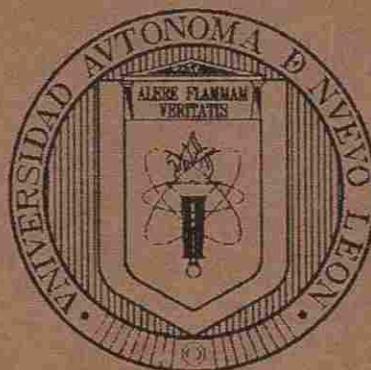


**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES**



**EFFECTOS DE DIFERENTES RIEGOS, SUBSTRATOS Y FERTILIZANTES EN LA  
PRODUCCION DE: *Celtis laevigata* Willd. EN VIVEROS**

**TESIS DE MAESTRIA**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN**

**REALIZADO POR:**

**DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS**  
**ING. EDWARDS SAUL SANZETENEA TERCEROS**

**REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRIA EN CIENCIAS FORESTALES**

**LINARES, NUEVO LEON, MEXICO**

**JUNIO 1998**

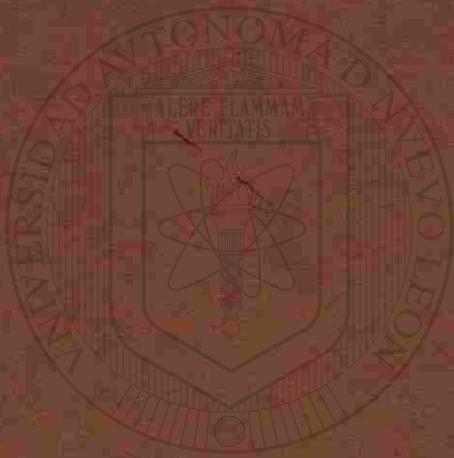
TM

Z599

FCF

1998

S2

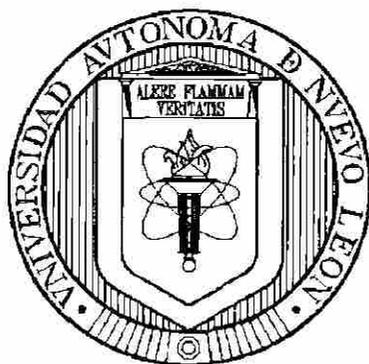


UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES**



**EFFECTOS DE DIFERENTES RIEGOS, SUBSTRATOS Y FERTILIZANTES EN LA  
PRODUCCION DE: *Celtis laevigata* Willd. EN VIVEROS**

**TESIS DE MAESTRIA**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN**

**REALIZADO POR:**

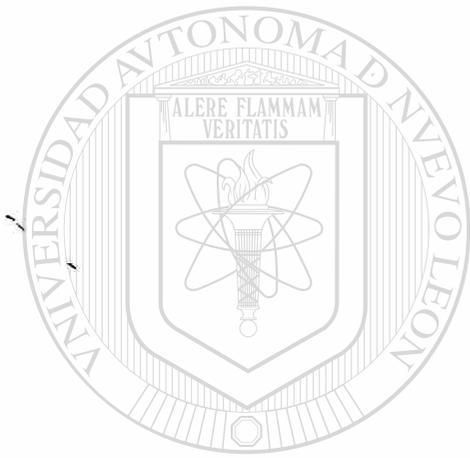
**ING. EDWARS SAUL SANZETENEA TERCEROS**

**REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRIA EN CIENCIAS FORESTALES**

**LINARES, NUEVO LEON, MEXICO**

**JUNIO 1998**

TM  
25991  
FCF  
1198  
S2



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



FONDO  
TESIS

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES**

**EFFECTOS DE DIFERENTES RIEGOS, SUBSTRATOS Y  
FERTILIZANTES EN LA PRODUCCION DE: *Celtis laevigata* Willd. EN  
VIVEROS**

**TESIS DE MAESTRIA**

**REALIZADO POR:**

**ING. EDWARS SAUL SANZETENEA TERCEROS**

**REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRIA EN CIENCIAS FORESTALES**

**COMITE DE TESIS**



**Dr. Ricardo López Aguillón  
Presidente**

**Dr. Horacio Villalón Mendoza  
Secretario**

**Dr. Javier Jiménez Pérez  
Vocal**

**Dr. Miguel A. Capó Arteaga  
Asesor Externo - UAAAN**

Más de mil seiscientos científicos de diferentes partes del mundo, entre quienes se contaban 104 premios Nobel, ratificaron una advertencia promulgada por la Unión de Científicos Preocupados que decía: *“Los seres humanos y la naturaleza van rumbo a una colisión inevitable. .... En tan solo unas cuantas décadas se habrá perdido la oportunidad de impedir el desastre”*. El manifiesto decía que las prácticas humanas que ponen en peligro la vida *“pueden cambiar tanto el mundo, que este ya no sea capaz de sostener la vida tal y como la conocemos”*. Entre los problemas urgentes que necesitan atención se citaron la reducción de la capa de ozono, la contaminación del agua, la deforestación, la improductividad del terreno y la extinción de muchas especies animales y vegetales. La Unión de Científicos Preocupados dijo: *“Al manipular la red interdependiente de la vida podríamos desencadenar graves problemas, como por ejemplo, el colapso de sistemas biológicos de cuya dinámica solo tenemos un conocimiento superficial”*.

Fuente:

Watch Tower Bible and Tract Society Pennsylvania

Por:

M. G. Henschel, 1995

El conocimiento que lleva a la vida eterna

Revelación 11:18

## DEDICATORIA

### **A Dios:**

*Por crear la tierra rica en naturaleza y los seres vivos que en ella habitan, que a pesar de su indiscriminada explotación, nos da esperanzas de sobrevivir y apreciar aún la belleza que nos rodea.*

### **A mi Madre:**

*Mania Elina Terceros Espinoza, por llevarme en el vientre soportando aquel niño que vino al mundo y sin parar lucha para la superación de mi persona, con humildad, cariño, amor y esfuerzo. Hasta llegar a estos momentos de satisfacción y seguir con seguridad en el recorrer de la vida.*

### **A mi Padre:**

*Juan Bautista Sanzetenea Arce, por guiarme como hombre, padre, maestro y amigo, con la humildad que se caracteriza, de buena fe y de un gran sentido espiritual.*

### **A mi Esposa:**

*Rosemary Del Carpio Herrera, por su apoyo incondicional, soportando todos los vaivenes en mi superación egocentrista, manteniendo siempre con amor y ternura el hogar que formamos.*

### **A mis Hijos:**

*Bryan y Brandon, quienes me motivan a superarme más y ser hombre de principios, de fe y esperanza, compartiendo alegrías con la inocencia, la ternura y el amor que me brindan.*

### **A mis Hermanos:**

*Rosario, Jeanneth, John y Werner, a quienes en todo momento les tuve presentes, por el apoyo desinteresado.*

## AGRADECIMIENTOS

*A la Escuela Técnica Superior Forestal ETSFOR de la Universidad Mayor de San Simón UMSS de Cochabamba - Bolivia y al convenio de Cooperación Técnica Alemana GTZ, quienes me otorgaron una beca de estudios, haciendo posible la realización de la Maestría en Ciencias Forestales.*

*A la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León, por el apoyo recibido en la realización de mis estudios y la realización de este trabajo, quien hizo de mi persona un profesional responsable del manejo de los Recursos Naturales.*

*Al Dr. Ricardo López Aguillón, quien me dirigió, asesoró y apoyo esta tesis, con amistad, confianza, tiempo, dedicación y perseverancia, para la culminación del presente trabajo y por las experiencias, prácticas y culturales transmitidas.*

*Al Dr. Horacio Villalón Mendoza, por la asesoría y revisión de la presente tesis, por los comentarios constructivos que hizo posibles terminar el presente trabajo.*

*Al Dr. Javier Jiménez Pérez, por la disponibilidad en la asesoría y revisión de esta tesis.*

*Al Dr. Miguel Ángel Capó Arteaga, profesor de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro UAAAN, por el tiempo disponible en la asesoría y revisión de esta investigación.*

*Al M.C. Florentino Caldera Hinojosa, por la colaboración desinteresada en la revisión del presente escrito.*

*Al Dr. Fortunato Garza Ocañas, por el apoyo y colaboración en las traducciones necesarias para la culminación de la tesis.*

*Al vivero y sus trabajadores de la Facultad de Ciencias Forestales UANL, Hector Manuel Medrano, Hector Gerardo Medrano, Jose Homero Medrano, Guadalupe Ramirez Rodriguez y Elio Baldemar Tirado, por el apoyo en la instalación, medición y seguimiento del experimento en vivero, que de esa manera se hizo posible la culminación del trabajo en campo.*

*También agradezco a mis compañeros de generación de Maestría, en la Facultad de Ciencias forestales: Pedro Olivera M. que Dios le guarde en su honra, Francisco Reyes F. (Chico), Alfonso Gómez, Benedicto Vargas L., Jonas Delgadillo V., Marco A. Gonzales T., Mary Cruz López R., Francisco Reyes H. (Pancho), Martín Juárez S., José J. Tapia B. y F. Charles C., por sus aportaciones y convivencias de grupo en el tiempo de estudios de la Maestría.*

*Agradezco también aquellas personas que participaron y me brindaron apoyo en la bibliografía, los materiales, los escritos, los análisis de laboratorios y de campo, que comprenden los laboratorios de suelos, agroforestal, de tecnología de la madera, de fisiología vegetal, de semillas, la biblioteca, fotocopias, al centro de computo, a la subdirección de Postgrado y a las secretarías, todos ellos de la Facultad de Ciencias Forestales UANL.*

*A todas aquellas personas que de alguna manera estuvieron involucrados en la realización de este trabajo y formaron parte de mi entorno para poder realizar y cumplir con mis propósitos.*

## RESUMEN

La presente investigación tiene el objetivo de mejorar cualitativamente la producción en viveros de la especie *Celtis laevigata* Willd., utilizando diferentes factores controlados, con la aplicación de tres tipos de fertilizante, el osmocote (F1), el picomódulo (F2), la urea (F3) y el testigo sin fertilizante (F4); tres mezclas de substratos, germinaza + perlita + suelo de monte (S1), corteza de pino + perlita + suelo de monte (S2), turba + perlita + suelo de monte (S3) y el testigo suelo de monte (S4) y dos formas de riego, por aspersión (R1) y el testigo manual (R2); en contenedores de plástico de 2.3 L de volumen, en un diseño experimental factorial de tres factores con niveles de 4 x 4 x 2 en bloques completamente aleatorios, durante el periodo de mayo a noviembre de 1997.

La metodología se basa en la medición mensual de parámetros morfológicos individuales de Índices de Calidad en campo, como la altura (H), el diámetro a la altura del cuello de la raíz (D) y el peso verde y seco de la parte aérea (PVA y PSA), radicular (PVR y PSR) y total (PVT y PST) de la plántula; así también se calcularon la combinación de estos parámetros, obteniendo: coeficientes de equilibrio de la relación entre H/D, PVA/PVR, PSA/PSR y  $PST/(H/D+PSA/PSR)$ ; coeficientes de reducción de peso verde a peso seco de PVA/PSA, PVR/PSR y PVT/PST; y por último el porcentaje de raíces en materia seca  $PSR/PST \times 100$ , lo cuales fueron procesados y analizados los ANVA con el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System) y el método comparativo de Tukey.

En el análisis comparativo de los riegos, se observó, que R1 tiene mejor distribución y control del agua que R2 en toda la platabanda; sin embargo, según los 16 parámetros de calidad mencionados R2 mostró 5 con mejores resultados que 1 de R1, pero 10 no tuvieron diferencia significativa (DS) por lo que, se puede concluir también que cualquiera de las dos formas de riego puede ser utilizado, tal vez con un mejor control en la cantidad de agua de R1 se obtendría mejores resultados. En lo que se refiere a los substratos se comprobó que el porcentaje de humedad y la porosidad son proporcionales en función a los tipos de mezcla, de los cuales se obtuvo que la turba requiere de mayor cantidad de agua con 90.15 y 47.41 %, seguido de la germinaza con 86.24 y 46.31 %, corteza de pino con 77.45 y 43.64 % y por último el suelo de monte con 62.15 y 38.33 % de humedad y porosidad respectivamente; según los 16 indicadores de calidad S4 y S1 dieron 5 mejores y mismos resultados, seguidos de S3 con 4 y por último S2 con 1, sin embargo 10 no tuvieron DS, por lo que se puede tomar como alternativa también, que cualquiera de las mezclas pueden ser utilizadas en la producción de calidad de plántulas; y dentro del análisis del pH de las mezclas se observó que todas tienen una ligera alcalinidad de 7.3 a 7.7, concluyendo que la acción de la materia orgánica en la mezcla no es suficiente, por lo que se recomendaría incorporar más cantidad de este componente para regular el pH y así tener mejores resultados. Entre los fertilizantes se observó claramente que existe mejores resultados con el F1 mostrando 11 parámetros con mayor efecto, seguido de F2 con 7, F3 con 6 y F4 con 1 y sin efecto resultaron 4, por lo que se puede concluir que F1 es el mejor fertilizante, por la manera de su distribución y acción en los substratos y las plantas.

## SUMMARY

This study aims to improve the quality of production of *Celtis laevigata* willd. seedlings in nurseries. Different controlled treatments such as three fertilizers, osmocote (F1), picomodulo (F2), urea (F3) and control without any fertilizer were used (F4). The following three artificial soil substrate mixtures were used: Germinaza (coconut fruit fiber) + perlite + soil from thornscrubs (S1); pine bark + perlite + soil from thornscrubs (S2); peat moss+ perlite + soil from thornscrubs (S3); and a control with soil from thornscrubs (S4). Two water regimes were used, first was an automatic water system with fine spray system (R1) and second was made with a hose by hand (R2). Plastic containers of 2.3 L volume were used for plants and a factorial experimental design with three factors in levels of 4 x 4 x 2 arranged in random blocks arrangement was used from may to november 1997.

The methodology used involves monthly measurements of the individual morphological parameters selected in order to obtain the index of quality in the field. Height (H), root collar diameter (D), fresh and dry weight of aerial (PVA, PSA), root system (PVR, PSR) and of the whole plant (PVT, PST) were measured. The combination of all these parameters was calculated in order to obtain equilibrium coefficients in the relation between H/D, PVA/PVR, PSA/PSR and  $PST/(H/D + PSA/PSR)$ ; and reduction coefficients for fresh weight to dry weight of PVA/PSA, PVR/PSR and PVT/PST; and the percentage of dry root matter  $PSR/PST \times 100$ , all of them were statistically analyzed using ANOVA in the statistical analysis system SAS and the comparative method of Tukey.

In a comparative analysis of watering systems used it was found that R1 showed the best distribution and control of water than R2 in the nursery beds. However, from the 16 parameters used R2 showed 5 with best results than 1 from R1 and 10 did not have statistical significant differences (DS). These results suggested that any of the two watering systems can be used and best results could be obtained if a better control of the amount of water supplied by R1 is made. In a test for the soil mixtures used it was found that the percentage of humidity and porosity are proportional to the soil mixture used. Thus, results showed that the peat moss needs a greater amount of water with a proportion of 90.15 and 47.41 % respectively followed by coconut fruit fiber with 86.24 and 46.31 %, pine bark with 77.45 and 43.64 % and finally soil from thornscrubs with a 62.5 and 38.33 % relation. From the 16 indicators of quality used S4 and S1 showed 5 of the best results followed by S3 with 4 and finally S2 with 1. However 10 showed a negative statistical significant difference (DS), these results indicated that any of soil mixtures can be used for the production of plants. The pH analysis of soil mixtures used showed that all had a slight alcalinity 7.3 – 7.7 and these results suggest that the action of the organic matter in the mixture is not enough; thus an input of organic matter is recommended in order to equilibrate the pH values and for improving results. Regarding fertilizers results showed that F1 treatment was the best having 11 parameters with the heighest effect followed by F2 with 7, F3 with 6 and F4 with 1. Four showed no effects thus results suggested that F1 was the best fertilizer for its distribution and action in the soil substrates used and for the plants.

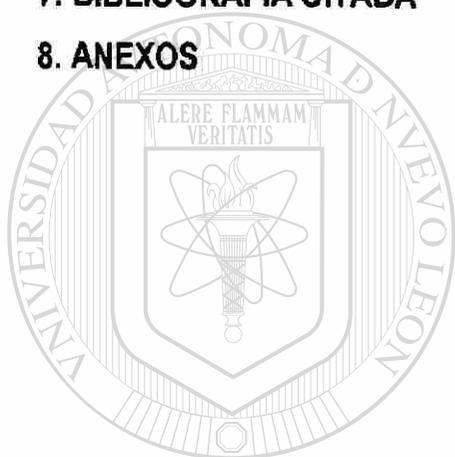
## INDICE

<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
<b>INDICE</b>	<b>I</b>
<b>LISTA DE CUADROS</b>	<b>V</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	<b>VI</b>
<b>LISTA DE GRAFICAS</b>	<b>VI</b>
<b>1. INTRODUCCION</b>	<b>1</b>
<b>1.1. OBJETIVOS</b>	<b>3</b>
1.1.1. General	3
1.1.2. Especificos	3
1.1.3. Hipótesis	3
<b>2. REVISION BIBLIOGRAFICA</b>	<b>4</b>
<b>2.1. CONTENEDORES DE POLIETILENO</b>	<b>4</b>
<b>2.2. SUBSTRATOS</b>	<b>5</b>
2.2.1. Requerimientos funcionales del sustrato	6
2.2.2. Consideraciones ideales para un sustrato	7
2.2.3. Componentes del sustrato	9
2.2.3.1. El suelo	9
2.2.3.2 Componentes orgánicos	10
2.2.3.3. Componentes inorgánicos	11
2.2.4. Consideraciones en las mezclas	12
<b>2.3. FERTILIZANTES</b>	<b>12</b>
2.3.1. Nutrientes esenciales para las plantas	13
2.3.2. Fertilizantes de liberación controlada	14
2.3.2.1. Osmocote	15
2.3.2.2. Fertilizantes en módulos	15
2.3.3. Fertilizante nitrogenado. Urea	16

<b>2.4. RIEGOS</b>	<b>17</b>
2.4.1. Movimiento del agua en el suelo	17
2.4.2. Calidad del agua	18
2.4.3. Tipos de riego	18
2.4.3.1. Riego por manguera	19
2.4.3.2. Riego por aspersión	19
<b>2.5. PARAMETROS MORFOLOGICOS</b>	<b>19</b>
2.5.1. Altura de la parte aérea	20
2.5.2. Diámetro en el cuello de la raíz	20
2.5.3. Relación altura de la parte aérea y diámetro en el cuello de la raíz	21
2.5.4. Peso de las plántulas	22
<b>3. METODOLOGIA</b>	<b>24</b>
<b>3.1. AREA DE ESTUDIO</b>	<b>24</b>
3.1.1. Localización y descripción	24
3.1.2. Clima	25
3.1.3. Suelo	25
3.1.4. Vegetación	25
<b>3.2. ESPECIE ESTUDIADA</b>	<b>26</b>
3.2.1. Descripción taxonómica de <i>Celtis laevigata</i> Willd.	26
3.2.1.1. Orden URTICALES, orden de la ortiga	26
3.2.1.2. Familia: ULMACEAE, familia del olmo	27
3.2.1.3. Género: <i>Celtis</i> , "Palo blanco". Hackberry	27
3.2.1.4. Especie: <i>Celtis laevigata</i> Willd. "Palo blanco"	28
<b>3.3. DISEÑO DEL EXPERIMENTO</b>	<b>30</b>
3.3.1. Diseño estadístico	30
3.3.1.1. Experimento factorial	30
3.3.1.2. Modelo factorial	30
3.3.1.3. Hipótesis	31
3.3.1.4. El análisis estadístico	31
3.3.2. El diseño de campo (vivero)	31
<b>3.4. PROCEDIMIENTOS DE LOS FACTORES CONSIDERADOS</b>	<b>32</b>
3.4.1. La preparación y limpieza del lugar	32
3.4.2. El riego	32
3.4.2.1. Riego por aspersión	32
3.4.2.2. Riego manual o testigo	33
3.4.2.3. Calculo de la distribución y cantidad de agua	33

3.4.3. Los substratos	33
3.4.3.1. Los materiales orgánicos	33
3.4.3.2. El suelo de monte	34
3.4.3.3. El material inorgánico	35
3.4.3.4. Cantidades de los substratos	35
3.4.3.5. Estimación de la humedad y porosidad de los substratos	35
3.4.4. Los fertilizantes	36
3.4.5. El contenedor	37
<b>3.5. PROCEDIMIENTOS DE LOS DATOS</b>	<b>37</b>
3.5.1. Levantamiento de datos	37
3.5.1.1. Medición de alturas y diámetros	37
3.5.1.2. Medición de los pesos	38
3.5.2. Procesamiento de los datos	39
3.5.3. Cálculo de los parámetros de Índice de Calidad	39
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIONES</b>	<b>41</b>
<b>4.1. TEMPERATURA Y PRECIPITACION</b>	<b>41</b>
<b>4.2. CANTIDAD Y DISTRIBUCION DE AGUA DE LOS RIEGOS</b>	<b>42</b>
<b>4.3 CANTIDAD Y MEZCLA DE SUBSTRATOS</b>	<b>44</b>
<b>4.4. DETERMINACION DEL pH DE LOS SUBSTRATOS</b>	<b>45</b>
<b>4.5. PARAMETROS DE CALIDAD DE LA PLANTULA</b>	<b>46</b>
4.5.1. Altura de la parte aérea	46
4.5.2. Diámetro al cuello de la raíz	48
4.5.3. Relación altura de la parte aérea y diámetro en el cuello de la raíz	52
4.5.4. Peso verde de las plántulas	53
4.5.4.1. Peso verde de la parte aérea	53
4.5.4.2. Peso verde de la raíz	56
4.5.4.3. Peso verde total	58
4.5.5. Peso seco de las plántulas	58
4.5.5.1. Peso seco de la parte aérea	59
4.5.5.2. Peso seco de la raíz	59
4.5.5.3. Peso seco total	60
4.5.6. Relación parte aérea y raíz en peso	61
4.5.6.1. Relación parte aérea y raíz en peso verde	61
4.5.6.2. Relación parte aérea y raíz en peso seco	64
4.5.7. Reducción de peso verde a peso seco	64
4.5.7.1. Reducción de peso verde aéreo a peso seco aéreo	64
4.5.7.2. Reducción de peso verde de la raíz a peso seco de la raíz	65
4.5.7.3. reducción de peso verde total a peso seco total	65

4.5.8. Porcentaje de raíz en seco	66
4.5.9. Índice de Calidad de Dickson et al.	66
<b>4.6. DISCUSION GENERAL</b>	<b>68</b>
4.6.1. Para los riegos	68
4.6.2. Para los substratos	69
4.6.3. Para los fertilizantes	70
<b>5. CONCLUSIONES</b>	<b>72</b>
<b>6. RECOMENDACIONES</b>	<b>75</b>
<b>7. BIBLIOGRAFIA CITADA</b>	<b>76</b>
<b>8. ANEXOS</b>	<b>83</b>



# UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



## LISTA DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Fórmula de los módulos fertilizantes	16
2. Análisis químico del suelo de monte en ppm.	34
3. Análisis de textura del suelo de monte en %	34
4. Porcentajes de las mezclas de los substratos	35
5. Temperatura y precipitación del año 1997 y del experimento	41
6. Estimación de la cantidad y distribución del agua por cada sistema de riego	42
7. Cantidad en volumen de las mezclas y substratos utilizados en el experimento	44
8. Estimación de la humedad y porosidad de los substratos	44
9. Análisis de pH de los substratos y fertilizantes	45
10. Análisis de significancia y prueba de Tukey de los parámetros de Índice de Calidad de altura, Diámetro y relación entre estos dos indicadores	48
11. Análisis de significancia y prueba de Tukey de los parámetros de Índice de Calidad de	
12. los pesos verdes y secos de la plántula	54
13. Análisis de significancia y prueba de Tukey de los parámetros de Índice de Calidad de los cocientes de equilibrio, de reducción y los porcentajes de la raíz	62
14. Resultados del número de parámetros con y sin efecto para los riegos	68
15. Resultados del número de parámetros con y sin efecto para los substratos	69
16. Resultados del número de parámetros con y sin efecto para los fertilizantes	70

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Páginas</b>
1. Localización del área de estudio	24
2. Especie <i>Celtis laevigata</i> Willd. "Palo blanco"	28

<b>Gráfica</b>	<b>Páginas</b>
1. Temperatura y precipitación del año 1997 y del experimento	41
2. Distribución y cantidad media de agua en una hora de riego por aspersión	43
3. Distribución y cantidad media de agua por pasadas en dos día del riego manual	43
4. Crecimiento en altura por mes	46
5. Crecimiento en diámetro por mes	50

## 1. INTRODUCCION

Para el éxito de la propagación de plantas se deben considerar tres aspectos generales: Primero, es necesario conocer las manipulaciones mecánicas y procedimientos técnicos con práctica y experiencia. Segundo, se requiere el conocimiento de la estructura y la forma de desarrollo de la planta. Tercero, se debe conocer las distintas especies o clases de plantas y los varios métodos de propagación, que deben estar relacionadas con las respuestas de la especie y la situación en que se efectúa. (Hartmann y Kester, 1995)

En el mejoramiento de las plantas se ha presentado un proceso de invención y desarrollo de técnicas adecuadas de propagación, las cuales se cultivan en condiciones controladas que optimicen las respuestas de las plantas a los cinco factores ambientales luz, agua, temperatura, gases y nutrientes minerales además su pH en los medios de cultivos (substratos), conservando las características únicas y útiles de cada una de ellas, caso contrario se extinguirían, además de tener protección contra plagas y patógenos. Estos adelantos han hecho que se incremente la calidad y el número de especies a cultivarse en viveros. (Hartmann y Kester, 1995)

---

La clasificación de la calidad de plántulas se basa, fundamentalmente en dos características importantes: a) Aumentar el porcentaje de sobrevivencia de las plántulas después de la plantación y b) Disminuir la frecuencia de los tratamientos culturales de manipulación de la plantación. (Carneiro, 1995)

La calidad de las plántulas, se basa más que todo en la capacidad de sobrevivir cuando son sometidas a un estrés ambiental prolongado, para lo cual se debe producir plántulas con buen crecimiento y muy vigorosas. Para esto se incluye estudios fisiológicos y morfológicos de la planta, los cuales implican la ontogénesis (código genético dirigido al desarrollo de la plántula) y la fenología (responsable del medio ambiente en su desarrollo de la plántula), por tanto, las fluctuaciones fisiológicas en sus procesos de turno, son manifestadas por la morfología de las plántulas (estructura externa). Por lo que, la morfología se hace importante en los estudios de la calidad de la plántula, a

través de la altura, el diámetro al cuello de la raíz, la raíz y la arquitectura de la plántula, para poder manipular prácticas culturales en el vivero y obtener una plántula de calidad, entendiendo esta manipulación, como la dinámica y la combinación métrica del crecimiento de la plántula en el tiempo. (Johnson y Cline, 1991)

El padrón de calidad de las plantas varia entre especies, en una misma especie y diferentes sitios. Brissette, 1984 resumió los conceptos de opinión de especialistas, explicando dos distintas corrientes: a) La calidad de plántulas, solo debe ser evaluada en el campo, de acuerdo con su desempeño después de la plantación y b) esta corriente concuerda que la evaluación debe también realizarse en el vivero. Justificando, que algunos factores, como la forma de levantar las plántulas de las platabandas, su manipulación, transporte y técnicas de plantación pueden afectar el desarrollo de las plántulas en el campo. (Carneiro, 1995)

Actualmente existe una gran demanda de plantas ornamentales para el medio urbano, sin embargo las plantas son muy pocas veces vistas desde el punto de vista de interés ambiental, si no más bien comercial, para los cuales, se busca que la planta tenga una buena apariencia y nada más; sin embargo, estas plantas son las que sufren más a los cambios drásticos ambientales del desarrollo urbano, como el calor, compactación del substrato, contaminación del medio, daños mecánicos y mucho más. Por lo cual, en el presente trabajo se estudian diferentes métodos para aumentar el vigor de las plántulas en el vivero de la especie *Celtis laevigata* Willd.; así como lograr, un desarrollo (o crecimiento) uniforme de las mismas. Estos métodos incluyen regímenes de riego, substrato y fertilización.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## 1.1. OBJETIVOS

### 1.1.1. General

Mejorar cualitativamente la producción de la especie *Celtis laevigata* Willd. en viveros, mediante la utilización de factores que puedan ser controlados, como la forma de los riegos, las mezclas de los substratos y la aplicación de diferentes fertilizantes para un mejor desarrollo y mayor vigor de las plántulas.

### 1.1.2. Específicos

- a) Probar sistemas de producción en el vivero, utilizando dos tipos de riego, cuatro substratos y cuatro tipos de fertilizantes.
- b) Comparar estadísticamente las hipótesis planteadas, para los factores propuestos y sus interacciones, probando los efectos en el desarrollo de la plántula, por medio de un modelo factorial.
- c) Calcular y comparar los parámetros de índice de calidad de las plántulas, entre las alturas, diámetros, pesos de la parte aérea, radicular y total, cocientes de equilibrio entre estos parámetros, cocientes de reducción de los pesos y porcentajes de raíz.

### 1.1.3. Hipótesis

Existen diferencias de efectos en el crecimiento de la plántula entre:

- a) Los factores principales, riegos, substratos y fertilizantes;
  - b) La interacción de dos factores riego - substrato, riego - fertilizante y substrato - fertilizante;
  - c) La interacción de tres factores riego - substrato - fertilizante,
- con los parámetros de índices de calidad.

## 2. REVISION BIBLIOGRAFICA

### 2.1. CONTENEDORES DE POLIETILENO

Los contenedores de polietileno son los más utilizados, en el mundo y especialmente en América Latina, por la simple razón de ser baratos, fáciles de transportar y almacenar. Desafortunadamente estos contenedores generalmente producen plántulas con sistemas radiculares pobremente formados, formando una espiral a los lados y al fondo del contenedor con paredes suaves, esto se agrava mucho más aún cuando las plántulas se encuentran más tiempo en el vivero y en el mismo contenedor. Otra razón, es en la colocación de los contenedores uno al lado del otro y en el suelo donde las raíces más agresivas se desarrollan y penetran en el suelo. (Landis, 1995)

Los tipos de contenedores y las dimensiones de estos ejercen influencias sobre la calidad y los costos de producción de las plántulas. La forma del recipiente debe evitar el crecimiento de las raíces en espiral y el doblado de la raíz pivotante. El material de que esta hecho, no debe desintegrarse durante el desarrollo de la planta en el vivero. El volumen es otro de los factores que se deben considerar para un desenvolvimiento adecuado de las plántulas y la garantía del éxito de la plantación. (Carneiro, 1991)

Por lo que, muchos especialistas opinan que los contenedores de polietileno en los viveros deben sustituirse por contenedores de plástico duro con costillas internas, para controlar la raíz en espiral. Se ha venido desarrollando un programa con viveros en México en coordinación con CEFORA (Centro para la Reforestación de Las Américas) en la Universidad Estatal de Nuevo México (NMSU), con el que se busca un desarrollo de "tecnología adecuada" en viveros redituables y en contenedores de polietileno. En pruebas de invernadero, Phillips y Mexal (Carneiro, 1991) han demostrado que se pueden obtener plántulas de alta calidad en contenedores de polietileno, utilizando contenedores de polietileno en tubo, ya que estos eliminan en gran parte el enraizado en

espiral y mantenerla arriba del suelo para promover la poda de raíces por el aire, como los bancales o mesas de propagación.

