18, 19 y 20; y quizá, por ello la variable longitud de raíz presentó mejor respuesta en el sustrato 3. Al respecto, Venator y Liegel (1985) mencionan que sustratos compuestos de materiales de textura gruesa tienen mayor aireación y retienen menos humedad debido a una porosidad media mayor. Así mismo, mencionan que los poros grandes facilitan la aireación mientras que los poros finos ayudan a la retención del agua, ambos factores son considerados de gran importancia para la penetración, anclaje y crecimiento de las raíces.

**Cuadro 4.25. Prueba de medias para la variable longitud de raíz (cm) en la especie *Celtis laevigata*, producida en veinte sustratos diferentes. Primera etapa. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coah., Noviembre de 1997.**

Sustratos	Relación	Longitud de raíz (cm)
3 S Eb Per	3: 1: 1	21.87 a <sup>y</sup>
12 A Co Per	2: 2.5: 0.5	21.75 a
7 S Eb V	3: 1.5: 0.5	21.65 a
8 S Co V	2: 2: 1	21.50 a
4 S Co Per	2.5: 1.5: 1	21.00 ab
6 S Pm V	3:1: 1	20.82 ab
14 A Pm V	1.5: 2: 1.5	20.62 ab
15 A Eb V	1.5: 2: 1.5	20.37 ab
2 S Pm Per	1.5: 2: 1.5	19.37 ab
17 S	5	19.00 ab
1 S Ce Per	3.5: 1: 0.5	18.75 abc
5 S Ce V	4: 0.5: 0.5	18.62 abc
18 Pm Per V SM	4: 0.5: 0.5	18.50 abc
19 Pm Per V CM	4: 0.5: 0.5	17.75 abc
20 Pm V	3.75: 1.25	17.32 abc
10 A Pm Per	1.5: 1.5: 2	16.75 abc
13 A Ce V	2: 1: 2	15.75 abc
11 A Eb Per	2: 2.5: 0.5	14.17 bcd
9 A Ce Per	1: 3: 1	11.75 cd
16 A Co V	2: 1: 2	8.37 d

#### Tuckey 7.2271

(Y) Separación de medias para cada sustrato con la prueba de rango múltiple de Tuckey; con significancia del 0.05, letras iguales significa que no existe diferencia estadística entre medias.

En el Cuadro 4.26 se observan las medias de los tratamientos para el factor sustratos en la especie *Tecoma stans*; donde se muestra que la media más alta, 24.00 cm corresponde al sustrato no comercial compuesto de suelo, estiércol bovino y perlita (3). También se observa que la mayoría de las medias que le siguen corresponden a los sustratos no comerciales, mientras que los sustratos comerciales; peat-moss más vermiculita (20) con una media de 20.00

cm; peat-moss más perlita más vermiculita sin micorriza (18) con una media de 20 cm y peat-moss más perlita más vermiculita con micorriza (19) con una media de 19.37 cm; dieron los menores valores. Así mismo, se observa que la especie *Tecoma stans* presentó mayor longitud de raíz que la especie *Celtis laevigata*.

**Cuadro 4.26. Prueba de medias para la variable longitud de raíz (cm) de planta en la especie *Tecoma stans*, producida en veinte sustratos diferentes. Primera etapa. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coah., Noviembre de 1997.**

Sustratos	Relación	Longitud de raíz (cm)	
3 S Eb Per	3:1: 1	24.00	a <sup>y</sup>
4 S Co Per	2.5: 1.5: 1	23.50	a
2 S Pm Per	1.5: 2: 1.5	23.50	a
14 A Pm V	1.5: 2: 1.5	23.12	a
12 A Co Per	2: 2.5: 0.5	22.75	a
13 A Ce V	2: 1: 2	22.50	a
8 S Co V	2: 2: 1	22.37	a
7 S Eb V	3: 1.5: 0.5	22.37	a
16 A Co V	2: 1: 2	22.00	a
6 S Pm V	3: 1: 1	21.62	a
5 S Ce V	4: 0.5: 0.5	21.00	a
1 S Ce Per	3.5: 1: 0.5	21.00	a
17 S	5	20.50	a
20 Pm V	3.75: 1.25	20.00	a
18 Pm Per V SM	4: 0.5: 0.5	20.00	a
19 Pm Per V CM	4: 0.5: 0.5	19.37	a
10 A Pm Per	1.5: 1.5: 2	19.25	a
11 A Eb Per	2: 2.5: 0.5	18.62	a
13 A Ce V	2: 1: 2	4.50	b
9 A Ce Per	1: 3: 1	3.62	b

#### **Tuckey 7.2271**

(Y) Separación de medias para cada sustrato con la prueba de rango múltiple de Tuckey; con significancia del 0.05, letras iguales significa que no existe diferencia estadística entre medias.