Las plantas en contenedor deben ser manejadas como un producto perecedero con vida limitada. Si sus raíces llenan el contenedor, estas deben de ser transplantados a un contenedor más grande o a camas de raíz desnuda.

En estudios de la influencia de los recipientes, en la formación de las plántulas de *Mimosa scabrella*, se concluye que el diámetro a la altura del cuello de la raíz y el peso de la materia seca de la parte aérea y el sistema radicular, fueron mayores en recipientes de mayor volumen. (Sturion, 1980) Elam et al, 1981 en el análisis de *Quercus falcata* var. *pagodifolia*, *Q. muttalli*, *Q. shumardii* y *Q. nigra*, concluyeron que la altura aérea y la proporción parte aérea/parte radicular son afectadas por las dimensiones de los recipientes. Se encontraron también mejores respuestas de sobrevivencia y desarrollo en contenedores de 103 m<sup>3</sup> comparadas con 0.6 m<sup>3</sup>. (Goodwin et al, 1982) En experimentos de comparación de contenedores de paper pot® y "xaxim" y en diferentes volúmenes, el "xaxim" y el de mayor volumen presento mejor desarrollo. (Carneiro, 1991)

## 2.2. SUBSTRATOS

El sustrato es tal vez uno de los mayores componentes en importancia, para la producción de plántulas de calidad, por que dependen de ella, el alto porcentaje de germinación, el desarrollo y calidad de la planta, como su adaptabilidad en el lugar de plantación y sobrevivencia. (HFF, 1997)

Generalmente la tierra de monte es más utilizada, por ser más fácil de conseguir, pero sin embargo los viveristas se adecuan a utilizar la que encuentren más cerca y un solo sustrato, por lo que se presentan diversos problemas en la producción, como el volumen restringido, nivel alto de agua, relación desbalanceada de microorganismos y falta de estructura del suelo. (Alarcon, 1992)

En los cultivos en bolsas, la calidad del sustrato se hace más importante, por las alteraciones que sufre el sistema radicular. Estas alteraciones serían: (Belle y Kampf, 1993; Añez et al, 1995)

- El pequeño volumen del recipiente, provoca un incremento en la concentración de raíces, las cuales demandan alto suministro de oxígeno y remoción del dióxido de carbono.

- La gran cantidad de agua necesaria para el crecimiento, debe estar disponible en el restringido volumen del sustrato.
- La pequeña altura del recipiente dificulta el drenaje con posible estancamiento del agua.
- La alta frecuencia de riego puede ocasionar pérdidas de nutrientes por lixiviación.

Según Phillips y Mexal (Landis, 1995), se requieren modificaciones importantes en el cultivo de plántulas, para una producción de calidad. Por tanto recomiendan que:

- Los sustratos a base de suelos deben de ser mejorados con otros componentes para promover la aireación y el drenaje con una alta capacidad de retención de agua.
- Combinación de sustratos adecuados con fertilizantes, pueden proveer nutrientes requeridos para un rápido crecimiento de la plántula, pero que tengan una compatibilidad con el suelo nativo.
- Cuando se presenta el enraizado en espiral, se aplica la poda de raíces, antes de la plantación, es decir, puede ser eliminada la base de la bolsa de plástico, o removida del contenedor, y podada, e incluso se puede sumergir en material de polímeros super-absorbentes u otro material que retenga agua, para después ser plantada.
- Y por último se debe tener cuidado en el trasplante del almácigo al contenedor, sin dejar pasar el tiempo, para no dejar crecer la raíz y no colocarla doblada ni dañarla en el proceso. Esta puede ser evitado con la siembra directa de muchas especies.

### 2.2.1. Requerimientos funcionales del sustrato

El **agua**, debe ser retenida por el sustrato, para alcanzar el agua aprovechable por la planta; por tanto, tener alta capacidad de retención de humedad. (Iglesias y Alarcon, 1994; Ortiz y Ortiz, 1984)

El sustrato debe tener **aire**, para sus actividades de respiración aeróbica en el intercambio de CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub>, por tanto, debe ser suficientemente poroso. (Iglesias y Alarcon, 1994; López, 1997; Ortiz y Ortiz, 1984)

Aplicando dosis elevadas de abonos orgánicos el contenido de CO<sub>2</sub> en el suelo puede aumentar hasta un 10 %, pero los fenómenos tóxicos son a partir del 4 o 5 %, por lo que no se recomienda plantar inmediatamente de las estercoladuras, sobre todo en la primavera. (Ortiz y Ortiz, 1984) La

aereación, solo ocurre cuando los poros no están completamente llenos de agua, consistiendo en la difusión del oxígeno a través del sustrato, para las raíces, y el dióxido de carbono y otros gases de las raíces hacia la superficie de las camas; la difusión es mucho menor por el agua que por el aire. (Warkentin, 1984)

Las plantas absorben 20 **nutrientes** esenciales, C, H, O, N, P y K componentes de proteínas y el Ca, Mg, K, Fe, Mn, Mo, Cu, B, Zn, Cl, Na, Co, V y Si, los últimos 4 son elementos debatidos aún. Por tanto, el sustrato debe tener alta capacidad de intercambio catiónico CIC. (Iglesias y Alarcon, 1994; Tisdale y Nelson, 1982)

La función final del sustrato, es proporcionar un **soporte físico** a la planta verticalmente, entonces el sustrato debe estar en función de su densidad y rigidez. (Iglesias y Alarcon, 1994)

### 2.2.2. Consideraciones ideales para un sustrato

El pH o potencial Hidrógeno, afecta en la disponibilidad de nutrientes minerales. (Iglesias y Alarcon, 1994; Carneiro, 1995) En un sustrato forestal el pH debe ser arriba de 4.5 para que los nutrientes estén disponibles. (Carneiro, 1995) y no debe ser superior a 6.5 para evitar enfermedades bióticas y clorosis. (Wakeley, 1954) El Servicio Forestal de E.U.A., muchas especies forestales en viveros se desarrollaron adecuadamente con pH entre 5 y 6. (Forest Service, 1961) La mayoría de las coníferas, crecen mejor en pH entre 4.5 y 5. (Aldhous, 1975) Por otra parte, para coníferas se sugiere un pH de 5.5 y para latifoliadas hasta 6. (Deichmann, 1967) En pH de 6.5-7.5 los fertilizantes a base de: N, P, K, S, Ca y Mg se hacen más disponibles. (May, 1984)

La **capacidad de intercambio catiónico CIC**, es la habilidad de absorber iones de carga positiva (cationes) ya que son, la mayor parte de los minerales esenciales absorbidos por las plantas de esta forma; como el Ca, Mg, K, Na, Al, Fe, H y  $\text{NH}_4^+$ . (Pritchett, 1986) Es un indicador del mantenimiento de nutrientes y el potencial de fertilidad del sustrato, sin perder los nutrientes por lixiviación. Un crecimiento del CIC, en la práctica es posible con el aumento del contenido de materia orgánica o corrección de pH del sustrato. (Iglesias y Alarcon, 1994; Carneiro, 1995) El Servicio Forestal de E.U.A. recomienda para viveros forestales, que los valores del CIC sean de 7 a 10 meq / 100 g. Los suelos ácidos tienen apreciables cantidades de  $\text{H}^+$ , los calcáreos un 100% de  $\text{Ca}^{++}$  y los alcalinos con más del 15 % de  $\text{Na}^+$ , de cationes intercambiables; la aplicación de fertilizantes con K aumenta

la cantidad de  $K^+$  intercambiable. (Foerst Service, 1961) La CIC puede ser alterada por el tamaño de las partículas, la temperatura, el medio externo y la alteración de las posiciones de cambio. (Ortiz y Ortiz, 1984) La arcilla tiene cargas negativas que puede absorber partículas de cargas positivas, como  $H^+$ ,  $NH_4^+$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{++}$ , y  $Mg^{++}$  y la materia orgánica coloidal (humus) con mayor cantidad de cargas negativas que las partículas minerales, en peso seco. (Driessche, 1984) Materiales como el aserrín, paja, corteza y fertilizantes verdes, contienen menores valores de CIC que la turba. Como regla general, con 1 % más de materia orgánica, hay un aumento de 2 meq/100g de CIC. (May, 1984)

Es recomendable, un bajo nivel de **fertilidad** inicial en el sustrato, en las primeras semanas de producción en contenedores, por la alta concentración de nitrógeno y minerales que estimulan hongos causantes del "Damping-off". (Iglesias y Alarcon, 1994) Muchas especies arbóreas no requieren fertilizantes en su inicio de crecimiento, a no ser el fósforo. (Carlson, 1983) Cualquier práctica que reduzca sustancialmente la acidez del suelo, puede causar deficiencia de Fe, Mg, Cu, B o Zn en suelos con bajas reservas de estos; el Fe es el elemento que se ha reportado con mayor frecuencia, sobre todo en viveros, y el Cu en suelos orgánicos. (Pritchett, 1986)

Con una adecuada **estructura porosa balanceada** existe un buen intercambio de gases para el sistema radicular, afectando en la absorción de agua y nutrientes, esto para el crecimiento de la plántula en contenedores, se puede expresar como porcentaje de porosidad y son afectados por el tamaño de las partículas individuales, características de las partículas, mezcla del tamaño de partículas, cambios de la porosidad con el tiempo, forma y arreglo en el espacio de las partículas del sustrato. (Iglesias y Alarcon, 1994; Hartmann y Kester, 1995) Una buena aereación favorece la absorción del agua, el oxígeno y los nutrientes minerales. (Pritchett, 1986) La altura de los contenedores es el factor que controla la aereación del sustrato. (Milks et al, 1989) Ordinariamente las condiciones óptimas para el crecimiento de las plantas cultivables, se obtienen cuando 1/3 del espacio poroso del suelo está ocupado por aire y 2/3 por el agua. (Ortiz y Ortiz, 1984)

Un sustrato bien formulado contiene entre 60-80 % de porosidad. (Handreck y Black, 1984) Una mezcla de dimensiones de los poros mejora las condiciones físicas, que aquellos que tienen poros de dimensiones homogéneas. (May, 1984) Cuando los poros son de diámetros menores que 0.03 mm, el agua es retenida con una fuerza mayor que la gravedad, lo que haría que no exista aereación

y si esta es de un mínimo de 10 %, inhibe el desarrollo de las plántulas, por lo que se considera un mínimo de 20 % de aereación. (Aldhous, 1975)

El substrato también debe estar libre de patógenos o plagas, hongos, insectos, nemátodos, semillas de malezas y otros, especialmente aquellos compuestos con suelo de monte, por lo que es necesario realizar tratamientos de control en los suelos, con calor o con agroquímicos. Los substratos artificiales en su fabricación son esterilizados, sin embargo en algunos casos como en la turba se pueden encontrar algunos microorganismos. (López, 1997; Iglesias y Alarcon, 1994; Hartmann y Kester, 1995)

Se debe considerar también la manipulación y operación del substrato en el vivero; el costo, disponibilidad, uniformidad, densidad, estabilidad, durabilidad, facilidad de almacenaje, fácil de mezclar, de preferencia liviana, capacidad de rehumedecimiento y formación del cepellón. (López, 1997; Iglesias y Alarcon, 1994)

### 2.2.3. Componentes del substrato

La mayoría de los substratos se preparan con dos o más componentes seleccionados para aportar las propiedades físicas, químicas o biológicas deseables; sin embargo, no existe un substrato que pueda ser usado para todos los propósitos. Un substrato típico actual es una mezcla de dos o tres componentes. La mezcla de componentes orgánicos e inorgánicos es la más aceptable, por sus propiedades físicas y químicas, pueden ser complementarias. (Iglesias y Alarcon, 1994 y 1997) En el presente trabajo se optó por aumentar un componente más, la tierra de monte.

#### 2.2.3.1. El suelo

Un suelo esta formado por materiales en estado sólido, líquido y gaseoso. Para un crecimiento adecuado de la planta, estos deben estar presentes en las proporciones adecuadas. (Hartmann y Kester, 1995)

- **Estado sólido**, esta formada por compuestos orgánicos e inorgánicos. Los inorgánicos están compuestos por los residuos de la descomposición de las rocas maternas, resultante de los procesos físicos y químicos de intemperización. Mientras que los orgánicos, están formados por

organismos tanto vivos como muertos, tales como los insectos, hongos, bacterias, raíces y material vegetativo, en descomposición o no. (Hartmann y Kester, 1995)

- **Estado líquido**, es la solución del suelo, formada por agua con diversos minerales disueltos, así como el oxígeno y bióxido de carbono. (Hartmann y Kester, 1995)
- **Estado gaseoso**, esta formada por el aire entre las partículas del sustrato, microporos y macroporos, lo que hacen un total de poros, principalmente para la respiración de la planta con el intercambio del oxígeno y el bióxido de carbono. (Hartmann y Kester, 1995)

### 2.2.3.2. Componentes orgánicos

La principal función de los componentes orgánicos es de proveer microporos, generando un aumento en la retención de humedad, la capacidad de intercambio catiónico (CIC), reteniendo iones nutritivos y suficiente resistencia a la compactación. (Iglesias y Alarcon, 1994 y 1997; Alarcon, 1992; López, 1997) La cantidad en un sustrato es muy variada. Greech et. al., sugiere una mezcla de 25 a 50 %. (López, 1997) También encontraron que la mejor proporción es de 40 a 50 %. (Joiner y Conover, 1965) Se reportó que mezclas con más de 50 % pueden tener mejor espacio aéreo. (Harlass, 1984) Se recomienda la adición de materia orgánica como la forma más fácil de cambiar las características físicas, provocando estabilidad estructural y adecuación del tamaño de los poros. (Warkentin, 1984). Entre los compuestos orgánicos que se pueden encontrar y utilizados en el presente trabajo son:

- **Turba**, está formada por restos de vegetación acuática, de pantanos, o marismas, que han sido conservados debajo del agua en estado de descomposición parcial. Sus variaciones varían por la vegetación, estado de descomposición, contenido de minerales y grado de acidez. La oficina de Minas de EUA reconoce tres tipos de turbas: la **turba de musgo**, derivados de musgos; la **turba de Juncos**, derivada de restos de gramíneas, juncos y otras plantas de pantano; y la **turba humosa**, cuando se encuentra en un estado de descomposición muy avanzado, donde es difícil identificar el material de origen. (Hartmann y Kester, 1995) Presenta buena porosidad, capacidad de retención de humedad, valores altos de CIC y no necesita desinfectarla. (Alarcon, 1992; Iglesias y Alarcon, 1994) Partículas entre 0.8 a 6.0 mm favorecen la retención de

humedad y aereación.(Puustjarvi y Robertson, 1975). Sun Gro<sup>®</sup>, s/a, presentan productos canadienses de turba, como la Sunshine, profesional Peat Moss. Material usado en el presente trabajo, turba a base musgo y/o restos de pantano, según el tamaño de las partículas, se presenta en cuatro tipos de producto: El Verde (menos fibroso), el Anaranjado, el Blanco y el Azul (más fibroso).

- **Corteza de árboles**, especialmente la corteza molida de pino es muy usada. Es recomendada para incrementar la porosidad, es ácida por naturaleza, con baja fertilidad de origen, buena porosidad y alta CIC y es mucho más barato que la turba. El tamaño de las partículas es muy importante. Por lo tanto, se debe moler y cribar a 2 a 2.5 mm de tamaño. Contiene poca fibra y poco nitrógeno. (Alarcon, 1992; Iglesias y Alarcon, 1994 y 1997) El tamaño de partículas de corteza de pino molido entre 0.25 a 0.5 mm favorecen la aereación y retención de humedad, sin embargo entre 0.1 a 0.25 mm, fueron mejores en la retención de agua. (Handreck y Black, 1984)
- **Germinaza**, producto de México, que se deriva de la cascara de coco molido y enriquecida con macro y micronutrientes (no detallado), tiene buen contenido de fibra, buena capacidad de intercambio catiónico y porosidad, con un grado de descomposición insuficiente, es estéril, tiene un pH de 6.3 a 6.5, es capaz de absorber 3 a 4 veces su peso. Recomiendan que una excesiva humedad en las charolas, combinado con una deficiente ventilación y una inadecuada temperatura, es factor detonante para la proliferación de hongos. (Alarcon, 1992; Iglesias y Alarcon, 1994 y 1997; Germinaza<sup>®</sup>s/a)

### 2.2.3.3. Componentes inorgánicos

Los componentes inorgánicos generalmente proveen macroporos, mejoran la aereación y el drenaje. Los materiales son inertes con alta densidad aparente, dando estabilidad a los envases individuales. (Iglesias y Alarcon, 1994; López, 1997). Uno de estos es utilizado en la presente investigación:

- **Perlita**, comercialmente llamada hortiperl, es un mineral silíceo de aluminio, con color blanco grisáceo, de origen volcánico. Se tritura, se criba y calienta a temperaturas elevadas, produciendo partículas estériles, blancas, esponjosas y livianas, pesan sólo 80 a 130 Kg por m<sup>3</sup>,

absorbe agua 3 a 4 veces su peso, no se comprime o compacta fácilmente, creando una buena porosidad en las mezclas, por tanto tienen una buena aereación, el agua se adhiere en la superficie de la partícula y crea un buen drenaje del agua excedente. Es de un pH 6 a 8. Tiene muy bajo CIC y no contiene nutrientes minerales. Puede ser usado como aislante de temperaturas extremas. No se pudre y es esterilizada no tóxica. Proporciona una reducción del trabajo en la preparación de sustratos. (Alarcon, 1992; Iglesias y Alarcon, 1994 y 1997; Hartmann y Kester, 1995; Termolita<sup>®</sup>, s/a)

#### 2.2.4. Consideraciones en las mezclas

El mezclado es uno de los pasos más importantes para la obtención de sustratos para cultivo. Generalmente se usa, suelo arenoso de monte y materia orgánica, por tanto, se deben cribar para uniformizar y eliminar las partículas grandes, en caso de estar muy seco humedecer ligeramente, mezclar manualmente o mecánicamente hasta homogeneizar y tener mejor textura sin provocar compactación. Es recomendable esta preparación 24 horas antes de usarla, no se debe sobre mezclar para no pulverizar las partículas, en algunos casos disminuye la CIC. Ante cualquier evidencia de patógenos o plagas, es recomendable desinfectar con calor o agroquímicos. (Iglesias y Alarcon, 1994 y 1997; Hartmann y Kester, 1995) Las mezclas recomendadas son: 2:1:2 de perlita o arena, suelo y materia orgánica (suelo pesado); 1:1:1 de perlita o arena, suelo y materia orgánica (suelo mediano); 1:1 de materia orgánica y suelo (suelo ligero) respectivamente (Hartmann y Kester, 1995) Los viveros Pichisa en Chihuahua utilizan una mezcla de 25 % de Germinaza, 25 % de perlita y 50 % de azolve de río. (Iglesias y Alarcon, 1994) En estudios de desarrollo de plántulas de *Didymopanax morototoni* (morototó), se recomienda una mezcla de latosolo amarillo 60 %, 20 % de arena y 20 % de materia orgánica (compuesta de 40 % de paja de arroz, 40 % de *Pueraria phaseoloides* parte aérea triturada y estiércol de ganado 20 %). (Marques y Yared, 1984)

### 2.3. FERTILIZANTES

El criterio inicial tuvo su fundamento. En efecto, se creía que, si bien el árbol consumía nutrientes de un volumen considerable de suelo, también los reintegraba con gran volumen de materia orgánica

constituido por la caída de sus hojas y ramas. Sin embargo no se pensó en que este aporte de materia orgánica del bosque a los suelos forestales disminuye considerablemente a causa de aclareos, incendios, erosión, pastoreo, etc., con lo que se rompe el ciclo natural de extracción y restitución de los nutrientes, creando así suelos forestales deficientes en alguno o varios de los elementos nutritivos. (Baule, s/a) A pesar de su fertilidad distinta, se aplican tipos y dosis de fertilización, pero las rutinas indiscriminadas de fertilización no ayudan a un buen desarrollo de la plántula; incluso se utilizan los fertilizantes formulados para cultivos agrícolas, como la urea que es considerada para terreno abierto y no para envases. En un programa de fertilización se debe mantener concentraciones específicas de los nutrientes esenciales en el sustrato, el balance entre los nutrientes y los cambios de estos durante su crecimiento, caso contrario el uso excesivo de nutrientes pueden causar un crecimiento excesivo de la parte aérea y/o toxicidad de la plántula, especialmente con el nitrógeno. (Iglesias y Alarcon, 1994)

Debido al pronunciado efecto de la fertilización sobre el crecimiento de las plántulas, los niveles de nutrición se ajustan normalmente a tres etapas de desarrollo en la planta: a) etapa de establecimiento, la cual cubre emergencia y crecimiento de la plántula en su fase cotiledonal; b) etapa de crecimiento rápido donde la plántula crece en altura a un ritmo exponencial; y c) etapa de intemperización, templamiento o endurecimiento, la cual empieza cuando la plántula manifiesta yema terminal formada y el crecimiento de ramillas, y la altura total se detiene, no así el crecimiento del diámetro del tallo principal que se incrementa. (Alarcon, 1992)

### 2.3.1. Nutrientes esenciales para las plantas

Las plantas requieren alimentos para su crecimiento y desarrollo, los cuales están compuestos de ciertos elementos químicos o alimenticios, generalmente son considerados 16 como esenciales: El C, O y H, son obtenidos del agua y del aire, que constituyen la mayor parte del peso de la planta.

Los 6 macronutrientes, el N, P y K, considerados como nutrientes mayores, es usado en grandes cantidades por las plantas, y el Ca, Mg y S, llamados nutrientes secundarios, por su importancia en la manufactura de los fertilizantes nitrogenados, fosfatados y potásicos. Los 7 micronutrientes, Fe, Mn, B, Mo, Cu, Zn y Cl, que son usados en pequeñas cantidades por la planta, sin embargo son tan esenciales, como el grupo NPK. El Na, Co, V y Si, son elementos que se encuentran aún en

discusión para ser considerados esenciales en forma general. (Ortiz y Ortiz, 1984; Baule, s/a; Tisdale y Nelson, 1982)

De los tres elementos mayores el nitrógeno es el que tiene más influencia sobre la cantidad de desarrollo vegetativo. Para esto, se sugiere algunos **fertilizantes orgánicos** como harinas de sangre, de pezuña o cuerno aplicadas a razón de 1 cucharadita colmada a una planta en contenedor de 3.8 L y de harinolina agregar el doble. (Hartmann y Kester 1995) Los **fertilizantes inorgánicos** primarios fueron las cenizas y con base de los conceptos básicos de Liebig, los fertilizantes dependen del grado considerable de N, P y K, por lo que, aparecieron fertilizantes nitrogenados a base amoniaco; los fosfatados y los potásicos; pero los fertilizantes portadores de N, P y K, son los más usados en mezclas para dar un determinado "grado de fertilizante", como el 14-7-7, 15-15-15, 18-9-18, 20-10-10, etc. Si hay alguna deficiencia de nutrientes secundarios y micronutrientes, la deficiencia puede corregirse aplicando un material acondicionador del sustrato que contenga el elemento deficiente como constituyente, según el grado de la deficiencia, la aplicación del material. (Ortiz y Ortiz, 1984)

### 2.3.2. Fertilizantes de liberación controlada

Aún con una buena mezcla de suelo, la fertilización viene a ser una práctica cultural importante, donde, para un programa exitoso de nutrición para los cultivos de plantas en recipientes es convenientemente combinar un fertilizante seco de liberación controlada en la mezcla original con un fertilizante líquido aplicado con intervalos cortos durante la estación de crecimiento o con fertilizantes de liberación controlada. (Davidson y Olney, 1964)

Los fertilizantes de liberación controlada proveen nutrientes gradualmente, en periodos largos y reducen la posibilidad de daños por una aplicación excesiva. Existen tres tipos: a) gránulos o pelets recubiertos, solubles en agua; b) materiales inorgánicos lentamente solubles; c) materiales orgánicos de baja solubilidad que se descomponen poco a poco en forma biológica o por hidrólisis química. (Hartmann y Kester, 1995)

### 2.3.2.1. Osmocote

Producto de los Estados Unidos de América. Es un fertilizante soluble de N-P-K con diferentes concentraciones, con algunos otros nutrientes Mg, Sulfuro, Mn, Zn, Ca, Cu, Mo y B no detallados, esta recubierto de resina y varios polimeros en forma de cápsulas o granos. Su aplicación puede ser incorporada o aplicada en la superficie del suelo, donde el vapor de agua del suelo penetra la cubierta de resina y disuelve los nutrientes que están dentro, los cuales se difunden gradualmente a través de la cápsula, su duración depende de las concentraciones y la temperatura del suelo; es decir, existen con diferentes concentraciones y duraciones de 3 hasta 14 meses a un promedio de 21°C de temperatura del suelo, en dosis bajas, medias y altas, para su respectiva aplicación por volumen, área o contenedores. Algunas de las ventajas que tiene este producto son: reducen las pérdidas por lixiviación, teniendo un ahorro adicional en fertilizantes, menor contaminación, reduce la mano de obra y costo del material en cada reaplicación, una aplicación es suficiente para un ciclo completo de cultivo, se reduce la toxicidad en el uso excesivo y puede usarse diferentes dosis y entre sus desventajas tenemos los cambios de temperatura que hacen variar la velocidad de liberación de cada grano de fertilizante; por tanto, aumenta conforme va aumentando la temperatura del suelo y disminuye cuando se enfría, sin embargo en algún momento llegan a corresponder a las necesidades del desarrollo de las plantas. (Hartmann y Kester, 1995; Grace y Sierra<sup>®</sup>, 1992)

### 2.3.2.2. Fertilizantes en módulos

Este producto se fabrican en México por Química Foliar S.A. de C.V.. Son polimeros de solubilidad controlada, a base de: demetilol urea y otros polimeros inorgánicos de P y K, con adición de quelatos de Fe, Zn y S, también contienen Mg, Ca, y ácidos fúlvicos. El polimero nitrogenado regula la velocidad de acción y permite la liberación proporcional de los demás nutrientes. Al controlar la liberación de nutrientes, se regula su actividad para que dure de 5 a 12 meses. El N es liberado lentamente en cantidades precisas y no hay exceso que se lixivie, el P por sus cualidades secuestrantes con los metales di y trivalentes no reacciona con otros compuestos que se encuentran en el suelo, el cual evita la fijación de este, lo que ocurre en suelos alcalinos con fertilizantes fosforados, manteniéndose así disponibles para las plantas. El K participa de los problemas del N y P en menor escala, pero con su máximo aprovechamiento. Para la liberación no se requiere de

mucha agua, sin embargo el exceso de ella no perjudica ni acelera el mecanismo, por lo que no se lixivia y en condiciones de sequía disminuyen su actividad; pero no extraen humedad del medio que lo rodea. La aplicación de estos módulos se lleva a cabo una vez al año al inicio de cada temporada y se recomienda un módulo por cada 2.5 cm de diámetro del tronco, por lo que un árbol adulto puede llevar 10 o más módulos.

Cuadro 1: Fórmula de los Módulos Fertilizantes

	Mód. Verdes P/ Crecimiento	Mód. Amarillos P/ Floración	Mód. Fúlvicos Máx. estímulo
<b>N Total</b>	25 %	18 %	25 %
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	12 %	20 %	12 %
<b>K<sub>2</sub>O</b>	7 %	10 %	7 %
<b>C</b>	16 %	11.5 %	16 %
<b>Ca</b>	0.8 %	1.6 %	0.8 %
<b>Mg</b>	0.7 %	0.9 %	0.7 %
<b>Ac. Fúlvico</b>	—	—	1.5 %
<b>Fe</b>	1.000 ppm	1.000 ppm	1.000 ppm
<b>Zn</b>	1000 ppm	1.000 ppm	1.000 ppm
<b>S</b>	1.200 ppm	1.350 ppm	1.200 ppm
<b>Fitohormona</b>	60 ppm		60 ppm

Fuente: Química Foliar, S.A. de C.V. (Q.F.® s/a)

Su presentación según las fórmulas (dosis) viene en módulos verdes, amarillos y fúlvicos (ver cuadro 1) y en 4 diferentes tamaños denominados Picomódulos, (más pequeño) para semillas distanciadas a 1 cm en siembra directa, para siembra en contenedor a 1/3 de la superficie debajo de la semilla, utilizado también para árboles de 2 semanas a 6 meses; Micromódulo,

para árboles de 6 a 18 meses; Hemimódulos, para 1 a 3 años y Macromódulos, (más grande) para 3 años en adelante, su aplicación en contenedores debajo de la raíz o a un lado de la planta, a 1/3 de la superficie en altura del envase y para árboles adultos en suelo firme a 10 cm de profundidad y al 70 % de la distancia del tronco y el límite de la copa a su alrededor. (Baule, s/a; Q.F.®, s/a)

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

### 2.3.3. Fertilizante nitrogenado. Urea

Los fertilizantes nitrogenados pueden clasificarse en sentido amplio como orgánicos naturales y químicos. Los primeros son de origen vegetal o animal, de los cuales se mencionaron algunos en el inicio y la mayoría de los químicos, son derivados de los compuestos amoniacales, su compuesto básico es el NH<sub>3</sub>. (Tisdale y Nelson, 1982)

La urea [CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>] se produce mediante la reacción del amoníaco con dióxido de carbono bajo presión y a una temperatura elevada. Es el material sólido que contiene el porcentaje más alto de nitrógeno utilizable (45 %). Aunque en el mercado no es un fertilizante amónico el que se encuentra,

se hidroliza rápidamente el carbonato de amónico cuando se añade al suelo, este aumenta cuando hay la presencia del enzima ureasea en el suelo. El carbonato amónico es un compuesto inestable y se descompone en amoniaco y dióxido de carbono. El  $\text{NH}_3$  o  $\text{NH}_4^+$  así liberado es absorbido por la fracción coloidal del suelo y después nitrificado. (Tisdale y Nelson, 1982)

Para su aplicación no es recomendable en la superficie desnuda, por la pérdida por volatilización a causa de la hidrólisis, por tanto, se recomienda debajo de los 3 cm de la superficie. No es aconsejable también que se coloque la urea en contacto del material cultivado, ya que estas pueden dañar a causa del amoniaco, así como las altas concentraciones pueden generar alta toxicidad quemando el material vegetal. Otras de las recomendaciones es la calidad del fertilizante, ya que estos pueden contener compuestos llamados biuret, que es producto de dos moléculas de urea con liberación de amoniaco cuando la temperatura del proceso de fabricación alcanza un cierto nivel, el biuret es tóxico, por lo que puede causar daños a la planta, se recomienda que tenga menos del 1.5 a 2 %. (Tisdale y Nelson, 1982)

Generalmente, la absorción de amoniaco hace que haya una disminución del pH del sustrato, teniendo efecto contrario a la absorción de nitrato. Este elemento puede también ser absorbido en la forma de urea. (Locatelli, 1984)

## 2.4. RIEGOS

Todo sistema de riego debe manejarse debidamente para reducir al mínimo el esfuerzo de las plantas por falta de humedad, lo que les permitirá madurar en el menor tiempo posible. (A.A., 1992)

### 2.4.1. Movimiento del agua en el suelo

Fuera del principio que dice: "el agua corre pendiente abajo", pocos nos detenemos a pensar en sus movimientos en el suelo. Sin embargo, conocer el aspecto físico de los suelos es de gran utilidad para los cultivos de plantas. Así como la **porosidad** del suelo, explicada en ítem anterior; la **capilaridad** que dependerá de la porosidad, donde actuarán las fuerzas energéticas de movimiento y fuerzas de tensión con que esta retenida el agua, además de la presencia del aire en el suelo; la **retención del agua** esta muy relacionado con la capilaridad, ya que dependerá de los macroporos,

por el cual escurrirá el agua en exceso dejando espacios de aereación y los microporos donde el agua se retiene por más tiempo; y las **fuerzas de movimiento** del agua que generalmente son dos: la gravedad y la succión del suelo por la capilaridad, donde la dirección y la velocidad del movimiento dependen de la combinación de estas dos fuerzas. Entonces el suelo debe ser permeable con una buena combinación de macroporos y microporos. (Obreza, 1992)

#### 2.4.2. Calidad del agua

La calidad del agua es un factor de importancia en la germinación, el enraizado y el cultivo de plantas jóvenes. (Hartmann y Kester, 1995)

Los principales elementos que componen el agua de riego son los cationes Ca, Mg, Na y K y los aniones carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos, nitratos y boratos. Lo común es ver la salinidad de los suelos por los contenidos de sales en el agua y en los mismos suelos. (López y López, 1985)

Para buenos resultados, el contenido total de sales solubles (combinaciones de cationes como Na, Ca y Mg con aniones como sulfato, cloruro y bicarbonato) en la provisión de agua no deben exceder de 1400 ppm (aproximado 2 milimhos/cm). En concentraciones elevadas pueden afectar las propiedades físicas y tasas de absorción de los suelos o ser tóxicos, prácticamente no usar para riego o aplicar métodos de regulación de calidad. (Hartmann y Kester, 1995)

Las aguas municipales con cloro (de 0.1 a 0.6 ppm) no es elevada para causar daños a las plantas. Sin embargo, la adición de fluoruros a 1 ppm pueden dañar las hojas de algunas plantas tropicales que se cultivan por su follaje. (Evison, 1977) La contaminación química de las fuentes de agua por filtraciones del drenaje con insecticidas, exceso de fertilizantes, también pueden resultar perjudicial a las plántulas. (Hartmann y Kester, 1995)

#### 2.4.3. Tipos de riego

Existen diferentes tipos de riego en los viveros, especialmente por formas de **aplicar y distribuir**: Aquellos por inundación generalmente para los de raíz desnuda, regaderas manuales, manguera, diferentes formas de aspersion macroriego y microrriego. En el presente trabajo se consideraron el de manguera y una forma de microriego.