## Número de hojas verdaderas

El análisis de varianza para la variable número de hojas verdaderas de las especies *Celtis laevigata* y *Tecoma stans* se presenta en el Cuadro 4.27; donde se observa que existe significancia entre los factores: especies (A) y sustratos (B), así como en la interacción con un coeficiente de variación de 17.17 por ciento.

**Cuadro 4.27. Análisis de varianza para la variable número de hojas verdaderas de planta en dos especies forestales; *Celtis laevigata* y *Tecoma stans*, producidas en veinte sustratos diferentes. Primera etapa. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coah., Noviembre de 1997.**

FV	GL	SC	CM	FC	Ft	
					0.05	0.01
Factor A	1	384.400391	384.400391	61.8390**	3.98	6.95
Factor B	19	2766.275391	145.593445	34.7868**	1.68	2.10
A X B	19	368.099609	19.373663	4.6290**	1.68	2.10
Error	114	477.125000	4.185307			
Total	159	4022.775391				

**C.V. = 17.17%**

**\*\* altamente significativo al uno por ciento**

En el Cuadro 4.28 se observan las medias de los tratamientos para el factor sustratos en la especie *Celtis laevigata*; donde se muestra que la media más alta (15 hojas), corresponde al sustrato no comercial compuesto de suelo, estiércol bovino y perlita (3). También se observa que las medias que le siguen corresponden a los sustratos no comerciales, mientras que los sustratos comerciales peat-moss más perlita más vermiculita con micorriza (19) con una media de 5 hojas; peat-moss más vermiculita (20) con una media de cinco hojas y peat-moss más perlita más vermiculita sin micorriza (18) con una media de cuatro hojas; produjeron pocas hojas verdaderas. Con estos resultados, está claro que el número de hojas se relacionó con la altura de la planta.

En el Cuadro 4.29 se observan las medias de los tratamientos para el factor sustratos en la especie *Tecoma stans*; donde se muestra que la media más alta ( 20 hojas), corresponde al sustrato no comercial compuesto de suelo, estiércol bovino y perlita (3). También se observa que las medias que le siguen corresponden a los sustratos no comerciales, mientras que los sustratos comerciales; peat-moss más perlita más vermiculita sin micorriza (18) con una media de nueve hojas; peat-moss más perlita más vermiculita con micorriza (19) con una media de dos hojas y peat-moss más vermiculita (20) con una media de una hoja; generaron el menor número de hojas verdaderas. Así mismo, se observa que la especie *Tecoma stans* presentó mayor número de hojas que la especie *Celtis laevigata* en el sustrato (3) y en el sustrato comercial (18), pero no en los sustratos comerciales 19 y 20.

**Cuadro 4.28. Prueba de medias para la variable número de hojas verdaderas de planta en la especie *Celtis laevigata*, producida en veinte sustratos diferentes. Primera etapa. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coah., Noviembre de 1997.**

Sustratos	Relación	Número de hojas verdaderas	
3 S Eb Per	3: 1: 1	15	ab <sup>y</sup>
7 S Eb V	3: 1.5: 0.5	15	ab
8 S Co V	2: 2: 1	15	ab
4 S Co Per	2.5: 1.5: 1	14	ab
12 A Co Per	2: 2.5: 0.5	13	ab
16 A Co V	2: 1: 2	13	ab
5 S Ce V	4: 0.5: 0.5	13	ab
11 A Eb Per	2: 2.5: 0.5	13	ab
17 S	5	13	ab
6 S Pm V	3: 1: 1	12	abc
15 S Eb V	1.5: 2: 1.5	11	abcd
1 S Ce Per	3.5: 1: 0.5	11	abcd
9 A Ce Per	1: 3: 1	7	cde
2 S Pm Per	1.5: 2: 1.5	7	cde
14 A Pm V	1.5: 2: 1.5	6	de
10 A Pm Per	1.5: 1.5: 2	5	e
19 Pm Per V CM	4: 0.5: 0.5	5	e
20 Pm V	3.75: 1.25	5	e
18 Pm Per V SM	4: 0.5: 0.5	4	e
13 A Ce V	2: 1: 2	4	e

**Tuckey 5.00**

(Y) Separación de medias para cada sustrato con la prueba de rango múltiple de Tuckey; con significancia del 0.05, letras iguales significa que no existe diferencia estadística entre medias.

**Cuadro 4.29. Prueba de medias para la variable número de hojas verdaderas de planta en la especie *Tecoma stans*, producida en veinte sustratos diferentes. Primera etapa. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coah., Noviembre de 1997.**

Sustratos	Relación	Número de hojas verdaderas	
3 S Eb Per	3: 1: 1	20	a <sup>y</sup>
11 A Eb Per	2: 2.5: 0.5	18	ab
8 S Co V	2: 2: 1	17	ab
5 S Ce V	4: 0.5: 0.5	17	ab
6 S Pm V	3: 1: 1	16	ab
12 A Co Per	2: 2.5: 0.5	16	ab
1 S Ce Per	3.5: 1: 0.5	15	abc
14 A Pm V	1. 5: 2: 1.5	15	abcd
16 A Co V	2: 1: 2	15	abcd
17 S	5	15	abcd
7 S Eb V	3: 1.5: 0.5	15	abcd
15 A Eb V	1.5: 2: 1.5	15	abcd
2 S Pm Per	1.5: 2: 1.5	14	bcde
4 S Co Per	2.5: 1.5: 1	11	cde
10 A Pm Per	1.5: 1.5: 2	10	cde
13 A Ce V	2: 1: 2	10	cde
9 A Ce Per	1: 3: 1	10	cde
18 Pm Per V SM	4: 0.5: 0.5	9	e
19 Pm Per V CM	4: 0.5: 0.5	2	f
20 Pm V	3.75: 1.25	1	f

### Tuckey 5.00

(Y) Separación de medias para cada sustrato con la prueba de rango múltiple de Tuckey; con significancia del 0.05, letras iguales significa que no existe diferencia estadística entre medias.

## **Segunda etapa. “Efecto de Fertilización NPK en la Producción de Planta de dos Especies Forestales Sobre el Mejor Sustrato Obtenido en la Primera etapa.”**

Este experimento no fue posible evaluarlo debido a que la especie *Celtis laevigata* solamente presentó emergencia en una repetición del tratamiento testigo. Por otra parte, si presentó emergencia en el resto de los tratamientos, en algunos en dos repeticiones y en otros tres repeticiones. Además, el crecimiento de las plántulas se detuvo a los dos meses de establecido el experimento, momento en el que las plántulas presentaron quemaduras muy marcadas en el borde de las hojas causando su muerte.

Con respecto a la especie *Tecoma stans*, ésta no presentó emergencia en la totalidad de los tratamientos, posiblemente porque la semilla no se encontraba viable, es decir, no tenía capacidad para germinar.

Al respecto, Hartman y Kester (1975) mencionan que la viabilidad es un factor interno que afecta la germinación de la semilla y como consecuencia la emergencia de la plántulas.

### **Análisis económico**

En el Cuadro 4.30 se muestran las relaciones de los componentes de los sustratos con base a volumen y peso (g); para calcular los requerimientos de cada uno de los componentes, para producir una cantidad determinada de plantas. La conversión a gramos de los componentes se hizo multiplicando el volumen de los componentes por sus densidades aparentes, las cuales se reportan en el Cuadro 3.1 para los materiales minerales, orgánicos e inorgánicos y en el Cuadro 3.2 para los sustratos comerciales.

**Cuadro 4.30. Sustratos y su relación con base a volumen (v) y peso (g), "Efecto de Veinte Sustratos en la Producción de dos Especies Forestales en Invernadero". Primera etapa. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coah., Noviembre de 1997.**

Sustratos	Relación (V)	Relación (g)
1 S Ce Per	350: 100: 50	269.5: 70: 5
2 S Pm Per	150: 200: 150	115.5: 20: 15
3 S Eb Per	300: 100: 100	231: 30: 10
4 S Co Per	250: 150: 100	192.5: 180: 10
5 S Ce V	400: 50: 50	308: 35: 6.5
6 S Pm V	300: 100: 100	231: 10: 13
7 S Eb V	300: 150: 50	231: 45: 6.5
8 S Co V	200: 200: 100	154: 240: 13
9 A Ce Per	100: 300: 100	182: 210: 10
10 A Pm Per	150: 150: 200	273: 15: 20
11 A Eb Per	200: 250: 50	364: 75: 5
12 A Co Per	200: 250: 50	364: 300: 5
13 A Ce V	200: 100: 200	364: 70: 26
14 A Pm V	150: 200: 150	273: 20: 19.5
15 A Eb V	150: 200: 150	273: 60: 19.5
16 A Co V	200: 100: 200	364: 120: 26
17 S	500	385
18 Pm Per V SM	400: 50: 50 *	75
19 Pm Per V CM	400: 50: 50 *	60
20 Pm V	375: 125 *	90

\* La relación con base a volumen se obtuvo de las etiquetas de los envases comerciales, la relación en gramos no se pudo realizar.