### 2.4.3.1. Riego por manguera

Este sistema de riego es el más común en los viveros, que consiste en distribuir el agua por medio de una fuente de agua, una bomba o piletas, manguera y el operador (manual). Entre las desventajas que se tiene son: la inexperiencia y tiempo del operador, por tanto mano de obra y periodicidad de los riegos, la distribución en cantidad heterogénea, dispersión del sustrato y descubrimiento de las raíces en los contenedores cuando el riego es fuerte en la caída del agua.

### 2.4.3.2. Riego por aspersión

Actualmente, los sistemas de riego por aspersión están en aumento, por la mejoría de los equipos y accesorios, especialmente los tipos de aspersores. Consiste en: una fuente de agua, bomba a cierta presión, líneas o tuberías de distribución, tipos de aspersores según las cantidades, la distribución y caída (Impulsión por impacto), en este caso son microaspersores. (Zimmerman, 1981) Requieren de agua limpia para reducir las obstrucciones de los pasos de agua. Requieren controles de sanidad las tuberías y las válvulas reguladoras para obtener un flujo de distribución uniforme. Se deben considerar los diseños y equipos adecuados para su utilización. Reduce la mano de obra de riego. Se tiene una eficiencia en la distribución y cantidad del agua, según los requerimientos. Cada sistema de microriego tiene una tasa de aplicación que se expresa en milímetros/hora. El riego debe interrumpirse cuando el agua llega a la parte inferior de la zona radicular. (A.A., 1992)

## 2.5. PARAMETROS MORFOLOGICOS

Generalmente los parámetros usados para determinar la calidad de las plántulas, son: a) Los morfológicos, que se basan en aspectos fenotípicos y b) Los fisiológicos, en aspectos "internos" de las plántulas. En estudios realizados por el mismo autor, en diferentes condiciones, se constataron que las cualidades fisiológicas de las plántulas juegan un papel más importante que las morfológicas. (Wakeley, 1954) Los parámetros son fuertemente influenciados por las técnicas de producción, como el tipo del sistema de producción (raíz desnuda, en recipiente, en laboratorio, hidroponía y otros), la densidad (cantidad de plántulas/m<sup>2</sup>), podas (formas, intensidades, otros), sustratos (volumen, tipo, porosidad, composición, otros), micorrizas (especie y grado de

colonización), fertilizantes (cantidades, formas, otros), recipientes (material, dimensiones y forma), agua (cantidad, calidad y distribución) y otros. (Carneiro, 1995) En el presente trabajo se utilizan los parámetros morfológicos, que se describen a continuación:

### 2.5.1. Altura de la parte aérea H(cm)

Este parámetro fue sugerido por primera vez por Flury, con fines comerciales, observándose el mayor crecimiento en altura. (Carneiro, 1995) Por mucho tiempo era el único parámetro de **índice de calidad** de las plántulas, pero en la actualidad es recomendado analizar en combinación con otros parámetros, por el debilitamiento que pueden presentar en crecimiento por el uso de fertilizantes. (Mayer, 1977)

En estudios de *Pseudotsuga menziesii*, con alturas de 25 a 50 cm, distribuidos en cinco clases. Se comprobó, que la altura, después de la plantación, presenta una estrecha correlación con las dimensiones iniciales de las clases, donde las más altas presentaron mayores tasas de crecimiento. (Ritcher, 1971) También se observó en *Pinus radiata*, la sobrevivencia y el desenvolvimiento inicial de las plántulas, donde se constató que las alturas mayores de 13 cm se comportan mejor que las menores. (Pawsey, 1972) En *Pinus sylvestris*, los de mayor altura fueron más influenciados al "cambio" cuando plantados, pero diámetros mayores contrarrestaron este efecto, por lo que se recomienda para la reforestación, plántulas de alturas y diámetros mayores. (Schmidt-vogt y Gurth, 1977)

El crecimiento en altura debe ser verificado por la tasa relativa de crecimiento en altura (t) expresado en %, como lo describe la fórmula siguiente: (Carneiro, 1976)

$$t(\%) = \frac{H \text{ secuencial o final} - H \text{ inicial}}{H \text{ inicial}} \times 100$$

### 2.5.2. Diámetro en el Cuello de la Raíz. DCR(mm)

El diámetro es otro de los parámetros morfológicos de **índice de calidad** que se mide en el cuello de la raíz con el límite inferior de la parte aérea. Plántulas con diámetros mayores presentan mejor apoyo y resistencia a las torceduras, más tolerantes a los insectos y daños por animales, y son mejores en el aislamiento del calor; que las de diámetro más pequeño. (Johnson y Cline, 1991)

Muchos autores han demostrado que existe una fuerte correlación entre el porcentaje de sobrevivencia y el diámetro, medidos en la plantación. (Carneiro, 1995) En *Pinus radiata*, comprobaron que la influencia del diámetro inicial en la sobrevivencia fue significativa, donde plántulas con 2 mm tenían el 62 % y los de 5 mm 85 % de sobrevivencia, independientemente del tipo de preparación del suelo o el control de la vegetación. (South et al, 1993) Un aspecto frecuentemente relacionado con el diámetro, es la falta de humedad en las camas, ya que esta contribuye la disminución del ritmo de crecimiento de las raíces y del diámetro, con consecuencias negativas para la sobrevivencia y el crecimiento inicial de las plántulas. (Loftus, 1975)

De la misma manera que en el de la altura, se puede también calcular la tasa relativa del crecimiento en diámetro:

$$t(\%) = \frac{\text{diámetro secuecial o final} - \text{diámetro inicial}}{\text{diámetro inicial}} \times 100$$

### 2.5.3. Relación altura de la parte aérea y el diámetro en el cuello de la raíz H(cm)/DCR(mm)

Esta relación expresa el equilibrio del desenvolvimiento de las plántulas en el vivero, que conjuga dos parámetros en un solo **índice de calidad**. Es conocida como la relación H/D en cm y mm respectivamente, resultando un valor absoluto sin unidad. Se recomienda que el cálculo de los valores de los cocientes, sean realizadas individualmente por plántula; así, el cálculo de la media final será el resultado de la suma de los cocientes dividido por el número de plántulas. Estas evaluaciones pueden ser realizadas durante el periodo de producción las veces que sea necesario acompañando el desarrollo de las plántulas; y así poder verificar la necesidad o no de algún tipo de técnicas de intervención en el manejo del vivero. En caso de que los valores de este índice sean iguales y con diferentes diámetros y alturas se deben considerar primero los de mayor diámetro y después los de mayor altura. Los que presenten índices con valores altos indican plántulas de mala calidad, por el desequilibrio entre los parámetros medidos. La gran desventaja de este método, es que no considera la parte radicular. (Johnson y Cline, 1991; Carneiro, 1995)

Estudios con plántulas de *Picea abies* con diversas edades, espacios en camas a raíz desnuda, recipientes y protegidas con tierra. Se comprobó que alturas de una misma edad, las más viejas y con mayores diámetros, presentaron mejores resultados en el campo, que las nuevas. (Abetz, 1969)

El crecimiento en altura de las plántulas de *Pinus radiata*, un año después de la plantación estaba relacionado con el diámetro. (Anstey, 1971)

#### 2.5.4. Peso de las plántulas

En el presente trabajo con relación al peso de las plántulas, se consideraran los siguientes parámetros de **Índice Calidad IC**: (Carneiro, 1991 y 1995, Johnson y Cline, 1991)

- a) Peso verde de la materia aérea *PVA*, radicular *PVR* y total *PVT* en gramos;
- b) Peso seco de la materia aérea *PSA*, radicular *PSR* y total *PST* en gramos;

c) Relación de peso verde entre la materia aérea y radicular,  $\frac{PVA(g)}{PVR(g)}$ ;

d) Relación de peso seco entre la materia aérea y radicular,  $\frac{PSA(g)}{PSR(g)}$ ;

e) Coeficiente de reducción del peso verde a peso seco de:

Materia aérea,  $\frac{PVA(g)}{PSA(g)}$ ; radicular,  $\frac{PVR(g)}{PSR(g)}$  y del total,  $\frac{PVT(g)}{PST(g)}$ ;

f) Porcentaje de raíces, expresado en materia seca,  $\frac{PSR(g)}{PST(g)} \times 100$ ;

g) Otro índice de calidad basado en la combinación de más parámetros es: (Dickson *et al*, 1960a y 1960b)

$$IC = \frac{PST(g)}{\frac{H(cm)}{D(R(mm))} + \frac{PSA(g)}{PSR(g)}}$$

La determinación del peso de la materia seca es hecha en estufa a 105°C, hasta que las partes de las plántulas (aérea y radical) lleguen a un peso constante, generalmente ocurre antes de las 24 horas. Se debe extraer todo el substrato de la raíz y separar de la parte aérea, después ponerlos en una bolsa de papel cada una de las partes. Se sugiere que al momento de pesar sea de todas las muestras de cada parte y se le divida por el número de las mismas, por causa de los valores menores que presentan especialmente de las raíces y no sea un cumulo de errores de redondeo. (Carneiro, 1995)

Plántulas con mayor peso del sistema radicular, comparadas con otras de la misma especie y con menor peso, tienen mayor posibilidad de sobrevivencia. Se ha demostrado que como regla general para las especies forestales, el peso de raíces de plántulas transplantadas deben tener  $\frac{1}{4}$  a  $\frac{1}{3}$  de su peso total. También en *Picea abies*, se constató que el diámetro y el peso de las plántulas son parámetros que se pueden equiparar, además sugiere que con una adecuada fertilización, favorece la formación de raíces y se puede también conseguir una relación entre el peso de las plántulas y la altura aérea, dando una buena tasa de sobrevivencia y crecimiento. (Schmidt-vogt, 1966) Se atribuye también como eficiente criterio para determinar la calidad, la relación entre el largo del sistema radicular (raíz pivotante) y altura de la parte aérea, también los pesos entre estas partes. (Limstrom, 1963) Las plántulas deben ser usualmente producidas con el objetivo de alcanzar un balance entre la parte aérea y radicular, con valores de 1 a 3, para un mejor desempeño en el campo. (Wakeley, 1954) Sin embargo en la especies *Pinus* y *Picea* se mostró que las relaciones muy altas entre la parte aérea y radicular, pueden ser mejores para plántulas producidas en recipientes; los datos indicaron que el peso obtenido a un año después de la plantación fue proporcional al peso inicial de las plántulas y también a la relación parte aérea y radicular. (SPP-INEGI, 1986)

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN<sup>®</sup>  
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

### 3. MATERIALES Y METODOLOGIA

El presente trabajo experimental fue establecido en mayo de 1997, presentando los primeros resultados a los 6 meses. Los materiales y métodos empleados en este trabajo buscan emplear riegos con más uniformidad, controlados, eficientes; así también, substratos adecuados con buena aireación, manejables, buen drenaje y retención del agua, facilitar la asimilación de los nutrientes con un buen intercambio catiónico; y por último, el uso adecuado de fertilizantes. Para mejorar el vigor, desarrollo uniforme en el crecimiento y la producción de plántulas de calidad en viveros con una capacidad de sobrevivencia a los cambios ambientales en la plantación definitiva.

#### 3.1. AREA DEL ESTUDIO

##### 3.1.1. Localización y descripción

El lugar de estudio de la presente investigación es el vivero de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León, localizada a 145 Km de la Carretera Nacional Cd. Victoria-Linares o a 8 Km al sur de Linares, Nuevo León, México. Se encuentra entre las coordenadas geográficas  $24^{\circ} 47'$  latitud

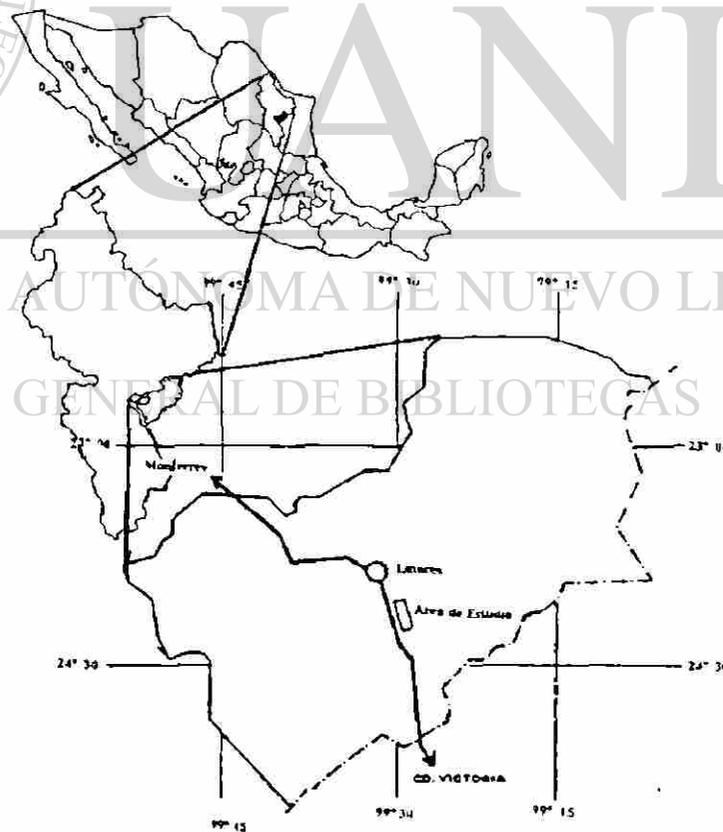


Figura 1: Localización del área de estudio (Manzano, 1997)

norte, 99° 32' longitud oeste y una altitud de 350 msnm. (SPP-INEGI, 1986)

El vivero donde se realizó el experimento, fue creado con la finalidad de cubrir la demanda de plantas ornamentales para el sector urbano. El diseño es llamado "vivero modelo" en 6580 m<sup>2</sup> con dos grandes áreas; una de producción en envase de 2927 m<sup>2</sup> con una producción de 120000 plantas por año y una segunda área de crecimiento de 3653 m<sup>2</sup> con una producción de 7300 árboles de 2 m de altura. Su estructura tiene 32 platabandas con sombras naturales, 2 invernaderos, 2 almácigos, un área de envasado, un depósito de agua y un almacén. (López, 1992)

### 3.1.2. Clima

Es considerado de clima semiseco, muy cálido y con lluvias en verano. Las temperaturas promedio oscilan entre 14.7°C las menores y las mayores 22.3 a 28°C. Siendo los meses más fríos entre diciembre y enero y los más cálidos entre junio y agosto. Pueden llegar a temperaturas mínimas de hasta -5°C y máximas hasta 40 a 42°C. La precipitación anual varía de 500 a 805 mm de los cuales el 80 % ocurre en los meses de mayo a octubre y aproximadamente el 50 % de la precipitación en esta región es de tormentas de tipo convectivo. (SPP-INEGI, 1986; Navar, 1986)

Las temperaturas y precipitaciones registradas en 1997, según la estación meteorológica de la Facultad de Ciencias Forestales UANL, se pueden ver en el cuadro 5 del capítulo de resultados (Pag. 41).

### 3.1.3. Suelo

El suelo se caracteriza por ser de tipo Vertisol de origen aluvio-coluvial, profundos (horizonte A de 30 a 100 cm), de textura arcillo limosa y de color oscuro, presenta un alto contenido de materia orgánica en el horizonte superior y disminuye con la profundidad. El pH de este tipo de suelo es moderadamente alcalino. El contenido de nutrientes en algunos lugares, presenta deficiencias de N y P y en otros, alto contenido de carbonato de calcio. (Heiseke y Foreughbakhch, 1985)

### 3.1.4. Vegetación

La vegetación más común de la Planicie Costera del Golfo Norte, es considerada como matorral espinoso tamaulipeco o matorral alto espinoso, con una diversidad de especies arbustivas,

herbáceas y arbóreas; entre los géneros que se encuentran son: Acacia, Celtis, Mimosa, Cordia, Fraxinus, Pithecellobium, entre otros. Estas se encuentran generalmente asociadas entre ellas o incluso pequeñas áreas con una sola especies y/o con herbáceas en su estrato inferior. (SPP-INEGI, 1986; Alanís, 1991)

### 3.2. ESPECIE ESTUDIADA

La especie estudiada es el *Celtis laevigata* Willd. llamado "Palo blanco". Esta especie ya se encontraba en almácigos del vivero, de aproximadamente 2 meses; la especie fue colectada en octubre a noviembre de 1996 y su procedencia es de Linares, Nuevo León, México, según la información del banco de semillas de la Facultad de Ciencias Forestales UANL. El estudio comenzó después del trasplante a los contenedores, es decir en mayo de 1997; se dejó tres semanas para su prendimiento realizando reposiciones de algunas plántulas que murieron o se encontraban en mal estado.

Para la selección de la especie vegetal estudiada, se consideran los siguientes criterios: a) Que la especie sea para uso ornamental; b) Que la especie sea nativa o del lugar; y c) Para producción de plántulas en viveros. Por lo que se definió la especie descrita a continuación.

#### 3.2.1. DESCRIPCION TAXONOMICA DE *Celtis laevigata* Willd.

##### 3.2.1.1. Orden: URTICALES; Orden de la Ortiga

Son Hierbas o árboles. De hojas simples, alternas, con estípulas. Con flores unisexuales, en algunas Ulmaceas son bisexuales, hipógono, radialmente simétrico; 1 o 2 carpelos; ovario con 1 o rara vez 2 cámaras; 1 óvulo. El fruto es una drupa, samara, nuez o aquenio. En la morera el aquenio se junta con el cáliz carnoso y forman un agregado de frutas, desde muchas flores que forman los llamados "baya"; en el higo, el aquenio de muchas flores pequeñas se encuentran en el interior de una rama hueca, llega a ser carnoso; y así, "las semillas" del higo son realmente frutas (aquenios). (Benson y Darrow, 1981)

### 3.2.1.2. Familia: ULMACEAE; Familia del Olmo

Son árboles o arbustos. Las hojas alternas, simples, ovaladas o elípticas, totalmente aserrada, alternada, usualmente asimétrico en su base. Flores unisexuales, el estigma y el pistilo se encuentran en una sola planta (en algunas flores en transición son bisexuales) hipógenos, son de color verdoso amarillo; 4 sépalos o hasta 9, unidos; sin pétalos; 4-6 estambres; 1 pistilo, formando 2 carpelos, 2 estiletes; el ovario con 1 cámara; la fruta es una nuez, una estructura alada (samara) o en las especies del desierto, una baya anaranjada o amarilla. (Benson y Darrow, 1981)

### 3.2.1.3. Género: Celtis; "Palo Blanco". Hackberry

La corteza es gris, azul gris o gris marrón, usualmente presentan protuberancias, fisuras cruzadas de manera cuadrada o en las especies arbustivas se endurece la corteza, no necesariamente en todos. Las flores son pequeñas, 1-3 mm de diámetro, en racimos cismoides, o solitarios, se producen en el nuevo crecimiento de temporadas corrientes; primero aparecen los estigmas en las flores (consisten de un cáliz y estambres) y por lo tanto, en la base de las ramas jóvenes; más tarde producen los pistilos en las flores (consiste de un cáliz y un pistilo) y se presentan en la parte superior de la nueva rama frondosa; entre las flores unisexuales a veces se producen las flores bisexuales. La fruta es una "baya" (sernejante a la drupa), en su madurez se vuelven amarillos o anaranjados en las especies del desierto, la semilla es solitaria. (Benson y Darrow, 1981)

Clave de las Especies. (Benson y Darrow, 1981)

1. Las ramas no producen espinas; las hojas son asimétricas en las bases, oblicuas, venas reticuladas en la superficie inferior, comúnmente es más claro por debajo, hojas caducas de otoño, vuelven aparecer en la primavera siguiente; son árboles pequeños de que viven en los arroyos o ríos en suelos profundos, desfiladeros, y lugares subirrigados, rara vez arbustos en condiciones más secas.

1. *Celtis laevigata*

1. Las ramas presentan parcialmente o completamente con espinas; las hojas son de bases simétricas y redondas, no oblicuas en la base exceptuando en tipos juveniles, gruesos, venas no reticuladas, persistentes durante el invierno; son arbustos de suelo desértico y además lavados, en los desfiladeros pero no restringidos a condiciones de fuentes de agua.

2. *Celtis Tala*

### 3.2.1.4. Especie: *Celtis laevigata* Willd. "Palo Blanco"

- **Identificación en campo.** El árbol llega a una altura de 10 a 16 m, la parte superior de la copa es redonda o de forma cuadrada alargada. (Benson y Darrow, 1981; Vines, 1980 y 1984; Rodríguez et al, 1988)



- **Flores.** En la primavera, poligama, es pequeño, poco aparente, color verdoso, tienen las glabras delgadas sobre los pedicelos; estigma fasciculado; cáliz con 4 a 6

Figura 2: Especie *Celtis laevigata* Willd. "Palo blanco" (Viens, 1984)

- lóbulos, (comúnmente 5), lóbulos ovalados-lanceolados, glabras o pubescentes; 4 a 6 estambres; flor con pistilo solitario o ambos juntos, pedunculado; 1 ovario cerrado, superado por 2 estigmas. (Vines, 1980 y 1984)

- **Frutos.** La drupa madura muy tarde en verano, 6 a 15 mm del pedicelo, subgloboso a ovoide, rojo anaranjado a negro, el pireno es de 4 a 7 mm de longitud y de 5 a 6 mm de ancho, carnoso, delgado y seco, sabor dulce; siembre solitario, pálido marrón, endurecido. El pedicelo del fruto es más largo que la hoja peciolada. (Benson y Darrow, 1981; Vines, 1980 y 1984; Rodríguez et al, 1988)

- **Hojas.** Son simples, alternas, hojas caducas de otoño, oblongo lanceolada, usualmente falcada, ápice largo acuminado, de forma redondeada o acufiada y no equilaretal en la base, entera o aserrado cerca del ápice, delgada, liviana, verde y glabras, más pálido y liso en la superficie inferior y 3 venas en la base, 4 a 10 cm de largo, 1.5 a 4.5 de ancho. (Benson y Darrow, 1981; Vines, 1980 y 1984; Rodríguez et al, 1988)

- **Ramas.** Son livianas de color verde a rojizo marrón, algo divaricado, lustroso, glabras o pubescentes. (Vines, 1980 y 1984)

- **Corteza.** Pálido gris, delgado, liso con grietas, presenta excrecencias y verrugas. (Vines, 1980 y 1984)
- **Madera.** Amarillento, grano estrecho, débil, pesa 22.27 Kg. por 40.48 cm<sup>3</sup>. (Vines, 1980 y 1984)
- **Distribución.** Se encuentran en Texas, Arkansas, Oklahoma y Louisiana; al este de Florida, norte del Missouri, Kansas, Indiana y Virginia; al Noreste de Nuevo México. También en Nuevo León, México. (Benson y Darrow, 1981; Vines, 1980 y 1984)
- **Propagación.** Se han cultivado desde 1811. La fruta puede ser extraída por la mano o en lona, se vuelve rojizo castaño, después de la caída de las hojas. En la fruta no se necesita ser limpiada la pulpa para extraer la semilla, pero si se desea las semillas se hacen macerar y se pasa por medio de un molino de martillos. Las semillas promedian sobre los 4400 por libra, con una pureza comercial 98 % y una viabilidad del 94 %. (Vines, 1984)

La semilla seca puede almacenarse en recipientes sellados a 10 o 15°C. La semilla puede sembrarse cuando cae, o estratificada en la primavera. El método de estratificación es con arena húmeda a 16°C. Para 60 a 90 días. Las frutas con pulpa macerada responden mejor que aquellas estratificadas sin macerar. Las semillas se siembran entre 8 a 10 filas y tres veces la cantidad deseada. Sembrada, se le debe tapar con una capa de paja o hojas contra los pájaros y los roedores para que la superficie esté húmeda. Se puede propagar también vegetalmente .

(Vines, 1984)

- **Comentario.** *Celtis* es un nombre dado por Pliny a un fruto dulce en Africa. La especie *laevigata*, significa "liso". La madera se usa para muebles, pisos, embalaje, carbón, tonelería y postes. La fruta dulce seca es comida por cuando menos 10 especies de pájaros. El árbol se usa frecuentemente para ornamentación. (Vines, 1980)

Las especies dentro de este género parecen presentar un número considerable de variaciones locales, que ha ocasionado que algunos botánicos nombren variedades, mientras que otros botánicos creen que las diferenciaciones no son demasiadas. (Vines, 1980)

### 3.3. DISEÑO EXPERIMENTAL

#### 3.3.1. Diseño estadístico

##### 3.3.1.1. Experimento factorial

La presente investigación, se basa en el **experimento factorial de tres factores**, con grupos de niveles de  $4 \times 4 \times 2$ ; es decir, que lleva 4 diferentes tipos de fertilizantes, 4 tipos de substratos y por último 2 formas de riego. Existiendo diferentes combinaciones de niveles, y cada una de estas se convierte en **tratamientos**; entonces, hay un total 32 **tratamientos**. Así mismo cada **tratamiento** tiene un bloque de 10 observaciones o individuos, y cada bloque de 4 repeticiones, sumando un subtotal de 40 por **tratamiento** y un total de 1280 individuos en el experimento. Por lo que se le denomina, **factorial en bloques**. (ver anexo 1).

##### 3.3.1.2 Modelo factorial

Después de lo dicho anteriormente, se procesa las pruebas de significancia para los tres efectos principales y las interacciones de estos, por medio del modelo matemático de tres factores, que es el siguiente: (Snedecor y Cochran, 1982; Walpole y Myers, 1992)

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\alpha\beta\gamma)_{ijk} + \varepsilon_{ijkl};$$

substituido por los factores del experimento será:

$$Y_{ijkl} = \mu + R_i + S_j + F_k + (RS)_{ij} + (RF)_{ik} + (SF)_{jk} + (RSF)_{ijk} + \varepsilon_{ijkl};$$

Donde,  $Y_{ijkl}$  representa la variable paramétrica analizada;  $i, j, k$  y  $l$  son  $n$  repeticiones;  $\mu$  es la media general de la variable;  $R, S$  y  $F$  son los efectos principales;  $(RS), (RF)$  y  $(SF)$  son los efectos de la interacción de dos factores y  $(RSF)$  es el **efecto de la interacción de tres factores**, y  $\varepsilon$  es el error experimental de las observaciones. Para ayudar a diseñar en campo y poder entender mejor estas interacciones, se puede representar en un diseño espacial (ver anexo 2). (Navar, 1996; Snedecor y Cochran, 1982; Walpole y Myers, 1992)

### 3.3.1.3. Hipótesis

Continuando con el proceso de pruebas de significancia y según el modelo, se plantean las siguientes hipótesis en función de los tres factores considerados: (Navar, 1992)

a) Existirán efectos dentro de cada factor principal?

Riego:	$H_{0R} = R_1 = R_2 = 0$ $H_{aR} =$ Al menos un $R_i$ 's no es igual a cero.
Substratos:	$H_{0S} = S_1 = S_2 = 0$ $H_{aS} =$ Al menos un $S_i$ 's no es igual a cero.
Fertilizantes:	$H_{0F} = F_1 = F_2 = 0$ $H_{aF} =$ Al menos un $F_i$ 's no es igual a cero.

b) Existirán efectos dentro de la interacción de cada dos factores principales?

Riego y Substratos	$H_{\alpha(RS)} = (RS)_{11} = (RS)_{12} = \dots = (RS)_{23} = (RS)_{24} = 0$ $H_{a(RS)} =$ Al menos una interacción $(RS)_{ij}$ 's no es igual a cero.
Riego y Fertilizantes	$H_{\alpha(RF)} = (RF)_{11} = (RF)_{12} = \dots = (RF)_{23} = (RF)_{24} = 0$ $H_{a(RF)} =$ Al menos una interacción $(RF)_{jk}$ 's no es igual a cero.
Substratos y Fertilizantes	$H_{\alpha(SF)} = (SF)_{11} = (SF)_{12} = \dots = (SF)_{43} = (SF)_{44} = 0$ $H_{a(SF)} =$ Al menos una interacción $(SF)_{jk}$ 's no es igual a cero.

c) Existirán efectos dentro de la interacción de cada tres factores principales?