El Cuadro 4.31 fue realizado con base en una producción de 32,500 plántulas y en el cual se anotan los requerimientos totales de los mejores sustratos no comerciales y comerciales, así como los costos de cada uno de ellos.

Los sustratos no comerciales se encuentran enumerados del uno al ocho y los sustratos comerciales del nueve al 11.

Los costos totales de producción son iguales a los costos fijos más los costos variables ( $CT = CF + CV$ ). Costos no incluidos en el Cuadro 4.31, como agua, macetas, energía, gas, son costos fijos; por lo tanto,  $CT = CV$ .

Para los sustratos no comerciales, los  $CT = \$ 50,005.00$

El ingreso total (IT) es igual a la producción (Y) por un precio unitario (Py).

De las 32,500 plántulas, 16,250 corresponden a la especie *Celtis laevigata* con un precio unitario de \$ 15.00 y 16,250 plántulas corresponden a la especie *Tecoma stans* con un precio unitario de \$ 10.00, por lo tanto:

$IT = (Y) (Py) \text{ Celtis laevigata} + (Y) (Py) \text{ Tecoma stans}$ , sustituyendo los valores de producción y los precios unitarios de la misma, tenemos:

$$IT = (16,250) (15.00) + (16,250) (10.00)$$

$$IT = 243,750 + 162,500$$

$$IT = \$ 406, 250.00$$

La ganancia (G) es igual a ingresos totales (IT) menos costos totales (CT)

$G = IT - CT$ , sustituyendo tenemos que:

$$G = \$ 406,250.00 - \$ 50,005.00$$

$$\underline{G = \$ 356,245.00}$$

Para los sustratos comerciales, los  $CT = \$ 8,470.00$

El ingreso total (IT) es igual a la producción (Y) por un precio unitario (Py).

De las 32,500 plántulas, 16,250 corresponden a la especie *Celtis laevigata* y 16,250 plántulas corresponden a la especie *Tecoma stans* con un precio unitario de \$ 2.00 para ambas especies, por lo tanto:

IT = (Y) (Py) para ambas especies, sustituyendo los valores de producción y los precios de la misma, tenemos:

$$IT = (32,500) (2.00)$$

$$IT = 65,000.00$$

La ganancia (G) es igual a ingresos totales (IT) menos costos totales (CT)

$G = IT - CT$ , sustituyendo tenemos que:

$$G = \$ 65,000.00 - \$ 8,470.00 \quad \underline{G = \$ 56,530.00}$$

Comparando las ganancias obtenidas con la producción de plántulas en los sustratos no comerciales y comerciales, tenemos que:

$$\text{Ganancia en los sustratos no comerciales} = \$ 356,245.00$$

$$\text{Ganancia en los sustratos comerciales} = \$ 56,530.00$$

Al dividir 356,245.00 entre 56,530.00 nos da 6.30, lo que nos indica que la ganancia obtenida utilizando los sustratos no comerciales, es seis veces más que cuando se utilizan los sustratos comerciales.

**Cuadro 4.31. Análisis económico de los materiales utilizados en la preparación de sustratos, del experimento “Efecto de Veinte Sustratos en la Producción de dos Especies Forestales en Invernadero”. Primera etapa. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coah., Noviembre de 1997.**

Materiales	Total	Por cada 100 g se tienen	Tamizado	Costo \$
1 Suelo	40 ton.	17.10	6.84 ton	5,000.00
2 Arena	10 ton.	100.00	10 ton.	3,000.00
3 Celulosa	3.5 ton.	91.88	3.2 ton.	500.00
4 Peatmoss	1.8 ton.	30.60	530 kg.	6,300.00
5 Est. bovino	7.6 ton.	22.43	1.8 ton.	5,000.00
6 Composta	30.10 ton.	22.80	6.85 ton.	24,080.00
7 Perlita	385 kg.	84.50	325 kg.	2,695.00
8 Vermiculita	630 kg.	84.20	530 kg.	3,430.00
9 Pm Per V SM	2.45 ton.	*	75 g	8,470.00
10 Pm Per V CM	2.45 ton.	*	60 g	8,470.00
11 Pm V	2.45 ton.	*	90 g	8,470.00

\* no se realizó análisis granulométrico.

El Cuadro 4.32 fue realizado con base a una producción de 32,500 plántulas y en el cual se anotan los requerimientos totales de los componentes del mejor sustrato no comercial comparado con uno de los sustratos comerciales, así como los costos de cada uno de ellos.

Los materiales que forman el mejor sustrato se encuentran enumerados del 1 al 3 y el sustrato comercial tiene el número 4.

Los costos totales de producción son iguales a los costos fijos más los costos variables ( $CT = CF + CV$ ). Costos no incluidos en el Cuadro 4.32, como agua, macetas, energía, gas, son costos fijos; por lo tanto,  $CT = CV$ .

Para los sustratos no comerciales, los  $CT = \$ 9,740.00$

El ingreso total (IT) es igual a la producción (Y) por un precio unitario (Py).

De las 32,500 plántulas, 16,250 corresponden a la especie *Celtis laevigata* con un precio unitario de \$ 15.00 y 16,250 plántulas corresponden a la especie *Tecoma stans* con un precio unitario de \$ 10.00, por lo tanto:

$IT = (Y) (Py) \text{ Celtis laevigata} + (Y) (Py) \text{ Tecoma stans}$ , sustituyendo los valores de producción y los precios unitarios de la misma, tenemos:

$$IT = (16,250) (15.00) + (16,250) (10.00)$$

$$IT = 243,750 + 162,500$$

$$IT = \$ 406,250.00$$

La ganancia (G) es igual a ingresos totales (IT) menos costos totales (CT)

$G = IT - CT$ , sustituyendo tenemos que:

$$G = \$ 406,250.00 - \$ 9,740.00$$

$$G = \underline{\underline{\$ 396,500.00}}$$

Para el sustrato comercial, los  $CT = \$ 7,770.00$

El ingreso total (IT) es igual a la producción (Y) por un precio unitario (Py).

De las 32,500 plántulas, 16,250 corresponden a la especie *Celtis laevigata* y 16,250 plántulas corresponden a la especie *Tecoma stans* con un precio unitario de \$ 2.00 para ambas especies, por lo tanto:

$IT = (Y) (Py)$  para ambas especies, sustituyendo los valores de producción y los precios de la misma, tenemos:

$$IT = (32,500) (2.00)$$

$$IT = 65,000.00$$

La ganancia (G) es igual a ingresos totales (IT) menos costos totales (CT)

$G = IT - CT$ , sustituyendo tenemos que:

$$G = \$ 65,000.00 - \$ 7,770.00 \quad \underline{G = \$ 57,230.00}$$

Comparando las ganancias obtenidas con la producción de plántulas en los sustratos no comerciales y comerciales, tenemos que:

Ganancia en los sustratos no comerciales = \$ 396,500.00

Ganancia en los sustratos comerciales = \$ 57,230.00

Al dividir 396,500.00 entre 57,230.00 nos da 6.92, lo que nos indica que la ganancia obtenida utilizando el mejor sustrato (no comercial), es por lo menos seis veces más que cuando se utilizan los sustratos comerciales.

**Cuadro 4.32. Análisis económico de los materiales utilizados en la preparación del mejor sustrato, del experimento "Efecto de veinte sustratos en la producción de dos especies forestales en invernadero". Primera etapa. UAAAN, Buenavista, Saltillo Coah. Noviembre de 1997.**

Materiales	Total	Por cada 100 g se tienen	Tamizado	Costo \$
1 Suelo	40 ton.	17.10	6.84 ton	5,000.00
2 Est. bovino	4 ton.	22.43	1.8 ton.	2,500.00
3 Perlita	385 kg.	84.50	325 kg.	2,240.00
4 Pm Per V SM	2.45 ton.	*	75 g ©	7,770.00

\* no se realizó análisis granulométrico.

© gramos (g) del sustrato por maceta con un volumen de 500 cc.

## **CONCLUSIONES**

Con base en los resultados y a la discusión de los mismos, se elaboraron las siguientes conclusiones:

**\* Se cumple el objetivo:**

- Identificar el sustrato óptimo en la producción planta de dos especies forestales en invernadero.

**\* No se cumple el objetivo:**

- Determinar la dosis óptima de fertilización NPK en la producción de planta de dos especies forestales en invernadero, debido a que no se pudo evaluar.
- \* Se acepta la hipótesis planteada para el objetivo uno, la cual dice que la producción de planta de especies forestales es diferente cuando menos en uno de los sustratos.
- \* Se corrobora en este trabajo que los componentes de un sustrato, así como su relación influyen en sus características físicas.
- \* Así mismo, de acuerdo con la literatura revisada se encontró que las características físicas de los sustratos influyen en el crecimiento y desarrollo de las plantas, así como en las especies de plantas.