Riego, Substratos y Fertilizantes:	$H_{\alpha(RSF)} = (RSF)_{111} = (RSF)_{112} = \dots = (RSF)_{243} = (RSF)_{244} = 0$ $H_{a(RSF)} =$ Al menos una interacción $(RSF)_{ijk}$ 's no es igual a cero.
------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

### 3.3.1.4. El análisis estadístico

Es donde se procesa las pruebas de las hipótesis de significancia, siendo sometidas a un análisis de varianza de tres factores y la suma de cuadrados correspondientes. Si todos los efectos de cualquier factor o interacción dados no son cero, el cuadrado medio estima la varianza del error. En caso de existir diferencias significativas, se realiza el procedimiento estadístico de Tukey, el cual se basa en la distribución de rango estudentizado. Todo el análisis fue procesado en el paquete SAS (Statistical Analysis System) computarizado. (Camacho *et al*, 1992)

### 3.3.2. El diseño de campo (vivero)

El diseño espacial del modelo de tres factores, brinda ayuda para poder diseñar el experimento en campo, es decir en el vivero: Primeramente se divide en dos bloques, considerando los dos niveles

del factor riego, instaladas en cada platabanda; donde se colocó 4 bloques (repeticiones) de 16 tratamientos en cada sistema de riego, como cada tratamiento tiene 10 individuos u observaciones, estas se ubicaron en filas y aleatoriamente. Por lo que en resumen el estudio será, un **Experimento Factorial de tres factores 4 x 4 x 2 en Bloques Completamente Aleatorios**; ver anexo 3.

### 3.4. PROCEDIMIENTOS DE LOS FACTORES CONSIDERADOS

#### 3.4.1. La preparación y limpieza del lugar

Se utilizaron dos platabandas del vivero, a los cuales se realizó las siguientes tareas:

- Nivelamiento de la superficie del suelo, con la ayuda de palas.
- Extracción de algunas raíces y poda de ramas bajas de los árboles de sombra alrededor de las platabandas, con machete, talaches y azadones.
- Limpieza general de las platabandas y sus alrededores, con rastrillos, palas, azadones y carretillas.
- Tendido de costales de plástico en las platabandas, para evitar la invasión de raíces a las bolsas o en sentido contrario.
- Colocado de un cerco alrededor de cada platabanda, con el mismo material del tendido. Para evitar el ataque de roedores.

#### 3.4.2. El riego

##### 3.4.2.1. Riego por aspersión (R1)

El sistema de riego por aspersión, automático o de control, consiste de una fuente de agua, bomba de agua eléctrica de extracción con 1 HP, tubos y accesorios de instalación PVC de  $\frac{1}{2}$ " y  $\frac{3}{4}$ ", cámara con un manómetro automático de control graduado a 20-35 libras de presión y pivotes de la marca Rain Bird® de 180° y 90° de expansión en forma de abanico.

### 3.4.2.2. Riego manual o testigo (R2)

El sistema tradicional, manual o testigo, este se basa en la instalación de una fuente de agua, bomba eléctrica de extracción con 1HP con dos salidas, mangueras que son arrastradas por todo el vivero, un operador permanente, quien debe controlar manualmente la distribución y cantidad de agua.

### 3.4.2.3. Calculo de la distribución y cantidad de agua

Antes del llenado y colocación de las bolsas en las platabandas se realizó la instalación y estimación de la cantidad y distribución del agua en los sistemas de riego; para esto se empleo un método simple de recepción de agua en 10 vasos de precipitados de 250 ml distribuidos aleatoriamente por toda la platabanda. (Hessayon, 1994) En el riego por aspersión se dejó funcionar una hora/día y para el manual 1 pasada/día con tres repeticiones; obteniendo las medias de cada uno y extrapolar según el área del vaso a metros cúbicos, de los cuales se obtuvieron las gráficas que muestran claramente las diferencias de los dos sistemas. (ver 4.2 capítulo de resultados).

### 3.4.3. Los substratos

Para la preparación de la mezcla del sustrato a utilizar, se consideró incorporar materia orgánica y materia inorgánica al suelo de monte.

#### 3.4.3.1. Los materiales orgánicos

En la preparación de las mezclas se utilizaron 3 tipos de material orgánico según su origen:

- **La Germinaza. (S1)** Es un producto mexicano, hecho a base de la fibra del coco. Este material fue comprado en bolsas plásticas y vienen prensadas, por lo que es necesario, antes de ser usado disgregar todo el material compactado hasta que quede suelto, para poder tener una buena mezcla homogénea. Las características de este material son descritas en el capítulo 2, el porcentaje de mezcla utilizado es de 25 % para todas, donde es integrado este producto.
- **La corteza de pino.(S2)** La corteza fue obtenida en estado fresco de pinos de un aserradero, estos fueron picados por un molino de cuchillas (tritadora), obteniendo partículas planas,

grandes y muy heterogéneas de hasta 3 cm, por lo que se tuvo que cribar, obteniendo así partículas de hasta 1 cm. El porcentaje de mezcla es también el 25 % para todas los substratos donde se integren este material.

- **La turba. (S3)** Es un producto de Canadá, hecha a base de, musgo y material vegetal de los pantanos canadienses. Este producto viene en bolsas de plástico prensadas, al igual que la germinaza, se le debe disgregar hasta que el material quede suelto, este debe ser realizado con cuidado ya que tienen pequeñas astillas y/o espinas. Sus características son descritas en el capítulo 2.2.3.2, el porcentaje de mezcla es también 25 % para todas las mezclas correspondientes al material.

#### 3.4.3.2. El suelo de monte (S4)

El suelo de monte es de uso tradicional en el vivero, por tanto corresponde ser el testigo ante todas las mezclas. La obtención de éste se realiza de forma natural en el monte del matorral espinoso y de la superficie del suelo, cerca al vivero. Ya en el vivero, este material es pasado por una criba fina de hasta 5 mm y así poder ser utilizado. La cantidad en porcentaje, para todas las mezclas en el experimento se usa el 50 % del total, a excepción del testigo con 100 %.

Según el análisis químico y textura realizado por el laboratorio de suelos de la Facultad de ciencias forestales de la UANL, el suelo de monte utilizado presenta las siguientes características:

**Cuadro 2:** Análisis químico del suelo de monte en partes por millón (ppm).

No. Labor.	Potasio	Magnesio	Calcio	Fósforo	Nitrógeno	CIC
114-97 en ppm	516.8 ppm	212.1 ppm	11.626 ppm	3.95 ppm	0.206 ppm	415.05 ppm

**Cuadro 3:** Análisis de textura del suelo de monte en porcentaje (%).

No. Labor.	Arcilla	Limo fino	Limo medio	Limo grueso	Limo total	Arena fina	Arena media	Arena gruesa	Arena total	Mater. orgán.	Clasif. textura
114-97 en %	47	18.2	19.7	11.6	49.5	0.8	2.0	0.7	3.5	4.7	Arcillo-limoso

### 3.4.3.3. El material inorgánico

El único material inorgánico utilizado en las mezclas, es la **perlita** (Hortiperl), sus características también son descritas en el capítulo 2.2.3.3. El porcentaje utilizado fue de 25 % para todas las mezclas a excepción de los testigos.

### 3.4.3.4. Cantidades de los sustratos

Por lo explicado anteriormente las mezclas de cada sustrato considerado en este experimento, son como se muestra en el cuadro 4:

**Cuadro 4:** Porcentajes de las mezclas de los sustratos.

Mezclas	Componentes (%)				
	Germinaza	Ctza./Pino	Turba	Perlita	Suelo/Mte.
S1	25	—	—	25	50
S2	—	25	—	25	50
S3	—	—	25	25	50
S4	—	—	—	—	100

Estas mezclas fueron realizadas de manera manual; con ayuda de palas.

Según los porcentajes de los diferentes sustratos, el volumen de la bolsa individual y el número total de individuos o bolsas, con procedimientos matemáticos de reglas de tres simple, se obtuvieron los volúmenes para cada sustrato y sus respectivas mezclas, que son presentadas en el capítulo 4.3 de resultados.

### 3.4.3.5. Estimación de humedad y porosidad de los sustratos

Para obtener mayor información de cada sustrato y bajo el principio que el agua en un sustrato ocupa los microporos y macroporos, se estimó el contenido de humedad y porosidad. La metodología usada fue modificación a la mencionada por la bibliografía (López y López, 1985); se utilizaron 4 matraces de 100 ml, para recibir el agua y encima de cada uno se colocaron respectivamente, 4 embudos de "buschner" con "fondo de Gooch", recubierto internamente con un disco de papel filtro mojado y otro para la parte superior. Se pesaron en forma conjunta, para

después llenar el embudo con los diferentes sustratos (germinaza, corteza de pino, turba y suelo de monte). Nuevamente se peso todo en conjunto para poder obtener el peso del sustrato en condiciones normales, diferenciando el peso de los instrumentos. El segundo papel filtro fue perforado con alfiler y colocado encima del sustrato, esto para uniformizar el escurrimiento del agua en el diámetro del embudo. Con la ayuda de una pipeta y un envase con agua destilada se fue mojando el sustrato paulatinamente hasta que se aprecie las primeras gotas, lo que llamamos sustrato en condiciones saturadas y después pesarlo nuevamente. Continuando, se hizo secar en la estufa a 105°C a peso constante, obteniendo así el peso seco.

El cálculo de la humedad y la porosidad se obtuvo por medio de las siguientes fórmulas:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{Peso húmedo (g)} - \text{Peso seco (g)}}{\text{Peso seco (g)}} \times 100$$

$$\% \text{ Porosidad} = \frac{\text{Peso húmedo (g)} - \text{Peso seco (g)}}{\text{Peso húmedo (g)}} \times 100$$

#### 3.4.4. Los fertilizantes

Los fertilizantes usados en el estudio son:

- **El osmocote. (F1)** Producto de los Estados Unidos Americanos; es de liberación controlada, su concentración N-P-K, es de 18-6-12, por su forma en granos este se incorporó a los sustratos correspondientes al realizar las mezclas antes del embolsado, con una dosis media de 5 Kg/m<sup>3</sup>.
- **El picomódulo. (F2)** Producto de México; es también de liberación controlada, su concentración N-P-K, es de 25-12-7, por su forma en tabletas este se incorporó a los sustratos correspondientes después del llenado de las bolsas y a 3 tres semanas del trasplante de las plántulas, en su aplicación se introdujo el picomódulo a 10 o 12 cm de la superficie y a un costado del contenedor y la plántula.
- **La urea. (F3)** Este es un fertilizante nitrogenado al 100% en clase amoniacal es el más utilizado por los viveros, sin embargo este no se utilizó como testigo, sino como un tipo de fertilizante

más. Su aplicación se realizó directamente en la parte superficial del sustrato de cada contenedor correspondiente, con una dosis de 0.5 a 0.7 g/mes.

- **Sin fertilizante o testigo. (F4)** son los sustratos que no utilizaron ningún tipo de fertilizantes, recibiendo el nombre de testigo en comparación con los otros.

También se realizó un análisis del pH de las 16 combinaciones entre sustratos y fertilizantes, en el laboratorio de suelos de la Facultad de Ciencias Forestales UANL, cuyos resultados se encuentran en el capítulo 4.

#### 3.4.5. El contenedor

El contenedor utilizado en esta investigación fue la bolsa plástica de color negro, con pliego en la base, las dimensiones fueron de 11 cm de diámetro, 24 cm de altura y 600 a 800 micras de grosor, con un volumen de 0.0023 m<sup>3</sup> o 2.3 L en bolsa llena. En la base fueron abiertos agujeros, para su drenaje. El llenado de las bolsas fue también de forma manual, con la ayuda de una pequeña vajilla improvisada, teniendo el cuidado de no dejar bolsas de aire y bien distribuidas. Llenadas las bolsas se fueron colocando en las platabandas en filas, según el tipo de sustratos y fertilizantes usados (tratamientos); así como lo muestra en el diseño de campo del anexo 3.

### 3.5. PROCEDIMIENTOS DE LOS DATOS

#### 3.5.1. Levantamiento de datos

Los datos levantados para este proceso son: las alturas (H), diámetros a la altura del cuello de la raíz (DCR), el peso verde total de las plántulas, de la parte aérea y de la raíz (PVT, PVA y PVR) y el peso seco total de las plántulas, de la parte aérea y de la raíz (PST, PSA y PSR).

##### 3.5.1.1. Medición de alturas (H) y diámetros (DCR)

La toma de los datos de altura y diámetro, se realizó de cada una de las 40 plántulas por tratamiento con sus 4 repeticiones. El levantamiento de datos se realizó cada mes en una hoja de campo, como muestra el anexo 4; a excepción del último mes que se realizó después de dos meses de la 4ª

medición, es decir la 5ª. medición fue hecha a los seis meses, después del trasplante a los envases.

- Las **alturas** del tallo se consideraron desde la superficie del sustrato del contenedor hasta el ápice de la rama más alta y recta (porque presentaban muchas ramificaciones) con la ayuda de una regla métrica de 1 m. Los valores fueron registrados en cm.
- Para los **diámetros**, se tomaron en cuenta las medidas de la sección transversal en la intersección de la raíz y la parte aérea de la planta, o llamado diámetro a la altura del cuello de la raíz (DCR), podríamos decir al ras de la superficie del suelo. Con la ayuda de un "Vernier". Los valores fueron registrados en mm.

### 3.5.1.2. Medición de los pesos

La medición de los diferentes pesos de las plántulas, se realizó al sexto mes después de la 5ª. medición de las alturas y diámetros, estos fueron registrados en una planilla como muestra el anexo 5 y siguiendo los siguientes pasos:

- Para extraer muestras de los 32 tratamientos, se consideró los datos de la 5ª medición, al sexto mes; de donde se seleccionaron plántulas que eran iguales o próximas a las medias de las alturas y los diámetros de cada repetición por tratamiento.
- Las plántulas muestreadas fueron llevadas al laboratorio de semillas de la Facultad de Ciencias Forestales UANL, donde manualmente se extrajeron las plántulas del contenedor y los sustratos.
- Cada plántula extraída, fue separada, la parte aérea del sistema radicular con la ayuda de una navaja muy afilada.
- Inmediatamente después del corte se colocaron en una bolsa de papel cada una de las partes por separado, después se registraron y pesaron en una balanza de precisión eléctrica, diferenciando el peso de la bolsa 9.2 g antes de entrar a la estufa.
- Después de pesadas todas las bolsas de papel con el contenido, se dejaron secar a 105°C en una estufa.

- La duración del secado fue aproximadamente de 32 hrs a peso constante, donde se registraron los pesos secos de las dos partes, aéreo y radicular (PSA y PSR), diferenciando el peso de las bolsas 8.6 g y en seco.

### 3.5.2. Procesamiento de los datos

Cada parámetro de control de calidad para las plántulas evaluados en este trabajo, son procesados y analizados individualmente, por el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System), por medio de Análisis de Varianza ANVA, el cual da resultados de pruebas de hipótesis, comparando diferencia de medias para los efectos principales e interacciones, esto es, de los factores principales (R), (S) y (F), las interacciones de dos factores (RS), (RF) y (SF) y por último la interacción de tres factores (RSF). Al mismo tiempo, existiendo diferencias en estos efectos se procedió a la averiguación de entre cuales existe diferencia para determinar el mejor efecto, con el método estadístico comparativo de Tukey. Este procesamiento calculó los valores críticos a un nivel de significancia  $\alpha = 0.05$ , es decir con un error del 5 %. (Camacho *et al*, 1992; Navar, 1996; Walpole y Myers, 1992)

Para la introducción de los datos de las alturas y los diámetros en el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System), se sacaron las medias de los diez individuos de cada tratamiento, teniendo de esa manera datos con 4 repeticiones de los bloques (ver anexo 4) y para los pesos se tenía un numero similar de datos ya explicados anteriormente, los cuales sirvieron para procesarlos individualmente, para cada uno de los parámetros de calidad (anexos de ANVA y anexo 22).

### 3.5.3. Cálculo de los parámetros de Índice de Calidad

Para el cálculo de los parámetros de Índices de Calidad, se utilizaron en el presente trabajo las fórmulas que combinan los datos de los parámetros individuales ya explicados anteriormente, estos son:

a) Parámetros individuales:

Altura de la parte aérea en cm (H).

Diámetro a la altura del cuello de la raíz en mm (D) o (DCR).

Peso verde de la parte aérea de la plántula en g (PVA).

Peso verde de la parte radicular de la plántula en g (PVR).

Peso verde total de la plántula en g (PVT)

Peso seco de la parte aérea de la plántula en g (PSA)

Peso seco de la parte radicular de la plántula en g (PSR)

Peso seco total de la plántula en g (PST)

b) Parámetros combinados para calcular los coeficientes de equilibrio:

Relación entre la altura y el diámetro,  $\left(\frac{H}{D}\right)$

Relación entre el peso verde de la parte aérea y radicular,  $\left(\frac{PVA}{PVR}\right)$

Relación entre el peso seco de la parte aérea y radicular,  $\left(\frac{PSA}{PSR}\right)$

Relación combinada de Dickson *et al.*,  $\left(\frac{PST}{\frac{H}{D} + \frac{PSA}{PSR}}\right)$

c) Parámetros combinados para calcular el coeficiente de reducción del peso verde a peso seco:

Reducción de peso verde aéreo a peso seco aéreo,  $\left(\frac{PVA}{PSA}\right)$

Reducción de peso verde radicular a peso seco radicular,  $\left(\frac{PVR}{PSR}\right)$

Reducción de peso verde total a peso seco total de la plántula,  $\left(\frac{PVT}{PST}\right)$

d) Parámetros combinados para calcular porcentajes de raíces:

Porcentaje de raíz, expresado en materia seca,  $\left(\frac{PSR}{PST}\right) \times 100$

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

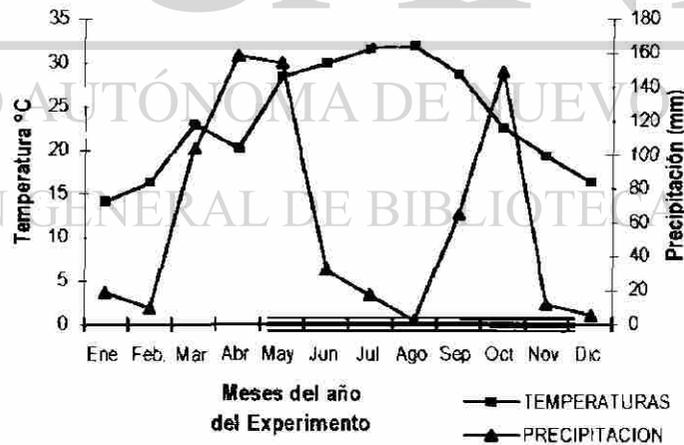
En este capítulo se presentan los resultados e interpretaciones de algunas de las características de los factores considerados en el experimento, el análisis individual y comparativo de los parámetros de *Indices de calidad de la plántula*, que se sustentan con el análisis de varianza factorial y la comparación de medias.

### 4.1. TEMPERATURA Y PRECIPITACION

Del mes de mayo al mes de noviembre que fue la fase del experimento, es importante observar el comportamiento de la temperatura y las precipitaciones de este año 1997, por que en comparación con los anteriores años anteriores este presenta una discontinuidad extrema de la precipitación entre las fechas del experimento, lo cual podría también hacer variar los resultados.

Cuadro 5: y Grafica 1: Temperatura y Precipitación del año 1997 y meses del experimento.

Meses	Temp Med.(°C)	Preci. (mm)
Ene	14.07	18.8
Feb.	16.33	9.4
Mar.	22.91	103.6
Abr.	20.23	158.9
May. *	28.44	154.5
Jun. *	30.06	32.2
Jul. *	31.62	17
Ago. *	31.93	2.1
Sep. *	28.63	65
Oct. *	22.49	148.5
Nov. *	19.26	11.6
Dic.	16.33	5.6
Total	23.525	727.2



Fuente: Estación Meteorológica Facultad de Ciencias Forestales - U.A.N.L.

Se puede observar en el cuadro 5 y gráfica 1, que el experimento comenzó con el transplante en plena primavera y precipitaciones altas, finalizando sin lluvias y con un descenso de temperatura; sin embargo en la mitad del experimento, en agosto hubo pocas lluvias y altas temperaturas.

Por lo anterior, muchos autores recomiendan el trasplante un poco antes de la primavera, coincidiendo con la última fase de la dormancia fisiológica, sin recibir estrés muy fuerte y activarse nuevamente en la primavera con un buen prendimiento, aunque en un vivero no debería ser necesario por las condiciones que se les da; por esa causa se esperó tres semanas para la reposición de plántulas muertas y en mal estado, que aproximadamente fueron el 20%. Por otro lado las altas temperaturas y la baja precipitación entre julio y agosto pueden causar elevada actividad fotosintética y alto requerimiento de agua, lo que debería ser regulado por los riegos, estas depresiones en la plántula, puede causar una disminución en incremento de su desarrollo. Estos efectos podrán compararse con las gráficas de crecimiento en altura y diámetro.

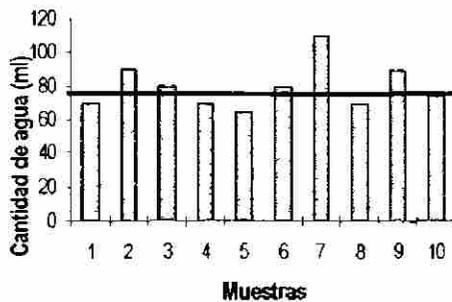
#### 4.2. CANTIDAD Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA DE LOS RIEGOS

Los resultados obtenidos en la estimación de la cantidad y distribución del agua de los dos sistemas de riegos, que fueron instalados en el experimento, son:

**Cuadro 6:** Estimación de la cantidad y distribución del agua por cada sistema de riego, en ml..

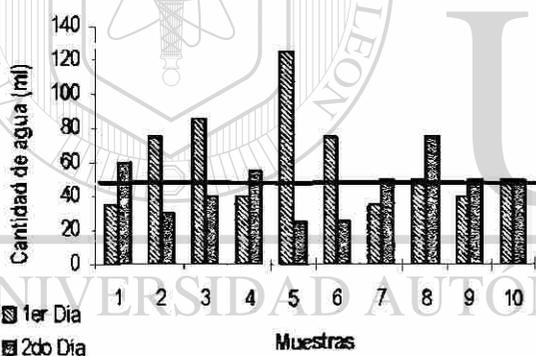
Aspersión	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	media	L/m <sup>2</sup>
en 1 hr	70	90	80	70	65	80	110	70	90	75	80	24.6
Tradicional	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	Media	
1 pasada 1 día	35	75	85	40	125	75	35	50	40	50	61	18.8
1 pasada 2 día	60	30	40	55	25	25	50	75	50	50	46	14.2
Media del riego manual											53.5	16.5

El cuadro 6, muestra la cantidad media de agua del riego por aspersión de 80 ml en una hora, extrapolando la media del área de los recipientes recibidores de agua, da como resultado 24.6 L/m<sup>2</sup> y para el riego manual con una media de 53.5 ml y 16.5 L/m<sup>2</sup>. Esta última medición y la cantidad por tiempo del riego por aspersión, se tomaron como parámetros para extraer con una regla matemática simple, el tiempo de 40.24 minutos que se regó en el sistema por aspersión; o sea, se tiene la misma cantidad en tiempo que el riego manual.



Gráfica 2: Distribución y cantidad media de agua en 1 hr de riego por aspersión.

las gotas de agua de un lugar a otro o inclusive hacer que no llegue el agua a la platabanda en este caso mejor no regar; razones que nos hicieron tomar la decisión de regar 40 a 45 minutos, según las condiciones del día, o sea aproximadamente de 16,5 a 19 L/m<sup>2</sup>.



Gráfica 3: Distribución y cantidad media de agua 2 pasadas en dos días del riego manual.

En el riego manual se observa que hay una variación bastante grande en cuanto a la cantidad y distribución, como muestra la gráfica 3. Las variaciones se ven dentro la platabanda y de un día de riego para otro, las causas posibles que fueron observadas en el vivero se puede decir que son: a) La experiencia de la persona que esta regando. b) La posición y el estado de ánimo de la persona. c) El cambio de persona en el riego. d) La hora del riego, a esto se incluye las condiciones del clima. Además, de ocupar a una persona por todo un día; la caída del agua al substrato se hace muy pesada existiendo ocasionando la dispersión de las partículas del substrato fuera del contenedor y dejando el cuello de la plántula desnudo, lo que puede ocasionar errores en la medición de este parámetro, la misma causa ocasionó la muerte de algunas plántulas después del trasplante, sumándose otra razón más para la espera de tres semanas de reposición de las plántulas; y por último existe una pérdida de agua en el arrastre de las mangueras de una platabanda a otra.

La distribución del agua en toda la platabanda del riego por aspersión fue estimada, según la distribución de los recipientes recibidores de agua, como muestra el cuadro 6 y la gráfica 2, como este es un riego controlado bajo presión y tiempo estas cantidades distribuidas se consideran constantes. Sin embargo esta puede tener cambios leves, por la evaporación en un día bastante soleado con altas temperaturas, los vientos que pueden desviar

En el riego manual se observa que hay una variación bastante grande en cuanto a la cantidad y distribución, como muestra la gráfica 3. Las variaciones se ven dentro la platabanda y de un día de riego para otro, las causas posibles que fueron observadas en el vivero se puede decir que son: a) La experiencia de la persona que esta regando. b) La posición y el estado de ánimo de la persona. c) El cambio de persona en el riego. d) La hora del riego, a esto se incluye las condiciones del clima. Además, de ocupar a una persona por todo un día; la caída del agua al substrato se hace muy pesada existiendo ocasionando la dispersión de las partículas del substrato fuera del contenedor y dejando el cuello de la plántula desnudo, lo que puede ocasionar errores en la medición de este parámetro, la misma causa ocasionó la muerte de algunas plántulas después del trasplante, sumándose otra razón más para la espera de tres semanas de reposición de las plántulas; y por último existe una pérdida de agua en el arrastre de las mangueras de una platabanda a otra.

### 4.3. CANTIDAD Y MEZCLAS DE SUBSTRATOS

Los resultados de la estimación de la cantidad de las mezclas y los substratos se presentan en el cuadro 7 siguiente:

**Cuadro 7:** Cantidad en volumen de las mezclas y substratos utilizados en el experimento.

Materiales	Volumén (m3)				Total
	S1	S2	S3	S4	
25% Germinaza	0.185	—	—	—	0.185
25% Ctza de pino	—	0.185	—	—	0.185
25% Turba	—	—	0.185	—	0.185
25% Perlita	0.185	0.185	0.185	—	0.555
50% Suelo de Mte.	0.370	0.370	0.370	0.740	1.850
<b>Totales Mezcla</b>	<b>0.740</b>	<b>0.740</b>	<b>0.740</b>	<b>0.740</b>	<b>2.960</b>

El cuadro 7, muestra la misma cantidad de todas las mezclas pero con diferente material, esto quiere decir que tienen el mismo número de contenedores. Cada mezcla es un tipo de substrato empleado en el experimento, caracterizándose por el tipo de

material orgánico (Germinaza, Corteza de pino, Turba y Ninguno) que lleva cada uno de estos.

En observaciones realizadas macroscópicamente a los materiales orgánicos, se determinaron que el tamaño y homogeneidad de las partículas, son diferentes según el orden descrito a continuación:

**Germinaza ( $\pm$  homogéneo) < Turba (heterogéneo) < Corteza de pino (+ heterogéneo)**

La corteza de pino presentaba formas planas, circulares, rectangulares y suberosas, con un tamaño variado desde polvo hasta 1 cm por partícula. La turba presentaba formas alargadas, fibrosas de

**Cuadro 8:** Estimación de la humedad y porosidad de los materiales o substratos.

Descripción del Material	Peso (gr)			Humd %	Por. %
	Nor.	Sat.	Seco		
Germinaza	311.5	508.8	273.2	<b>86.24</b>	<b>46.31</b>
Ctza pino	252.9	397.3	223.9	<b>77.45</b>	<b>43.64</b>
Turba	134.7	225.9	118.8	<b>90.15</b>	<b>47.41</b>
Suelo de Mte	431.5	625.1	385.5	<b>62.15</b>	<b>38.33</b>

ramas, tallos y hojas, algunas de estas alcanzaban hasta 1 cm pero muy poco y la germinaza es de formas mucho más fibrosas y pequeñas.

Según el cuadro 8, el porcentaje de porosidad y humedad son proporcionales en función de los tipos de substratos

(material), lo que demuestra que los microporos y macroporos del sustrato son ocupados por el agua. Al mismo tiempo se puede observar diferentes contenido de humedad en cada material, de los cuales, podemos decir que el requerimiento de agua varia en el siguiente orden:

**Turba > Germinaza > Corteza de pino > Suelo de monte**

Por lo tanto, se puede decir que la turba y la germinaza, son los mejores en absorber agua. Para ver cual de los dos tenía mejor retención de agua, se hizo una experiencia colateral y muy ambigua, por lo que no se menciona en metodología, se tomaron dos recipientes con la misma cantidad de agua y se fue incorporando a los sustratos hasta terminar toda el agua, donde se observó que la turba drenaba con más rapidez que la germinaza; lo que quiere decir que la germinaza tiene mayor retención de agua que la turba, sin embargo la turba presentaría mejor aireación.

#### 4.4. DETERMINACION DEL pH DE LOS SUBSTRATOS

El análisis del pH se realizó en el laboratorio de suelos de la Facultad de Ciencias Forestales UANL.

Las muestras que se entregaron al laboratorio fueron la mezcla de cada uno de los 16 tratamientos de los dos sistemas de riego tomadas al azar. (ver anexo 1).

En el cuadro 9, todas las mezclas de sustratos con fertilizantes presentan una moderada alcalinidad en todos los sustratos, si se observa en detalle los sustratos que contienen el fertilizante osmocote (F1) tiene un ligero descenso en su pH con relación a los otros, por lo que tendrá mayor disponibilidad de nutrientes, los mismos que serán comprobados, en la interacción de estos dos factores, ver resultados. La alcalinidad podía ser corregida a un pH 6, si el análisis era hecho antes, en la preparación de las mezclas con

Cuadro 9: Análisis de pH de los sustratos y fertilizantes.

Trat.	pH	Clasf.
S1F1	7.4	alcal.
S1F2	7.6	alcal.
S1F3	7.6	alcal.
S1F4	7.6	alcal.
S2F1	7.3	alcal.
S2F2	7.5	alcal.
S2F3	7.5	alcal.
S2F4	7.5	alcal.
S3F1	7.4	alcal.
S3F2	7.6	alcal.
S3F3	7.5	alcal.
S3F4	7.6	alcal.
S4F1	7.6	alcal.
S4F2	7.8	alcal.
S4F3	7.6	alcal.
S4F4	7.7	alcal.

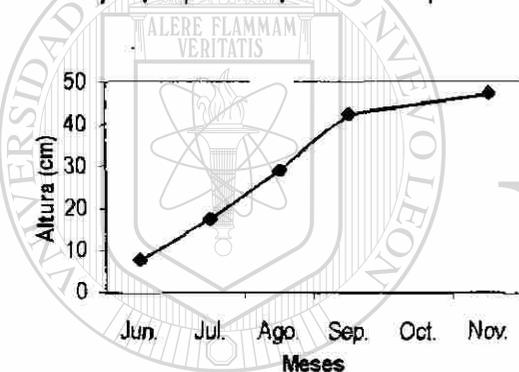
Fuente: Laboratorio de suelos de la Facultad de Ciencias Forestales UANL. (Leyendas ver anexo 1)

la adición de mayor porcentaje de materia orgánica, para tener mayor disponibilidad de nutrientes y mejor CIC. (Carneiro, 1995)

#### 4.5. PARAMETROS MEDIDOS A LA PLANTULA

##### 4.5.1. Altura de la parte aérea (H)

Generalmente el crecimiento es muy relacionado con la altura de las plántulas de la parte aérea, cuando el desarrollo es en un vivero; por lo tanto, cuando más crecimiento tenga mejor será su calidad; es evidente que este único parámetro no basta para poder decir que la plántula sea de calidad ya que pueden presentarse plántulas de buena altura pero de poca rigidez o vigor en el tallo;



Gráfica 4: Crecimiento en altura por mes.

por lo que se deben asociar otros parámetros

Según la gráfica 4, en los primeros cuatro meses la altura de la especie *Celtis Laevigata* Willd. en general, tiene un crecimiento lineal ascendente, disminuyendo los dos últimos meses, por el descenso de temperaturas y precipitaciones (gráfica 1), por lo que, se decidió realizar la

última evaluación en este periodo; es decir antes

de que las plántulas pierdan las hojas en el invierno. El cuadro 10 y gráfica 4 muestran que las alturas medias de crecimiento general por medición de la 1ª a la 5ª es de 7.8, 17.5, 29.0, 42.2, y 47.5 cm respectivamente.

En el análisis de varianza y la prueba de Tukey, ver anexo 6 y cuadro 10, presentaron diferencias significativas (DS) en las cinco mediciones, para los factores principales, riegos, substratos y fertilizantes, así también en la interacción aditiva de los substratos con los fertilizantes; a excepción de la primera medición que no presenta DS en los riegos, la causa para esto es que se utilizó en los primeros días, solo el riego manual y en la segunda medición presenta una DS en la interacción de los riegos y fertilizantes, especialmente con el osmocote (F1), por que los fertilizantes del picomódulo y la urea, también fueron aplicados después de la primera medición y no así con F1 que

fue integrado en la mezcla desde un inicio. Así tenemos al sexto mes, como resultados finales de los mejores efectos en el crecimiento en altura a:

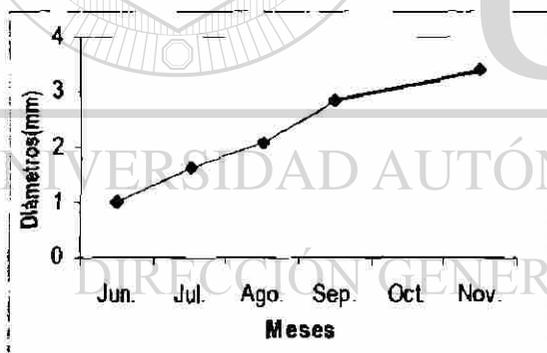
- El riego por aspersión (R1) con 49.7 cm, tiene mejor efecto comparado con el testigo o manual (R2) con altura promedio de 45.4 cm.
- De los sustratos el testigo suelo de monte (S4) 51.3 cm y con germinaza (S1) 49.7 cm causan un mismo y mejor efecto; así como S1 y turba (S3) 47.3 cm tienen efectos iguales, pero S3 se diferencia de S4, y por último la corteza de pino (S2) 41.9 cm se diferencia como el de más bajo efecto que los otros.
- De los fertilizantes el Osmocote (F1) 56.4 cm, fue el de mejor efecto que el resto de los fertilizantes, seguido del Picomódulo (F2) 47.7 cm y la urea (F3) 44.5 cm con un mismo efecto, el de menor efecto es el testigo, suelo de monte (F4) con 41.5 cm.
- De las interacciones el único que tuvo diferencias significativas fue el de los sustratos y fertilizantes, de los cuales los mejores efectos aditivos son las combinaciones de S1F1, S4F1, S2F1 y S3F1 con 57.6, 56.5, 56.2 y 55.2 cm respectivamente.

Se puede concluir, que el mejor crecimiento en altura, de los tratamientos son aquellos donde se integren a la mezcla; solo sustrato de suelo de monte o con germinaza o turba, con el mismo comportamiento y la combinación del fertilizante osmocote, por que tienen mejores resultados, los cuales son confirmados por la interacción que existen entre ellos (ver cuadro 10). Los valores de estas interacciones muestran que el tipo de fertilizante es un factor determinante para su crecimiento en altura, ya que muestran mayores incrementos en altura para cualquier sustrato y con el mismo fertilizante; por lo tanto, el fertilizante osmocote aporta mejor los nutrientes. A esto se le puede añadir el riego por aspersión por su mejor efecto individual, (mismo no tenga una interacción con los otros factores); por lo que el riego por aspersión tendrá mejor distribución y disponibilidad de agua para su crecimiento en altura, se debe considerar que este tipo de riego va a dotar agua en la parte aérea de la plántula, además por las glabras o pubescencia que presentan sus hojas y sus ramas, pueden tener una mejor retención de humedad; lo cual puede favorecer su crecimiento, por lo que se sugiere realizar experiencias en este sentido.

Algunas experiencias, en mediciones en vivero de la altura de las plántulas, diámetro al cuello de la raíz y peso de la parte aérea, correlacionados estos parámetros con el desarrollo en el campo; la altura fue la que tuvo mejor correlación con el desarrollo en campo. Sin embargo, resaltaron que la combinación de la altura con otros parámetros es siempre aconsejable. (Mcgilvray y Barnett, 1981) También comprobaron que plántulas de mayor altura en comparación con las de menor altura sufrieron disminución en el ritmo de crecimiento después de la plantación. (Schmidt-vogt y Gurth, 1969) Así también se constató que la tasa de crecimiento en altura de las plántulas de *Eucalyptus grandis*, después de la plantación en el campo, fue inversamente proporcional a la altura de las plántulas en vivero, siendo que en plántulas más altas y con pequeños diámetros presentaron mayores efectos negativos que las de diámetros mayores. Por lo que, se hace necesario estudiar la altura con otros parámetros de clasificación de calidad.

#### 4.5.2. Diámetro al cuello de la raíz. (DCR) o (D)

El diámetro y la altura son parámetro utilizados comúnmente para clasificar calidad de plantas. Muchos autores han demostrado que el diámetro tiene una fuerte correlación con el porcentaje de



Gráfica 5: Crecimiento en diámetro por mes.

sobrevivencia en las plantaciones, ya que este tiene la premisa de darle una clasificación, en cuanto mayor sea el diámetro, mejor el vigor de la plántula.

En la gráfica 5, el crecimiento de los diámetros en los 6 meses es también lineal, sin embargo existe un pequeño descenso de incremento, entre julio y agosto, épocas de elevadas temperaturas y poca precipitación,

volviendo a aumentar en septiembre cuando hay más lluvias y descenso de temperaturas, para la última medición nuevamente disminuye su crecimiento, seguramente iniciando el invierno. El cuadro 10 y gráfica 5, presentan el crecimiento promedio general de los diámetros para cada medición de, 0.99, 1.61, 2.07, 2.83 y 3.40 mm respectivamente.

Cuadro 10: Análisis de Significancia y Tukey de los parámetros de Índice de Calidad de altura, diámetro y relación entre estos dos indicadores.

Valores de F	Alturas Medias								Altura al Oto Mes	Diámetros Medios								Diám. al Oto Mes	Cocit. de Equil.			
	Facts. Princ.	Número de medición/mes								Tukey	Número de medición/mes									Tukey		
		R1	R2	R3	R4	D1	D2	D3			D4	D5	D5/D5									
SIGNIF. R	NS	DS***	DS***	DS***	DS***	NS	NS	NS	DS***	NS	NS	NS	DS***	NS	DS***	NS						
R1	7.831	A 19.566	A 30.011	A 44.029	A 49.664	1.0062	1.6266	2.0328	B 2.7672	3.3641	A 15.052											
R2	7.72	B 16.498	B 27.933	B 40.463	B 45.416	0.9906	1.6031	2.1125	A 2.8844	3.4437	B 13.327											
SIGNIF. S	DS***	DS***	DS***	DS***	DS***	DS***	DS***	DS***	DS***	DS***	DS***	NS										
S1	B 7.972	B 18.391	A 30.491	BA 44.4	BA 49.675	B 0.9875	B 1.6719	BA 2.1689	A 2.9375	A 3.587	13.984											
S2	C 6.325	C 14.175	B 24.622	C 36.972	C 41.887	B 0.9375	C 1.3781	C 1.8125	B 2.525	B 3.009	14.063											
S3	B 7.619	B 17.603	A 28.966	B 41.738	B 47.303	B 0.9937	B 1.5969	B 2.0312	A 2.8281	A 3.403	14.166											
S4	A 9.188	A 19.959	A 31.809	A 45.872	A 51.294	A 1.075	A 1.8125	A 2.2781	A 3.0125	A 3.616	14.544											
SIGNIF. F	DS***	DS***	DS***	DS***	DS***	DS***	DS***	DS***	DS***	DS***	NS											
F1	A 10.063	A 23.284	A 34.694	A 49.1	A 56.397	A 1.1281	A 1.9562	A 2.4687	A 3.2812	A 3.944	14.513											
F2	B 6.956	B 16.434	B 28.987	B 42.688	B 47.663	B 0.9531	B 1.5375	B 2.05	B 2.8531	B 3.469	14.059											
F3	B 7.1	CB 15.609	CB 27.25	CB 39.997	CB 44.547	B 0.9687	B 1.5031	CB 1.9406	CB 2.6625	CB 3.206	14.213											
F4	B 6.984	C 14.9	C 24.956	C 37.197	C 41.553	B 0.9437	B 1.4625	C 1.8313	C 2.5062	C 2.997	13.972											
SIGNIF. RS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS											
R1S1	8.1125	19.419	31.431	45.4	51.613	0.9875	1.7188	2.1375	2.8813	3.5688	14.619											
R1S2	6.4438	15.144	26.156	39.106	43.706	0.9563	1.375	1.8	2.5438	3.0438	14.563											
R1S3	7.4188	18.144	29.238	42.669	48.956	0.9938	1.5875	1.9875	2.6875	3.2813	15.244											
R1S4	9.35	21.556	33.219	48.938	54.381	1.0875	1.825	2.2063	2.9563	3.5625	15.781											
R2S1	7.8313	17.363	29.55	43.4	47.738	0.9875	1.625	2.2	2.9938	3.6063	13.35											
R2S2	6.2063	13.206	23.088	34.838	40.069	0.9188	1.3813	1.825	2.5063	2.975	13.563											
R2S3	7.8188	17.063	28.694	40.806	45.65	0.9938	1.6063	2.075	2.9688	3.525	13.088											
R2S4	9.025	18.963	30.4	42.806	48.206	1.0625	1.8	2.35	3.0688	3.6688	13.306											
SIGNIF. RF	NS	DS**	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS											
R1F1	10.188	25.281	36.069	51.213	59.488	1.1188	1.9875	2.4438	3.2625	3.9125	15.388											
R1F2	7.0438	17.831	30.8	45.263	50.425	0.975	1.575	2.0625	2.8313	3.4875	14.825											
R1F3	7.2	15.913	28	41.7	46.575	0.9688	1.475	1.875	2.5875	3.1563	15.275											
R1F4	6.8938	15.438	25.175	37.938	42.169	0.9625	1.4688	1.75	2.3875	2.9	14.719											
R2F1	9.9375	21.288	33.319	46.988	53.306	1.1375	1.925	2.4938	3.3	3.975	13.638											
R2F2	6.8688	15.238	27.175	40.113	44.9	0.9313	1.5	2.0375	2.875	3.45	13.294											
R2F3	7	15.306	26.5	38.294	42.519	0.9688	1.5313	2.0063	2.7375	3.2563	13.15											
R2F4	7.075	14.763	24.738	36.456	40.938	0.925	1.4563	1.9125	2.625	3.0938	13.225											
SIGNIF. SF	DS***	DS***	DS***	DS***	DS***	DS***	DS***	DS***	DS***	NS	NS											
S1F1	10.325	23.675	34.813	49.613	57.6	1.125	1.9875	2.5125	3.3375	4.125	13.813											
S1F2	7.0875	17.588	31	46.563	51.268	0.925	1.625	2.175	3.025	3.7	14.013											
S1F3	7.425	16.45	30.075	41.913	45.675	0.975	1.525	2.0375	2.775	3.35	14.413											
S1F4	7.05	15.85	26.075	39.513	43.138	0.925	1.55	1.95	2.6125	3.175	13.7											
S2F1	9.1125	23.05	35.313	49.8	56.188	1.0875	1.95	2.5	3.3	3.9	15.025											
S2F2	5.2875	12.225	23.538	36.088	40.175	0.8875	1.2375	1.7	2.4625	2.9	13.988											
S2F3	5.3625	11.988	22.813	35.288	39.863	0.9	1.2375	1.7125	2.3625	2.9	13.863											
S2F4	5.5375	9.4375	16.825	26.713	31.325	0.875	1.0875	1.3375	1.975	2.3375	13.375											
S3F1	11.1	24.675	34.95	47.925	55.25	1.2125	1.9875	2.4125	3.275	3.8625	14.513											
S3F2	6.4625	15.638	29.438	42.863	48.175	0.9125	1.475	1.975	2.825	3.4875	14.275											
S3F3	6.4125	15.15	25.7	38.7	43.288	0.9375	1.475	1.8625	2.65	3.1875	13.888											
S3F4	6.5	14.95	25.775	37.463	42.5	0.9125	1.45	1.875	2.5625	3.075	13.988											
S4F1	9.7125	21.738	33.7	49.063	56.56	1.0875	1.9	2.45	3.2125	3.8875	14.7											
S4F2	8.9675	20.288	31.975	45.238	51.013	1.0875	1.8125	2.35	3.1	3.7875	13.963											
S4F3	9.2	18.85	30.413	44.088	48.363	1.0625	1.775	2.15	2.8625	3.3875	14.688											
S4F4	8.85	18.963	31.15	45.1	49.25	1.0625	1.7625	2.1625	2.875	3.4	14.825											

Continua .....

Cuadro 10: Análisis de Significancia y Tukey de los parámetros de Índice de Calidad de altura, diámetro y relación entre estos dos indicadores. (continuación)

Valores de F	Alturas Medias								Altura al 8to Mes	Diámetros Medios								Diám. al 8to Mes	Cocit. de Equil.	
	Número de medición/mes									Número de medición/mes										
	F1		F2		F3		F4			F5		D1		D2		D3				D4
SIGNIF. RSF	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
R1S1F1	10.675	25.075	35	50.05	61.425	1.1	2.05	2.5	3.325	4.05	14.675									
R1S1F2	7.15	18.8	32.725	48.675	53.05	0.925	1.7	2.15	2.875	3.725	14.425									
R1S1F3	7.75	17.25	31.975	44.4	50.075	1	1.525	2.075	2.775	3.425	15.525									
R1S1F4	6.875	16.55	26.025	38.475	41.9	0.925	1.5	1.825	2.55	3.075	13.85									
R1S2F1	9.25	25.525	37.925	52.7	58.825	1.1	1.95	2.475	3.325	3.975	15.525									
R1S2F2	5.225	12.575	24.125	37.2	41.075	0.925	1.225	1.675	2.425	2.925	14.2									
R1S2F3	5.6	12.475	24.5	37.375	41.55	0.9	1.2	1.7	2.375	2.875	14.6									
R1S2F4	5.7	10	18.075	29.15	33.375	0.9	1.125	1.35	2.05	2.4	13.925									
R1S3F1	10.95	26.025	34.375	48.55	57.2	1.2	2	2.35	3.125	3.725	15.575									
R1S3F2	6.425	17.15	32.725	46.4	52.975	0.925	1.525	2.075	2.85	3.525	15.7									
R1S3F3	6.2	14.65	25.225	38.775	43.9	0.925	1.45	1.775	2.475	3	15.075									
R1S3F4	6.1	14.75	24.625	36.95	41.75	0.925	1.375	1.75	2.3	2.875	14.625									
R1S4F1	9.875	24.5	36.975	53.55	60.5	1.075	1.95	2.45	3.275	3.9	15.775									
R1S4F2	9.375	22	33.625	48.775	54.6	1.125	1.85	2.35	3.175	3.775	14.975									
R1S4F3	9.25	19.275	30.3	46.25	50.775	1.05	1.725	1.95	2.725	3.325	15.9									
R1S4F4	8.9	20.45	31.975	47.175	51.65	1.1	1.775	2.075	2.65	3.25	16.475									
R2S1F1	9.975	22.275	34.625	49.175	53.775	1.15	1.925	2.525	3.35	4.2	12.95									
R2S2F2	7.025	16.375	29.275	44.45	49.525	0.925	1.55	2.2	3.175	3.675	13.6									
R2S1F3	7.1	15.65	28.175	39.425	43.275	0.95	1.525	2	2.775	3.275	13.3									
R2S1F4	7.225	15.15	26.125	40.55	44.375	0.925	1.5	2.075	2.675	3.275	13.55									
R2S2F1	8.975	20.575	32.7	48.9	53.55	1.075	1.95	2.525	3.275	3.825	14.525									
R2S2F2	5.35	11.875	22.95	34.975	39.275	0.85	1.25	1.725	2.5	2.875	13.775									
R2S2F3	5.125	11.5	21.125	33.2	38.175	0.9	1.275	1.725	2.35	2.925	13.125									
R2S2F4	5.375	8.875	15.575	24.275	29.275	0.85	1.05	1.325	1.9	2.275	12.825									
R2S3F1	11.25	23.325	35.525	47.3	53.3	1.225	1.975	2.475	3.425	4	13.45									
R2S3F2	6.5	14.125	26.15	39.325	43.375	0.9	1.425	1.875	2.8	3.45	12.85									
R2S3F3	6.625	15.65	26.175	38.625	42.675	0.95	1.5	1.95	2.825	3.375	12.7									
R2S3F4	6.9	15.15	26.925	37.975	43.25	0.9	1.525	2	2.825	3.275	13.35									
R2S4F1	9.55	18.975	30.425	44.575	52.6	1.1	1.85	2.45	3.15	3.875	13.625									
R2S4F2	8.6	18.575	30.325	41.7	47.425	1.05	1.775	2.35	3.025	3.8	12.95									
R2S4F3	9.15	18.425	30.525	41.925	45.95	1.075	1.825	2.35	3	3.45	13.475									
R2S4F4	8.8	17.475	30.325	43.025	46.85	1.025	1.75	2.25	3.1	3.55	13.175									
Med. Geral.	7.7758	17.532	28.972	42.245	47.54	0.9984	1.6148	2.0727	2.8258	3.4039	14.189									

Donde: DS\*\*\* = Existe Diferencia Significativa alta  
 DS\*\* = Existe Diferencia Significativa media  
 DS\* = Existe Diferencia Significativa baja  
 NS = No Existe Diferencia Significativa

En el anexo 7 y cuadro 10; el análisis de varianza y de Tukey para las cinco mediciones dan DS en dos factores principales, sustratos y fertilizantes; la interacción sustrato fertilizante tiene una DS de 0.057 al último mes, a los cuales la prueba de Tukey no les encuentra DS, sin embargo observando detalladamente de la medición 1 a la 4, la combinación de sustratos con fertilizantes, presentan DS con una disminución gradual hasta la 5ª medición donde no hay significancia.

De tal manera que los resultados finales de los mejores efectos del crecimiento en diámetro, son:

- Los sustratos S4, S1 y S3 con diámetros medios de 3.6, 3.6 y 3.4 mm respectivamente tienen los mismos efectos, no existiendo entre estos DS, pero el S2 con 3.0 mm es el efecto más bajo diferenciándose con los demás sustratos. De los fertilizantes el F1 es el que presenta mejores efectos de crecimiento en diámetro con 3.9 mm, seguido de F2 y F3 que tienen los mismos efectos con 3.4 y 3.2 cm y por último el de más bajo es el testigo con 2.99 cm, pero con el mismo efecto que F3.

Por lo anterior se puede concluir, que para los efectos del crecimiento en diámetro, las mezclas de los sustratos pueden componer también, suelo de monte o germinaza o turba; con la combinación del fertilizante de mejores resultados significativos, el osmocote. El tipo de riego no es un factor individual ni interactivo, que determine el crecimiento del diámetro, pero sí los sustratos y los fertilizantes mencionados, con sus combinaciones, más que todo el fertilizante, aún que no exista una diferencia significativa alta en su interacción del último mes.

Se observa que a medida que crece la altura habrá un crecimiento en diámetro (ver gráficas 4 y 5), por lo que existe entonces una relación entre ellos; pero, observando las mismas gráficas, la altura tiene mayor velocidad en incremento que el diámetro; confirmándose entonces, la influencia del agua en la altura, especialmente del R1 que tienen mayor disponibilidad de agua, no ocurriendo lo mismo con el diámetro, ya que no presentan significancia entre estos dos tipos de riego.

Los mismos sustratos que tienen un efecto en la altura, tienen también efectos en el diámetro. Al utilizar materia orgánica en las mezclas se debería mejorar la calidad de estos, sin embargo no es así; la causa puede ser la alcalinidad, ya que casi todas las mezclas llevan las mismas concentraciones de  $H^+$  (ver cuadro 9), esto quiere decir que tienen la misma capacidad cationica (CIC). Para mejorar las mezclas, se debe realizar un aumento de la concentración de materia orgánica, en este caso germinaza o turba, para reducir las concentraciones alcalinas y volverlos

1020123767

ligeramente ácidos pH 6; entonces tendremos mayor CIC, o sea mayor asimilación de nutrientes; no ocurre lo mismo con la corteza, por que cuando esta es fresca tiene alta fitotoxicidad y también eran de partículas mucho más grandes que las otras, desfavoreciendo de esta manera el crecimiento de la plántula.

En lo que se refiere a los fertilizantes, sin duda el que más aporta es el osmocote, por que este se encuentra distribuido en todo el substrato del contenedor, facilitando la absorción en la raíz.

En algunos trabajos muchos autores llegaron a la conclusión de que existe estrecha relación entre los diámetros y sobrevivencia, sobretodo, con el ritmo de crecimiento de las plántulas después de la plantación. (Schmidt-vogt, 1970) También se confirmaron que hay una superioridad de plántulas de diámetros más gruesos, comparadas a las de menor grosor. Esta fue más clara aún cuando se trato con plántulas de mayores alturas de la parte aérea. Llegando a la conclusión de que las plantas más altas, con menores diámetros, tuvieron menor desempeño de crecimiento, tres años después de la plantación. (Schmidt-vogt y Gurth, 1977)

#### 4.5.3. Relación altura de la parte aérea y diámetro en el cuello de la raíz H/DCR o H/D

Es la conjugación de dos parámetros altura y diámetro, llamado relación H/D que da como resultado un valor absoluto o cociente de equilibrio del desarrollo de las plántulas en el vivero. Por tanto, cuando más próximo se encuentre al valor 1, mejor será la relación y mayor la calidad de la plántula. Según el anexo 8 y el cuadro 8, en el análisis de varianza y Tukey, la relación H/D al sexto mes, solo tiene DS en los dos tipos de riego, a pesar que la interacción entre riego y substrato demuestran una diferencia al 0.08 % de error. Los resultados son:

- R2 con un valor medio de 13.33 es el que presenta mejor efecto para el cociente de equilibrio de estos parámetros, en comparación con 15.05 de R1.

Prácticamente, para R1 hay mayor influencia de crecimiento en altura que en diámetro, haciendo a la plántula menos vigorosa; esto hace que R2 presente mejor cociente de equilibrio, comprobando de esta manera los análisis realizados de las alturas y los diámetros; se afirma una vez más que la distribución y cantidad de agua es un factor determinante en la altura; pero, por ende en la relación con el diámetro, es muy afectado; no obteniendo una plántula de calidad. Por tanto, si R1 tuviera una mejor regulación en la dotación de agua, podríamos obtener mejores resultados.

En un experimento con *Pinus taeda*, para plántulas de 11 a 8 meses, cuyas medias de altura fueron 29 y 15 cm y los diámetros de 3.7 a 2.3 mm respectivamente, se constató que la mayor sobrevivencia de 76 %, fue de las plántulas más viejas, diámetros superiores a la media y alturas inferiores a la media. Y la menor sobrevivencia 26 % fue verificada para plántulas más jóvenes con diámetros inferiores a la media y alturas superiores a la media. De esta manera la relación H/D en cualquier fase del periodo de producción de plántulas debe estar entre los límites de 5.4 hasta 8.1, en una faja de altura de 20-30 cm y diámetros de 3.7 mm. Si las alturas fueran 36 cm la media, la media del diámetro debe estar entre 4.4 y 6.7 mm (Carneiro, 1976) Es evidente que cualquier metodología debe priorizar las plántulas de mayor diámetro.

#### **4.5.4. Peso verde de las plántulas(PV)**

El peso verde llamado también peso fresco al sexto mes, del presente estudio, para la calidad de las plántulas, se determinaron tres parámetros: a) Peso verde de la parte aérea, b) Peso verde de la parte radicular y c) Peso verde total de la plántula.

##### **4.5.4.1. Peso verde de la parte aérea (PVA)**

Tiene la característica de clasificación de calidad del vigor de la plántula, donde será el mejor aquella que tenga mayor peso verde de la parte aérea.

El análisis de varianza y la prueba de Tukey en el anexo 9 y cuadro 11, se demuestra que existen DS entre los factores principales de los sustratos y fertilizantes; pero no, en los riegos y las interacciones de estos. De los cuales se extraen los siguientes resultados:

- Los sustratos S4, S1 y S3 presentan las mejores medias de 7.6, 7.4 y 6.8 g respectivamente sin efecto diferenciado, es decir estos tres sustratos tiene el mismo y mejor efecto en el peso verde de la parte aérea de la plántula. El sustrato S2 presenta el de menor efecto con 5.8 g y con la misma influencia de S3.
- Entre los fertilizantes, el F1 con 9.3 g, presenta un mejor efecto que los otros, seguido de F2 y F3 también con un mismo efecto de 6.6 g para ambos y el de menor efecto con 5 g fue F4.

**Cuadro 11:** Análisis de significancia y Tukey de los parámetros de Índice de Calidad de los pesos verdes y secos de la plántula.

Valores de F Facts. Princ. Interacciones	Pesos Verdes						Pesos Secos					
	Aéreo		Raíz		Total		Aéreo		Raíz		Total	
	Tukey	PVA	Tukey	PVR	Tukey	PVT	Tukey	PSA	Tukey	PSR	Tukey	PST
<b>SIGNIF. R</b>	NS		DS**		NS		NS		DS**		NS	
R1		6.847	B	11.28		18.127		3.047	B	5.808		8.855
R2		6.95	A	13.033		19.983		2.973	A	6.825		9.798
<b>SIGNIF. S</b>	DS***		NS		NS		NS		NS		NS	
S1	A	7.384		12.653		20.047		3.244		6.266		9.51
S2	B	5.784		11.278		17.062		2.597		5.766		8.363
S3	BA	6.797		13.453		20.25		2.853		6.8		9.653
S4	A	7.628		11.231		18.859		3.347		6.434		9.781
<b>SIGNIF. F</b>	DS***		DS**		DS***		DS***		DS**		DS***	
F1	A	8.291	A	13.753	A	23.044	A	4.225	A	7.234	A	11.459
F2	B	6.641	BA	12.397	B	19.038	B	3.016	BA	6.547	BA	9.563
F3	B	6.619	BA	12.141	B	18.76	B	2.819	BA	6.187	BC	9.016
F4	C	5.044	B	10.334	B	15.378	C	1.981	B	5.288	C	7.269
<b>SIGNIF. RS</b>	NS		NS		NS		NS		NS		NS	
R1S1		6.825		11.844		18.669		2.9813		5.7875		8.7688
R1S2		5.9563		10.363		16.319		2.875		5.1563		8.0313
R1S3		6.5625		11.869		18.431		2.7375		6.0688		8.8063
R1S4		8.0438		11.044		19.088		3.5938		6.2188		9.8125
R2S1		7.9438		13.481		21.425		3.5063		6.7438		10.25
R2S2		5.6125		12.194		17.806		2.3188		6.375		8.6938
R2S3		7.0313		15.038		22.069		2.9688		7.5313		10.5
R2S4		7.2125		11.419		18.631		3.1		6.65		9.75
<b>SIGNIF. RF</b>	NS		NS		NS		NS		NS		NS	
R1F1		8.8313		11.506		20.338		4.0188		6.0375		10.056
R1F2		6.8688		13.119		19.988		3.3563		6.5		9.8563
R1F3		6.8188		10.694		17.513		2.9313		5.675		8.6063
R1F4		4.8688		9.8		14.669		1.8813		5.0188		6.9
R2F1		9.75		16		25.75		4.4313		8.4313		12.863
R2F2		6.4125		11.675		18.088		2.675		6.5938		9.2688
R2F3		6.4188		13.588		20.006		2.7063		6.7188		9.425
R2F4		5.2188		10.869		16.088		2.0813		5.5563		7.6375
<b>SIGNIF. SF</b>	NS		NS		NS		NS		NS		NS	
S1F1		10.225		13.2		23.425		4.8375		6.725		11.563
S1F2		6.925		12.725		19.65		3.025		6.5375		9.5625
S1F3		7.1375		13.388		20.525		3.025		6.375		9.4
S1F4		5.25		11.338		16.588		2.0875		5.425		7.5125
S2F1		9.075		15.175		24.25		4.075		8.325		12.4
S2F2		4.7375		12.225		16.963		2.6125		5.6625		8.275
S2F3		5.9875		11.4		17.388		2.5		5.8625		8.3625
S2F4		3.3375		6.3125		9.65		1.2		3.2125		4.4125
S3F1		8.7		14.288		22.988		3.8625		6.8125		10.675
S3F2		6.95		14.4		21.35		2.95		7.5875		10.538
S3F3		5.9625		12.813		18.775		2.475		6.7375		9.2125
S3F4		5.575		12.313		17.888		2.125		6.0625		8.1875
S4F1		9.1625		12.35		21.513		4.125		7.075		11.2
S4F2		7.95		10.238		18.188		3.475		6.4		9.875
S4F3		7.3875		10.963		18.35		3.275		5.8125		9.0875
S4F4		6.0125		11.375		17.388		2.5125		6.45		8.9625

Continua

**Cuadro 11:** Análisis de significancia y Tukey de los parámetros de Índice de Calidad de los pesos verdes y secos de la plántula.(contin.)