- \* De las características físicas, los valores encontrados para porosidad total de los sustratos comerciales prácticamente coinciden con el valor propuesto por Ansorena (1994); 85 por ciento, para un buen sustrato; pero no coincide el valor encontrado para el espacio poroso.
- \* El valor encontrado para el espacio poroso en el mejor sustrato (no comercial); 16.30 por ciento fue ligeramente superior al valor medio del rango propuesto por Ansorena (1994), 10 a 20 por ciento. De donde se deduce que el espacio poroso es más importante que la porosidad total. La porosidad total de este sustrato fue 74.72 por ciento.
- \* El sustrato compuesto de suelo, estiércol bovino y perlita con la relación 3: 1: 1 fue en el que mejor crecieron y mejor se desarrollaron las especies forestales; *Celtis laevigata* y *Tecoma stans*.
- \* Económicamente, el uso de sustratos no comerciales fue más redituable que los sustratos comerciales.

## RESUMEN

Los habitantes de las zonas áridas en México desarrollan diversas actividades agrícolas, ganaderas, mineras, de recolección y extracción de productos vegetales. Todas estas actividades tienen un común denominador: tienden a la destrucción y desaparición de la frágil cubierta vegetal.

Esto viene a agravar el problema de por sí importante, de la escasez de material leñoso que sirva como combustible para consumo doméstico.

Las actividades de reforestación y plantación de especies arbóreas se llevan a cabo con el objeto de proteger y recuperar áreas forestales, la conservación de los suelos, la generación de bosques comerciales, mejorar el aspecto de áreas urbanas, tener áreas con vegetación para recreo y servir de reserva ecológica.

La producción de plantas forestales en invernadero tiene una duración promedio de tres meses, utilizando como sustratos solamente materiales comerciales y en algunas ocasiones mezclados con suelo común con diferentes proporciones.

La utilización de sustratos en la producción de plantas forestales en invernadero, es uno de los factores que mayor influencia ejerce sobre la calidad de las misma (Alarcón, 1992).

Mientras que unos sustratos retienen poca humedad, otros se compactan al secarse, de tal modo que el crecimiento de las plantas es heterogéneo, por

lo que es importante que el sustrato presente buenas características físicas y químicas para producir un crecimiento rápido y vigoroso de las plantas en el menor período de tiempo posible. Para lograr lo anterior, existe una técnica llamada caracterización de sustratos, con la cual se pueden preparar sustratos con materiales regionales disponibles y considerados de deshecho.

La presente investigación tiene como objetivos identificar el sustrato y determinar la dosis óptimos de fertilización NPK en la producción de planta en dos especies forestales en invernadero en dos etapas.

En la primera etapa, el estudio se realizó en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro con las especies forestales; *Celtis laevigata* y *Tecoma stans*, y 20 sustratos, con un diseño completamente al azar arreglado en parcelas divididas con 20 tratamientos y cuatro repeticiones en donde las parcelas grandes las constituyeron los genotipos y las parcelas chicas los tratamientos (sustratos).

Los tratamientos fueron 16 sustratos no comerciales; los cuales consistieron de mezclas compuestas de un material mineral, un orgánico y un inorgánico. Los materiales minerales utilizados fueron suelo y arena; los orgánicos fueron celulosa, peat-moss, estiércol y composta y los materiales inorgánicos fueron perlita y vermiculita. El suelo solo se utilizó como sustrato para tener 17 y se utilizaron tres sustratos comerciales; sunshine 3 (mezcla de peat-moss más perlita), peat-moss más perlita más vermiculita sin micorriza y peat-moss más perlita más vermiculita con micorriza, completando así los 20 sustratos (Cuadro 4.33).

**Cuadro 4.33. Sustratos compuestos de mezcla de un material mineral, un orgánico y un inorgánico, y sustratos comerciales usados en el experimento "Efecto de veinte sustratos en la producción de planta de dos especies forestales en invernadero". Primera etapa. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coah., Noviembre de 1997.**

Sustratos	Relación
1 S Ce Per	3.5: 1: 0.5
2 S Pm Per	1.5: 2: 1.5
3 S Eb Per	3: 1: 1
4 S Co Per	2.5: 1.5: 1
5 S Ce V	4: 0.5: 0.5
6 S Pm V	3: 1: 1
7 S Eb V	3: 1.5: 0.5
8 S Co V	2: 2: 1
9 A Ce Per	1: 3: 1
10 A Pm Per	1.5: 1.5: 2
11 A Eb Per	2: 2.5: 0.5
12 A Co Per	2: 2.5: 0.5
13 A Ce V	2: 1: 2
14 A Pm V	1.5: 2: 1.5
15 A Eb V	1.5: 2: 1.5
16 A Co V	2: 1: 2
17 S	5
18 Pm Per V SM	4: 0.5: 0.5
19 Pm Per V CM	4: 0.5: 0.5
20 Pm V	3.75: 1.25

A los tres meses después de la siembra se tomaron los datos de los parámetros altura de planta (cm), diámetro de tallo (mm), peso fresco (g), peso seco (g), longitud de raíz (cm) y número de hojas verdaderas; los datos para el parámetro días a emergencia se tomaron diariamente al iniciar la emergencia de la primera plántula hasta la última.