Valores de F Facts. Princ. Interacciones	Pesos Verdes						Pesos Secos					
	Aereo		Raíz		Total		Aereo		Raíz		Total	
	Tukey	PVA	Tukey	PVR	Tukey	PVI	Tukey	PSA	Tukey	PSR	Tukey	PSI
SGNMF. RSF	NS		NS		NS		NS		NS		NS	
R1S1F1	9.25		11.15		20.4		4.25		5.925		10.175	
R1S1F2	6.475		15.025		21.5		2.925		6.65		9.575	
R1S1F3	7.1		11.275		18.375		3.05		5.925		8.975	
R1S1F4	4.475		9.925		14.4		1.7		4.65		6.35	
R1S2F1	8.625		10.1		18.725		3.975		5.6		9.575	
R1S2F2	4.95		13.025		17.975		3.475		5.325		8.8	
R1S2F3	6.575		10.45		17.025		2.775		5.625		8.4	
R1S2F4	3.675		7.875		11.55		1.275		4.075		5.35	
R1S3F1	8.45		13.825		22.275		3.7		6.475		10.175	
R1S3F2	6.925		11.55		18.475		3		6.475		9.475	
R1S3F3	5.75		10.975		16.725		2.4		5.875		8.275	
R1S3F4	5.125		11.125		16.25		1.85		5.45		7.3	
R1S4F1	9		10.95		19.95		4.15		6.15		10.3	
R1S4F2	9.125		12.875		22		4.025		7.55		11.575	
R1S4F3	7.85		10.075		17.925		3.5		5.275		8.775	
R1S4F4	6.2		10.275		16.475		2.7		5.9		8.6	
R2S1F1	11.2		15.25		26.45		5.425		7.525		12.95	
R2S2F2	7.375		10.425		17.8		3.125		6.425		9.55	
R2S1F3	7.175		15.5		22.675		3		6.825		9.825	
R2S1F4	6.025		12.75		18.775		2.475		6.2		8.675	
R2S2F1	9.525		20.25		29.775		4.175		11.05		15.225	
R2S2F2	4.525		11.425		15.95		1.75		6		7.75	
R2S2F3	5.4		12.35		17.75		2.225		6.1		8.325	
R2S2F4	3		4.75		7.75		1.125		2.35		3.475	
R2S3F1	8.95		14.75		23.7		4.025		7.15		11.175	
R2S3F2	6.975		17.25		24.225		2.9		8.7		11.6	
R2S3F3	6.175		14.65		20.825		2.55		7.6		10.15	
R2S3F4	6.025		13.5		19.525		2.4		6.675		9.075	
R2S4F1	9.325		13.75		23.075		4.1		8		12.1	
R2S4F2	6.775		7.6		14.375		2.925		5.25		8.175	
R2S4F3	6.925		11.85		18.775		3.05		6.35		9.4	
R2S4F4	5.825		12.475		18.3		2.325		7		9.325	
Med. Geral.	6.8984		12.156		19.055		3.0102		6.3164		9.3266	

Donde: DS<sup>\*\*\*</sup> = Existe Diferencia Significativa alta  
 DS<sup>\*\*</sup> = Existe Diferencia Significativa media  
 DS<sup>\*</sup> = Existe Diferencia Significativa baja  
 NS = No Existe Diferencia Significativa

Se puede concluir, que independientemente de los riegos y sus interacciones, el suelo de monte o la germinaza o la turba y la aplicación del fertilizante osmocote presentaron mejores efectos en los pesos verdes de la parte aérea de la plántula, al igual que en la altura (H), diámetro (D) y la relación de estos dos H/D, confirmando lo dicho anteriormente.

Los resultados obtenidos comprueban, que cuando hay crecimiento en altura y diámetro hay aumento de peso verde de la parte aérea de la plántula. Sin embargo, en los tipos de riego, no se observa esta lógica, por no presentar diferencia significativa (NS), a pesar que hay un mayor crecimiento en H con R1; esto se puede atribuir a que en R2, hay una ligera ganancia en el D, aunque en la 5ª medición de este parámetro es NS, pero se puede sustentar en la cuarta medición, donde si se muestra DS, como también en la afirmación de la relación H/D; por lo que en peso se llegarían a compensar, así no tienen efectos diferenciados entre los riegos. Por lo que, la cantidad y distribución de agua no llega a hacer un factor determinante en el PVA.

#### 4.5.4.2. Peso verde de la raíz (PVR)

El peso verde de las raíces es considerado generalmente, como un parámetro de calidad, en la capacidad de enraizamiento de la plántula, por lo que existirá una relación estrecha con el crecimiento y el incremento en peso de la raíz, donde los mayores pesos, son los mejores indicadores de calidad de la plántula.

En el análisis de varianza y la prueba de Tukey del anexo 10 y cuadro 11, se observa que existe diferencia significativa entre los riegos y los fertilizantes, pero no ocurre lo mismo con los sustratos y las interacciones, a excepción de la interacción de riego y fertilizante, que se encuentran a una significancia de 0.07 % de error. Se debe considerar en este parámetro que los valores de peso de las raíces son pequeños si lo trabajamos individualmente, entonces, los pelos absorbentes son un cúmulo de valores despreciados; por lo que, el propio modelo nos expresa poca diferencia significativa. Se obtuvieron los siguientes resultados:

- El R2 presenta mejor efecto con 13 g de peso verde de la raíz, en comparación con 11.3 g de peso del sistema R1.

- Entre los fertilizantes, F1, F2 y F3 con 13.7, 12.4 y 12.1 g, tienen un traslape de medias comparadas, es decir con un mismo efecto; al mismo tiempo F2 y F3 comparados con 10.3 g de F4 constituyen un mismo efecto en peso, pero este último tiene DS con F1.

Por lo tanto, se puede concluir que el sistema de riego manual y la aplicación de cualquiera de los fertilizantes osmocote, picomódulo o urea pueden ser usados para obtener buenos resultados en el crecimiento de la raíz y la plántula con relación al testigo; independientemente del uso de cualquier sustrato; pero en las interacciones de riego y fertilizante, favorecen a incrementar los valores medios de los pesos verdes de la raíz, el osmocote con R2, aun que son NS al 0.07 % de error; por las mismas razones explicadas de la presentación y distribución del fertilizante en el contenedor, pero F2 y F3, también son alternativas para conseguir los mismos resultados en PVR; sin embargo, puede haber la diferencia de que con F1 haya menos desarrollo radicular, pero mayor absorción de nutrientes por superficie de raíz, por lo tanto con mas vigor que F2 y F3 que tienen que buscar mayor superficie para absorber nutrientes, pero menos calidad de vigor, por que estos fertilizantes no se encuentran distribuidos en todo el sustrato y demoran más tiempo en difundirse en el contenedor, por que la raíz busca mayor área de absorción; esto sucederá peor aún con F4. Entonces, los pesos de los tres fertilizantes se compensarían, presentando así NS entre ellos. Para ser probada esta afirmación, deberá tener los mismos resultados en el peso seco de la raíz; además deberá ser reafirmada con el indicador de porcentaje de raíz.

Estos resultados también, nos llevan a la interpretación que estos mismos efectos reflejan en los riegos, con el sistema R1 tenemos mayor disponibilidad de agua, por lo que en la solubilidad con los nutrientes de los fertilizantes, estos se puedan perder en el drenaje, entonces existirá mayor absorción de agua que nutrientes; lo que no ocurre con R2, es decir que con R2 también hay un crecimiento en longitud de la raíz y/o en el número de ellas, entonces se tendrá mayor asimilación de nutrientes por superficie en R2; la cual también deberá ser sustentado con el peso seco de la raíz.

El aumento del número y/o la longitud de las raíces en R2, de hecho aumentarán su vigor en D y como R1 tiene mayor altura, es claro que existirá una compensación de peso PVA y PSA entre estos dos sistemas. Por esta afirmación y la del párrafo anterior se sustenta entonces, que la cantidad de agua no es determinante en el peso de la raíz, sino para el incremento de su longitud o número de raíces, aumentando así el peso con R2.

#### 4.5.4.3. Peso verde total (PVT)

Este parámetro morfológico de calidad, tiene también un atributo de clasificación de vigor de la plántula, que considera la constitución y la humedad en peso dentro de ella; por lo tanto, cuando mayor sea el peso mejor será el vigor de la plántula.

En el anexo 11 y cuadro 11 del experimento, son demostrados los análisis de varianza y Tukey, donde el fertilizante es el único que muestra diferencias significativas entre sus medias de peso total; a pesar que entre los riegos también presentan una significancia a 0.085 % de error, pero los substratos y las interacciones no presentan DS. Obteniendo los siguientes resultados:

- Entre los fertilizantes, F1 tiene mejor efecto en peso verde total con 23 g, comparado con los fertilizantes F2, F3 y F4 de sus valores 19, 18.8 y 15.4 g respectivamente, estos últimos tienen sus medias traslapadas, por lo que, sus efectos son los mismos.

Sin olvidar que para PVT los valores de PVA y PVR son quienes determinaran los efectos de la planta en su totalidad. Concluimos entonces, que independientemente de las interacciones y los substratos; con la aplicación del fertilizante osmocote, tendremos mejor efecto en incremento del peso total de las plántulas, y por la poca DS que existe entre los riegos, el riego manual es el mejor, pero sabemos que el incremento de peso es mucho más influenciado por la raíz que por la parte aérea, por el número y/o longitud de las raíces, es claro que este será confirmado por el índice de equilibrio de las dos partes y el porcentaje de raíces, comprobando las afirmaciones vertidas en los pesos de las dos partes.

Sin duda que la dotación de fertilizantes a los substratos es otro factor determinante para el PVT. De los fertilizantes utilizados, el F1 seguido del F2 tienen mejor comportamiento que los demás fertilizantes, esto podemos atribuir a la dotación más efectiva de nutrientes a la plántula, confirmando también las aseveraciones hechas en el análisis de las dos partes, los cuales van a determinar la calidad de la planta en su totalidad. Lo que concluye que el fertilizante es un factor determinante en el peso verde de la plántula.

#### 4.5.5. Pesos seco de las plántulas (PS)

Para clasificar las plántulas con el peso seco, también se determinaron tres parámetros de calidad, que son: a) Peso seco de la parte aérea, b) Peso seco radicular y c) Peso seco total de la plántula.

#### 4.5.5.1. Peso seco de la parte aérea (PSA)

Este parámetro de calidad, es generalmente usado como indicador de la capacidad de resistencia y vigor de la plántula.

Por el análisis de varianza y Tukey, del anexo 12 y cuadro 11, los fertilizantes son los únicos que muestran DS; y no así con los riegos y las interacciones, a pesar que los substratos tienen una significancia al 0.06 % de error. Los resultados que se expresan son:

- De los fertilizantes analizados, el F1 tiene mejor efecto en peso seco con 4.2 g diferenciándose seguidamente de F2 y F3 con un mismo efecto de 3 y 2.8 g, comparados con 2 g de F4, que presenta significancia con los demás.

Por lo que se puede concluir, independientemente de los riegos; también la aplicación del fertilizante osmocote resulta ser el que presenta mejor peso seco de la parte aérea y a pesar que los substratos no presentan diferencia entre ellos al 0.05 % de error, el suelo de monte y la germinaza tienen los mayores valores combinados con el osmocote.

Prácticamente, estos resultados confirman las aseveraciones hechas anteriormente en PVA, no presentando DS entre riegos, confirma que la cantidad de agua no es un factor determinante en el peso para la parte aérea; así también el fertilizante osmocote se confirma como el de mejores efectos de dotación de nutrientes en comparación con los otros fertilizantes, el cual quiere decir que se afirma que la dotación de fertilizantes es un factor determinante en el desarrollo aéreo de la plántula.

En los substratos a pesar de presentar baja DS, este también nos confirma los efectos explicados en PVA.

#### 4.5.5.2. Peso seco de la raíz (PSR)

Otro parámetro de calidad con atributos de capacidad de enraizamiento. Generalmente este parámetro es utilizado en combinación con otros, por los valores despreciados a los pelos absorbentes en el peso, que sin duda estos son muy utilizados por los parámetros fisiológicos en la asimilación de nutrientes. Sin embargo se debe tomar en cuenta también este indicador, en la resistencia del anclado de la raíz al suelo. Por lo que, a mayor peso mejor será su calidad.

Existen diferencias estadísticas en el análisis de varianza y Tukey del peso seco de la raíz entre los sistemas de riego y los tipos de fertilizantes, que son presentados en el anexo 13 y cuadro 11. En los substratos y las interacciones no presentan DS. De los cuales se extrae los siguientes resultados:

- El sistema R2 con una media general de 6.8 g es de mayor efecto en peso, comparado con 5,8 g del R1.
- Los valores 7.2, 6.5 y 6.2 g de los fertilizantes F1, F2 y F3 presentan los mejores valores medios y un mismo efecto, a la vez F3 con 5.3 g tiene el mismo efecto que F2 y F3, pero diferenciado de F1.

Sin considerar los substratos y las interacciones, se puede concluir otra vez, que con el sistema de riego manual y la aplicación de los fertilizantes osmocote, picomódulo o urea, se presentan mejores efectos en el mayor peso seco de la raíz. Lo que confirma la explicación dada en PVR, lo que determina, que la raíz tiene, una mayor absorción de nutrientes con R2, por el crecimiento en longitud y/o número de raíces. Los tipos de fertilizantes F1, F2, y F3, en la forma de dotar nutrientes tienen los mismos efectos con la diferencia también en el crecimiento de la raíz, también confirma la versión hecha para PVR

#### 4.5.5.3. Peso seco total (PST)

El peso seco de la plántula constituida por la materia orgánica, es un parámetro de calidad utilizado en el vigor y resistencia de la plántula, por lo que, cuando más peso se tenga mejor su calidad.

El anexo 14 y el cuadro 11 del análisis de varianza y Tukey, lanzan resultados con diferencias significativas entre los fertilizantes, y con una significancia de 0.088 % de error, para los sistemas de riego. En cuanto a los substratos y las interacciones no existe DS. Los resultados que presentan son:

- El fertilizante F1 y F2 tienen los mejores y mismos efectos en peso seco de 11.5 y 9.6 g diferenciado de F3 y F4 con 9 y 7.3 g, pero también presentan un mismo efecto F2 y F3.

Se concluye que la aplicación del fertilizante osmocote o picomódulo en cualquiera de los substratos tienen los mejores pesos secos totales, y por su poca DS en los riegos, el R2 también arroja mejores valores de peso. Estos resultados ayudan a determinar y confirmar que la cantidad de agua aplicada

en el experimento no llegó a ser un factor determinante de la planta, pero el fertilizante osmocote o picomódulo tienen mejor efecto en la dotación de nutrientes, aclarando así la versión descrita en PVT. Donde la dotación de los nutrientes o la fertilización a la planta es un factor determinante en el desarrollo de los pesos de la plántula.

#### **4.5.6. Relación parte aérea y raíz en peso PA/PR**

La relación en peso de la parte aérea y la parte radical, son parámetros que generalmente dan la clasificación de vigor a la plántula, donde el balance de ambas partes deben aproximarse a 1; a pesar que existen muchos autores que expresan que el valor extraído, debe ser cuando más bajo sea mejor el índice, para lo cual ya no se denominaría cociente de equilibrio, por la simple razón de estar favoreciendo a la raíz. Para nuestro estudio hemos considerado esta relación en peso verde y peso seco, como cociente de equilibrio.

##### **4.5.6.1. Relación parte aérea y raíz en peso verde PVA/PVR**

Según el anexo 15 y el cuadro 12, el análisis de varianza y Tukey, nos determinan que existen DS solamente en los tipos de substratos, que nos expresan los siguientes resultados:

- El S4 y S1 presentan mejor efecto de balance entre las dos partes de la plántula con 0.8 y 0.7 de cociente próximo al uno, seguido de S2 y S3 con valores de 0.5 para ambos.

Llegando a la conclusión que independientemente de los riegos y los substratos, con la aplicación del suelo de monte o la germinaza se obtiene mejor equilibrio en peso de ambas partes de la plántula.

Esta muy claro que según todos los valores que se presentan en este análisis, existe una mayor influencia del crecimiento radicular que aéreo y peor aún con los substratos de mayor aereación, lo que prueba la afirmación hecha en el análisis de H y D, entonces se puede decir que un substrato se puede mejorar regulando la porosidad con el tamaño de partículas o una mezcla adecuada aumentando la cantidad de materia orgánica, para estimular mejor su desarrollo de la plántula, en este caso para la turba y la corteza deben ser reducidos la cantidad de perlita en las mezclas, ya que la finalidad de estos es dar mayor cantidad de macroporos.

**Cuadro 12:** Análisis de significancia y Tukey de los parámetros de Índice de Calidad de los cosientes de equilibrio, de reducción y los porcentaje de la raíz.

Dickson et al.

Valores de F Facts. Princi. Interacciones	Cociente de equilibrio		Cociente de reducción, PV a PS				% de Raíz		PSI	
	Tukey	PVA PVR	Tukey	PSA PSR	Tukey	PVA PSR	Tukey	PVT PST	Tukey	H+PSA D PSR
<b>SIGNIF. R</b>		NS		NS		NS		NS		DS <sup>***</sup>
R1		0.662		0.5906		2.4291		2.028		2.0997 B 65.805 B 0.7294
R2		0.6497		0.4645		2.4469		1.938		2.08 A 68.597 A 0.8958
<b>SIGNIF. S</b>		DS <sup>***</sup>		NS		NS		NS		DS <sup>*</sup>
S1	BA	<b>0.698</b>		0.5891		2.355		2.075		2.1537 A 65.163 BA 0.852
S2	B	0.544		0.5247		2.5844		2.081		2.1128 A 70.375 B 0.642
S3	B	0.54		0.4466		2.4431		2.002		2.1206 A 68.962 BA 0.835
S4	A	<b>0.853</b>		0.55		2.3694		1.775		1.9722 A 65.303 A 0.921
<b>SIGNIF. F</b>		NS		NS		DS <sup>***</sup>		NS		DS <sup>***</sup>
F1		0.734		0.6444 B		<b>2.2397</b>		1.925 B		2.0241 B 62.625 A 0.882
F2		0.736		0.5544 B		<b>2.3806</b>		2.011 B		2.0131 BA 68.272 BA 0.806
F3		0.595		0.4813 B		<b>2.3981</b>		1.976 BA		2.1066 BA 68.208 BA 0.795
F4		0.538		0.4303 A		2.7334		2.022 A		2.2156 A 71.1 B 0.668
<b>SIGNIF. RS</b>		NS		NS		NS		NS		NS
R1S1		0.6656		0.6006		2.3656		2.1388		2.1956 64.356 0.7719
R1S2		0.6006		0.67		2.5956		2.2119		2.1213 67.588 0.5488
R1S3		0.6031		0.49		2.4606		1.9331		2.1131 68.231 0.6888
R1S4		0.7788		0.6019		2.2944		1.78		1.9688 63.044 0.9081
R2S1		0.7063		0.5775		2.3444		2.0119		2.1119 65.969 0.9319
R2S2		0.4869		0.3794		2.5731		1.95		2.1044 73.163 0.7356
R2S3		0.4775		0.4031		2.4256		2.0213		2.1281 71.694 0.9813
R2S4		0.9281		0.4981		2.4444		1.7705		1.9756 67.563 0.9338
<b>SIGNIF. RF</b>		NS		NS		NS		NS		NS
R1F1		0.7981		0.6913		2.2219		1.9288		2.0306 60.025 0.8594
R1F2		0.5881		0.6781		2.2863		2.2575		2.0675 65.675 0.7644
R1F3		0.6638		0.5325		2.3656		1.8944		2.0531 66.006 0.7019
R1F4		0.5981		0.4606		2.8225		2.0331		2.2475 71.513 0.5919
R2F1		0.6706		0.5975		2.2575		1.9206		2.0175 65.225 1.1038
R2F2		0.8838		0.4306		2.475		1.765		1.9588 70.889 0.8475
R2F3		0.5256		0.43		2.4106		2.0575		2.16 70.406 0.8875
R2F4		0.5188		0.4		2.6444		2.0106		2.1838 71.888 0.7438
<b>SIGNIF. SF</b>		NS		NS		NS		NS		NS
S1F1		0.92		0.8725		2.1488		1.9588		2.025 66.963 0.9713
S1F2		0.6525		0.5013		2.3188		2.0413		2.0938 67.45 0.7813
S1F3		0.62		0.5038		2.4075		2.1313		2.2238 66.95 0.8288
S1F4		0.5513		0.4788		2.545		2.17		2.2725 69.288 0.8263
S2F1		0.65		0.5325		2.285		1.8463		1.9863 66.05 0.8763
S2F2		0.4438		0.7538		2.4188		2.5263		2.0763 69.35 0.6363
S2F3		0.55		0.4425		2.4488		1.9538		2.095 70.125 0.7338
S2F4		0.5313		0.37		3.185		1.9975		2.2938 75.975 0.3225
S3F1		0.6188		0.5775		2.275		2.1125		2.135 64.1 0.9788
S3F2		0.5063		0.3975		2.3888		1.8913		2.0338 71.738 0.9675
S3F3		0.4863		0.3825		2.4425		1.935		2.075 72.488 0.7463
S3F4		0.55		0.4288		2.6663		2.07		2.2388 71.525 0.6475
S4F1		0.7488		0.595		2.25		1.7813		1.95 63.388 1.1
S4F2		1.3413		0.565		2.3963		1.5863		1.8488 64.55 0.8388
S4F3		0.7225		0.5963		2.2938		1.8838		2.0325 63.263 0.87
S4F4		0.6013		0.4438		2.5375		1.85		2.0675 70.013 0.875

Continúa.

**Cuadro 12:** Análisis de significancia y Tukey de los parámetros de Índice de Calidad de los cosientes de equilibrio, de reducción y los porcentaje de la raíz. (continuación)

Dickson *et al.*

Valores de F Facts. Princi. Interacciones	Cosiente de equilibrio		Cociente de reducción, PV a PS		% de Raíz		PSI
	Tukey PVR	Tukey PSR	Tukey PSA	Tukey PSR	Tukey PVT	Tukey PST	Tukey H+PSA D PSR
SIGNIF. RSF	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
R1S1F1	0.94	0.825	2.1675	1.87	1.9925	56.15	0.885
R1S1F2	0.4675	0.4975	2.24	2.415	2.29	67.975	0.73
R1S1F3	0.6525	0.54	2.38	1.965	2.105	65.375	0.6925
R1S1F4	0.6025	0.54	2.675	2.305	2.395	67.925	0.78
R1S2F1	0.8275	0.6875	2.22	1.8425	1.9925	59.35	0.5875
R1S2F2	0.4975	1.225	2.165	3.135	2.0725	60.725	0.565
R1S2F3	0.6325	0.4875	2.4725	1.8725	2.05	67.925	0.75
R1S2F4	0.445	0.28	3.525	1.9975	2.37	82.35	0.2925
R1S3F1	0.6175	0.5925	2.285	2.195	2.17	63.725	0.845
R1S3F2	0.6025	0.46	2.3525	1.8075	1.9825	66.525	0.7725
R1S3F3	0.54	0.41	2.4	1.8375	2	71.05	0.6025
R1S3F4	0.6525	0.4975	2.795	2.0925	2.3	69.525	0.535
R1S4F1	0.8075	0.66	2.215	1.8075	1.9675	60.875	1.12
R1S4F2	0.785	0.53	2.3775	1.6725	1.925	65.375	0.99
R1S4F3	0.83	0.6925	2.29	1.9025	2.0575	59.675	0.7625
R1S4F4	0.6925	0.525	2.295	1.7375	1.925	66.25	0.76
R2S1F1	0.9	0.92	2.13	2.0475	2.0575	57.775	1.0575
R2S2F2	0.8375	0.505	2.3975	1.6675	1.8975	66.925	0.8325
R2S2F3	0.5875	0.4675	2.435	2.2975	2.3425	68.525	0.965
R2S2F4	0.5	0.4175	2.415	2.035	2.15	70.65	0.8725
R2S2F1	0.4725	0.3775	2.35	1.85	1.98	72.75	1.165
R2S2F2	0.39	0.2825	2.6725	1.9175	2.08	77.975	0.7075
R2S2F3	0.4675	0.3975	2.425	2.035	2.14	72.325	0.7175
R2S2F4	0.6175	0.46	2.845	1.9975	2.2175	69.6	0.3525
R2S3F1	0.62	0.5525	2.265	2.03	2.1	64.475	1.1125
R2S3F2	0.41	0.335	2.415	1.975	2.085	74.85	1.1625
R2S3F3	0.4325	0.355	2.485	2.0325	2.15	73.925	0.89
R2S3F4	0.4475	0.36	2.5375	2.0475	2.1775	73.525	0.76
R2S4F1	0.69	0.53	2.285	1.755	1.9325	65.9	1.08
R2S4F2	1.8975	0.6	2.415	1.5	1.7725	63.725	0.6875
R2S4F3	0.615	0.5	2.2975	1.865	2.0075	66.85	0.9775
R2S4F4	0.51	0.3625	2.78	1.9625	2.19	73.775	0.99
Med. Geral.	0.6559	0.5276	2.438	1.9834	2.0898	67.701	0.8125

Donde: DS\*\*\* = Existe Diferencia Significativa alta  
 DS\*\* = Existe Diferencia Significativa media  
 DS\* = Existe Diferencia Significativa baja  
 NS = No Existe Diferencia Significativa

#### 4.5.6.2. Relación parte aérea y raíz en peso seco PSA/PSR

Es un parámetro que no presenta diferencia significativa en ninguno de los factores principales y sus interacciones. Sin embargo, los riegos tienen una diferencia de 0.06, donde R1 es el que presenta un valor más balanceado entre ambas partes, por su estimulación en el crecimiento de la altura. Según el análisis de varianza y Tukey, cuadro 12 y anexo 16.

Observando los datos generales para todos los factores dan valores que favorecen al crecimiento radicular, sin embargo, entre ellos tienen el mismo efecto.

No existen DS, lo que quiere decir que la simetría de los efectos de distribución entre ambas partes para cualquiera de los factores que se estudiaron son iguales, pero no así, en la cantidad individualizada de cada parámetro para cada factor, aunque en algunos si, los cuales han sido analizados anteriormente.

#### 4.5.7. Reducción de peso verde a peso seco PV/PS

Es otro de los parámetros que se han incluido en la clasificación de calidad de plántulas, para la resistencia a la sequía en la plantación, este también es representado en porcentajes. Por lo que, si el cociente de reducción es menor, mucho mejor será la calidad de la plántula en cuanto a la resistencia de sequía, por requerir menos agua. Para este trabajo se considero el cociente de reducción en peso para la parte aérea, radicular y total.

##### 4.5.7.1. Reducción de peso verde aéreo a peso seco aéreo PVA/PSA

El análisis de varianza y Tukey representados en el anexo 17 y cuadro 12, demuestran la única diferencia entre los tipos de fertilizantes utilizados y no así, con los riegos, interacciones y substratos a pesar que estos últimos tienen una diferencia significativa de 0.086 % de error. Los cuales dan los siguientes resultados:

- Los fertilizantes F1, F2 y F3 con 2.2, 2.4 y 2.4 presentan mejores valores de reducción con los mismos efectos a comparación con 2.7 de F4.

Se puede concluir que la aplicación de cualquiera de los fertilizantes, osmocote, picomódulo o urea, pueden ser aplicados independientemente de los tipos de substratos, riegos y las interacciones; a pesar de no existir DS entre los substratos al 0.05 % de error, la germinaza y el atribuir que los

substratos turba y corteza de pino por su alta aereación existente son generadores de crecimiento radicular los cuales van a requerir mayor cantidad de agua entonces menos resistencia a la sequía, y entre los fertilizantes se puede usar cualquiera de ellos, por que F1 y F2 son de liberación controlada, entonces estos van a poder dotar nutrientes según la disponibilidad de agua, ya sea poca o abundante y la urea por la dotación mensual. Para los riegos cualquiera de ellos serviría para sobrevivir en la sequía; podríamos decir entonces que, si bien la distribución y cantidad del agua no es un factor determinante para definir cual de ellos tiene mejor peso, lo es en la sobrevivencia de ella, para efecto se recomienda realizar un estudio al respecto.

#### **4.5.7.2. Reducción de peso verde de raíz a peso seco de raíz PVR/PSR**

Según el anexo 18 y el cuadro 12, el análisis de varianza y Tukey, concluyen que no existen diferencias entre los riegos, substratos, fertilizantes y sus interacciones, teniendo así un mismo efecto de reducción en la raíz.

#### **4.5.7.3. Reducción de peso verde total y peso seco total PVT/PST**

Considerando siempre el anexo 19 y el cuadro 12, el análisis de varianza y Tukey arroja, que existen diferencias significativas entre los fertilizantes, y no así, en los tipos de riego y las interacciones, pero para los substratos existe una DS al 0.059 % de error, al cual no lo identifica Tukey al 0.05 %. Los resultados son como sigue:

- El F1 y F2 con valores de 2, presentan los mejores cocientes de reducción y un mismo efecto, seguido de F3 y F4 con 2.1 y 2.2 respectivamente con un mismo efecto.

Se concluye que cualquiera de los fertilizantes osmocote o picomódulo pueden ser usados para la producción de plántulas con mayor resistentes a la sequía, es muy claro que la planta con una mayor vigorosidad de nutrientes tendrá mayor resistencia, que aquella que no ha recibido estos nutrientes, independientemente del sistema de riego y los substratos, por lo que se demuestra una vez más que la fertilización en el suelo es determinante en su desarrollo general de plántula.

#### 4.5.8. Porcentaje de raíz en seco PSR/PSTx100

Este es un parámetro de calidad muy utilizado en la capacidad de enraizamiento de la plántula, para la absorción de nutrientes y anclado de la raíz al suelo, especialmente en los lugares con fines de protección contra la erosión. Por lo que a mayor porcentaje de raíz mejor será la calidad de la planta. El anexo 20 y el cuadro 12, ofrecen los resultados del análisis de varianza y Tukey, donde las DS presentan los tipos de riego, sustratos y fertilizantes, a pesar que Tukey no diferencia entre los sustratos en un 0.04 % de error. Por lo que tenemos los siguientes resultados:

- Entre los riegos R2 presenta un mayor porcentaje de raíces con 69.6 % contra 65.8 % de R1
- Entre los sustratos S2 y S3 presentaron mejores porcentajes con 70.4 y 70 %, seguidos de S4 y S1 con 65.3 y 65.2 %, de capacidad de enraizamiento, aún que Tukey no hace diferencia para estos.
- Entre los fertilizantes F4, F2 y F3 presentaron mejores efectos de enraizamiento con porcentajes medios trasladados de 71.7, 68.3 y 68.2 %, F1 con 62.6 % tienen los mismos efectos con F2 y F3, pero diferenciado de F4.

En conclusión, el riego manual y la utilización de los sustratos con corteza de pino o turba, con aplicación o no de fertilizantes de picomódulo o urea darán mejores resultados en el aumento del porcentaje de raíces en la plántula,

Se puede decir que el alto porcentaje de aereación en los sustratos, estimulan el crecimiento de la raíz y no ocurre así con la germinaza y el suelo de monte ya que estos presentan partículas más pequeñas reduciendo los espacios, y en cuanto a los fertilizantes se puede atribuir también a la aplicación y localización de los mismos, y de los riegos por la menor agua disponible en el sustrato también estimulan el crecimiento radicular en longitud y número de raíces. Confirmando de esta manera las afirmaciones y comprobaciones realizadas en PVR y PSR para el tipo de fertilizante y los riegos; como también para los sustratos en PVA.

#### 4.5.9. Índice de calidad de Dickson *et al.*

Este es otro indicador de calidad, donde relaciona conjuntamente otros parámetros; peso seco total entre el coeficiente de equilibrio altura/diámetro más el coeficiente de equilibrio en peso seco de la

parte aérea/radicular. Por lo que, este índice es otro coeficiente de equilibrio, entonces cuando más se acerque al valor de 1, mejor será el coeficiente balanceado.

El anexo 21 y cuadro 12, muestran en el análisis de varianza y Tukey, que existe diferencias significativas en los riegos y los fertilizantes, así también en los substratos, pero con un 0.059 % de error; sin embargo Tukey, da DS entre estos; lo que no ocurre con las interacciones. Los resultados que nos presentan son:

- El R2 presenta mejor balance con un coeficiente de 0.9 contra 0.7 del R1.
- Entre los substratos S4, S1 y S3 tienen los mismos efectos de equilibrio en la planta con coeficientes de 0.9, 0.8 y 0.8 respectivamente; seguido de S2 con 0.6, pero con un mismo efecto que S1 y S3.
- De la misma manera, entre los fertilizantes F1, F2 y F3, tienen los mismos efectos con 1, 0.8 y 0.8 respectivamente contra 0.7 de F4, sin embargo este último tiene las medias traslapadas con F2 y F3.