Los resultados muestran que la especie *Tecoma stans* presentó la media más baja en días a emergencia (11 días); comparada con la especie *Celtis*

*laevigata* (30 días), obteniéndose ambas medias en el sustrato no comercial compuesto de suelo, estiércol bovino y perlita.

La especie *Celtis laevigata* presentó la media más alta en altura de planta (32.16 cm); comparada con la especie *Tecoma stans* (20.53 cm), obteniéndose ambas medias en el sustrato no comercial compuesto de suelo, estiércol bovino y perlita.

La especie *Tecoma stans* presentó las medias más altas en las variables diámetro de tallo (3.46 mm), peso fresco (8.17 g), peso seco (1.44 g), longitud de raíz (24.00 cm) y número de hojas verdaderas (20 hojas) en comparación con la especie *Celtis laevigata* (2.86 mm) respectivamente, obteniéndose ambas medias en el sustrato compuesto de suelo, estiércol bovino y perlita.

En la segunda etapa, el estudio se realizó en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro con las dos especies forestales; *Celtis laevigata* y *Tecoma stans* con un diseño completamente al azar arreglado en parcelas divididas, en donde las parcelas grandes las constituyeron los genotipos y las parcelas chicas los tratamientos NPK, el diseño de tratamientos fue un factorial 3 X 3 X 3 con 27 tratamientos y cuatro repeticiones.

Los tratamientos a evaluar fueron: tres niveles de nitrógeno; 0, 50 y 100 kg/ha; tres niveles de fósforo; 0, 30 y 60 kg/ha; y tres niveles de potasio; 0, 50 y 100 kg/ha; las fuentes de fertilizantes utilizados para nitrógeno, fósforo y potasio fueron: sulfato de amonio, fosfato de amonio y sulfato de potasio, respectivamente. A los dos meses después de la siembra se quitó el experimento.

Este experimento no fue posible evaluarlo debido a que la especie *Celtis laevigata* solamente presentó emergencia en una repetición del tratamiento

testigo. Por otra parte, si presentó emergencia en el resto de los tratamientos, en dos repeticiones y en otros, en tres repeticiones. Además, el crecimiento se detuvo a los dos meses de establecido el experimento; alcanzando una altura promedio de 4 cm, en este momento las plántulas presentaron quemaduras muy marcadas en los bordes de las hojas causando su muerte.

Con respecto a la especie *Tecoma stans*, esta no presentó emergencia en la totalidad de los tratamientos, posiblemente porque la semilla no se encontraba viable, es decir, no tenía capacidad para germinar.

## LITERATURA CITADA

- Abad, B. M. 1993. Sustratos. Caracterización y Propiedades. Curso Superior de Especialización Sobre: Cultivos sin Suelo. FIAPA. Almería, España. pp 47-61.
- Aguilera, C. J. 1996. Efectos de diferentes niveles celulósicos en calidad y rendimiento de jitomate *Lycopersicon esculentum* Mill, bajo condiciones de invernadero. Tesis de Licenciatura. U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo, Coah., México. pp 31-32.
- Alarcón, B. M. 1992. Ensayo de veinte diferentes sustratos combinados con nueve rutinas de fertilización para la producción de Pinus durangensis en invernadero. Memorias del Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Acapulco, Gro. México.
- Ansorena, M.J. 1994. Sustratos. Propiedades y Caracterización. Ediciones Mundiprensa. Madrid, España. pp 35-69.
- Buckman, O. H. y Brady, C. N. 1977. Naturaleza y Propiedades de los Suelos. Montaner y Simón. Barcelona, España.
- Carbonero, Z. P. 1985. Química del Suelo y Los Fertilizantes. Monografías de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Politécnica, 5ª ed. Madrid, España. p. 61.
- Castellanos, D. H. 1996. Evaluación de la Composta (Abono Orgánico) y otros Sustratos, Sobre la Producción de Girasol Ornamental Helianthus annuus L. Var "Sunbright ", bajo condiciones de invernadero. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista Saltillo, Coah., México.
- Cooke, G. W. 1981. Fertilizantes y sus usos. 9ª Impresión. Editorial C.E.C.S.A. México.
- Daniels, W. L. and Wright, R. D. 1988. Cation Exchange Properties of Pine Bark Growing Media as Influenced by pH, Particle Size and Cation Species. E.U.A. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 113 (4): 557-560.