Se puede concluir, que con el uso del riego manual y cualquiera de los substratos suelo de monte, germinaza o turba y los fertilizantes osmocote o picomódulo y urea se obtendrán buenos resultados en el coeficiente de equilibrio de la plántula. Este índice de calidad nada más confirma todas las aseveraciones hechas para cada uno de los indicadores que utiliza en la fórmula. Así por ejemplo, como para el tipo de riego es influenciado por la relación H/D y no por el equilibrio entre los pesos secos por que no presentaron DS, entonces la relación anterior es determinante para este caso. Ya en los fertilizantes sucede al contrario, donde la relación determinante será entre los pesos y en los substratos serán las dos relaciones paramétricas. Por lo que llegarían a demostrar las afirmaciones hechas para cada una de estas.

## 4.6. DISCUSION GENERAL

### 4.6.1. Riegos

Según el cuadro general del anexo 22 se puede decir, que para los tipos de riego por aspersión o controlado (R1), más uniformes en la distribución de la platabanda con una cantidad constante por día de riego y la disponibilidad de agua es relativamente mayor que el riego manual o el testigo (R2). El resultado de las alturas es más influenciado por el sistema R1 que en el sistema R2; en los diámetros no hay diferencia significativa (DS), aún que en la cuarta medición existe DS favoreciendo a R2; por lo que en la relación de estos dos parámetros H/D el riego R2 es el mejor.

Sin embargo en los valores de PVA y PSA no tienen DS, por lo que se puede interpretar que estos dos parámetros se compensan en su peso para cada uno de los riegos; esto no ocurre con los valores de PVR y PSR que presentan DS favoreciendo a R2, por que este sistema de riego no tienen una mayor disponibilidad de agua, entonces las raíces tienden a buscar mayor área de absorción, los cuales se diferencian en su peso por el incremento de longitud y/o el número de raíces, esto es confirmado con el índice de

**Cuadro 13:** Resultados del número de parámetros con y sin efecto para los riegos.

Efecto	DF		NS
	R1	R2	
Parámetros de Índice de calidad	H	H/D	D
	—	PVR	PVA
	—	PSR	PVT
	—	Dickson	PSA
	—	% de raíz	PST
	—	—	PVA/PVR
	—	—	PSA/PSR
	—	—	PVA/PSA
	—	—	PVR/PSR
	—	—	PVT/PST
<b>Total</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>10</b>

porcentaje de raíces y los valores de las relaciones entre los pesos de ambas partes de la plántula a pesar que no muestran DS. El incremento en peso de la raíz hace también que se fortifique el D a la altura del cuello de la raíz, pero no tiene mucha influencia en los pesos totales de la planta por lo que no existe DS entre ellos. En la relación de Dickson et al, prácticamente confirma todo lo dicho anteriormente, el cual es muy influenciado por la relación H/D ya que en los demás parámetros que considera no hay DS. Por último los dos tipos de riego tienen el mismo efecto para la resistencia a la sequía.

De los 16 parámetros de índice de calidad utilizados y analizados al 5to mes en el presente estudio (ver cuadro 13), se observa que los efectos en los riegos son, 1 solo parámetro positivo para el riego por aspersión (R1), 5 para el riego manual o testigo (R2) y 10 son sin efecto, por tanto se puede sacar como conclusión dos versiones: a) que el riego manual presentó mejores resultados, por el mayor número de parámetros que el riego por aspersión y b) por el número de parámetros que no tuvieron efectos entre los tipos de riego considerados, lo que quiere decir que cualquiera de los dos puede ser utilizados en la producción de mayor calidad de las plántulas. Sin embargo, con un mejor regulado de la cantidad de agua disponible del riego por aspersión, se podría obtener tal vez mejores resultados que el manual, para lo cual es necesario realizar más estudios sobre el tema.

#### 4.6.2. Substratos

Según el cuadro general del anexo 22, considerando el factor substrato, se puede decir, que para la altura y el diámetro el suelo de monte, la germinaza o la turba tienen un mismo y mejor efecto en contra de la corteza de pino, los cuales son confirmados por el PVA y la relación PVA/PVR de la plántula, este efecto se atribuye a la corteza fresca, lo que hace que tenga mayores concentraciones de fitotoxinas, perjudicando el desarrollo de la plántula, también eran, de partículas mayores y más la incorporación de la perlita a la mezcla se introdujo mucho porcentaje de macroporos, provocando mayor desarrollo radicular en la búsqueda de nutrientes y el agua retenida, a esto se incluye también la turba, por ser el segundo substrato con partículas más grandes; los cuales son confirmados por el indicador de % de raíces y los valores de las relaciones entre los pesos, donde hay mayor influencia de la raíz que de la parte aérea en peso; al mismo tiempo el índice de Dickson también reafirma lo explicado anteriormente. Relacionan con el pH de las mezclas, observamos que todas los substratos son ligeramente alcalinos, por lo que tienen el mismo efecto que el testigo, para esto se sugiere que se aumente mayor porcentaje de materia orgánica y reducir la perlita para los substratos de mayor tamaño de partículas.

**Cuadro 14:** Resultados del número de parámetros con y sin efecto para los substratos.

Efecto	DF				NS
	S1	S2	S3	S4	
Parámetros de Índice de calidad	H	% de raíz	D	H	H/D
	D	—	PVA	D	PVR
	PVA	---	% de raíz	PVA	PVT
	PVA/PVR	---	Dickson	PVA/PVR	PSA
	Dickson	---	---	Dickson	PSR
	---	---	---	---	PST
	---	---	---	---	PSA/PSR
	---	---	---	---	PVA/PSA
	---	---	---	---	PVR/PSR
	---	---	---	---	PVT/PST
<b>Total</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>10</b>

Del cuadro 14 se puede concluir con dos versiones: a) los mejores substratos, con mayor número de parámetros son el suelo de monte (S4) y la germinaza (S1) con 5, seguidos por la turba (S3) con 4 y por último la corteza (S2) con 1, y b) por el mayor número de parámetros que quedaron sin efectos 10 (NS), se puede concluir que cualquier substrato puede ser usado en la producción de plántulas, sin embargo se sabe la importancia del pH en estos, por lo que es necesario continuar con la investigación, con nuevos porcentajes de mezcla, para regular las concentraciones de H<sup>+</sup>, convirtiendo al substrato ligeramente ácido pH 6, para tener así mayor asimilación de nutrientes, es decir mejor C/C.

#### 4.6.3. Fertilizantes

Según el cuadro general del anexo 22, entre los cuatro tipos de fertilizantes que se usaron, sin duda se observa que el osmocote (F1) es el mejor de todos los fertilizantes utilizados, la principal razón que se le puede dar es que este fertilizante se integra juntamente al substrato, para que de esta manera quedar totalmente distribuido en todo el contenedor, en comparación del picomódulo (F2) que su presentación es en forma de tableta, localizándose en un sector del contenedor, por lo que necesitaría primero entrar en contacto con el agua y después difundirse, al igual que la urea (F3) localizada en la superficie del substrato y aplicada cada mes, de tal manera surten menos efectos, sin embargo cabe recalcar que el productos del picomódulo tienen también fertilizantes que se pueden integrar al substrato, por lo que se convertiría en otro importante fertilizante, ya que este

también en algunos parámetros muestra los mismos efectos que el osmocote. Se puede observar que el fertilizante es un factor determinante en el desarrollo de la plántula ya que en la aplicación de estos se obtienen mejor crecimiento y grosor, por lo tanto más vigor lo que le hace mayor peso verde y seco, por consecuencia resistente a la sequía.

**Cuadro 15:** Resultados del número de parámetros con y sin efecto para los substratos.

Efecto	DF				NS
	F1	F2	F3	F4	
H	PVR	PVR	% de raíz	H/D	
D	PSR	PSR	—	PVA/PVR	
PVA	PST	PVA/PSA	—	PSA/PSR	
PVR	PVA/PSA	PVT/PST	—	PVR/PSR	
PVT	PVT/PST	% de raíz	—	—	
PSA	% de raíz	Dickson	—	—	
PSR	Dickson	—	—	—	
PST	—	—	—	—	
PVA/PSA	—	—	—	—	
PVT/PST	—	—	—	—	
Dickson	—	—	—	—	
<b>Total</b>	<b>11</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>1</b>	<b>4</b>

Observando el cuadro 15, se confirma lo descrito arriba donde el mejor fertilizante es el osmocote (F1) con 11 mejores parámetros desarrollados, seguido del picomódulo (F2) con 7, la urea (F3) con 6 y el testigo (F4) con uno, aquí se puede observar que hubo efectos diferenciados, por lo que los no significativos quedaron con 4 solamente.

## 5. CONCLUSIONES.

Las siguientes conclusiones se derivaron a partir de los objetivos propuestos en el capítulo de introducción, los cuales fueron cubiertos por los resultados obtenidos; cumpliendo satisfactoriamente la presente investigación.

1. De los 16 parámetros morfológicos utilizados en el análisis de calidad de las plántulas, para los factores de riegos, sustratos, fertilizantes y sus interacciones, se obtuvo lo siguiente:

- Diez indicadores no presentaron diferencias significativas para los dos tipos de riego, o sea sin efectos entre estos, lo que nos lleva a concluir que no existe diferencia entre el riego por aspersión y el riego manual.
- También diez índices no presentaron diferencias significativas en los cuatro tipos de sustratos comparados; lo que nos lleva a concluir, que no existen efectos diferenciados entre los cuatro sustratos.
- Para los fertilizantes, solo 4 no presentaron diferencias significativas para los cuatro tipos de fertilizantes utilizados, lo que lleva a concluir, que si existe efectos diferentes entre los fertilizantes.

2. Con respecto a la comparación de los tipos de riegos utilizados en el experimento, el sistema de riego manual o testigo presentó mejores parámetros morfológicos de calidad de plántulas, que el sistema de riego por aspersión, estas son:

- Menores cocientes de equilibrio de la relación altura y diámetro.
- Mayores valores en el peso verde de la raíz.
- Mayores valores en el peso seco de la raíz.
- Mayores valores en el porcentaje de raíz en seco.
- Mejores coeficientes de equilibrio de Dickson *et al.*

3. Con referencia a los sustratos, con solo suelo de monte (S4), la mezcla 25% de germinaza + 25% de perlita + 50% de suelo de monte (S1) y la combinación 25% de turba + 25% de perlita + 50% de suelo de monte (S3), presentaron los mismos efectos y mejores parámetros morfológicos de calidad de plántulas en la producción en vivero, estos son:

- Mayores valores en las alturas.
- Mayores valores de los diámetros.
- Mayores valores en el peso verde de la parte aérea de la plántula.
- Mejores coeficientes de equilibrio en la relación peso verde aéreo y peso verde radicular.
- Mejores coeficientes de equilibrio de Dickson *et al.*

4. La corteza de pino en estado fresco y partículas grandes, provocan un menor desarrollo de la parte aérea de las plántulas y mayor desarrollo de la raíz, seguramente por la presencia de fitotoxinas y mucha aireación, y según los parámetros utilizados es el que presenta menores resultados en la producción de plántulas de calidad.

5. Los porcentajes de materia orgánica en las mezclas de los sustratos no fueron suficientes para regular los pH de los sustratos, o sea la alcalinidad de estos, según experiencias explicadas por Carneiro, 1995.

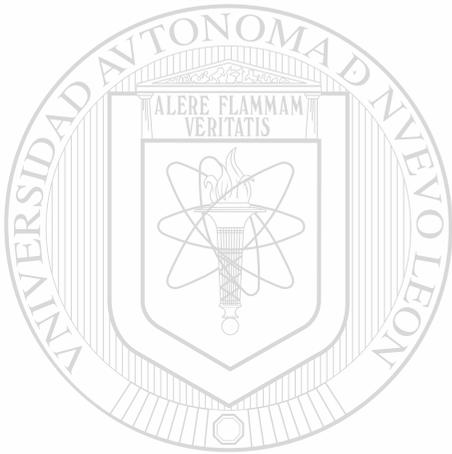
6. En la comparación de los diferentes fertilizantes en el experimento, el osmocote arrojó mejores resultados en los parámetros morfológicos de calidad de plántulas, estos son:

- Mayores valores en la altura.
- Mayores valores en el diámetro.
- Mayores valores en el peso verde de la parte aérea.
- Mayores valores en el peso verde la parte radicular.
- Mayores valores en el peso verde total de la plántula.
- Mayores valores en el peso seco de la parte aérea.
- Mayores valores en el peso seco de la parte radicular.
- Mejores cocientes de reducción de peso verde a peso seco aéreo.

- Mejores cocientes de reducción de peso verde a peso seco total.
- Mejor cociente de equilibrio de Dickson *et al.*

7. La fertilización en los sustratos es un factor determinante para mejorar la producción de plántulas de calidad en el vivero.

8. Los índices de calidad, basados en aspectos morfológicos deberán estar sustentados por los parámetros fisiológicos de la planta, para asegurar la sobrevivencia en la plantación definitiva.



# UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## 6. RECOMENDACIONES.

Se recomienda dar seguimiento al estudio en los próximos años en la fase de vivero y en la plantación definitiva, para comparar los análisis de vivero y campo, obteniendo así seguridad en las evaluaciones y resultados de los diferentes Índices de Calidad.

Se recomienda establecer un nuevo experimento, con la utilización de diferentes porcentajes de mezcla en los sustratos, considerando especialmente la materia orgánica y el tamaño de partículas, para poder obtener mejores resultados de calidad de las plántulas.

Para lo anterior, también se recomienda realizar un análisis de pH de las diferentes mezclas antes del repicado o la siembra, para regular la alcalinidad de los sustratos.

Es aconsejable probar nuevamente la comparación de los sistemas de riego con diferentes cantidades de agua disponible para la planta.

Es también muy recomendable realizar paralelamente un análisis económico de cada uno de los sistemas investigados.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## 7. BIBLIOGRAFIA

A.A. 1992. *La Promesa del Riego Moderno*. Revista de suscripción: Agricultura de las Américas, pp. 6-14

ABETZ, P. 1969. *Waldbauliche Versuche Mit Verschiedenen Pflanzensortimenten bei der Fichtenbestandsbegründung in Oberschwaben-versuchsprogramm und Erste Ergebnisse*. Allg. Forst- u. Jagztg. Frankfurt, v.146. pp. 197-205.

ALANÍS, F.G.J. 1991. *El Matorral del Noreste de México, como un Recurso Forrajero Potencial para el Ganado Caprino*. Reporte científico, No esp. 8, Facultad de Ciencias Forestales UANL, Linares, N.L., México. pp. 23.

ALARCON, B.M. 1992. *Influencia del Sustrato y la Fertilización sobre el Desarrollo de Pinus durangensis Mtz., en Invernadero*. Revista Ciencia Forestal en México. Vol 17. Nro. 71. INIFAP- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. División Forestal. D.F., México. Pp 27-61.

ALDHOUS, J.R. 1975. *Nursy Practce*. For. Comm. Bull., London, n.43, pp. 1-184.

ANSTEY, C. 1971. *Survival and Growth of 1/0 Radiata Pine Seedlings*. New Zealand J. For., Wellington, v.16. pp. 77-81.

AÑEZ, B.; TAVIRA, E. y FIGUEREDO, C. 1995. *Producción de Plántulas de Parchita Maracúya en Substratos de Diferente Composición*. Revista Forestal Venezolana. Mérida, Venezuela. 39-2: pp. 9-18.

CARNEIRO, A.J.G. 1976. *Determinacao do Padrao de Qualidade de Mudas de Pinus taeda L. Para plantio definitivo*. Curitiba70 f. (Mestrado em Engenharia Florestal). Setor de Ciencias Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

CARNEIRO, A.J.G. 1991. *Efeitos de Tipos de Recipientes e Substratos no Desenvolvimento de Pinus taeda en Viveiros*. In: Simpósio Internacional del desafio das florestas neotropicais. Universidad Federal do Paraná. Curitiba, P.R., Brasil. pp. 101-106.

CARNEIRO, A.J.G. 1995. *Producao e Controle de Qualilade de Mudas Florestais*. Universidade Federal do Paraná (UFPR), Universidade Estatal do Norte Fluminense (UENF) e Fundacao de Pesquisas Florestais do Paraná (FUPEF). Curitiba, P.R., Brasil.

- AWANSON, B.T.. 1989. *Critical Physical Properties of Container Media*. American Nurseryman. 169(11), pp. 59-63.
- BARROS, N.F.; BRANDIS, R.M. e REIS, M.S. 1978. *Efeitos de Recipientes na Sobrevivencia e no crescimento de Eucalyptus spp.* Revista Arvore, Vicosa, v.2 n.2. pp 141-151.
- BAULE, H.. *sla. Más: Supervivencia, Crecimiento, Vigor, Floración y Producción; con Módulos Fertilizante*. Química Foliar, S.A. de C.V./JQF. Parque Industrial Naucalpan, Edo. De México. pp. 30-63.
- BELLE, S. e KAMPF, A.N. 1993. *Producao de mudas de Maracuyá Amarelo em Substratos a Base de Turbfa*. Pesquisa Agropecuaria. Brasilia, Brasil. 28: pp. 385-390.
- BENSON, L. and DARROW, R.A..1981. *Trees and Shurubs of the Southwestern Deserts*. The University of Arizona Press, Arizona, USA. pp. 154,155.
- CAMACHO, C.O.; DEL VALLE, P.D.H. y RUELAS, A.G.A. 1992. *Statistical Analysis System*. Capitulo 7. Jalisco, Guadalajara, México. pp. 115-154.
- CARLSON, L.W.. 1983. *Guidelines for Rearing Containerized Conifer seedling in the Prairie Provinces*. Inf. Rep. NOR-X-214E. Edmonton, Alberta: Canadian Forestry Service, Northern Forest research Centre. pp. 64.
- DAVIDSON, H. And OLNEY, A. 1964. *Clonal and Sexual Differences in the Propagation of Taxus*. Proc. Inter. Plant Propagation Soc. 14:1 pp. 56-62.
- DEICHMANN, Vollrat von. 1967. *Nocoos sobre Sementes e Viveiros Florestais*. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, P:R.; Brasil. 196 pp..
- DICKSON, A.; LEAF, A.L. and HOSNER, J.F. 1960. *Seedling Quality-Soil Fertility Relationship of White Spruce and Red and White Pine in Nurseries*. For. Chron., Ontario, v.36. pp. 237-241.
- DICKSON, A.; LEAF, A.L. and HOSNER, J.F. 1960. *Quality Appraisal of White Spruce and White Pine Seedling Stock in Nurseries*. Forestry Chron., Ontario, v.36. pp. 10-13.
- DRIESSCHE, R. Van den. 1984. *Soil Fertility in Forest Nurseries*. In: DURYEA, M.L.; LANDIS, T.D. (Eds.). Forest Nursery Manual: Production of Bareroot Seedling. Corvallis: Nursery Technology Cooperative/USDA. For Serv.. pp. 63-74.
- ELAM, W.W.; HODGES, J.D. and MOORHEAD, D.J.. 1981. *Production of Containerized Southern red Oaks and their Performance after Outplanting*. In: *Southern Containerized Forest Tree Seedlings Conferense*. Savannah, Georgia, and New Orleans, Southern Forest Experiment Station, 1982. Pp. 115,116. (USA For. Serv. Gen. Tech. Rep. SO-37).

- EVISON, R. J. 1977. *Propagation clematis*. Proc. Inter. Plant Prop. Soc. 27:436-40.
- FOREST SERVICE. 1961. *Handbook on Soils*. Washington, D.C., USA. 296 pp..
- FOROUGHBAKHCH, R.P. y PEÑALOSA, R.W. 1988. *Introducción de 10 Especies Forestales en el Matorral del Noreste de México*. Reporte Científico Nro. 8. Facultad de Ciencias Forestales UANL, Linares, N.L., México, pp.33.
- GERMINAZA. s/a. *Material para Siembra en Invernadero*. Tríptico de: GERMINAZA, S.A. de C.V. Colima, Jalisco, Guadalajara, México.
- GOODWIN, O.C.; BRENNEMAN, D.L. and BOYETTE, W.G.. *Container seedling survival and growth: Pine and Hardwood*. In: *Southern Containerized Forest Tree Seedlings Conference*. Savannah, Georgia, and New Orleans, Southern Forest Experiment Station, 1982. Pp. 125-131. (USA For. Serv. Gen. Tech. Rep. SO-37).
- GRACE and SIERRA. 1992. *Sierra: controlled Release Fertilizer. Osmocote, Fertilizante de Liberación Controlada: Major and Minors in One*. Tríptico de: Grace-Sierra Horticultural Products Company. USA.
- HANDRECK, K.A. and BLACK, N.D. 1984. *Growing Media for Ornamental Plants and Turf*. Kensington, NSW, Australia: New South Wales University Press. Pp. 401.
- HARLASS, S.. 1984. *Uncover answers to Media Guessing game*. *Greenhouse Manager*, 3(5): pp. 102-107. USA.
- HARTMANN, H.T. y KESTER, D.E.. 1995. *Propagación de Plantas. Principios y Prácticas*. Editorial Continental, S.A. de CV. Cuarta reimpresión. D.f., México.
- HEISEKE, D. y FOROUGHBAKHCH, R. 1985. *El Matorral como Recurso Forestal*. Reporte científico Nro.1. Facultad de Ciencias Forestales, UANL, Linares, N.L., México. pp. 31.
- HESSAYON, D.G. 1994. *Césped. Manual de Cultivos y Conservación*. Editorial Blume, S.A. Traducida al español. Barcelona, España. pp. 35.
- HFF. 1997. *Producción de Plántulas en Invernadero*. Revista, Hortalizas, Frutas y Flores, Rev. Mensual de Mayo. Editorial Año Dos Mil, S.A. México. pp. 8-14.
- IGLESIAS, G.L. y ALARCON, B.M.. 1994. *Preparación de Substratos Artificiales para la Producción de Plántulas en Vivero*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias INFAP. Tema Didáctico Nro 1. Cuauhtémoc, Chihuahua, México.

- IGLESIAS, G.L. y ALARCON, B.M.. 1997. *Substratos Artificiales para Invernaderos*. Para Producción de Plantas para Hortalizas. Revista, Hortalizas, Frutas y Flores. Mensual de mayo. Editorial Año Dos Mil, S.A. México. pp. 26-31.
- JOHNSON, J.D. and CLINE, M.L. 1991. *Seedling Quality of Southern Pines*. In: Duryes, M.L. & Dougherty, P.M. Dougherty (eds), *Forest Regeneration Manual*. Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands. pp. 143-159.
- JOINER, J.N. y CONOVER, C.A.. 1965. *Characteristics Affecting Desirability of Various Media Components for Production of Container-Grown Plants*. Proceedings of the Soil and Crop Science Society of Florida, USA. 25: pp. 320-328.
- LANDIS, D.L.. 1995. *Notas Sobre Viveros Forestales. Mejorando el Cultivo en Bolsas de Polietileno para viveros redituables*. Traducido al español por Guerrero, V. P. Centro de Forestación de Las Américas CEFORA en la Universidad Estatal de Nuevo México, USA. pp. 5-7.
- LIMSTROM, G.A. 1963. *Forest Planting Practice in the Central States*. Agriculture Handbook, Washington, D.C.. USDA, For. Serv. , n.247. pp.1-69.
- LOCATELLI, M. co et al. 1984. *Efeitos de Formas de Nitrogenio sobre o crescimento e composicao mineral de mudas de eucalipto*. Revista Arvore, v.8, n.1. Vicosa, Brasil. pp. 53-69.
- LOFTUS JR.,N.S. 1975. *Response of yellow-poplar seedlings to simulated drought..* Res. Note. SO. USDA. For. Serv. New Orleans, n.194. pp. 1-3.
- LOPEZ, A.R.. 1997. *Apuntes del Curso de Silvicultura*. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, N.L., México.
- LOPEZ, A.R. 1992. *Recreación Areas Protegidas y Fauna Silvestre*. Quinta Conferencia de los Estados Fronterizos México/EUA Septiembre 17-19. Las Cruces, Nuevo México, EUA. pp.78.
- LOPEZ, R.J. y LOPEZ, M.J.. 1985. *El Diagnostico de Suelos y Plantas. Métodos de Campo y Laboratorio*. 4ta edición. Ediciones Mundi.Prensa. Madrid, España.
- MANZANO, M.G.F.. 1997. *Procesos de Desertificación Asociados a Sobrepastoreo por Caprinos en el Matorral Espinoso de Linares, N.L.* Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Forestales UANL. México.
- McGILVRAY, J.M. and BARNETT, J.P. 1981. *Relating Seedling Morphology to Field Performance of Containerized Southern Pines*. Separata de: Souuuthern Containerized Forest Tree Seed Conference, Savannah, 1981. Proceedings. New Orleans: USDA, For. Serv. Forest Experiment Station. pp. 39-46.

- MARQUES, L.C. e YARED, J.A.G. 1984. *Crecimiento de Mudas de Didymopanax morototoni (Aublet.) Dcne (morototo) em Viveiros e Diferentes Misturas de Solo*. In: Simpósio Internacional, Métodos de Producao e Controle de Qualidade de Sementes e Mudas Florestais (Curitiba, 1984). Métodos de Producao e Controle de Qualidade de Sementes e Mudas Florestais. Universidade Federal do Paraná/FUPEF, Curitiba, P.R., Brasil. pp. 149-163.
- MAY, J.T.. 1984. *Basic Concepts of Soils Management*. In: Southern Pine Nursery Handbook. (S.1): USDA. For. Serv., Southern Reigion. Cap. 1, pp. 1-25.
- MAYER, H. 1977. *Waldbau: Aufsoziologisch-oekologische Grundlage*. Stuttgart: Gustav Fischer. pp.482.
- MILKS,R.R.; FONTENO, W.C. and LARSON, R.A.. 1989. *Hidrology of Horticultural substrates: III: Predicting Air and Water Content of Limited-Volumen Plung Cells*. Journal of the American Society for Horticultural Science. USA. 114(1), pp. 57-61.
- NAVAR, CH.J.J. 1996. *Apuntes de: Métodos Estadísticos y Experimentación Forestal*. Curso modular de: Estadística, Probabilidad, Métodos Estadísticos y Experimentación Forestal. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, N.L., México.
- NAVAR, J. 1986. *Aspectos Hidrológicos Importantes del Terreno Universitario de Linares, N.L.* Trabajo de investigación, Facultad de Ciencias Forestales, UANL, Linares, N.L., México.
- 
- OBREZA, A.A.. 1992. *El agua en el suelo. Como las características físicas del suelo determinan el comportamiento del agua en el mismo*. Revista de suscripción: Agricultura de la Américas, Nro 5, pp. 16-18.
- ORTIZ, V.B. y ORTIZ, S.C.A. 1984. *Edafología*. 4ta edición. Universidad Autónoma de Chapingo. Suelos. Chapingo, México.
- PAWSEY, C. K. 1972. *Survival and Early development of Pinus radiata as influenced by size of planting stock..* Aust. For. Res., Camberra, East Melbourne, v.5. pp. 13-24.
- PRITCHETT, W.L.. 1986. *Suelos Forestales. Propiedades, Conservación y Mejoramiento*. Editorial Limusa, S.A. de C.V.. Primera edición. D.F., México. pp. 129-148.
- PUSTJARVI, V. and ROBERTSON, R.A.. 1975. *Physical and Chemical Properties*. In: Peat in Horticulture. London: Academic Press. Pp. 170.

- Q.F.. s/a. *Módulos Fertilizantes de Liberación Controlada. Mayor supervivencia, Crecimiento, Vigor, Floración y Producción*. Tríptico de: Química Foliar, S.A. de C.V. Parque Industrial Naucalpan. Edo. de México.
- RICHTER, J. 1971. *Das Umsetzen von Douglasien in Kulturstadium*. Allg. Forst- u. Jagdztg., Frankfurt, v.142. pp. 63-69.
- RODRIGUEZ, S.; GONZALEZ, F.M. y MARTINEZ, G.J.A.. 1988. *Arboles y Arbustos del Municipio de Marin*. Temas Didácticos Nro. 2. Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León. Marin, N.L., México. pp. 22, 23.
- SCHMIDT-VOGT, H. 1970. *Rationalisierung der Forstkultur Durch Verwendung von Grosspflanzen*. Allg. Forstzeitschrift., Munique, v.10, pp. 195-200.
- SCHMIDT-VOGT, H. and GURTH, P. 1969. *Eigenschaften von Forstpflanzen und Kulturerfolg-II. Mitteilung: Auspflanzungsversuche mit Fichten- und Kieferpflanzen Verschiedener Grossen und Durchmesser*. Allg. Forst- u. Jagdztg., Frankfurt, v.140, n.6. pp. 132-142.
- SCHMIDT-VOGT, H. and GURTH, P. 1977. *Eigenschaften von Forstpflanzen und Kulturerfolg-I. Mitteilung: Auspflanzungsversuche mit Fichten- und Kieferpflanzen Verschiedener Grossen und Durchmesser*. Allg. Forst- u. Jagdztg., Frankfurt, v.148. pp. 145-157.
- SCHMIDT-VOGT, H. 1966. *Wachstum und Qualitaet von Forstpflanzen*. 2 ed. Munique: Bayerischer Landwirtschaftsverlag. pp. 210.
- SIMOES, J.W.. 1968. *Métodos de Producao de Mudras de Eucalipto*. Tese de Doutorado. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de Sao Paulo. Piracicaba, S.P., Brasil.
- SNEDECOR, G.W. y COCHRAN, W.G., 1982. *Métodos Estadísticos*. Editorial Continental, S.A. de C.V.. Novena Impresión. D.F. México. pp. 419-467.
- SOUTH, D.B.; ZWOLINSKI, J.B. and DONALD, D.G.M. 1993. *Interactions Among Seedling Diameter Grade, Weed Control and Soil Cultivation for Pinus radiata in South Africa*. Can. J. For. Res. Ottawa, v.23. pp. 179-192.
- SPP-INEGI. 1986. *Síntesis Geográfica del Estado de Nuevo León*. México. pp. 170.
- STURION, J.A.. 1980. *Influencia do Recipiente e do Método de Semeadura na Formacao de Mudras de Schizolobium scabrella (Vellozo) Blake-Fase de Viveiro*. Boletim de Pesquisa EMBRAPA/URPFCS, n.1. Brasil. pp. 89-100.

SUN GRO. s/a. *Shunshine. Profesional Peat Moss. Sphagnum Select Canadian*. Tríptico de: SUN GRO HORTICULTURE INC. Bellevue, Canada.

TERMOLITA. s/a. *Hortiperf. Ayuda a sus plantas a crecer frondosas, sanas y fuertes (Perlita)*. Tríptico de: TERMOLITA, S.A. Monetrey, Nuevo León, México.

TISDALE, S.L. y NELSON, W.L. 1982. *Fertilidad de los Suelos y Fertilizantes*. Editorial Hispano Americana, S.A. de C.V.. Primera edición en español. D.F., México.

VINES, R.A.. 1980. *Trees of East Texas*. University of Texas Press, Austin. Texas, USA. pp. 121-124.

VINES, R.A.. 1984. *Trees, Shrubs, and Woody Vines of the Southwest*. University of Texas Press, Austin. Texas, USA. pp. 203, 204.