- Deffis, C. A. 1989. La Basura es la Solución. Memorias del Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Pachuca, Hidalgo. México.
- Fersini, A. 1986. Horticultura práctica. 2ª Edición aumentada. 6ª Impresión. Editorial Diana, México.
- Fuentes, Y. J. L. 1994. El Suelo y Los Fertilizantes. Ediciones Mundi-Prensa. 4ª ed. Madrid, España. p. 149.
- Handreck, K. A. 1983. Particle size analysis and the physical properties of growing media for containers. E.U.A. Commun. in soil Sci. Plant. Anal., 14 (3), 209-222.
- Harrar, E. S. and Harrar, J. G. 1946. Guide to Southern Trees. McGraw-Hill. Company Inc. London, New York. p. 252.
- Hartmann, H. T. y Kester, D. E. 1975. Propagación de Plantas. Principios y Prácticas. Editorial C.E.C.S.A. México. p 814.
- \_\_\_\_\_. 1982. Propagación de Plantas. Principios y Prácticas. 3ª Impresión. Editorial C.E.C.S.A. México.
- Mendoza, M. S. 1990. Estudio de Coeficientes de Sendero y Correlaciones Fenotípicas en Cártamo (Carthamus tinctorius L.). Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah., México. p. 25.
- Miranda, J. L. S. 1992. Evaluación de la Composta en un Durustoll Erosionado bajo Cultivo de Trigo. Memorias del Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Acapulco, Gro. p 259.
- Narro, F. E. 1994. Física de Suelos con Enfoque Agrícola. Editorial Trillas. UAAAN. México.
- Nava, A. F. 1992. Efecto del Estiércol Bovino y Fertilizante Químico en el Suelo y Respuesta del Sorgo Forrajero. Memorias del Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Acapulco, Guerrero. México. p. 454.
- Potash & Phosphate Institute (PPI). 1988. Manual de Fertilidad de los Suelos. Norcross, Georgia, U.S.A.

- Rangel, L. E. A. 1993. Evaluación del Girasol Helianthus annuus L. "Sunbrighth", Como Flor Cortada, Bajo diferentes Sustratos y Niveles de Nutrición. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah., México.
- Resh, H. M. 1982. Cultivos Hidropónicos. Nuevas Técnicas de Producción. Ediciones Mundi-Prensa. 2ª ed. Madrid, España. pp 232-238.
- \_\_\_\_\_. 1992. Cultivos Hidropónicos. Ediciones Mundi-Prensa. 3ª ed. Madrid, España.
- Rodríguez, S. F. 1982. Fertilizantes, Nutrición Vegetal. AGT Editor. S.A. México. p. 71.
- Standley, P. C. 1926. Trees and Shrubs of México (Bignoniaceae-Asteraceae). Contributions from the United States National Herbarium. Smithsonian Institution. United States National Museum. Volume 3, Part 5. p. 1318.
- Tamhane. R. V. y Bali, Y. P. 1986. Suelos. Su química y fertilidad en zonas tropicales. Editorial Diana, México.
- Tinus; W. R. and Stephen, E. M. 1979. "How to Grown Tree Seedlings in Containers in Greenhouse". General Technical Report R. M-60 Rocky Mountain Forest and Ranger Experiment Station. Forest Service U. S. Departament of Agriculture.
- Tisdale, L. S. y Nelson, L. W. 1982. Fertilidad de Suelos y Fertilizantes. UTEHA. México. p. 147.
- \_\_\_\_\_. 1991. Fertilidad de Suelos y Fertilizantes. Editorial Limusa, 1ª reimpresión. México. pp 79-86
- Vázquez, P. y L. J. Cajuste. 1977. Algunos Aspectos Químicos de la Dinámica en Suelos del Estado de Guanajuato. Agrociencia. 27: 121-133. México.
- Venator, Ch. y Liegel, H. L. 1985. "Manual de Viveros Mecanizados para Plantas a Raíz desnuda y Sistema Semimecanizado con Recipientes menores a 130 cc". Ministerio de Agricultura y Ganadería. Programa Nacional Forestal. Quito, Ecuador.
- Villarreal, Q. J. A. 1993. Introducción a la Botánica Forestal. Trillas. UAAAN. México.