WAKELEY, P.C.. 1954. *Planting the Southern Pines*. Agriculture Monograph, Washington, D.C., USA.n.18, pp. 1-233.

WALPOLE, R. E. Y MYERS, R.H. 1992. *Probabilidad y Estadística*. Tercera edición en español. Editores McGraw.Hill/Interamericana de México, S.A. de C.V. D.F., México. pp. 578-587.

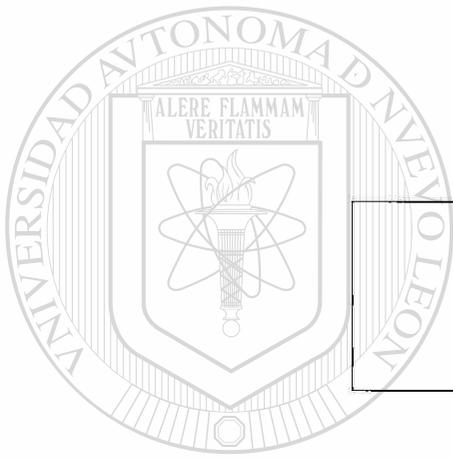
WARKENTIN, B.P. 1984. *Physical Properties of Forest-Nursery Soils: Relation Seedling Growth*. In: DURYEA, M.; LANDIS, T.L. (Eds.). *Forest Nursery Manual: Production of Bareroot Seedlings*. Corvallis: Nursery Thchnology Cooperative/USAD. For Serv., pp. 53-61.

ZIMMERMAN, J.D. 1981. *El riego*. Sexta impresión. Editorial Continental, S.A. D.F., México. pp. 183-203.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



**A N E X O S**

UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## LISTA DE ANEXOS

<b>Anexos</b>	<b>Páginas</b>
1. Combinación de los diferentes factores y número de individuos	84
2. Modelo estadístico de tres factores y su distribución espacial	85
3. Diseño en el vivero. Experimento factorial de tres factores 4 x 4 x 2 en bloques completamente aleatorios.	86
4. Planilla de levantamiento de datos de la altura y diámetro	87
5. Planilla de levantamiento de datos para los pesos de las plántulas	88
6. ANVA de las alturas	89
7. ANVA de los diámetros	90
8. ANVA de la relación altura y diámetro	91
9. ANVA del peso verde aéreo	92
10. ANVA del peso verde de la raíz	92
11. ANVA del peso verde total	92
12. ANVA del peso seco aéreo	93
13. ANVA del peso seco de la raíz	93
14. ANVA del peso seco total	93
15. ANVA de la relación de peso verde aéreo y peso verde de la raíz	94
16. ANVA de la relación de peso seco aéreo y peso seco de la raíz	94
17. ANVA de reducción de peso verde aéreo a peso seco aéreo	95
18. ANVA de reducción de peso verde de la raíz a peso seco de la raíz	95
19. ANVA de reducción de peso verde total a peso seco total	95
20. ANVA del porcentaje de raíz	96
21. ANVA del Índice de Calidad de Dickson et al.	96
22. Cuadro general del Análisis de Varianza y prueba de Tukey de los parámetros de Índice de Calidad del experimento	97

**Anexo 1:** Combinación de los diferentes factores y número de individuos.

RIE GO	MEZCLA DE SUSTRATO	FERTILIZANTES RADICULARES	COMBINACIO. TRATAMIEN.	REPETI. <sup>1</sup>		SUB TOTAL
				RxT	RxB	
R1 A S P E R S I O N	S1 SUELO DE MONTE GERMINAZA PERLITA	F1 = OSMOCOTE	T1 = R1S1F1	X 10	X 4	40 INDIV.
		F2 = PICOMODULOS	T2 = R1S1F2	X 10	X 4	40 INDIV.
		F3 = UREA	T3 = R1S1F3	X 10	X 4	40 INDIV.
		F4 = SIN FERTILIZANTE(T)	T4 = R1S1F4	X 10	X 4	40 INDIV.
	S2 SUELO DE MONTE CORTEZA DE PINO PERLITA	F1 = OSMOCOTE	T5 = R1S2F1	X 10	X 4	40 INDIV.
		F2 = PICOMODULOS	T6 = R1S2F2	X 10	X 4	40 INDIV.
		F3 = UREA	T7 = R1S2F3	X 10	X 4	40 INDIV.
		F4 = SIN FERTILIZANTE(T)	T8 = R1S2F4	X 10	X 4	40 INDIV.
	S3 SUELO DE MONTE TURBA PERLITA	F1 = OSMOCOTE	T9 = R1S3F1	X 10	X 4	40 INDIV.
		F2 = PICOMODULOS	T10 = R1S3F2	X 10	X 4	40 INDIV.
		F3 = UREA	T11 = R1S3F3	X 10	X 4	40 INDIV.
		F4 = SIN FERTILIZANTE(T)	T12 = R1S3F4	X 10	X 4	40 INDIV.
	S4 SUELO DE MONTE (TESTIGO)	F1 = OSMOCOTE	T13 = R1S4F1	X 10	X 4	40 INDIV.
		F2 = PICOMODULOS	T14 = R1S4F2	X 10	X 4	40 INDIV.
		F3 = UREA	T15 = R1S4F3	X 10	X 4	40 INDIV.
		F4 = SIN FERTILIZANTE(T)	T16 = R1S4F4	X 10	X 4	40 INDIV.
R2 M A N U A L (T)	S1 SUELO DE MONTE GERMINAZA PERLITA	F1 = OSMOCOTE	T17 = R2S1F1	X 10	X 4	40 INDIV.
		F2 = PICOMODULOS	T18 = R2S1F2	X 10	X 4	40 INDIV.
		F3 = UREA	T19 = R2S1F3	X 10	X 4	40 INDIV.
		F4 = SIN FERTILIZANTE(T)	T20 = R2S1F4	X 10	X 4	40 INDIV.
	S2 SUELO DE MONTE CORTEZA DE PINO PERLITA	F1 = OSMOCOTE	T21 = R2S2F1	X 10	X 4	40 INDIV.
		F2 = PICOMODULOS	T22 = R2S2F2	X 10	X 4	40 INDIV.
		F3 = UREA	T23 = R2S2F3	X 10	X 4	40 INDIV.
		F4 = SIN FERTILIZANTE(T)	T24 = R2S2F4	X 10	X 4	40 INDIV.
	S3 SUELO DE MONTE TURBA PERLITA	F1 = OSMOCOTE	T25 = R2S3F1	X 10	X 4	40 INDIV.
		F2 = PICOMODULOS	T26 = R2S3F2	X 10	X 4	40 INDIV.
		F3 = UREA	T27 = R2S3F3	X 10	X 4	40 INDIV.
		F4 = SIN FERTILIZANTE(T)	T28 = R2S3F4	X 10	X 4	40 INDIV.
	S4 SUELO DE MONTE (TESTIGO)	F1 = OSMOCOTE	T29 = R2S4F1	X 10	X 4	40 INDIV.
		F2 = PICOMODULOS	T30 = R2S4F2	X 10	X 4	40 INDIV.
		F3 = UREA	T31 = R2S4F3	X 10	X 4	40 INDIV.
		F4 = SIN FERTILIZANTE(T)	T32 = R2S4F4	X 10	X 4	40 INDIV.
<b>T O T A L</b>						<b>1280 IND.</b>

1 Repeticiones por tratamiento y por bloques.

## Anexo 2: Modelo estadístico de tres factores y su distribución espacial

## MODELO FACTORIAL:

$$Y_{ijkl} = u + R_i + S_j + F_k + (RS)_{ij} + (RF)_{ik} + (SF)_{jk} + (RSF)_{ijk} + E_{ijkl}$$

R, S, F = EFECTOS PRINCIPALES

RS, RF, SF = EFECTOS DE INTERACCIÓN DE DOS FACTORES

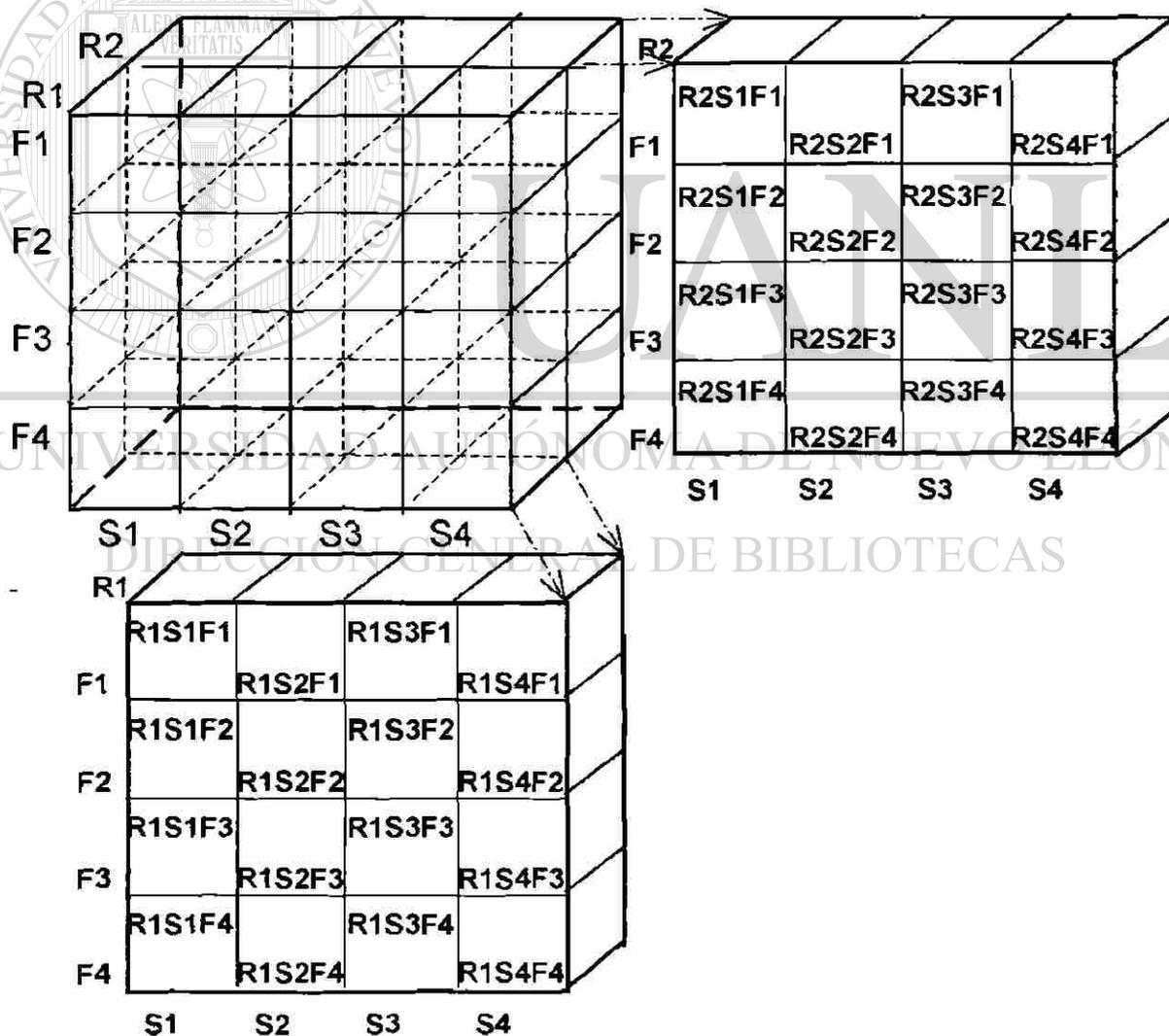
RSF = EFECTOS DE INTERACCIÓN DE TRES FACTORES

PARA:

R = RIEGOS = 2 SISTEMAS DE RIEGO

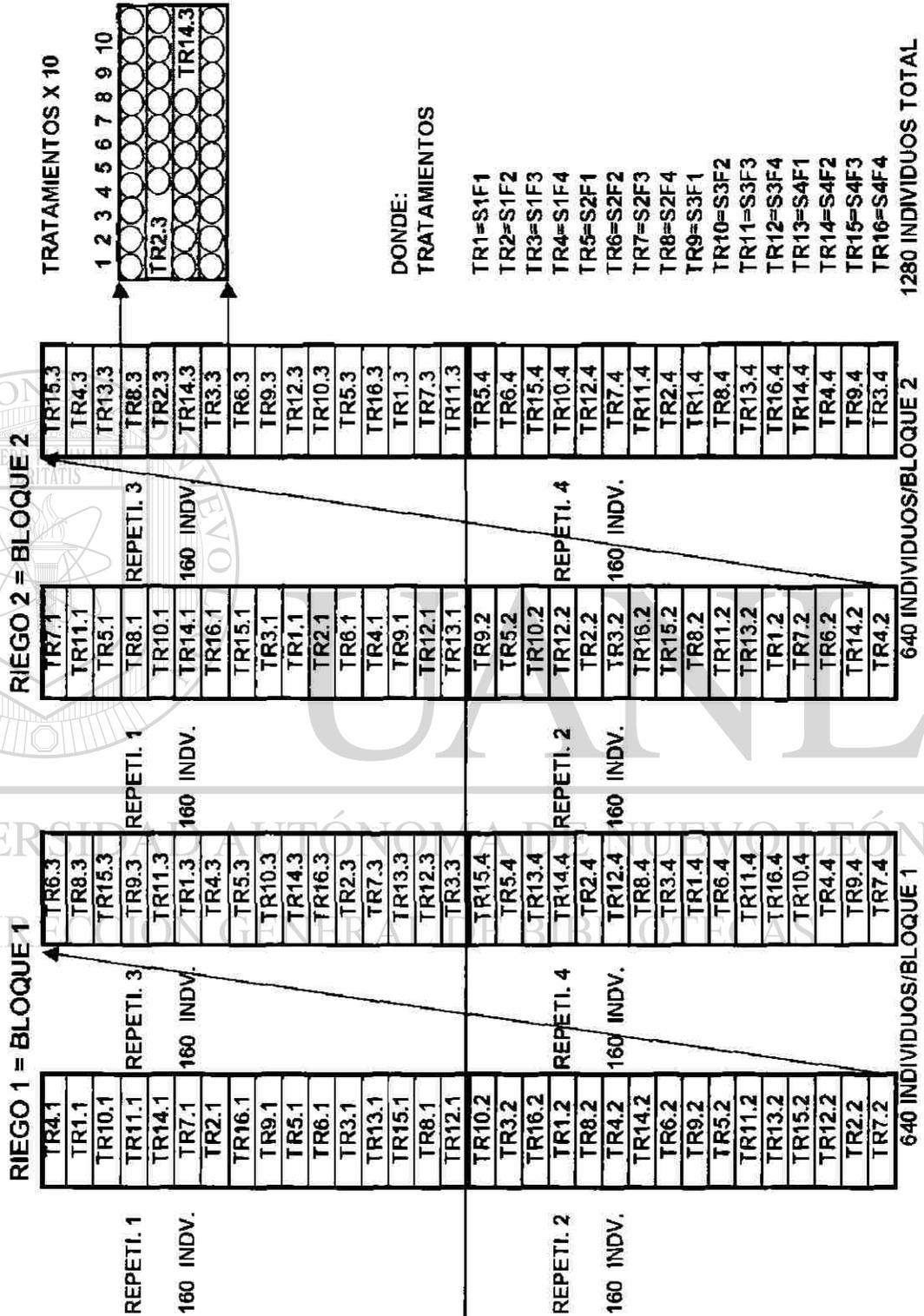
S = SUSTRATOS = 4 TIPOS DE SUSTRATOS

F = FERTILIZANTES = 4 TIPOS DE FERTILIZANTES



Anexo 3: Diseño en el vivero. Experimento Factorial de tres Factores 4x4x2 en Bloques Completamente Aleatorios

**DISEÑO EXPERIMENTAL EN CAMPO - BLOQUES COMPLETAMENTE ALEATORIOS**





Anexo 5: Planilla de levantamiento de datos para los pesos de las plántulas

**RIEGO POR ASPERSION**

FECHA: MEDICION DE PESO

Tra	REPETICION 1			REPETICION 2			REPETICION 3			REPETICION 4			MEDIAS		
	PVA	PVR	PST	PVA	PVR	PST									
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															
11															
12															
13															
14															
15															
16															

**RIEGO MANUAL**

FECHA: MEDICION DE PESO

Tra	REPETICION 1			REPETICION 2			REPETICION 3			REPETICION 4			MEDIAS		
	PVA	PVR	PST	PVA	PVR	PST									
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															
11															
12															
13															
14															
15															
16															

## ANEXO 6

## Análisis de Varianzas de alturas

Anexo 6a: ANVA de altura, medición 1					
Fuente	GI	SQ	QM	Fcal.	Pr>F
R	1	0.393828	0.393828	0.42	0.518
S	3	133.1465	44.38216	47.44	0.0001
F	3	223.479	74.49299	79.63	0.0001
R*S	3	2.815234	0.938412	1	0.395
R*F	3	0.933984	0.311328	0.33	0.8016
S*F	9	52.1507	5.794523	6.19	0.0001
R*S*F	9	2.088203	0.232023	0.25	0.9861

Anexo 6b: ANVA de altura, medición 2					
Fuente	GI	SQ	QM	Fcal.	Pr>F
R	1	136.7445	136.7445	28.95	0.0001
S	3	572.9246	190.9749	40.43	0.0001
F	3	1454.557	484.8524	102.6	0.0001
R*S	3	18.06523	6.021745	1.27	0.2874
R*F	3	52.64148	17.54716	3.71	0.0141
S*F	9	313.5507	34.83897	7.38	0.0001
R*S*F	9	22.30758	2.47862	0.52	0.8534

Anexo 6c: ANVA de altura, medición 3					
Fuente	GI	SQ	QM	Fcal.	Pr>F
R	1	138.1953	138.1953	6.5	0.0124
S	3	936.9775	312.3258	14.68	0.0001
F	3	1658.566	552.8554	25.99	0.0001
R*S	3	31.38344	10.46115	0.49	0.6888
R*F	3	46.96094	15.65365	0.74	0.5332
S*F	9	589.4875	65.49861	3.08	0.0028
R*S*F	9	143.7128	15.96809	0.75	0.6618

Anexo 6d: ANVA de altura, medición 4					
Fuente	GI	SQ	QM	Fcal.	Pr>F
R	1	406.8378	406.8378	15.41	0.0002
S	3	1467.573	489.1909	18.53	0.0001
F	3	2487.183	829.0609	31.41	0.0001
R*S	3	99.42906	33.14302	1.26	0.2941
R*F	3	58.52031	19.50677	0.74	0.5313
S*F	9	846.9916	94.11017	3.57	0.0007
R*S*F	9	128.5828	14.28698	0.54	0.841

Anexo 6d: ANVA de altura, medición 5					
Fuente	GI	SQ	QM	Fcal.	Pr>F
R	1	577.5751	577.5751	21.19	0.0001
S	3	1620.983	540.3278	19.82	0.0001
F	3	3944.343	1314.781	48.23	0.0001
R*S	3	40.89648	13.63216	0.5	0.6831
R*F	3	116.0459	38.68195	1.42	0.242
S*F	9	726.2095	80.68994	2.96	0.0038
R*S*F	9	173.3063	19.25626	0.71	0.7017

## ANEXO 7

## Análisis de Varianzas de diámetros

Anexo 7a: ANVA de diámetro, medición 1					
Fuente	GI	SQ	QM	Fcal.	Pr>F
R	1	0.00781	0.00781	1.02	0.315
S	3	0.31094	0.10365	13.54	0.0001
F	3	0.72781	0.2426	31.69	0.0001
R*S	3	0.00844	0.00281	0.37	0.7767
R*F	3	0.02156	0.00719	0.94	0.4251
S*F	9	0.24844	0.0276	3.61	0.0007
R*S*F	9	0.01969	0.00219	0.29	0.9772

Anexo 7a: ANVA de diámetro, medición 2					
Fuente	GI	SQ	QM	Fcal.	Pr>F
R	1	0.01758	0.01758	0.71	0.4021
S	3	3.15773	1.05258	42.41	0.0001
F	3	5.06336	1.68779	68.01	0.0001
R*S	3	0.06086	0.02029	0.82	0.4873
R*F	3	0.08523	0.02841	1.14	0.3351
S*F	9	1.37445	0.15272	6.15	0.0001
R*S*F	9	0.08008	0.0089	0.36	0.9518

Anexo 7a: ANVA de diámetro, medición 3					
Fuente	GI	SQ	QM	Fcal.	Pr>F
R	1	0.2032	0.2032	2.5	0.1174
S	3	3.86711	1.28904	15.84	0.0001
F	3	7.45961	2.48654	30.55	0.0001
R*S	3	0.05961	0.01987	0.24	0.8653
R*F	3	0.17086	0.05695	0.7	0.5544
S*F	9	1.90133	0.21126	2.6	0.01
R*S*F	9	0.40008	0.04445	0.55	0.8372

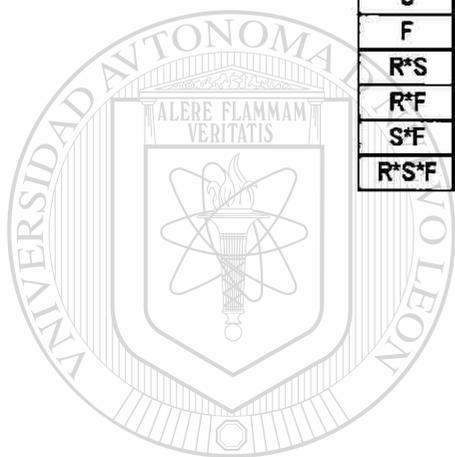
Anexo 7a: ANVA de diámetro, medición 4					
Fuente	GI	SQ	QM	Fcal.	Pr>F
R	1	0.43945	0.43945	3.98	0.0488
S	3	4.41023	1.47008	13.32	0.0001
F	3	10.7827	3.59424	32.57	0.0001
R*S	3	0.40711	0.1357	1.23	0.3031
R*F	3	0.21836	0.07279	0.66	0.5789
S*F	9	2.2107	0.24563	2.23	0.0266
R*S*F	9	0.82383	0.09154	0.83	0.5905

Anexo 7a: ANVA de diámetro, medición 5					
Fuente	GI	SQ	QM	Fcal.	Pr>F
R	1	0.2032	0.2032	1.19	0.278
S	3	7.49398	2.49799	14.63	0.0001
F	3	16.0121	5.33737	31.27	0.0001
R*S	3	0.41148	0.13716	0.8	0.4949
R*F	3	0.21961	0.0732	0.43	0.7328
S*F	9	2.9557	0.32841	1.92	0.0574
R*S*F	9	0.40445	0.04494	0.26	0.9828

## ANEXO 8

**Análisis de Varianzas de relación altura/diámetro**  
(coeficiente de equilibrio)

Anexo 8: ANVA de H/D					
Fuente	GI	SQ	QM	Fcal.	Pr>F
R	1	0.34031	0.34031	0.07	0.7932
S	3	64.6409	21.547	4.37	0.0062
F	3	297.828	99.2759	20.15	0.0001
R*S	3	17.9034	5.96781	1.21	0.3098
R*F	3	10.3378	3.44594	0.7	0.5546
S*F	9	36.6509	4.07233	0.83	0.5932
R*S*F	9	6.84844	0.76094	0.15	0.9976



# UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

**ANEXO 9****Análisis de Varianzas de peso verde aéreo**

Anexo 9: ANVA de PVA					
Fuente	Gl	SQ	QM	Fcal.	Pr>F
R	1	0.34031	0.34031	0.07	0.7932
S	3	64.6409	21.547	4.37	0.0062
F	3	297.828	99.2759	20.15	0.0001
R*S	3	17.9034	5.96781	1.21	0.3098
R*F	3	10.3378	3.44594	0.7	0.5546
S*F	9	36.6509	4.07233	0.83	0.5932
R*S*F	9	6.84844	0.76094	0.15	0.9976

**ANEXO 10****Análisis de Varianzas de peso verde de raíz**

Anexo 10: ANVA de PVR					
Fuente	Gl	SQ	QM	Fcal.	Pr>F
R	1	98.3503	98.3503	4.62	0.034
S	3	114.077	38.0256	1.79	0.1546
F	3	189.676	63.2254	2.97	0.0355
R*S	3	31.3816	10.4605	0.49	0.6887
R*F	3	156.003	52.0011	2.45	0.0686
S*F	9	202.042	22.4491	1.06	0.4026
R*S*F	9	272.08	30.2311	1.42	0.1896

**ANEXO 11****Análisis de Varianzas de peso verde total**

Anexo 11: ANVA de PVT					
Fuente	Gl	SQ	QM	Fcal.	Pr>F
R	1	109.15	109.15	3.02	0.0853
S	3	198.717	66.239	1.83	0.1461
F	3	958.236	319.412	8.84	0.0001
R*S	3	70.9828	23.6609	0.66	0.5816
R*F	3	215.374	71.7914	1.99	0.1209
S*F	9	315.27	35.03	0.97	0.4697
R*S*F	9	329.37	36.5967	1.01	0.4349

**ANEXO 12****Análisis de Varianzas de peso seco aéreo**

Anexo12: ANVA de PSA					
Fuente	GI	SQ	QM	Fcal.	Pr>F
R	1	0.17258	0.17258	0.11	0.7376
S	3	11.629	3.87633	2.54	0.0613
F	3	82.2771	27.4257	17.94	0.0001
R*S	3	6.88586	2.29529	1.5	0.2191
R*F	3	5.62648	1.87549	1.23	0.3043
S*F	9	6.86695	0.76299	0.5	0.8718
R*S*F	9	2.03633	0.22626	0.15	0.998

**ANEXO 13****Análisis de Varianzas de peso seco de raíz**

Anexo 13: ANVA de PSR					
Fuente	GI	SQ	QM	Fcal.	Pr>F
R	1	33.1095	33.1095	5.25	0.0241
S	3	17.719	5.90633	0.94	0.4259
F	3	62.999	20.9997	3.33	0.0227
R*S	3	4.68773	1.56258	0.25	0.8626
R*F	3	23.8277	7.94258	1.26	0.2925
S*F	9	65.4738	7.27487	1.15	0.3332
R*S*F	9	58.6613	6.51793	1.03	0.4189

**ANEXO 14****Análisis de Varianzas de peso seco total**

Anexo 14: ANVA de PST					
Fuente	GI	SQ	QM	Fcal.	Pr>F
R	1	29.5488	29.5488	2.97	0.0879
S	3	41.2227	13.7409	1.38	0.2528
F	3	281.233	93.7442	9.43	0.0001
R*S	3	14.9771	4.99237	0.5	0.6816
R*F	3	47.3071	15.769	1.59	0.1977
S*F	9	94.8063	10.534	1.06	0.3995
R*S*F	9	65.8907	7.32119	0.74	0.6745

## ANEXO 15

**Análisis de Varianzas de relación de peso verde aéreo/peso verde de raíz**  
(Coeficiente de equilibrio)

Anexo 15: ANVA de PVA/PVR					
Fuente	Gl	SQ	QM	Fcal.	Pr>F
R	1	0.00488	0.00488	0.02	0.8806
S	3	2.10756	0.70252	3.27	0.0245
F	3	0.82593	0.27531	1.28	0.2851
R*S	3	0.4166	0.13887	0.65	0.587
R*F	3	1.02736	0.34245	1.59	0.1958
S*F	9	2.69303	0.29923	1.39	0.2019
R*S*F	9	2.09003	0.23223	1.08	0.3837

## ANEXO 16

**Análisis de Varianzas de relación de peso seco aéreo/peso seco de raíz**  
(Coeficiente de equilibrio)

Anexo 16: ANVA de PSR/PSR					
Fuente	Gl	SQ	QM	Fcal.	Pr>F
R	1	0.50879	0.50879	3.57	0.062
S	3	0.34736	0.11579	0.81	0.4904
F	3	0.83093	0.27698	1.94	0.128
R*S	3	0.31768	0.10589	0.74	0.5293
R*F	3	0.16503	0.05501	0.39	0.7636
S*F	9	1.01195	0.11244	0.79	0.6277
R*S*F	9	1.36444	0.1516	1.06	0.3972

**ANEXO 17****Análisis de Varianzas de reducción de peso verde aéreo/peso seco aéreo  
(Coeficiente de reducción)**

Anexo17: ANVA de PVA/PSA					
Fuente	Gl	SQ	QM	Fcal.	Pr>F
R	1	0.01015	0.01015	0.06	0.7993
S	3	1.05761	0.35254	2.26	0.0868
F	3	4.20778	1.40259	8.98	0.0001
R*S	3	0.18731	0.06244	0.4	0.7536
R*F	3	0.54384	0.18128	1.16	0.3291
S*F	9	1.46323	0.16258	1.04	0.414
R*S*F	9	1.56715	0.17413	1.11	0.3602

**ANEXO 18****Análisis de Varianzas de reducción de peso verde raíz/peso seco raíz  
(Coeficiente de reducción)**

Anexo 18: ANVA de PVR/PSR					
Fuente	Gl	SQ	QM	Fcal.	Pr>F
R	1	0.2592	0.2592	0.79	0.3765
S	3	1.97168	0.65723	2	0.1189
F	3	0.18428	0.06143	0.19	0.905
R*S	3	0.43054	0.14351	0.44	0.727
R*F	3	1.89871	0.6329	1.93	0.1303
S*F	9	2.93626	0.32625	0.99	0.4507
R*S*F	9	2.33628	0.25959	0.79	0.6257

**ANEXO 19****Análisis de Varianzas de reducción de peso verde total/peso seco total  
(Coeficiente de reducción)**

Anexo 19: ANVA de PVT/PST					
Fuente	Gl	SQ	QM	Fcal.	Pr>F
R	1	0.0124	0.0124	0.15	0.6957
S	3	0.62087	0.20696	2.57	0.0588
F	3	0.84203	0.28068	3.48	0.0188
R*S	3	0.04817	0.01606	0.2	0.8966
R*F	3	0.20748	0.06916	0.86	0.4655
S*F	9	0.27815	0.03091	0.38	0.9404
R*S*F	9	0.64475	0.07164	0.89	0.538

## ANEXO 20

## Análisis de Varianzas del porcentaje de raíz

Anexo 20: ANVA de PVR/PSTx100					
Fuente	GI	SQ	QM	Fcal.	Pr>F
R	1	0.88445	0.88445	4.95	0.0285
S	3	1.37029	0.45676	2.56	0.0598
F	3	1.59606	0.53202	2.98	0.0354
R*S	3	0.28943	0.09648	0.54	0.6562
R*F	3	0.10876	0.03625	0.2	0.8942
S*F	9	0.88882	0.09876	0.55	0.8324
R*S*F	9	0.77878	0.08653	0.48	0.8821

## ANEXO 21

Análisis de Varianzas del índice de calidad de Dickson et al.  
(Coeficiente de equilibrio)

Anexo 21: ANVA de PST/(HD+PSA/PSR)					
Fuente	GI	SQ	QM	Fcal.	Pr>F
R	1	0.8845	0.8845	4.95	0.029
S	3	1.3703	0.4568	2.56	0.06
F	3	1.5961	0.532	2.98	0.035
R*S	3	0.2894	0.0965	0.54	0.656
R*F	3	0.1088	0.0363	0.2	0.894
S*F	9	0.8888	0.0988	0.55	0.832
R*S*F	9	0.7788	0.0865	0.48	0.882





# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS