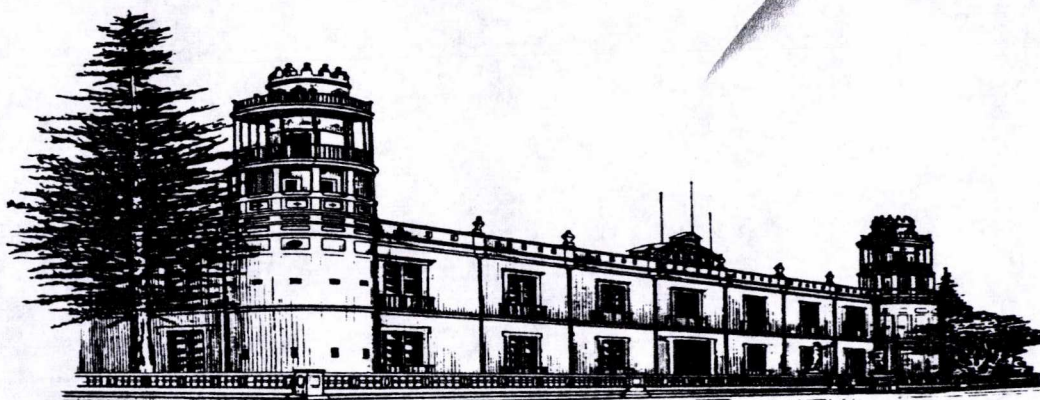


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DIVISIÓN DE CIENCIAS FORESTALES
MAESTRÍA EN CIENCIAS FORESTALES

EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO EN VIVERO DE PLÁNTULAS DE CINCO ESPECIES DE CONÍFERAS PRODUCIDAS EN TRES MEZCLAS DE SUSTRATOS Y TRES TAMAÑOS DE CONTENEDOR



TESIS
QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS FORESTALES
PRESENTA

OLGA SANTIAGO TRINIDAD

CHAPINGO, MÉXICO

2002



DIRECCION ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
SECRETARIA DE EXAMENES PROFESIONALES



BIBLIOTECA CENTRAL U. A. CH

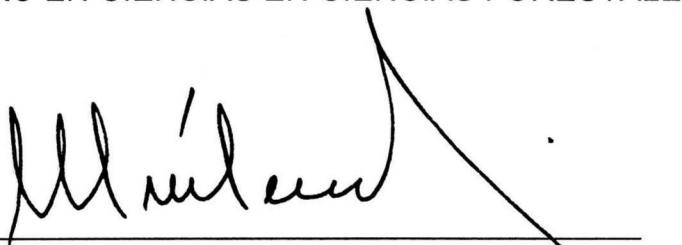
Bib. 97508

Evaluación del crecimiento en vivero de plántulas de cinco especies de coníferas producidas en tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor

Tesis realizada por **Olga Santiago Trinidad** bajo la dirección del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN CIENCIAS FORESTALES

DIRECTOR:



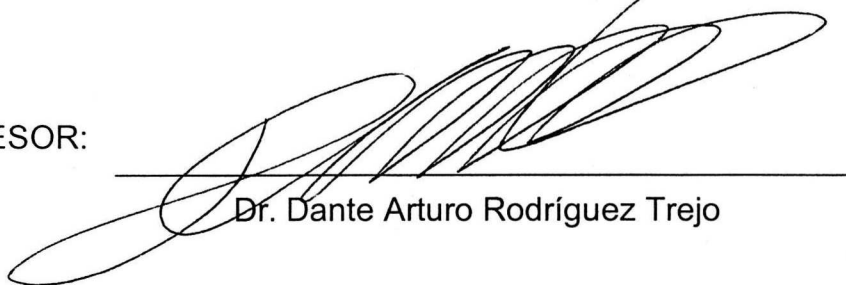
Dr. Miguel Ángel Musálem Santiago

ASESOR:



Dr. Hugo Ramírez Maldonado

ASESOR:



Dr. Dante Arturo Rodríguez Trejo

Chapingo, México, Mayo de 2002

BIBLIOTECA CENTRAL U. A. CH

A. 39549

Evaluación del crecimiento en vivero de plántulas de cinco especies de coníferas producidas en tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor

El jurado revisó y aprobó el examen de grado de **Olga Santiago Trinidad** autor de la presente tesis de Maestría en Ciencias en Ciencias Forestales estuvo constituido por:

PRÉSIDENTE:



Dr. Miguel Ángel Musálem Santiago

ASESOR:



Dr. Hugo Ramírez Maldonado

ASESOR:



Dr. Dante Arturo Rodríguez Trejo

Chapingo, México, Mayo de 2002

DEDICATORIA

A mi mamá:

Por su gran ejemplo que día a día me da en su incansable
lucha por la vida

A César y Paty:

Con cariño

AGRADECIMIENTOS

- Al Dr. Miguel Ángel Musálem por su gran apoyo en la orientación y dirección de esta tesis.
- Al Dr. Hugo Ramírez por sus atinadas sugerencias y aportaciones a este trabajo.
- Al Dr. Dante Arturo Rodríguez por sus aportaciones y minuciosas revisiones de este trabajo.
- Al Ing. Salvador Castro Zavala director del vivero San Luis Tlaxialtemalco por su apoyo incondicional para llevar acabo el proyecto en las instalaciones del vivero.
- Al personal del vivero: Max, Manuel, Rosario, Trini y Álvaro por su colaboración en el trabajo de campo y en el laboratorio, sin ellos no hubiese sido posible el presente.

DATOS BIOGRÁFICOS

La autora es originaria del Estado de México, donde realizó sus estudios básicos. Es Ingeniera Agrónoma egresada de la Universidad Autónoma Metropolitana-Unidad Xochimilco.

Su inicio en el desempeño profesional fue con productores cafetaleros de la zona Mazateca del Estado de Oaxaca, posteriormente, se desarrolló en proyectos de desarrollo rural sustentable principalmente en las Delegaciones del Distrito Federal que tienen comunidades rurales y en los Estados de Puebla, Hidalgo y San Luis Potosí.

Durante los últimos cuatro años ha incursionado en el manejo de viveros, principalmente en la producción de planta forestal en contenedor, así como en el manejo de sustratos y calidad de planta.

En el área de la docencia ha participado como profesor asistente en cursos de Sistemas Agroforestales, Sistemas agrosilvopastoriles y Árboles de Uso Múltiple, ha llevado a diferentes grupos de licenciatura a recorridos de prácticas de campo por distintos Estados de la república.

INDICE GENERAL

INDICE GENERAL	iv
INDICE DE CUADROS	viii
INDICE DE FIGURAS	xviii
INDICE DEL APENDICE	xxvi
RESUMEN	xxxix
ABSTRACT	xxxix
1. INTRODUCCION.....	1
2. OBJETIVOS GENERALES.....	3
2.1. Objetivos particulares.....	3
3. HIPÓTESIS	3
4. REVISION DE LITERATURA	4
4.1. Producción de planta en contenedor	4
4.2. Contenedores.....	4
4.2.1. Características de los contenedores.....	7
4.3. Sustratos	8
4.3.1. Definición de sustratos	8
4.3.2. Caracterización de los sustratos.....	10
4.3.3. Propiedades físicas	10
4.3.4. Propiedades químicas	11
4.3.5. Mezclas de sustratos.....	12
4.3.6. Características físicas y químicas de los materiales usados como sustratos.....	15
4.3.6.1. <i>Peat moss</i>	15
4.3.6.2. Vermiculita	16
4.3.6.3. Agrolita	18
4.3.6.4. Pulpa de café	19
4.3.6.5. Fibra de coco	22
4.4. Calidad de planta.....	26

4.4.1. Factores que influyen en la calidad de planta.....	26
4.4.2. Características para determinar la calidad de planta	27
5. METODOLOGÍA.....	30
5.1. Localización del área de estudio	30
5.2. Caracterización de los sustratos.....	30
5.3. Descripción de la semilla y tratamientos pregerminativos	32
5.3.1. Descripción de la semilla	32
5.3.2 Tratamientos pregerminativos	34
5.4. Preparación de las mezclas.....	35
5.5. Llenado de los contenedores.....	35
5.6. Siembra	35
5.7. Trasplante o repique.....	36
5.8. Fertilización y riegos.....	37
5.9. Control de enfermedades	37
5.10. Diseño experimental	38
5.10.1. Unidad experimental.....	38
5.10.2. Diseño experimental.....	38
5.11. Mediciones	42
5.12. Evaluación económica.....	42
5.13 Análisis	43
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	44
6.1. <i>Abies religiosa</i> (HBK) Schl. et Cham.	44
6.1.1. Emergencia	44
6.1.2. Diámetro, altura, relación altura/diámetro y longitud de raíz.....	53
6.1.3. Peso fresco del tallo, peso fresco de la raíz, peso seco del tallo y peso seco de la raíz	63
6.2. <i>Pinus ayacahuite</i> var. <i>veitchii</i> Shaw.....	73
6.2.1. Emergencia	73
6.2.2. Diámetro, altura, relación altura/diámetro y longitud de raíz.....	82

6.2.3. Peso fresco del tallo, peso fresco de la raíz, peso seco del tallo y peso seco de la raíz.	92
6.3. <i>Pinus montezumae</i> Lamb.	102
6.3.1. Emergencia	102
6.3.2. Diámetro y longitud de raíz.	111
6.3.3. Peso fresco del tallo, peso fresco de la raíz, peso seco del tallo y peso seco de la raíz.	119
6.4. <i>Pinus hartwegii</i> Lindl.	129
6.4.1. Emergencia	129
6.4.2. Diámetro y longitud de raíz.	138
6.4.3. Peso fresco del tallo, peso fresco de la raíz, peso seco del tallo y peso seco de la raíz.	146
6.5. <i>Pinus leiophylla</i> Schl. et Cham	156
6.5.1. Emergencia	156
6.5.2. Diámetro, altura, relación altura/diámetro y longitud de raíz.	165
6.5.3. Peso fresco del tallo, peso fresco de la raíz, peso seco del tallo y peso seco de la raíz.	175
6.6. Resultados de la caracterización de los sustratos.	185
6.6.1. Bagazo de café.	185
6.6.2. Fibra de coco.	185
6.6.3. <i>Peat-moss</i>	185
6.7. Resultados del análisis de los costos del sustrato.	187
6.8. Discusión General	190
7. CONCLUSIONES.	192
7.1. <i>Abies religiosa</i>	192
7.2. <i>Pinus ayacahuite</i>	193
7.3. <i>Pinus montezumae</i>	194
7.4. <i>Pinus hartwegii</i>	195
7.5. <i>Pinus leiophylla</i>	196

7.6. Conclusiones Generales	197
8. RECOMENDACIONES	198
9. LITERATURA CITADA	199
10. APÉNDICE	205

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Mezclas utilizadas en producción con bolsa de polietileno en diferentes experimentos por varios autores.	14
Cuadro 2. Caracterización del bagazo de café para la producción de plantas en contenedor.....	21
Cuadro 3. Caracterización de la fibra de coco para la producción de plantas en contenedor.....	25
Cuadro 4. Características de la semilla de las especies producidas en tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.....	33
Cuadro 5. Componentes de las tres mezclas de sustratos utilizadas para la producción de cinco especies de coníferas en tres tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	40
Cuadro 6. Características de los tres tamaños de contenedor utilizados para la producción de cinco especies de coníferas en tres mezclas de sustratos, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	40
Cuadro 7. Resultados generales de la emergencia de <i>Abies religiosa</i> (HBK) Schl. et Cham. en diferentes mezclas de sustratos y tamaños de contenedor a diferentes fechas de observación después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	45
Cuadro 8. Análisis de varianza de la emergencia de <i>Abies religiosa</i> (HBK) Schl. et Cham., en diferentes mezclas de sustratos y tamaños de contenedor a diferentes fechas de observación después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	48
Cuadro 9. Prueba de rangos múltiples de Tukey para la emergencia de <i>Abies religiosa</i> (HBK) Schl. et Cham., a diferentes fechas de observación después de la siembra, en tres mezclas de sustratos, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.....	50
Cuadro 10. Prueba de rangos múltiples de Tukey para la emergencia de <i>Abies religiosa</i> (HBK) Schl. et Cham., a diferentes fechas de observación después de la siembra, en tres mezclas de sustratos, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.....	50
Cuadro 11. Prueba de rangos múltiples de Tukey para la emergencia de <i>Abies religiosa</i> (HBK) Schl. et Cham., a diferentes fechas de observación después de la siembra, en tres mezclas de sustratos, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.....	51
Cuadro 12. Resultados generales del comportamiento de diámetro, altura, relación altura/diámetro y longitud de raíz de <i>Abies religiosa</i> (HBK) Schl., et Cham. en diferentes mezclas de sustratos y tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	54

Cuadro 13. Análisis de varianza de las variables diámetro, altura, relación altura/diámetro y longitud de raíz de <i>Abies religiosa</i> (HBK) Schl. et Cham., a los siete meses después de la siembra en tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.....	56
Cuadro 14. Prueba de rangos múltiples de Tukey para las variables diámetro, altura, relación altura/diámetro y longitud de raíz de <i>Abies religiosa</i> (HBK) Schl. et Cham., a los siete meses después de la siembra en tres mezclas de sustratos, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	58
Cuadro 15. Prueba de rangos múltiples de Tukey para las variables diámetro, altura, relación altura/diámetro y longitud de raíz, de <i>Abies religiosa</i> (HBK) Schl. et Cham., a los siete meses después de la siembra en tres tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.....	58
Cuadro 16. Prueba de rangos múltiples de Tukey para las variables diámetro, altura, relación altura/diámetro y longitud de raíz, de <i>Abies religiosa</i> (HBK) Schl. et Cham., a los siete meses después de la siembra en nueve tratamientos de tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	59
Cuadro 17. Resultados generales de los pesos frescos y secos del tallo y raíz de <i>Abies religiosa</i> (HBK) Schl. et Cham., en diferentes mezclas de sustratos y tamaños de contenedor, a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	64
Cuadro 18. Análisis de varianza de las variables, peso fresco del tallo, peso fresco de la raíz, peso seco del tallo y peso seco de la raíz de <i>Abies religiosa</i> (HBK) Schl. et Cham., a los siete meses después de la siembra en tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	66
Cuadro 19. Prueba de rangos múltiples de Tukey para las variables, peso fresco del tallo, peso fresco de la raíz, peso seco del tallo y peso seco de la raíz de <i>Abies religiosa</i> (HBK) Schl. et Cham., a los siete meses después de la siembra, en tres mezclas de sustratos, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	68
Cuadro 20. Prueba de rangos múltiples de Tukey para las variables, peso fresco del tallo, peso fresco de la raíz, peso seco del tallo y peso seco de la raíz de <i>Abies religiosa</i> (HBK) Schl. et Cham., a los siete meses después de la siembra, en tres tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.....	68

Cuadro 21. Prueba de rangos múltiples de Tukey para las variables, peso fresco del tallo, peso fresco de la raíz, peso seco del tallo y peso seco de la raíz de <i>Abies religiosa</i> (HBK) Schl. et Cham., a los siete meses después de la siembra, en nueve tratamientos de tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.....	69
Cuadro 22. Resultados generales de la emergencia de <i>Pinus ayacahuite</i> var. <i>veitchii</i> Shaw, a diferentes fechas de observación después de la siembra, en diferentes mezclas de sustratos y tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	74
Cuadro 23. Análisis de varianza de la variable emergencia de <i>Pinus ayacahuite</i> var. <i>veitchii</i> Shaw, a diferentes fechas de observación después de la siembra, en tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	77
Cuadro 24. Prueba de rangos múltiples de Tukey para la variable emergencia de <i>Pinus ayacahuite</i> var. <i>veitchii</i> Shaw, a los siete meses después de la siembra, en tres mezclas de sustratos, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.....	78
Cuadro 25. Prueba de rangos múltiples de Tukey para la variable emergencia de <i>Pinus ayacahuite</i> var. <i>veitchii</i> Shaw, a los siete meses después de la siembra, en tres tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.....	78
Cuadro 26. Prueba de rangos múltiples de Tukey para la variable emergencia de <i>Pinus ayacahuite</i> var. <i>veitchii</i> Shaw, a los siete meses después de la siembra, en nueve tratamientos de tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.....	79
Cuadro 27. Resultados generales del comportamiento de diámetro, altura, relación diámetro/altura y longitud de raíz de <i>Pinus ayacahuite</i> var. <i>veitchii</i> Shaw, a los siete meses después de la siembra, en diferentes mezclas de sustratos y tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	83
Cuadro 28. Análisis de varianza de las variables diámetro, altura, relación altura/diámetro y longitud de raíz de <i>Pinus ayacahuite</i> var. <i>veitchii</i> Shaw, a los siete meses después de la siembra, en tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.....	85
Cuadro 29. Prueba de rangos múltiples de Tukey para las variables diámetro, altura, relación altura/diámetro y longitud de raíz, de <i>Pinus ayacahuite</i> var. <i>veitchii</i> Shaw, a los siete meses después de la siembra, en tres mezclas de sustratos, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.....	87

Cuadro 30. Prueba de rangos múltiples de Tukey para las variables diámetro, altura, relación altura/diámetro y longitud de raíz de <i>Pinus ayacahuite</i> var. <i>veitchii</i> Shaw, a los siete meses después de la siembra, en tres tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.....	87
Cuadro 31. Prueba de rangos múltiples de Tukey para las variables diámetro, altura, relación altura/diámetro y longitud de raíz, de <i>Pinus ayacahuite</i> var. <i>veitchii</i> Shaw, a los siete meses después de la siembra, en nueve tratamientos de tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco Distrito Federal.	88
Cuadro 32. Resultados generales de los pesos frescos y secos del tallo y raíz de <i>Pinus ayacahuite</i> var. <i>veitchii</i> Shaw, a los siete meses después de la siembra, en diferentes mezclas de sustratos y tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	93
Cuadro 33. Análisis de varianza de las variables peso fresco del tallo, peso fresco de la raíz, peso seco del tallo y peso seco de la raíz de <i>Pinus ayacahuite</i> var. <i>veitchii</i> Shaw, a los siete meses después de la siembra, en tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	95
Cuadro 34. Prueba de rangos múltiples de Tukey para las variables peso fresco del tallo, peso fresco de la raíz, peso seco del tallo y peso seco de la raíz de <i>Pinus ayacahuite</i> var. <i>veitchii</i> Shaw, a los siete meses después de la siembra, en tres mezclas de sustratos, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	97
Cuadro 35. Prueba de rangos múltiples de Tukey para las variables peso fresco del tallo, peso fresco de la raíz, peso seco del tallo y peso seco de la raíz de <i>Pinus ayacahuite</i> var. <i>veitchii</i> Shaw, a los siete meses después de la siembra, en tres tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.....	97
Cuadro 36. Prueba de rangos múltiples de Tukey para las variables peso fresco del tallo, peso fresco de la raíz, peso seco del tallo y peso seco de la raíz de <i>Pinus ayacahuite</i> var. <i>veitchii</i> Shaw, a los siete meses después de la siembra, en nueve tratamientos de tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.....	98
Cuadro 37. Resultados generales de la emergencia de <i>Pinus montezumae</i> Lamb., a diferentes fechas de observación después de la siembra, en diferentes mezclas de sustratos y tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	103

Cuadro 38. Análisis de varianza de la emergencia de <i>Pinus montezumae</i> Lamb., a los siete meses después de la siembra, en tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.....	106
Cuadro 39. Prueba de rangos múltiples de Tukey para la emergencia de <i>Pinus montezumae</i> Lamb., a los siete meses después de la siembra, en tres mezclas de sustratos, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.....	107
Cuadro 40. Prueba de rangos múltiples de Tukey para la emergencia <i>Pinus montezumae</i> Lamb., a los siete meses después de la siembra, en tres tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	107
Cuadro 41. Prueba de rangos múltiples de Tukey para la emergencia de <i>Pinus montezumae</i> Lamb., a los siete meses después de la siembra, en nueve tratamientos de tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	108
Cuadro 42. Resultados generales del comportamiento de diámetro y longitud de raíz de <i>Pinus montezumae</i> Lamb., a los siete meses después de la siembra, en diferentes mezclas de sustratos y tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	112
Cuadro 43. Análisis de varianza de las variables diámetro y longitud de raíz, de <i>Pinus montezumae</i> Lamb., a los siete meses después de la siembra, en tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	114
Cuadro 44. Prueba de rangos múltiples de Tukey para las variables diámetro y longitud de raíz, de <i>Pinus montezumae</i> Lamb., a los siete meses después de la siembra, en tres mezclas de sustratos, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	115
Cuadro 45. Prueba de rangos múltiples de Tukey para las variables diámetro y longitud de raíz, de <i>Pinus montezumae</i> Lamb., a los siete meses después de la siembra, en tres tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	115
Cuadro 46. Prueba de rangos múltiples de Tukey para las variables diámetro y longitud de raíz, de <i>Pinus montezumae</i> Lamb., a los siete meses después de la siembra, en nueve tratamientos de tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.....	116
Cuadro 47. Resultados generales de los pesos frescos y secos del tallo y raíz de <i>Pinus montezumae</i> Lamb., a los siete meses después de la siembra, en diferentes mezclas de sustratos y tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	120

Cuadro 48. Análisis de varianza de las variables, peso fresco del tallo, peso fresco de la raíz, peso seco del tallo y peso seco de la raíz de <i>Pinus montezumae</i> Lamb., a los siete meses después de la siembra, en tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	122
Cuadro 49. Prueba de rangos múltiples de Tukey para las variables, peso fresco del tallo, peso fresco de la raíz, peso seco del tallo y peso seco de la raíz de <i>Pinus montezumae</i> Lamb., a los siete meses después de la siembra, en tres mezclas de sustratos, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	124
Cuadro 50. Prueba de rangos múltiples de Tukey para las variables, peso fresco del tallo, peso fresco de la raíz, peso seco del tallo y peso seco de la raíz de <i>Pinus montezumae</i> Lamb., a los siete meses después de la siembra, en tres tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	124
Cuadro 51. Prueba de rangos múltiples de Tukey para las variables diámetro, longitud de raíz, peso fresco del tallo, peso fresco de la raíz, peso seco del tallo y peso seco de la raíz de <i>Pinus montezumae</i> Lamb., a los siete meses después de la siembra, en nueve tratamientos de tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	125
Cuadro 52. Resultados generales de la emergencia de <i>Pinus hartwegii</i> Lindl., a diferentes fechas de observación después de la siembra, en diferentes mezclas de sustratos y tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	130
Cuadro 53. Análisis de varianza de la emergencia de <i>Pinus hartwegii</i> Lindl., a los siete meses después de la siembra, en tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	133
Cuadro 54. Prueba de rangos múltiples de Tukey para la emergencia de <i>Pinus hartwegii</i> Lindl., a los siete meses después de la siembra, en tres mezclas de sustratos, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	134
Cuadro 55. Prueba de rangos múltiples de Tukey para la emergencia de <i>Pinus hartwegii</i> Lindl., a los siete meses después de la siembra, en tres tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	134
Cuadro 56. Prueba de rangos múltiples de Tukey para la emergencia de <i>Pinus hartwegii</i> Lindl., a los siete meses después de la siembra, en nueve tratamientos de tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	135

Cuadro 57. Resultados generales del comportamiento de diámetro y longitud de raíz de <i>Pinus hartwegii</i> Lindl., en diferentes mezclas de sustratos y tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	139
Cuadro 58. Análisis de varianza de las variables diámetro y longitud de raíz, de <i>Pinus hartwegii</i> Lindl., a los siete meses después de la siembra en tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	141
Cuadro 59. Prueba de rangos múltiples de Tukey para las variables diámetro y longitud de raíz, de <i>Pinus hartwegii</i> Lindl., a los siete meses después de la siembra, en tres mezclas de sustratos, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	142
Cuadro 60. Prueba de rangos múltiples de Tukey para las variables diámetro y longitud de raíz de <i>Pinus hartwegii</i> Lindl., a los siete meses después de la siembra, en tres tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	142
Cuadro 61. Prueba de rangos múltiples de Tukey para las variables diámetro y longitud de raíz, de <i>Pinus hartwegii</i> Lindl., a los siete meses de edad en nueve tratamientos de tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedores, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco Distrito Federal.	143
Cuadro 62. Resultados generales de los pesos frescos y secos del tallo y raíz de <i>Pinus hartwegii</i> Lindl., en diferentes mezclas de sustratos y tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	147
Cuadro 63. Análisis de varianza de las variables, peso fresco del tallo, peso fresco de la raíz, peso seco del tallo y peso seco de la raíz de <i>Pinus hartwegii</i> Lindl., a los siete meses después de la siembra en tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	149
Cuadro 64. Prueba de rangos múltiples de Tukey para las variables peso fresco del tallo, peso fresco de la raíz, peso seco del tallo y peso seco de la raíz de <i>Pinus hartwegii</i> Lindl., a los siete meses después de la siembra, en tres mezclas de sustratos, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	151
Cuadro 65. Prueba de rangos múltiples de Tukey para las variables peso fresco del tallo, peso fresco de la raíz, peso seco del tallo y peso seco de la raíz de <i>Pinus hartwegii</i> Lindl., a los siete meses después de la siembra, en tres tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	151

Cuadro 66. Prueba de rangos múltiples de Tukey para las variables peso fresco del tallo, peso fresco de la raíz, peso seco del tallo y peso seco de la raíz de <i>Pinus hartwegii</i> Lindl., a los siete meses después de la siembra en nueve tratamientos de tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.....	152
Cuadro 67. Resultados generales de la emergencia de <i>Pinus leiophylla</i> Schl. et Cham., en diferentes mezclas de sustratos y tamaños de contenedor, a diferentes fechas de observación después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	157
Cuadro 68. Análisis de varianza de la emergencia de <i>Pinus leiophylla</i> Schl. et Cham., a los siete meses después de la siembra, en tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.....	160
Cuadro 69. Prueba de rangos múltiples de Tukey para la emergencia de <i>Pinus leiophylla</i> Schl. et Cham., a los siete meses después de la siembra, en tres tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.....	161
Cuadro 70. Prueba de rangos múltiples de Tukey para la variable emergencia de <i>Pinus leiophylla</i> Schl. et Cham., a los siete meses después de la siembra, en tres tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	161
Cuadro 71. Prueba de rangos múltiples de Tukey para la variable emergencia de <i>Pinus leiophylla</i> Schl. et Cham., a los siete meses después de la siembra, en nueve tratamientos de tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.....	162
Cuadro 72. Resultados generales del comportamiento de diámetro, altura, relación diámetro/altura y longitud de raíz de <i>Pinus leiophylla</i> Schl. et Cham., en diferentes mezclas de sustratos y tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.....	166
Cuadro 73. Análisis de varianza de las variables diámetro, altura, relación altura/diámetro, longitud de raíz de <i>Pinus leiophylla</i> Schl. et Cham., a los siete meses después de la siembra, en tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.....	168
Cuadro 74. Prueba de rangos múltiples de Tukey para las variables diámetro, altura, relación altura/diámetro y longitud de raíz de <i>Pinus leiophylla</i> Schl. et Cham., a los siete meses después de la siembra, en tres mezclas de sustratos, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.....	170

Cuadro 75. Prueba de rangos múltiples de Tukey para las variables diámetro, altura y longitud de raíz de <i>Pinus leiophylla</i> Schl. et Cham., a los siete meses de edad en tres tamaños de contenedores, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco Distrito Federal.	170
Cuadro 76. Prueba de rangos múltiples de Tukey para las variables diámetro, altura, relación altura/diámetro y longitud de raíz de <i>Pinus leiophylla</i> Schl. et Cham., a los siete meses de edad, en nueve tratamientos de tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	171
Cuadro 77. Resultados generales del peso fresco del tallo, peso fresco de la raíz, peso seco del tallo y peso seco de la raíz de <i>Pinus leiophylla</i> Schl. et Cham., en diferentes mezclas de sustratos y tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	176
Cuadro 78. Análisis de varianza de las variables peso fresco del tallo, peso fresco de la raíz, peso seco del tallo y peso seco de la raíz de <i>Pinus leiophylla</i> Schl. et Cham., a los siete meses después de la siembra en tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	178
Cuadro 79. Prueba de rangos múltiples de Tukey para las variables peso fresco del tallo, peso fresco de la raíz, peso seco del tallo y peso seco de la raíz de <i>Pinus leiophylla</i> Schl. et Cham., a los siete meses después de la siembra, en tres mezclas de sustratos, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	180
Cuadro 80. Prueba de rangos múltiples de Tukey para las variables peso fresco del tallo, peso fresco de la raíz, peso seco del tallo y peso seco de la raíz de <i>Pinus leiophylla</i> Schl. et Cham., a los siete meses después de la siembra, en tres tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	180
Cuadro 81. Prueba de rangos múltiples de Tukey para las variables peso fresco del tallo, peso fresco de la raíz, peso seco del tallo y peso seco de la raíz de <i>Pinus leiophylla</i> Schl. et Cham., a los siete meses después de la siembra, en nueve tratamientos de tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	181
Cuadro 82. Características físico-químicas de los materiales empleados para la producción de cinco especies de coníferas en tres tamaños de contenedor y tres mezclas de sustratos, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	186
Cuadro 83. Costos y cantidades de los materiales utilizados como sustratos en las mezclas considerando una producción de 10 millones de plantas, en contenedor V-93cc	188

Cuadro 84. Costos de la mezcla 1 para la producción de 10 millones de plantas en contenedor V-93cc	188
Cuadro 85. Costos de la Mezcla 2 para la producción de 10 millones de plantas en contenedor V-93cc	189
Cuadro 86. Costos de la Mezcla 3 para la producción de 10 millones de plantas en contenedor V-93cc	189

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Corte longitudinal de una cereza de café (<i>Coffea arabica</i> L.)	20
Figura 2. Corte transversal del fruto del cocotero	24
Figura 3. Siembra manual de cinco especies de coníferas producidas en tres tamaños de contenedor y tres mezclas de sustratos en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	36
Figura 4. Extracción y trasplante de plántulas sobrantes en los contenedores.....	36
Figura 5. Riegos y fertilización por medio de botallones.....	37
Figura 6. Ubicación del experimento en campo de acuerdo al diseño experimental	39
Figura 7. Características de los contenedores utilizados para la producción de cinco especies de coníferas en tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	41
Figura 8. Comportamiento de la emergencia de <i>Abies religiosa</i> (HBK) Schl. et Cham., en diferentes mezclas de sustratos y tamaños de contenedor a diferentes fechas de observación después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	46
Figura 9. Comportamiento de la emergencia de <i>Abies religiosa</i> (HBK) Schl. et Cham., en diferentes mezclas de sustratos a diferentes fechas de observación después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.....	47
Figura 10. Comportamiento de la emergencia de <i>Abies religiosa</i> (HBK) Schl. et Cham., en diferentes tamaños de contenedor a diferentes fechas de observación después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	47
Figura 11. Interacción de diferentes mezclas de sustratos-tamaños de contenedor, en la germinación de <i>Abies religiosa</i> (HBK) Schl. et Cham., a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	52
Figura 12. Comportamiento del diámetro, altura, relación altura/diámetro y longitud de raíz de <i>Abies religiosa</i> (HBK) Schl. et Cham., en diferentes tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	55
Figura 13. Comportamiento del diámetro, altura, relación altura/diámetro y longitud de raíz de <i>Abies religiosa</i> (HBK) Schl. et Cham., en diferentes mezclas de sustratos a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	55

Figura 14. Interacción de diferentes mezclas de sustratos-tamaños de contenedor en el diámetro de <i>Abies religiosa</i> (HBK) Schl. et Cham., a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	60
Figura 15. Interacción de diferentes mezclas de sustratos-tamaños de contenedor en la altura de <i>Abies religiosa</i> (HBK) Schl. et Cham., a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	60
Figura 16. Interacción de diferentes mezclas de sustratos-tamaños de contenedor en la relación altura/diámetro de <i>Abies religiosa</i> (HBK) Schl. et Cham., a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	61
Figura 17. Interacción de diferentes mezclas de sustratos-tamaños de contenedor en la longitud de raíz de <i>Abies religiosa</i> (HBK) Schl. et Cham., a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	61
Figura 18. Comportamiento del peso fresco del tallo, peso fresco de la raíz, peso seco del tallo y peso seco de la raíz de <i>Abies religiosa</i> (HBK) Schl. et Cham., en diferentes mezclas de sustratos a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	65
Figura 19. Comportamiento del peso fresco del tallo, peso fresco de la raíz, peso seco del tallo y peso seco de la raíz de <i>Abies religiosa</i> (HBK) Schl. et Cham., en diferentes tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	65
Figura 20. Interacción de diferentes mezclas de sustratos-tamaños de contenedor en el peso fresco del tallo de <i>Abies religiosa</i> (HBK) Schl. et Cham., a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	70
Figura 21. Interacción de diferentes mezclas de sustratos-tamaños de contenedor en el peso fresco de la raíz de <i>Abies religiosa</i> (HBK) Schl. et Cham., a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	70
Figura 22. Interacción de diferentes mezclas de sustratos-tamaños de contenedor en el peso seco del tallo de <i>Abies religiosa</i> (HBK) Schl. et Cham., a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	71
Figura 23. Interacción de diferentes mezclas de sustratos-tamaños de contenedor en el peso seco de la raíz de <i>Abies religiosa</i> (HBK) Schl. et Cham., a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	71

Figura 24. Comportamiento de la emergencia de <i>Pinus ayacahuite</i> var. <i>veitchii</i> Shaw, a diferentes fechas de observación después de la siembra, en diferentes mezclas de sustratos y tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	75
Figura 25. Comportamiento de la emergencia de <i>Pinus ayacahuite</i> var. <i>veitchii</i> Shaw, a diferentes fechas de observación después de la siembra, en diferentes mezclas de sustratos, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	76
Figura 26. Comportamiento de la emergencia de <i>Pinus ayacahuite</i> var. <i>veitchii</i> Shaw, a diferentes fechas de observación después de la siembra, en diferentes tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	76
Figura 27. Interacción de diferentes mezclas de sustratos-tamaños de contenedor, en la germinación de <i>Pinus ayacahuite</i> var. <i>veitchii</i> Shaw, a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	80
Figura 28. Comportamiento del diámetro, altura, relación altura/diámetro y longitud de raíz de <i>Pinus ayacahuite</i> var. <i>veitchii</i> Shaw, a los siete meses después de la siembra, en diferentes mezclas de sustratos, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	84
Figura 29. Comportamiento del diámetro, altura, relación altura/diámetro y longitud de raíz de <i>Pinus ayacahuite</i> var. <i>veitchii</i> Shaw, a los siete meses después de la siembra, en diferentes tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	84
Figura 30. Interacción de diferentes mezclas de sustratos-tamaños de contenedor, en el diámetro de <i>Pinus ayacahuite</i> var. <i>veitchii</i> Shaw, a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	89
Figura 31. Interacción de diferentes mezclas de sustratos-tamaños de contenedor, en la altura de <i>Pinus ayacahuite</i> var. <i>veitchii</i> Shaw, a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	89
Figura 32. Interacción de diferentes mezclas de sustratos-tamaños de contenedor, en la relación altura/diámetro de <i>Pinus ayacahuite</i> var. <i>veitchii</i> Shaw, a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	90
Figura 33. Interacción de diferentes mezclas de sustratos-tamaños de contenedor, en la longitud de raíz de <i>Pinus ayacahuite</i> var. <i>veitchii</i> Shaw, a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	90

Figura 34. Comportamiento del peso fresco del tallo, peso fresco de la raíz, peso seco del tallo y peso seco de la raíz de <i>Pinus ayacahuite</i> var. <i>veitchii</i> Shaw, a los siete meses después de la siembra, en diferentes mezclas de sustratos, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.....	94
Figura 35. Comportamiento del peso fresco del tallo, peso fresco de la raíz, peso seco del tallo y peso seco de la raíz de <i>Pinus ayacahuite</i> var. <i>veitchii</i> Shaw, a los siete meses después de la siembra, en diferentes tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.....	94
Figura 36. Interacción de diferentes mezclas de sustratos-tamaños de contenedor, del peso fresco del tallo de <i>Pinus ayacahuite</i> var. <i>veitchii</i> Shaw, a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	99
Figura 37. Interacción de diferentes mezclas de sustratos-tamaños de contenedor, del peso fresco de la raíz de <i>Pinus ayacahuite</i> var. <i>veitchii</i> Shaw, a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	99
Figura 38. Interacción de diferentes mezclas de sustratos-tamaños de contenedor, del peso seco del tallo de <i>Pinus ayacahuite</i> var. <i>veitchii</i> Shaw, a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	100
Figura 39. Interacción de diferentes mezclas de sustratos-tamaños de contenedor, del peso seco de la raíz de <i>Pinus ayacahuite</i> var. <i>veitchii</i> Shaw, a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	100
Figura 40. Comportamiento de la emergencia de <i>Pinus montezumae</i> Lamb., en diferentes mezclas de sustrato y tamaños de contenedor a diferentes fechas de observación después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	104
Figura 41. Comportamiento de la emergencia de <i>Pinus montezumae</i> Lamb., en diferentes mezclas de sustratos a diferentes fechas de observación después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.....	105
Figura 42. Comportamiento de la emergencia de <i>Pinus montezumae</i> Lamb., en diferentes tamaños de contenedor a diferentes fechas de observación después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.....	105
Figura 43. Interacción de diferentes mezclas de sustratos-tamaños de contenedor, en la germinación de <i>Pinus montezumae</i> Lamb., a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.....	109

Figura 44. Comportamiento del diámetro y longitud de raíz de <i>Pinus montezumae</i> Lamb., a los siete meses después de la siembra, en diferentes mezclas de sustratos, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.....	113
Figura 45. Comportamiento del diámetro y longitud de raíz de <i>Pinus montezumae</i> Lamb., a los siete meses después de la siembra, en diferentes tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.....	113
Figura 46. Interacción de diferentes mezclas de sustratos-tamaños de contenedor, en el diámetro de <i>Pinus montezumae</i> Lamb., a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.....	117
Figura 47. Interacción de diferentes mezclas de sustratos-tamaños de contenedor, en la longitud de raíz de <i>Pinus montezumae</i> Lamb., a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.....	117
Figura 48. Comportamiento del peso fresco del tallo, peso fresco de la raíz, peso seco del tallo y peso seco de la raíz de <i>Pinus montezumae</i> Lamb., a los siete meses después de la siembra, en diferentes mezclas de sustratos, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	121
Figura 49. Comportamiento del peso fresco del tallo, peso fresco de la raíz, peso seco del tallo y peso seco de la raíz de <i>Pinus montezumae</i> Lamb., a los siete meses después de la siembra, en diferentes tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	121
Figura 50. Interacción de diferentes mezclas de sustratos-tamaños de contenedor, del peso fresco del tallo de <i>Pinus montezumae</i> Lamb., a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.....	126
Figura 51. Interacción de diferentes mezclas de sustratos-tamaños de contenedor, del peso fresco de la raíz de <i>Pinus montezumae</i> Lamb., a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	126
Figura 52. Interacción de diferentes mezclas de sustratos-tamaños de contenedor, del peso seco del tallo de <i>Pinus montezumae</i> Lamb., a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.....	127
Figura 53. Interacción de diferentes mezclas de sustratos-tamaños de contenedor, del peso seco de la raíz de <i>Pinus montezumae</i> Lamb., a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.....	127

Figura 54. Comportamiento de la emergencia de <i>Pinus hartwegii</i> Lindl., a diferentes fechas de observación después de la siembra, en diferentes mezclas de sustrato y tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	131
Figura 55. Comportamiento de la emergencia de <i>Pinus hartwegii</i> Lindl., en diferentes mezclas de sustratos a diferentes fechas de observación después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.....	132
Figura 56. Comportamiento de la emergencia de <i>Pinus hartwegii</i> Lindl., en diferentes tamaños de contenedor a diferentes fechas de observación después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.....	132
Figura 57. Interacción de diferentes mezclas de sustratos-tamaños de contenedor, en la germinación de <i>Pinus hartwegii</i> Lindl., a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.....	136
Figura 58. Comportamiento del diámetro y longitud de raíz de <i>Pinus hartwegii</i> Lindl., en diferentes mezclas de sustratos a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	140
Figura 59. Comportamiento del diámetro y longitud de raíz de <i>Pinus hartwegii</i> Lindl., en diferentes tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	140
Figura 60. Interacción de diferentes mezclas de sustratos-tamaños de contenedor, en el diámetro de <i>Pinus hartwegii</i> Lindl., a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.....	144
Figura 61. Interacción de diferentes mezclas de sustratos-tamaños de contenedor, en la longitud de raíz de <i>Pinus hartwegii</i> Lindl., a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.....	144
Figura 62. Comportamiento del peso fresco del tallo, peso fresco de la raíz, peso seco del tallo y peso seco de la raíz de <i>Pinus hartwegii</i> Lindl., en diferentes mezclas de sustratos a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	148
Figura 63. Comportamiento del peso fresco del tallo, peso fresco de la raíz, peso seco del tallo y peso seco de la raíz de <i>Pinus hartwegii</i> Lindl., en diferentes tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	148

Figura 64. Interacción de diferentes mezclas de sustratos-tamaños de contenedor, en el peso fresco del tallo de <i>Pinus hartwegii</i> Lindl., a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxiátemalco, Distrito Federal.....	153
Figura 65. Interacción de diferentes mezclas de sustratos-tamaños de contenedor, en el peso fresco de la raíz de <i>Pinus hartwegii</i> Lindl., a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxiátemalco, Distrito Federal.....	153
Figura 66. Interacción de diferentes mezclas de sustratos-tamaños de contenedor, en el peso seco del tallo de <i>Pinus hartwegii</i> Lindl., a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxiátemalco, Distrito Federal.....	154
Figura 67. Interacción de diferentes mezclas de sustratos-tamaños de contenedor, en el peso seco de la raíz de <i>Pinus hartwegii</i> Lindl., a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxiátemalco, Distrito Federal.....	154
Figura 68. Comportamiento de la emergencia de <i>Pinus leiophylla</i> Schl. et Cham., en diferentes mezclas de sustrato y tamaños de contenedor, a diferentes fechas de observación después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxiátemalco, Distrito Federal.	158
Figura 69. Comportamiento de la emergencia de <i>Pinus leiophylla</i> Schl. et Cham., en diferentes mezclas de sustratos, a diferentes fechas de observación después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxiátemalco, Distrito Federal.....	159
Figura 70. Comportamiento de la emergencia de <i>Pinus leiophylla</i> Schl. et Cham., en diferentes tamaños de contenedor, a diferentes fechas de observación después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxiátemalco, Distrito Federal.....	159
Figura 71. Interacción de diferentes mezclas de sustratos-tamaños de contenedor, en la germinación de <i>Pinus leiophylla</i> Schl. et Cham., a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxiátemalco, Distrito Federal.....	163
Figura 72. Comportamiento del diámetro, altura, relación altura/diámetro y longitud de raíz de <i>Pinus leiophylla</i> Schl. et Cham., en diferentes mezclas de sustratos a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxiátemalco, Distrito Federal.....	167
Figura 73. Comportamiento del diámetro, altura relación altura/diámetro y longitud de raíz de <i>Pinus leiophylla</i> Schl. et Cham., en diferentes tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxiátemalco, Distrito Federal.....	167

Figura 74. Interacción de diferentes mezclas de sustratos-tamaños de contenedor, en el diámetro de <i>Pinus leiophylla</i> Schl. et Cham., a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxiatalmalco, Distrito Federal.....	172
Figura 75. Interacción de diferentes mezclas de sustratos-tamaños de contenedor, en la altura de <i>Pinus leiophylla</i> Schl. et Cham., a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxiatalmalco, Distrito Federal.....	172
Figura 76. Interacción de diferentes mezclas de sustratos-tamaños de contenedor, en la relación altura/diámetro de <i>Pinus leiophylla</i> Schl. et Cham., a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxiatalmalco, Distrito Federal.....	173
Figura 77. Interacción de diferentes mezclas de sustratos-tamaños de contenedor, en la longitud de raíz de <i>Pinus leiophylla</i> Schl. et Cham., a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxiatalmalco, Distrito Federal.	173
Figura 78. Comportamiento del peso fresco del tallo, peso fresco de la raíz, peso seco del tallo y peso seco de la raíz de <i>Pinus leiophylla</i> Schl. et Cham., en diferentes mezclas de sustratos a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxiatalmalco, Distrito Federal.	177
Figura 79. Comportamiento del peso fresco del tallo, peso fresco de la raíz, peso seco del tallo y peso seco de la raíz de <i>Pinus leiophylla</i> Schl. et Cham., en diferentes tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxiatalmalco, Distrito Federal.	177
Figura 80. Interacción de diferentes mezclas de sustratos-tamaños de contenedor, en el peso fresco del tallo de <i>Pinus leiophylla</i> Schl. et Cham., a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxiatalmalco, Distrito Federal.	182
Figura 81. Interacción de diferentes mezclas de sustratos-tamaños de contenedor, en el peso fresco de la raíz de <i>Pinus leiophylla</i> Schl. et Cham., a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxiatalmalco, Distrito Federal.....	182
Figura 82. Interacción de diferentes mezclas de sustratos-tamaños de contenedor, en el peso seco del tallo de <i>Pinus leiophylla</i> Schl. et Cham., a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxiatalmalco, Distrito Federal.	183
Figura 83. Interacción de diferentes mezclas de sustratos-tamaños de contenedor, en el peso seco de la raíz de <i>Pinus leiophylla</i> Schl. et Cham., a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxiatalmalco, Distrito Federal.	183

INDICE DEL ÁPENDICE

Figura 1. Comportamiento del diámetro de <i>Abies religiosa</i> (HBK) Schl. et. Cham, en nueve tratamientos con tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.....	206
Figura 2. Comportamiento de la altura de <i>Abies religiosa</i> (HBK) Schl. et. Cham., en nueve tratamientos formados por tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	207
Figura 3. Comportamiento de la relación altura/diámetro de <i>Abies religiosa</i> (HBK) Schl. et Cham., en nueve tratamientos formados por tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.....	208
Figura 4. Comportamiento de la longitud de raíz de <i>Abies religiosa</i> (HBK) Schl. et Cham., en nueve tratamientos formados por tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	209
Figura 5. Comportamiento del peso fresco del tallo de <i>Abies religiosa</i> (HBK) Schl. et Cham., en nueve tratamientos formados por tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	210
Figura 6. Comportamiento del peso fresco de la raíz de <i>Abies religiosa</i> (HBK) Schl. et Cham., en nueve tratamientos formados por tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	211
Figura 7. Comportamiento del peso seco del tallo de <i>Abies religiosa</i> (HBK) Schl. et Cham., en nueve tratamientos formados por tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	212
Figura 8. Comportamiento del peso seco de la raíz de <i>Abies religiosa</i> (HBK) Schl. et Cham., en nueve tratamientos formados por tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	213

Figura 9. Comportamiento del diámetro de <i>Pinus ayacahuite</i> var. <i>veitchii</i> Shaw, en nueve tratamientos con tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.....	214
Figura 10. Comportamiento de la altura de <i>Pinus ayacahuite</i> var. <i>veitchii</i> Shaw, en nueve tratamientos formados por tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	215
Figura 11. Comportamiento de la relación altura/diámetro de <i>Pinus ayacahuite</i> var. <i>veitchii</i> Shaw, en nueve tratamientos formados por tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.....	216
Figura 12. Comportamiento de la longitud de raíz de <i>Pinus ayacahuite</i> var. <i>veitchii</i> Shaw, en nueve tratamientos formados por tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	217
Figura 13. Comportamiento del peso fresco del tallo de <i>Pinus ayacahuite</i> var. <i>veitchii</i> Shaw, en nueve tratamientos formados por tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	218
Figura 14. Comportamiento del peso fresco de la raíz de <i>Pinus ayacahuite</i> var. <i>veitchii</i> Shaw, en nueve tratamientos formados por tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.....	219
Figura 15. Comportamiento del peso seco del tallo de <i>Pinus ayacahuite</i> var. <i>veitchii</i> Shaw, en nueve tratamientos formados por tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	220
Figura 16. Comportamiento del peso seco de la raíz de <i>Pinus ayacahuite</i> var. <i>veitchii</i> Shaw, en nueve tratamientos formados por tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	221
Figura 17. Comportamiento del diámetro de <i>Pinus montezumae</i> Lamb., en nueve tratamientos con tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	222

Figura 18. Comportamiento de la longitud de raíz de <i>Pinus montezumae</i> Lamb., en nueve tratamientos formados por tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	223
Figura 19. Comportamiento del peso fresco del tallo de <i>Pinus montezumae</i> Lamb., en nueve tratamientos formados por tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	224
Figura 20. Comportamiento del peso fresco de la raíz de <i>Pinus montezumae</i> Lamb., en nueve tratamientos formados por tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	225
Figura 21. Comportamiento del peso seco del tallo de <i>Pinus montezumae</i> Lamb., en nueve tratamientos formados por tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	226
Figura 22. Comportamiento del peso seco de la raíz de <i>Pinus montezumae</i> Lamb., en nueve tratamientos formados por tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	227
Figura 23. Comportamiento del diámetro de <i>Pinus hartwegii</i> Lindl., en nueve tratamientos con tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	228
Figura 24. Comportamiento de la longitud de raíz de <i>Pinus hartwegii</i> Lindl., en nueve tratamientos formados por tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	229
Figura 25. Comportamiento del peso fresco del tallo de <i>Pinus hartwegii</i> Lindl., en nueve tratamientos formados por tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	230
Figura 26. Comportamiento del peso fresco de la raíz de <i>Pinus hartwegii</i> Lindl., en nueve tratamientos formados por tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	231

Figura 27. Comportamiento del peso seco del tallo de <i>Pinus hartwegii</i> Lindl., en nueve tratamientos formados por tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	232
Figura 28. Comportamiento del peso seco de la raíz de <i>Pinus hartwegii</i> Lindl., en nueve tratamientos formados por tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	233
Figura 29. Comportamiento del diámetro de <i>Pinus leiophylla</i> Schl. et Cham., en nueve tratamientos con tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	234
Figura 30. Comportamiento de la altura de <i>Pinus leiophylla</i> Schl. et Cham., en nueve tratamientos formados por tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	235
Figura 31. Comportamiento de la relación altura/diámetro de <i>Pinus leiophylla</i> Schl. et Cham., en nueve tratamientos formados por tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	236
Figura 32. Comportamiento de la longitud de raíz de <i>Pinus leiophylla</i> Schl. et Cham., en nueve tratamientos formados por tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	237
Figura 33. Comportamiento del peso fresco del tallo de <i>Pinus leiophylla</i> Schl. et Cham., en nueve tratamientos formados por tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	238
Figura 34. Comportamiento del peso fresco de la raíz de <i>Pinus leiophylla</i> Schl. et Cham., en nueve tratamientos formados por tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	239
Figura 35. Comportamiento del peso seco del tallo de <i>Pinus leiophylla</i> Schl. et Cham., en nueve tratamientos formados por tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	240

Figura 36. Comportamiento del peso seco de la raíz de <i>Pinus leiophylla</i> Schl. et Cham., en nueve tratamientos formados por tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.	241
---	-----

RESUMEN

Actualmente en México, el uso de las turbas importadas como sustratos sustitutos de la tierra de monte en la producción de plantas forestales va en aumento.

Con el propósito de encontrar alternativas que ayuden a reducir el impacto que se genera sobre los recursos naturales el uso de las turbas y la tierra de monte, en el vivero San Luis Tlaxialtemaco, se evaluó el crecimiento de *Pinus montezumae* Lamb., *Pinus hartwegii* Lindl., *Pinus ayacahuite* variedad *veitchii* Shaw, *Pinus leiophylla* Schl. et Cham., *Abies religiosa* (HBK) Schl. et Cham., producidas en tres mezclas de sustratos compuestos principalmente por *peat-moss*, pulpa de café y fibra de coco; y en tres tamaños de contenedor: 93, 150 y 265 centímetros cúbicos de capacidad.

En donde se observó que en la especies de *Abies* y *Leiophylla*, el mayor porcentaje de emergencia se presentó en las mezclas formadas *peat-moss* y la de mayor proporción de fibra de coco. Para *Ayacahuite* que es la especie con la semilla más grande, los mejores resultados de la emergencia se obtuvieron en la mezcla que retiene mayor humedad y que esta formada por iguales proporciones de fibra de coco y bagazo de café. En las especies cespitosas como *Montezumae* y *Hartwegii*, los mejores porcentajes se obtuvieron en las mezclas formadas por *peat-moss*.

Con respecto a los tamaños de contenedor, no se encontro influencia en la emergencia de plántulas en ninguna de las especies.

En las variables que evalúan el crecimiento y que cuantifican la biomasa, en todas la especies, los mejores resultados se obtuvieron en la mezcla formada por *peat-moss*, seguida de la mezcla formada por mayor porcentaje de fibra de coco, y que paralelemente fueron las que mejores características físico-químicas presentaron en las análisis de laboratorio realizado.

Palabras clave: *Abies religiosa* (HBK) Schl. et Cham, *Pinus montezumae* Lamb., *Pinus hartwegii* Lindl., *Pinus ayacahuite* variedad *veitchii* Shaw, *Pinus leiophylla* Schl. et Cham., vivero, sustratos, contenedor, fibra de coco, bagazo de café, *peat-moss*.

ABSTRACT

Today in Mexico, the use of imported peat moss as a substrate to substitute decomposed forest litter in the production of forest plants is increasing.

To find alternatives to help reduce the impact on natural resources, the use of peat moss and forest litter, in the San Luis Tlaxialtemaco nursery, was evaluated. Growth of *Pinus montezumae* Lamb., *Pinus hartwegii* Lindl., *Pinus ayacahuite* var. *veitchii* Shaw, *Pinus leiophylla* Schl. et Cham., *Abies religiosa* (HBK) Schl. et Cham., produced in three substrate mixtures composed principally of peat moss, coffee pulp, and coconut fiber in three different container sizes (93, 150, and 265 cm³) was assessed.

It was observed that, in the species of *Abies* and *Leiophylla*, the highest percentage of emergence occurred in the mixtures of peat moss and those with the highest proportion of coconut fiber. For *Ayacahuite*, which is the species with the largest seeds, the best results for emergence were found for the mixture that retains the most moisture, which was made of equal parts of coconut fiber and coffee pulp. In the caespitose species, *montezumae* and *hartwegii*, the highest percentages were obtained with mixtures of peat moss.

Regarding container size, no influence was found on seedling emergence for any of the species.

In the variables that evaluate growth and quantity of biomass, for all of the species, the best results were obtained with the mixture of peat moss, followed by the mixture with a largest percentage of coconut fiber. These were also those that had the best physical-chemical characteristics, according to laboratory analyses.

Key words: *Abies religiosa* (HBK) Schl. et Cham, *Pinus montezumae* Lamb., *Pinus hartwegii* Lindl., *Pinus ayacahuite* var. *veitchii* Shaw, *Pinus leiophylla* Schl. et Cham., nursery, substrate, container, coconut fiber, coffee pulp, peat moss.

1. INTRODUCCION

Durante los últimos años el desarrollo del uso de materiales con características capaces de sustituir al suelo, en la producción de plantas forestales, en especial la tierra de monte, ha sido muy acelerado, de tal manera que las producciones más importantes en materia forestal a nivel mundial se cultivan bajo esquemas de producción donde se utilizan materiales reciclables y con orientaciones ecológicas.

Paralelamente a la evolución de las técnicas y medios de cultivo, se ha experimentado una importante ampliación en el campo de aplicaciones de los sustratos formados por materiales orgánico o subproductos de la industria

La producción de plantas forestales en contenedor es un sistema de reciente introducción en México. Las ventajas de éste han ido en aumento, desde el mejor aprovechamiento en espacio, obtención de planta en menor tiempo, reducción en la utilización de la mano de obra y muchas otras, en comparación con el sistema tradicional.

El sistema de producción en contenedor tiene muchas ventajas sobre el sistema tradicional, sin embargo, una desventaja, es la importación de materiales orgánicos. Uno de ellos es el *peat-moss*, que se está utilizando a nivel nacional en la producción de planta tanto de ornato como forestal y cuyo consumo cada vez va en aumento. En México, de 1997 a julio del 2000 se importaron más de 7,500 toneladas de este material (BANCOMEX, 2000).

Si lo más importante en la producción de planta forestal en México es la obtención de planta en calidad, cantidad y oportunidad, al menor costo, se tiene que disminuir y, en su caso prescindir del uso de materiales importados que aumentan los costos de producción. Ante esta situación México tiene una gran ventaja ya que cuenta con una amplia gama de materiales que bien podrían igualar las características de los importados.

Con la finalidad de buscar otras alternativas de sustratos, para la producción de planta en vivero, actualmente diversas instituciones como el Colegio de Posgraduados, Universidad Autónoma Chapingo, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias y algunos Viveros Militares, están probando diversos materiales para la producción de planta en vivero como la corteza de pino, la fibra de coco y el aserrín, entre otros.

No ajeno a esta situación, el vivero San Luis Tlaxialtemalco, de reciente construcción, con una capacidad para la producción de 30 millones de plantas forestales en el sistema de contenedores, y el más grande en México, se están

realizando algunos ensayos sobre el uso de fibra de coco y tezontle como componentes alternativos en la mezcla de sustratos, para la producción de planta forestal.

En este contexto, la presente investigación tiene el propósito de estudiar la fibra de coco y el bagazo de café, como sustratos alternativos para la producción de *Pinus montezumae*, *Pinus hartwegii*, *Pinus ayacahuite*, *Pinus leiophylla* y *Abies religiosa*, comparativamente con la mezcla tradicional del vivero a base de *peat-moss*, así también, probar el uso de otros tamaños de contenedor de mayor capacidad al comúnmente usado en el vivero.

2. OBJETIVOS GENERALES

- Determinar cuál de las tres mezclas de sustratos probadas es la mejor para el desarrollo de cinco especies de coníferas producidas en vivero.
- Determinar cuál de los tres tamaños de contenedor probados es el mejor para el desarrollo de cinco especies de coníferas producidas en vivero.

2.1. Objetivos particulares

- Evaluar la fibra de coco como sustrato para la producción de cinco especies de coníferas.
- Evaluar el bagazo de café como sustrato para la producción de cinco especies de coníferas.

3. HIPÓTESIS

- El crecimiento de *Pinus montezumae*, *Pinus hartwegii*, *Pinus ayacahuite*, *Pinus leiophylla* y *Abies religiosa* es tan bueno o mejor en las mezclas formadas con diferentes porcentajes de fibra de coco y bagazo de café, comparados con la mezcla tradicional del vivero a base de *peat-moss*.
- El crecimiento de *Pinus montezumae*, *Pinus hartwegii*, *Pinus ayacahuite*, *Pinus leiophylla* y *Abies religiosa* es tan bueno o mejor en los contenedores de mayor capacidad, comparados con el de menor tamaño que se utiliza comúnmente en el vivero.

4. REVISION DE LITERATURA

4.1. Producción de planta en contenedor

En sustitución del la producción tradicional de planta en envase, han aparecido los denominados sistemas de producción de planta en ambiente controlado, que se basan, en cultivar los brinzales forestales con un conjunto de medios técnicos de modo que el desarrollo de la planta esté controlado desde el principio al fin.

El empleo de contenedores antiespiralantes fue el primer paso de una larga serie de mejoras técnicas aplicadas. El empleo de sustratos adecuados, la fertilización, el control ambiental, la micorrización, el empleo de la luz para controlar el fotoperíodo, etc., no son sino otros tantos medios que el hombre ha puesto en beneficio de la planta forestal y que hoy día se encuentran en fase de aplicación o estudio (Peñuelas, 1996).

Nadal (1998) indica que fue hacia los años treinta, en Estados Unidos, con motivo del ambicioso "Great Plain Forestry Project" cuando se hizo evidente la necesidad de sustituir la planta a raíz desnuda por planta en contenedor si se pretendía tener un mínimo de éxito. Así también, indica que hasta los años 60 y 70 fue cuando empezó, de verdad, en Canadá y Estados Unidos, la producción a gran escala de planta forestal en contenedor con sustrato artificial.

La primera producción a gran escala de plántulas para reforestación en los modernos contenedores de plástico se dio en Canadá con el uso de la "bala Walters" (Walters Bullet) (Walters, 1974, citado por Landis, 1990) en la Columbia Británica, y con el "Tubo Ontario" (Ontario Tube) (Reese, 1974 citado por Landis, 1990) en Ontario.

Con base en los prototipos anteriores otros contenedores fueron desarrollados y probados en Canadá y los Estados Unidos durante la época de los años sesenta e inicios de los setenta, incluyendo algunos que todavía son utilizados como los bloques de poliestireno expandido y el sistema de celda simple (Styrofoam block, Rootainers y Ray Leach). En adición a estos productos utilizados en Norteamérica, el sistema japonés de macetas de papel (paper pot) fue adoptado por los países escandinavos e importado posteriormente a los Estados Unidos y Canadá (Landis, 1990).

4.2. Contenedores

Para las actividades de reforestación, la planta se cultiva en contenedores de volumen relativamente pequeño. En este caso, los contenedores individuales son frecuentemente denominados celdas o cavidades, y usualmente son producidos en

agregados denominados bloques, bandejas o portacontenedores. Pero en el lenguaje propio de los viveristas el término contenedor puede referirse a una sola celda o al bloque entero (Landis, 1990).

La palabra contenedor proviene de la traducción del inglés "Container" que significa recipiente, contenedor o envase. En México, se le denomina producción en contenedor a la utilización de envases rígidos principalmente de polietileno de alta densidad; éstos pueden estar de manera individual colocados en rejillas, denominados comúnmente tubetes, o bien, formar un solo bloque denominado charola.

Karlsson (1997) citado por Aldana (1998) presentan un resumen cronológico de la evolución de los contenedores, dividido en períodos de 15 años, haciendo énfasis en las características sobresalientes de cada etapa, las que se enlistan a continuación:

1950– 1965

- Período de prueba y error, donde los resultados fueron malos.
- Los contenedores de papel tomaron importancia.

1965 - 1980

- Grandes avances en la producción en contenedores en países como Canadá, Suecia y Finlandia.
- Se inicia el empleo a gran escala de contenedores de papel, de plástico rígido de celdas individuales o multiceldas, así como las charolas de poliestireno.
- Algunos contenedores podían llevarse del vivero al sitio de plantación, mientras que otros requerían la extracción de las plantas en vivero, para su transporte posterior al campo en cajas de cartón.
- Todos los contenedores hasta estas fechas tenían las paredes interiores lisas y pequeños hoyos inferiores para el drenaje.
- Se generaba planta con crecimiento de raíces en espiral.
- Se emplea *peat-moss* como sustrato, pero aún se tenían graves problemas con hongos patógenos.
- Se empezaron a utilizar mesas para soportar las charolas. Se da el primer paso hacia la poda aérea de raíces.
- Aparecen los contenedores con costillas interiores y/o con poda aérea, poda

mecánica o poda química de raíces.

1980 - 1995

- Los contenedores incluyen costillas interiores para guiar el crecimiento de raíces, así como una perforación interior de mayor tamaño.
- Los materiales más utilizados fueron plásticos rígidos (sistema de tubetes individuales o multiceldas) así como charolas de poliestireno expandido (multiceldas).
- El uso de sistemas de papel disminuyó notablemente.
- Varios países desarrollaron el sistema de contenedores para la producción por semilla, vareta o estaca.
- Se fortalece la investigación sobre fertilización, fumigación, almacenamiento y fotoperíodo.
- La poda química de raíces, empleando charolas tratadas con solventes de cobre, adquirió popularidad en los viveros de Estados Unidos y Canadá.
- Se desarrollaron charolas con aberturas de los costados, sin embargo, la poda tenía que realizarse mecánicamente.
- 1995 A LA FECHA
- Se determinan las exigencias de la utilización de contenedores con aberturas laterales. Un mal diseño requerirá poda mecánica, lo cual resulta muy ineficiente y costoso.
- El uso de la poda química se pone en tela de juicio con los movimientos ambientalistas, politizando la toma de decisiones en si se debe o no utilizar.
- Los aspectos ambientales también sugieren la utilización de contenedores de plástico rígido de larga duración y totalmente reciclables.
- Hay una tendencia mundial de producir plántulas del mismo tamaño que las de raíz desnuda, pero en una densidad al menos 5 veces mayor.

Es importante destacar que durante los últimos 50 años el sistema de producción en envase ha evolucionado de manera significativa desde los paper pot (macetas de papel) utilizados en los años treinta, seguidos de las bolsas de polietileno en los años cincuenta, hasta los contenedores rígidos de polietileno de alta densidad con estabilizadores de rayos Ultra Violeta utilizados en la actualidad.

4.2.1. Características de los contenedores

Las propiedades del contenedor ideal para la producción de plántulas han sido cuestión de debate durante muchos años. Aunque los contenedores pueden ser comparados en muchas formas distintas, la más apropiada es la relación con la funcionalidad. La función primaria de cualquier contenedor es la de contener una pequeña cantidad de sustrato, que a su vez abastece a las raíces con agua, aire, nutrientes minerales y, además, provee soporte físico mientras la planta está aún en el vivero (Landis, 1990).

La selección de un buen envase depende del tipo de especie a producir, el sistema de producción con que se cuenta y las condiciones del sitio por reforestar, así como, el medio donde establecerá relaciones simbióticas (con hongos micorrizicos) (Landis, 1995).

González (1995) determina que para la selección de los envases se deben considerar tanto aspectos biológicos como económicos los cuales se describen a continuación:

- **Tamaño**

En el tamaño se considera el volumen, altura, diámetro y forma; este es una de los factores que afectan el tamaño final de las plántulas y el volumen final de la raíz.

- **Diseño**

Actualmente en el mercado se pueden encontrar un sin número de formas y tamaños de contenedores.

El problema de la raíz en espiral se ha resuelto parcialmente diseñando envases con bordes verticales (costillas) en la pared interior, creando un obstáculo para que no crezca en espiral y obligándola a crecer en dirección vertical hacia el orificio del drenaje, donde debido a una disminución en el nivel de humedad y al contacto directo con el aire, se realiza la poda aérea.

- **Espacio entre cavidades**

La distancia entre las cavidades en las charolas genera la densidad de crecimiento de las plántulas, la cual es una de las características más importantes que afecta el crecimiento. Las plántulas requieren un mínimo de espacio para crecer, que varía dependiendo de la especie y la edad. Esto es importante para los viveristas debido a que necesitan producir la mayor cantidad de plántulas por unidad de superficie.

- **Color y aislantes**

El color, así como las propiedades aislantes afectan la temperatura y el crecimiento de la raíz, por lo tanto, la absorción del calor estará en función del color del envase.

Algunos envases hechos de materiales aislantes como los bloques de poliestireno (styroblock) conducen menor calor que los materiales plásticos más delgados. El medio de crecimiento se calienta más rápido en materiales plásticos y las raíces a temperaturas tibias crecen mejor. El calor intenso y los rayos ultravioleta (UV) hacen que el plástico se debilite y se agriete, para lo cual en la actualidad están disponibles en el mercado, envases con inhibidor de rayos UV.

- Costo y disponibilidad

Estos son factores muy importantes en el momento de la elección de los envases, debido a que se debe hacer un análisis económico considerando la densidad de crecimiento de las plántulas, cantidad de sustrato requerido, duración y reciclaje de los envases y costos de transporte o importación en caso de ser importados y finalmente el costo total de la planta.

No existe un contenedor que presente todas las características diversas posibles

Segura y García (2000) determinaron que las plantas de *Pinus pseudostrobus* y *Pinus leiophylla* que se desarrollaron en el envase rígido ApbII (tubete de 150cc), tuvieron mejor respuesta a las variables: altura, diámetro, volumen de la parte aérea, peso seco de la parte aérea, volumen radical, longitud de la raíz principal, emisión de nuevas raíces y relación tallo/raíz, que los desarrollados en el envase ApbI (tubete de 100cc), por lo que señalan que la mejor calidad de planta se presentó en el envase de mayor capacidad.

Álvarez y Bautista (1999) compararon la calidad de plantas de *Pinus duranguensis* Martínez y *Pinus engelmannii* Carriere, producidas en tres tamaños de envases, dos rígidos y uno de bolsa de plástico, en donde determinaron que a los 8 meses de edad las plantas producidas en envases rígidos se desarrollaron más en el invernadero que las producidas en bolsa de plástico.

4.3. Sustratos

4.3.1. Definición de sustratos

Cadahia (1992) indica que el término sustrato o substrato se aplica a todos los materiales sólidos y distintos de los suelos naturales, minerales u orgánicos, que colocados en un contenedor, en forma pura o mezclada, permite el anclaje del sistema radical para el soporte de la planta. Así también, indica que los sustratos pueden ser de materiales químicamente inertes o activos, que pueden o no aportar

nutrientes al complejo proceso de la nutrición de las plantas.

Noguera y Abad (1997) describen al término sustrato como material sólido natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que, colocado en un contenedor, en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radical, que sirve como soporte para la planta, pudiendo intervenir o no en el proceso de nutrición mineral de la planta.

Ansorena (1994) señala que además de servir de soporte o anclaje a la planta, el medio de cultivo tiene que suministrar a las raíces cantidades equilibradas de aire, agua y nutrientes minerales, ya que si las proporciones de estos componentes no son adecuadas, el crecimiento de la planta podrá verse afectado.

Richards (1986) indica que el medio de cultivo ha de ser lo suficientemente firme y denso que permita mantener los brinzales en su lugar durante la fase de enraizamiento o germinación. Su volumen ha de permanecer prácticamente constante tanto cuando está seco como cuando está húmedo. No es muy deseable, que el medio encoja durante la fase de secado.

Reinikainen (1993) considera que el medio de cultivo deberá tener una estructura tal que permita que las raíces penetren ampliamente hacia él para extraer suficiente agua, oxígeno y nutrimentos. Por ello, debe seleccionarse de acuerdo con la técnica del crecimiento del vivero. Deberá tener: una densidad aparente que permita que las plantas permanezcan verticales; buena humectación aún después de haberse secado en el contenedor; adecuada retención de agua y nutrimentos que le permita a las plantas sobrevivir durante la transportación y la etapa de plantación; ser limpio y fácil de cultivar. La pureza química-biológica, costo, homogeneidad, calidad y disponibilidad del material a largo plazo, también son criterios importantes en la selección de sustratos.

Burés (1998) menciona que la propia definición de sustrato no puede desligarse del cultivo en contenedor, ya que un sustrato es por definición, cualquier medio que se utilice para cultivar plantas en contenedores.

Matkin et al. Citados por Mastalerz (1977) propusieron los siguientes criterios para evaluar y seleccionar un material como ingrediente para la preparación de sustratos:

- Efectivo para producir buen drenaje y aireación
- Biológica y químicamente estable cuando se esterilice
- Bajo en sales

- Fácilmente disponible en forma uniforme tanto física como químicamente
- Económico
- Capaz de retener humedad y nutrimentos para cubrir los requerimientos de las plantas entre aplicaciones de fertilizante
- Ligero en peso
- Fácilmente incorporable a las mezclas
- pH cercano a la neutralidad

4.3.2. Caracterización de los sustratos

Las propiedades físicas son aquellas que se pueden ver y sentir como son: granulometría, color, retención de agua y aireación. Por el contrario, las propiedades químicas influyen en el suministro de nutrientes, y no es tan fácil apreciarla a simple vista o tacto (Ansorena, 1994).

Actualmente en México no es fácil determinar el método más adecuado para la caracterización de sustratos debido a la variedad de métodos disponibles y la gran diversidad de materiales que pueden ser utilizados como sustratos, por ello es común que los datos obtenidos de un laboratorio a otro difieran por las metodologías empleadas.

4.3.3. Propiedades físicas

Generalmente suele darse más importancia a las propiedades físicas de los sustratos, ya que una vez seleccionada una mezcla como medio de cultivo, apenas puede ser alterada durante el desarrollo de la planta, mediante el riego y el abonado (Ansorena, 1994).

Las propiedades físicas más importantes que permiten evaluar la capacidad de un material como sustrato, o comparar diferentes materiales, son:

Granulometría: Se refiere al tamaño de las partículas de los materiales empleados para formar la mezcla. La granulometría de los materiales empleados suele ser muy variable debido a múltiples factores como origen y naturaleza, sistema de recolección, condiciones de trituración y tamizado. El tamaño de estos materiales deberían en lo posible ser homogéneos, con el propósito de que en todas las producciones se obtengan los grados de porosidad recomendables. Se recomienda que el tamaño de las partículas de los materiales oscile entre 0.2 y 6 mm. La utilización de partículas más finas reducirán la porosidad y formarán cepellones

muy compactos, en tanto que partículas más gruesas, formarán cepellones poco estables y con porosidades superiores a los niveles recomendables.

Las partículas de los medios no son esféricas ni presentan un tamaño único, por lo que en la práctica, la porosidad aumenta a medida que lo hace el tamaño medio de partículas.

Porosidad: La porosidad de un medio es el porcentaje de su volumen que no se encuentra ocupado por fase sólida. Esta es una de las características físicas más importantes de los sustratos. Una mezcla que tenga una elevada porosidad tendrá las ventajas potenciales de una buena aireación y retención de agua. Sin embargo, el que estas condiciones se den en la práctica dependerá, además, de la distribución de los tamaños de los poros. Si estos son muy grandes, la porosidad estará ocupada principalmente por aire, pudiendo llegar a ser insuficiente la cantidad de agua retenida. Por el contrario, si los poros son excesivamente pequeños, se tendrá mucha agua, pero la cantidad de aire disponible para la respiración de las raíces puede no ser suficientes. Por lo tanto, es necesario que la distribución de tamaños de los poros sea la adecuada para que el sustrato retenga las cantidades convenientes de agua y aire.

Retención de humedad: esta característica se refiere a la máxima cantidad de agua que puede retener un sustrato colocado en un contenedor, tras saturación y drenaje hasta el equilibrio y que es equiparable al concepto de capacidad de campo en suelos agrícolas.

Densidad aparente: la densidad aparente de un sustrato se define como la relación entre la masa de una muestra seca y el volumen del sustrato húmedo en condiciones estándar previamente establecidas (Bunt, 1988). Es la relación entre la masa o peso de las partículas (secas o húmedas) y el volumen aparente que éstas ocupan. Los sustratos suelen tener una densidad aparente baja (Burés, 1998).

La influencia de la compactación en la porosidad y en la densidad aparente se comprende fácilmente al considerar el efecto de comprimir un material poroso. Cuanto mayor sea la presión ejercida, menor será el volumen de poros, y por lo tanto la porosidad. Al disminuir el volumen total, manteniéndose la masa del material aumentará la densidad aparente y como consecuencia aumentará la retención de agua (Ansorena, 1994).

4.3.4. Propiedades químicas

pH. Es la medida de la acidez o alcalinidad del sustrato. Para la mayoría de las especies forestales, se obtienen los mejores desarrollos cuando se mantienen

valores del pH entre 5.5. y 6.5. Niveles diferentes a estos rangos pueden influir en el desarrollo de hongos causantes del damping-off, dificultar el desarrollo de hongos micorrizicos y principalmente dificultarle a las plantas su proceso de absorción de los nutrientes minerales. Niveles extremos del pH pueden inclusive ser tóxico o causar la muerte de las plantas.

CIC. Se define como la capacidad para intercambiar y adsorber (retener por adherencia) los nutrientes del suelo (cationes o iones positivos: H^+ , Al^{3+} , Ca^{2+} , K^+ , Mg^{2+} , Na^+ , NH_4^+ , etc.), y se expresa en miliequivalentes (meq)/100 gramos. Se considera que los valores comprendidos entre 6 y 15 meq/gramo son adecuados para casi todos los casos.

C.E. (conductividad eléctrica). Representa la cantidad de sales presentes en el sustrato o suelo, se obtiene mediante un extracto o en el caso del suelo a saturación, se expresa en milimhos y/o micromhos por centímetro a 25°C de temperatura.

Relación carbono/nitrógeno (C/N). En este caso es necesario mantener un valor homogéneo para facilitar un mismo ritmo de descomposición de la materia orgánica (humificación). Una relación C/N tan alta como > 20 (caso de un material fresco), indica un medio con una tasa de mineralización lenta y habrá que recurrir a suplir la carencia del N, con abonos minerales.

4.3.5. Mezclas de sustratos

Cabrera (1996) señala que para elaborar sustratos para plantas en macetas debe utilizarse al menos un 40% de componente orgánico, y sugiere que el contenido de arena no sea mayor a una tercera parte del volumen total del sustrato. El tamaño de partículas apropiado para el sustrato debe ser de 0.5 a 4 mm con menos de 20% de ellas menores a 0.5 mm.

Bunt (1988) enfatiza que no hay especificaciones universales para mezclas, ya que estas varían con la necesidad de las especies de plantas, el ambiente y las prácticas de manejo. Con frecuencia, las recomendaciones incluyen el uso de un volumen o tamaño específico de algún mejorador para tener buenas relaciones aire-agua. Aclara que, a pesar de que una cierta mezcla pueda haber alcanzado los resultados deseados en cierta localidad, no significa que eso se pueda aplicar universalmente. Por esas razones, es más importante conocer los principios físicos básicos en la formulación de sustratos más que las descripciones de fórmulas específicas.

Álvarez y Bautista (1999) hicieron una relación de los trabajos realizados en la

Universidad Autónoma Chapingo sobre el uso de sustratos (Cuadro 1) en la producción de plantas en vivero, en el cual se observa que la tierra de monte y la tierra agrícola son los más utilizados, esto coincide con Vera (1986) donde indica que las mezclas más comunes en México son: tierra de monte con arena de río, tierra lama con arena de río y tierra de monte con tierra lama, empleado en diferentes proporciones.

En México son pocos los trabajos que se han realizado sobre el uso de sustratos como alternativas para disminuir el uso de tierra agrícola en la producción de planta forestal, la mayoría de los trabajos donde se han hecho caracterizaciones de los materiales utilizados como sustratos han sido principalmente en el área hortícola y en la producción de plantas de ornato.

Cuadro 1. Mezclas utilizadas en producción con bolsa de polietileno en diferentes experimentos por varios autores.

Especie	Mezcla recomendada	Autor (es)
<i>Cassia fistula</i>	100% TA 80% TA - 20% AR	Arreóla (1995)
<i>Cedrela salvadorensis</i>	80% TA - 20% AR	Larracilla (1985)
<i>Cupressus lindleyi</i>	75% TM - 25% AR	Sánchez y Pedraza (1984)
<i>Delonix regia</i>	100% TA 80% TA - 20% AR	Arreóla (1995)
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	80% TA - 20% AR 50% TA - 50% AR	Arreóla (1995)
<i>Eucalyptus globulus</i>	25% TM - 75% AR	Sánchez y Pedraza (1984)
<i>Gliricidia sepium</i>	80% TA - 20% AR 50% TA - 50% AR	Arreola (1995)
<i>Lysiloma divaricata</i>	20% TA - 80% AR	Larracilla (1985)
<i>Pinus arizonica</i>	30% TM - 70% AR 50% AS - 50% P1 50% TM-50% AR2	Zarzosa (1975) Villarreal (1981)
<i>Pinus caribea var. hondurensis</i>	50% TM - 50% TL	Ocampo (1990)
<i>Pinus cembroides</i>	50% TM - 50% TA	Gallegos (1989)
<i>Pinus durangensis</i>	50% TM - 50% MO	Santiago (1993)
<i>Pinus engelmannii</i>	100% TM 25-75% TM	Carrillo et al. (1993) Carrillo et al. (1994)
<i>Pinus greggii</i>	80% TBE - 20% AR 80% TBP - 20% AR 80% TM - 20% TA	Ruiz(1989) García (1990)
<i>Pinus hartwegii</i>	70% TM - 30% AR 100% CA 25-75% TM	Prieto (1986) Carrillo et al. (1993) Carrillo et al. (1994)
<i>Pinus montezumae</i>	100%TM(Germ.) 80% TM - 20% AR (Alt.) 25% TM-25% CA-50%BC 25-75% TM	Vera(198) Carrillo et al.(1993) Carrillo et al. 1994)
<i>Piptadenia viridiflora</i>	75% TA - 25% AR	Arzate (1990)
<i>Pseudotsuga macrolepis</i>	75% TM - 25% AR	Mapula(1995)
<i>Pithecellobium dulce</i>	100%TA	Arzate (1990)
<i>Swietenia humilis</i>	80% TA - 20% AR 50% TA - 50% AR 20% TA - 80% AR	Larracilla(1985) Arreola (1995)

TA: tierra agrícola, AR: arena de río, CA: cascarilla de arroz, AS: aserrín, TL: tierra local, MO: materia orgánica, TM: tierra de monte, P: perlita, BC: bagazo de caña, TBP: tierra de bosque de pino, TBE: tierra de bosque de encino.

4.3.6. Características físicas y químicas de los materiales usados como sustratos

4.3.6.1. *Peat moss*

ORIGEN

Hartmann y Kester (1992) señalan que la turba está formada por restos de vegetación acuática o de pantanos y que han estado en descomposición parcial debido a que se encuentran debajo del agua. Opinan que la composición de los diversos depósitos de turba varía mucho, dependiendo de la vegetación que le de origen, su estado de descomposición, contenido de minerales y grado de acidez.

White (1985) citado por Ayala (1999) señalan cinco tipos básicos de peat usados en horticultura: *sphagnum* (*peat-moss*), reed-sedge, *hypnum*, humus, y estiércoles; de éstos, el de mejor calidad es el peat, ya que satisface todas las características deseables y también es uno de los materiales orgánicos más disponibles. Así también, opina que el *peat-moss* parcialmente descompuesto tiene una alta porosidad total (85-95 % del volumen). Con un drenaje adecuado el peat provee un buen suministro de oxígeno cuando se riega frecuentemente.

De acuerdo con Peat Moss de México (1994), la turba es el producto de la carbonización y descomposición de vegetales que normalmente se encuentran en los pantanos. Está formada por la degradación de capas sucesivas de plantas acuáticas y semiacuáticas, como juncos y musgos. El musgo espagnoso (miembro del género *Espagneas*) es el principal componente de la turba (blanca o rubia). Este material de tipo ácido, conocido como turba de musgo *Sphagnum* es ampliamente usado en hortifloricultura. Sus propiedades físicas y funcionales son brevemente descritas a continuación:

Propiedades físicas: Una buena turba es totalmente orgánica en contenido y es liviana. Su color es marrón-amarillento. No contiene coloides y tiene baja densidad. Es fibrosa, esponjosa y suave en apariencia. No tiene olor.

Propiedades funcionales: Esta turba permite una excelente aireación; debido a su naturaleza tiene una considerable capacidad de almacenamiento de agua y nutrimentos para las plantas, promueve un fácil crecimiento de raíces y sirve como fuente para humus y ácidos húmicos esenciales para el crecimiento de las plantas; además, debido a su alta capacidad de intercambio catiónico (CIC) posee un alto poder amortiguador.

De acuerdo con Fucar (1997) las características del *Peat-moss* (*Sphagnum spp.*) son:

ORIGEN

Material de origen orgánico poco evolucionado, procedente de la degradación de un medio saturado de agua de una vegetación con dominio de *Sphagnum* y otros musgos.

CARACTERISTICAS

- Densidad aparente: 0.08
- Porosidad: 90 a 95%
- Volumen de aire en ¹pF1: 20 a 30%
- Capacidad de retención de agua: 60 a 80%
- Disponibilidad de agua: 25 a 45%
- Capacidad de intercambio catiónico: 100 a 120 meq/l
- pH agua: 3 a 5

VENTAJAS

- Capacidad elevada de retención de agua, conservando una buena aireación
- Alta capacidad de intercambio catiónico
- Baja densidad

DESVENTAJAS

- Aireación media
- En caso de desecación del sustrato, éste se aligera y se dificulta su rehumectación
- Alto costo

4.3.6.2. Vermiculita

Bunt (1988) indica que la vermiculita es un mineral silicato de aluminio-hierro-magnesio, que sometido a temperaturas por arriba de los 1000°C provoca la expansión de sus partículas entre 15 o 20 veces con respecto a su tamaño original, quedando una estructura en forma de acordeón. Así también, indica que es un

¹pF1:Corresponde a la humedad del sustrato, al contenido máximo de agua que puede retener después de saturación y secado.

material de peso ligero, con gran capacidad de retención de humedad, elevada capacidad de intercambio catiónico, con un pH casi neutral y que se producen 4 tipos, con base en el tamaño de las partículas, los tipos 2 y 3 son los más usados en los medios de crecimiento y que el tipo 2 se utiliza cuando se requiere mayor porosidad de aireación y el tipo 3 cuando se requiere mayor porosidad de retención de humedad.

De acuerdo con Fucar (1997) las características de la vermiculita son:

ORIGEN

Material de origen mineral (mica) que se expande mucho al calentarlo (1000°C). Químicamente es un silicato hidratado de magnesio, hierro-aluminio.

CARACTERISTICAS

- Densidad aparente de 0.08 a 0.09
- Porosidad mayor a 95%
- Volumen de aire en ¹pF1 30 a 45%
- Capacidad de retención de agua 40 a 65%
- Disponibilidad de agua 10 a 25%
- Capacidad de intercambio catiónico 120 a 140 meq/l
- pH del agua 7.5 a 9
- Granulometría 0/1 a 1/4 mm
- Contenido de magnesio hasta 30 meq/100 gr de producto seco

VENTAJAS

- Muy utilizada por sus grandes cualidades de aireación
- Alta capacidad de intercambio catiónico

DESVENTAJAS

- Si su almacenamiento es prolongado puede compactarse y perder parte de sus cualidades de aireación

¹pF1: Corresponde a la humedad del sustrato, al contenido máximo de agua que puede retener después de saturación y secado.

- Precio relativamente alto

4.3.6.3. Agrolita

ORIGEN

Material mineral de origen volcánico que se extrae de escurrimientos de lava. El material crudo se tritura, criba y se calienta en hornos de 760 a 1000°C a esta temperatura la poca cantidad de agua que existe en las partículas, se convierte en vapor, expandiendo a estas formando pequeños granos esponjosos de peso muy liviano.

En México, este material se utiliza en la propagación y producción de cultivos ornamentales y hortícolas, debido a sus excelentes cualidades de baja densidad, buen drenaje, excelente aireación, buena capilaridad, moderada retención de humedad, completa esterilidad, y baja CIC.

De acuerdo con la empresa Dicalite de México, S.A. (1993) los yacimientos más puros (mas blancos) de agrolita en México, están en el estado de Puebla.

De acuerdo con Fucar (1997) las características de la agrolita son:

ORIGEN

Material de origen volcánico tratado a 760°C y expandido.

CARACTERISTICAS

- Densidad aparente de 0.08 a 0.12
- Porosidad mayor a 95%
- Peso entre 80 y 130 kg/m³
- Volumen de aire en ¹pF1 mayor a 50%
- Capacidad de retención de agua 20 a 35%
- Disponibilidad de agua 10 a 15%
- Capacidad de intercambio catiónico 6 meq/l
- pH del agua 6 a 8
- Granulometría 0.1/1.5, 1/3, 1.5/5, 3/6 mm

¹pF1: Corresponde a la humedad del sustrato, al contenido máximo de agua que puede retener después de saturación y secado.

VENTAJAS

- Muy utilizada por sus grandes cualidades de aireación
- Sus características son conocidas para una granulometría dada

DESVENTAJAS

- Producto friable, que si se almacena por periodos prolongados se puede degradar
- Costos relativamente altos
-

4.3.6.4. Pulpa de café

El cafeto pertenece a la familia *Rubiaceae* y al género *Coffea*, que comprende más de 40 especies. De éstas, 19 tiene importancia económica, pero solo 4 especies se cultivan comercialmente: *Coffea arabica* L. o café arabigo, *C. canephora* o café robusta, *C. liberica* o café liberiano y *C. excelsa* o café excelso.

- Obtención de la pulpa

Después de cosechados, los granos de café son llevados a los beneficios y ahí se sumergen en un tanque de agua, con un doble propósito: remover granos dañados y frutos verdes u otros materiales extraños que en esas condiciones flotan, y servir como mecanismo de transporte de los granos.

El procesamiento del fruto de café para obtener los granos consiste básicamente en dos operaciones. La primera es el remojo o procesamiento húmedo que deja como producto la pulpa de café, mucílago y aguas de desecho, por una parte, y por otra, los granos de café y la cascarilla, como unidad. La segunda operación es un proceso seco que separa la cascarilla del grano de café (Figura 1.).

Pasado el proceso de despulpado, la pulpa es transportada por agua hacia un sistema de recolección de desperdicios, que puede ser en un carretón o simplemente se apila para ser removida más tarde.

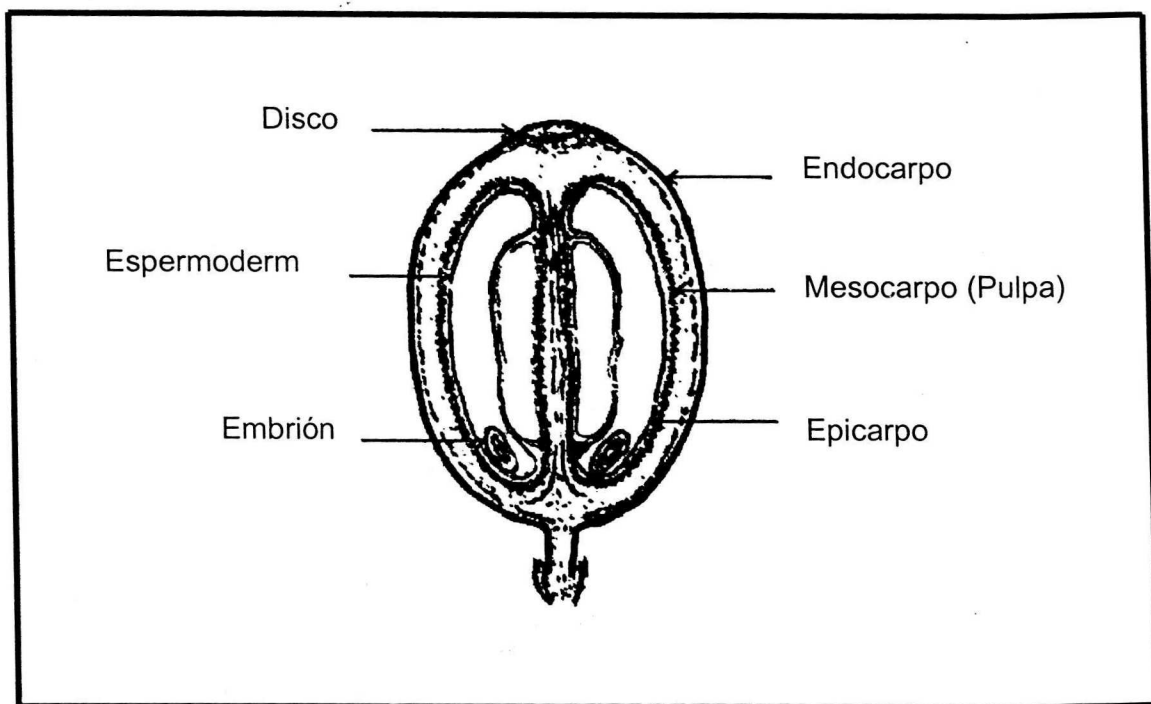


Figura 1. Corte longitudinal de una cereza de café (*Coffea arabica* L.)

El material que se utilizó para este experimento es el subproducto de la industrialización del café de la compañía Nestlé, S.A. de C.V., con sede en Toluca, Estado de México, la cual, produce grandes cantidades anuales de pulpa de café como desecho de la industrialización, lo que se ha convertido en un problema por falta de espacio para su almacenamiento.

La empresa Aceites Especiales, S.A. de C.V. se dedica a coleccionar la pulpa de desecho y mediante un proceso de secado a temperaturas de 150 a 200°C bajan la humedad del material de un 60 a 70% hasta 3 a 5% en base seca, de la que se extrae el aceite de café, que se utiliza principalmente para la elaboración de pinturas y resinas. Después de este proceso lo que queda es bagazo de café extractado y una parte de este material se emplea como combustible para el mismo proceso de extracción y el resto se vende como sustrato para la producción de plantas ornamentales. En cuanto a las cantidades para abastecimiento la empresa no tiene problemas ya que actualmente tienen un excedente de 60 toneladas anuales.

Con la finalidad de determinar las características del bagazo de café para su

empleo en la producción de planta en vivero, Aceites Especiales S.A. de C.V. envió al laboratorio muestras de dicho material, corroborando así que por sus características físico-químicas el bagazo de café puede ser utilizado en la producción de planta (Cuadro 2).

Cuadro 2. Caracterización del bagazo de café para la producción de plantas en contenedor

Parámetros	Bagazo de café (a)	Bagazo de café (b)
Retención de humedad	123.3 %	34 %
Espacio poroso	81.3 %	70.7 %
Densidad aparente	0.4 gr/cm ³	0.41 gr/cm ³
pH	4.1	4.7
Conductividad eléctrica	---	0.3 Mmhos/cm
Materia orgánica	108.4 %	96.8 %
Nitrógeno	1.8 %	1.2 %
Fósforo	10 ppm	15 ppm
Capacidad de Intercambio cationico (C.I.C)	36.2 meg/100gr	65.2 meg/100gr
Relación Carbono/Nitrógeno	46.7	---
Granulometría		
4.76 mm	9.8 %	10.7 %
2.0 mm	18.4 %	37.7 %
1.0 mm	25.7 %	22.5 %
0.5 mm	33.8 %	23.5 %
< 0.5 mm	12.3 %	5.75 %

Fuentes: a) Cuevas (2000), b) Aceites Especiales (1995).

4.3.6.5. Fibra de coco

El *Cocos nucifera* (cocotero) es el fruto del cual se extrae la fibra de coco. El fruto del cocotero tiene la morfología típica de las monocotiledóneas, con estipite de igual diámetro en casi toda su longitud, terminando en una corona de hojas que se originan en una yema terminal. Existen numerosas formas dentro de las especies, las cuales se han agrupado en variedades, más o menos definidas, dentro de dos tipos de fecundación: alógama o cruzada y autógena o autofecundada.

El cocotero se cultiva en las zonas tropicales y en algunas regiones subtropicales del mundo. Se estima que hay cerca de cuatro millones de hectáreas cultivadas en el mundo. Entre los principales países productores se mencionan Filipinas, India, Indonesia, Ceilán y Malasia. Constituye también un cultivo importante en las islas de los mares del sur en África, América Latina y las islas del caribe.

Thampan (1991) citado por Caraveo (1994), mencionan que la producción mundial de fibra de coco (bonote) es estimada en 282 000 toneladas anuales aproximadamente. La India Produce el 50% y Sri Lanka el 40% del total.

En la revisión de literatura realizada se encontró que al producto que se obtiene del mesocarpo del fruto del cocotero se le denomina de diferentes maneras como son: fibra de coco, germinaza, polvo de coco, bonote de coco, polvo de bonote de coco.

La diferencia que hay entre estos es el tamaño de partículas o que algunos tienen más fibra o bien que fueron cernidos, pero en general se refieren al mismo material.

Prasad (1997) reportó que el polvo de coco en muchos de los ensayos realizados tuvo propiedades físicas, químicas y biológicas adecuadas para ser usadas como medio de cultivo.

La fibra de coco es un material que se origina del mesocarpo del fruto del cocotero (Figura 2). Tiene excelentes propiedades físicas y no presenta los problemas de repelencia al agua como otros materiales orgánicos. Por su estructura de poros más finos, sus características de retención de agua son mejores en comparación a las turbas. El principal problema que presenta es su alto contenido en cloro, que puede variar considerablemente entre lotes. También tiene un alto contenido de potasio y muy bajo contenido de calcio. Su degradación es lenta, por lo que puede utilizarse en cultivos de ciclos largos, sin embargo, es necesario suministrar una cantidad de nitrógeno extra durante el crecimiento de las plantas para evitar la inmovilización que se puede presentar al utilizar este material como sustrato (Handreck y Black, 1994; Meggelen-Laagland, 1995).

Awang y Razi (1997) señalan que el uso del polvo de coco, aun cuando sea el único material en el que crecen las plantas, no ocasiona algún problema de anclaje

en cultivos ornamentales anuales a pesar de tener baja densidad aparente. Estos mismos autores argumentan que comparando el polvo de coco con la turba, encontraron que los valores de la capacidad amortiguadora de agua en el polvo de coco estuvieron por debajo de lo considerado como adecuado, lo cual indica que si hay un incremento súbito en la transpiración, las plantas tenderán a marchitarse más rápidamente si el régimen de riego no es ajustado.

En México se está aprovechando, desde algunos años a la fecha, un material del desperdicio de las cooperas de Guerrero y Colima, el cual lleva el nombre comercial de Germinaza. Este material es el polvo fresco de coco, es recomendado básicamente como medio de crecimiento para la producción de plántulas de hortalizas en invernadero. Además, se señala que este material está libre de hongos o bacterias patógenas (Torres, 1993).

Verdonck *et al.* (1983) señalan que físicamente la fibra de coco puede dar mejores resultados que la cascarilla de arroz y que puede usarse sola como sustrato. Asimismo, registran que su relación agua/aire es muy buena comparable con la de las mejores turbas.

De la misma manera, Torres (1993) registra que la Germinaza presenta una densidad de 200 kg/m^3 , una retención de humedad de 3 a 4 veces su peso en agua y una excelente aireación.

Reynolds (1977), menciona que la fibra de coco puede ser un excelente medio de crecimiento si se fragmenta bien, e incluso puede ser usado por lo menos 18 meses. El mismo autor reporta que con la fibra de coco ha obtenido excelentes cosechas de jitomate, lechuga, repollo, chiles, frijol y maíz.

García (1999) determinó que el polvo de coco solo, así como su combinación con corteza de pino, son materiales evaluados que pueden ser sustitutos de la tierra de monte y la turba, obteniendo iguales o mejores resultados en la producción de plantas en contenedor.

En el Cuadro 3 se presentan las características físico-químicas de la fibra de coco utilizada como sustrato para la producción de planta en vivero.

INCONVENIENTES

Presenta un alto grado de salinidad, debido en particular a concentraciones de cloro, sodio y potasio, que pueden ser elevadas. Su C.E. media es de $0,6 \text{ ms/cm}$, pudiendo alcanzar $1,8 \text{ ms/cm}$. Debido a esta característica, se debe tener cuidado en la utilización.

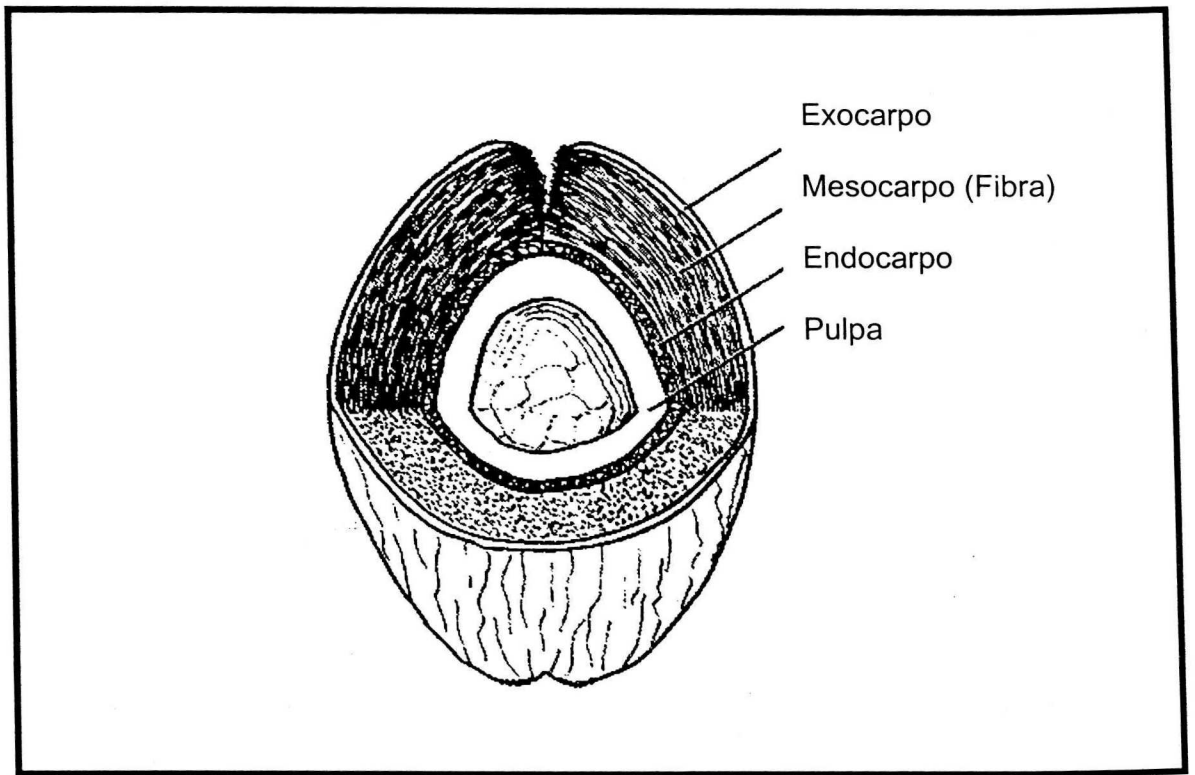


Figura 2. Corte transversal del fruto del cocotero

Cuadro 3. Caracterización de la fibra de coco para la producción de plantas en contenedor

Parámetros	Fibra de coco (a)	Fibra de coco (b)
Retención de humedad	133.5 %	56.9%
Espacio poroso	91.7 %	81.3 %
Densidad aparente	0.2 g/cm ³	0.108 gr/cm ³
pH	6.4	5.7-6.3
Conductividad Eléctrica (C.E)	---	10.1 mmhos/cm
Materia orgánica	65.2 %	88.2 %
Capacidad de Intercambio catiónico (C.I.C)	137.7 meg/100gr	42.0 meg/100gr
Relación Carbono/Nitrógeno	75.6	53.9
Nitrógeno	0.5 %	0.95 %
Fósforo	7 ppm	0.46 %
Potasio	---	1.84 %
Carbono	---	51.2 %
Granulometría	---	---
4.76 mm	10 %	26 %
2.0 mm	27 %	
1.0 mm	20.4 %	
0.5 mm	45 %	48.6 %
< 0.5 mm	---	25.4 %
Taninos	---	11.4 %
Color	---	Café oscuro rojizo

Fuentes: a) Cuevas (2000). b) Caraveo (1994).

4.4. Calidad de planta

La calidad de planta es una de los factores más importantes que condicionan el éxito de la plantación. Sin embargo, ésta importancia sólo ha sido reconocida hace relativamente poco tiempo. La reunión sobre forestación del IUFRO (Unión Internacional de Organizaciones de Investigación Forestal) en 1974, hizo notar oficialmente la importancia que tiene la calidad de planta forestal, dado que ésta puede influir mucho más en el éxito de la forestación a corto y largo plazo que la técnicas de plantación utilizadas (Peñuelas y Ocaña, 1996) .

Las plantas con calidad fisiológica adecuada, poseen características apropiadas para asegurar su crecimiento y sobrevivencia en un sitio determinado (Vargas, 1997).

Una planta ideal posee los atributos físicos y fisiológicos requeridos que satisfagan los objetivos de los programas de reforestación (Rose *et al.*, 1990; citado por Mexal, 1996).

Las plantas de calidad, requieren de previas e intensivas prácticas de manejo forestal, por lo tanto, la calidad de las plantas refleja la integración de una multitud de características fisiológicas y morfológicas, pero no existe un estándar para determinar la calidad de brinzales. Mediante una prueba de calidad de brinzales y la interpretación de sus resultados, es posible predecir, con algo de confiabilidad, la supervivencia y el crecimiento potencial de cualquier brinjal sobre cualquier sitio (Duryea y Landis, 1984).

4.4.1. Factores que influyen en la calidad de planta

Es importante conocer el origen y la procedencia del germoplasma que se utiliza. El origen se refiere al área geográfica dentro del rango de distribución natural de la especie donde crecieron los árboles progenitores, y la procedencia es un término no taxonómico que se refiere a un área geográfica limitada donde crecieron los árboles progenitores, dentro de la cual se esperan modificaciones de la constitución genética de los árboles como respuesta a las condiciones locales particulares del sitio. La procedencia puede ser nativa (en cuyo caso coincide con el origen) o introducida (procedencia derivada). Cuando se transfiere semilla entre zonas o países, lo que cambia en cada caso es la procedencia, el origen sigue siendo el mismo (Mesén, 1997).

Aunque suele mencionarse que las características genéticas del germoplasma carecen de relación directa con la calidad de la planta puesto que no son modificables, este factor es importante debido a que define las características intrínsecas del material a propagar, lo cual se manifiesta a través del crecimiento,

vigor y sobrevivencia. Por ello, definir el origen y calidad de la semilla, en función de los objetivos, es un factor de relevancia en la calidad de la planta a producir (Prieto, 1998).

Los factores ambientales de mayor influencia en la producción de planta son la temperatura, humedad y radiación, los cuales pueden ser modificados o controlados a través del uso de invernaderos. A continuación se comentan brevemente como influyen dichos aspectos en la calidad de la planta.

Temperatura. El rango apropiado en el cual las plantas realizan en forma eficiente sus procesos metabólicos en general fluctúa entre los 20 y 28°C, temperaturas inferiores limitan los procesos y más altas les provocan estrés, lo que también les afecta.

Humedad. Se busca que sea permanente, sin que esté en exceso o escasa, ya que cuando existe en exceso provoca que el sistema radicular tenga un crecimiento deficiente y ocupe todo el envase, además Cuevas (1995) indica que excesos de humedad no permiten que la planta endurezca o complete su ciclo de latencia, mientras que escasez de humedad limita a las plantas para que logren realizar adecuadamente sus procesos metabólicos y alcancen el tamaño apropiado para ser plantadas.

El agua constituye entre el 80 y 90% del peso fresco de la planta, es el solvente que transporta los nutrientes y es el reactivo bioquímico de muchos procesos dentro de la planta, incluyendo la fotosíntesis; además, es esencial para mantener la turgencia de las células al promover la expansión celular y el crecimiento (Kramer, 1983).

Intensidad de luz. Influye en los procesos fotosintéticos, normalmente en las etapas iniciales de crecimiento de las plantas se utilizan mallas medias sombras que fluctúan entre el 40 y 60 %. El tiempo y tipo de malla sombra depende de la especie a reproducir y de las condiciones climáticas del sitio, aunque debe considerarse que la malla media sombra sólo debe ponerse en las etapas iniciales de crecimiento de las plantas, ya que si se deja hasta el final del proceso, la planta puede estar muy suculenta, sin lignificación y sin una preadaptación (Prieto, 1999).

4.4.2. Características para determinar la calidad de planta

A continuación se describen algunas características que se consideran importantes para evaluar la calidad de la planta forestal producida en vivero.

- Altura de la planta

Los factores ambientales que influyen en la altura del tallo, son, en orden de

prioridad: tiempo, agua, nutrientes y área de crecimiento (Mexal, 1996).

La planta muy pequeña tendrá poca superficie fotosintética y por lo tanto su velocidad de desarrollo en terreno como su adaptabilidad será lenta, pero representa la ventaja de que el área de transpiración es pequeña, por lo tanto su deshidratación será más lenta. Lo opuesto, una planta grande tiene la probabilidad de crecer más rápido pero su transpiración será mayor y, por lo tanto más expuesta a la deshidratación (Toral, 1997 citado por Bello, 1999).

Mexal (1996) reporta en las especificaciones de la plántula ideal para pinos no cespitosos, del SE de Estados Unidos, una altura de 15-25 cm.

- Diámetro del tallo

Es el diámetro a la base del tallo o al nivel de la cicatriz de los cotiledones, medido en milímetros. Su lectura puede variar significativamente con la localización exacta donde se haga la medida, por lo que algunos han estandarizado su medida a 1cm, por encima del medio de crecimiento (Landis, 1995).

A mayor espacio de crecimiento entre las plantas en el vivero, se presentan plantas más robustas con mayor diámetro al cuello de la raíz. Contenedores de tamaño más grande (mayor volumen de sustrato por cavidad) producen plantas con diámetros mayores (Scagel *et al.*, 1998).

Mexal (1994) citado por Toral (1997), indica que la supervivencia de las especies forestales más importantes aumenta en un 5-7% por cada mm de aumento en el diámetro de la plántula y que las tasas más altas de supervivencia, mayores al 80% se logran cuando las plantas de coníferas a raíz desnuda tienen un diámetro de cuello de 5 a 6 mm.

Cuevas *et al.* (1998) en un trabajo realizado sobre los factores que determinan la sobrevivencia inicial y el crecimiento en el Valle de México, recomiendan que el diámetro mínimo para *Pinus* debe ser de 4 mm y de 3 mm para *Cupressus*; pero el diámetro mínimo de la plántula ideal debe ser de 6 mm.

- Relación altura/diámetro o índice de robustez

Es otro indicador morfológico de la calidad de planta (Scagel, 1998); ofrece una buena medida de la calidad tanto en plantas a raíz desnuda como en plantas en contenedores. Se obtiene mediante la división de la altura (cm) entre el diámetro del tallo (mm). Relaciona la resistencia de la planta con la capacidad fotosintética de la misma (Toral, 1997).

En Chile y Nueva Zelanda, *Pinus radiata* tiene mejor supervivencia cuando las plantas guardan una relación 60:1 según la escala de calidades desarrolladas por

Menzies *et al.* (1985), citado por Toral (1997).

Esta relación 60:1 significa que en el momento de la salida, la planta debe tener una altura de 30 cm, y su diámetro de cuello debe tener a lo menos 0.5 cm.

- Longitud de raíz

La longitud total de la raíz es un indicador indirecto de la superficie de absorción. Además una planta tiene un sistema radical de calidad si este es largo y con alto porcentaje de fibrosidad que es por donde la planta absorbe agua y elementos minerales necesarios para su desarrollo y crecimiento (Thompson, 1984 citado por Segura y García, 2000).

- Pesos fresco y seco del tallo y raíz

El peso seco de la parte aérea representa la cantidad de materia seca que se formó durante el crecimiento de la planta y puede correlacionarse con la sobrevivencia en campo, pues es un indicador de la eficiencia fisiológica durante el desarrollo de la planta, y a mayor peso seco de la planta deberá tener una mejor eficiencia fisiológica (Thompson, 1984, citados por Segura y García, 2000).

El peso seco de la raíz muestra el comportamiento fisiológico que llevó acabo la planta y se refleja en la acumulación de la materia seca, dependiendo de la cantidad de materia seca, se puede comparar la facilidad o dificultad que tuvo la planta para absorber elementos nutritivos. El peso seco radical puede relacionarse con la sobrevivencia en campo de forma que a mayor peso radical, mayor sobrevivencia en campo (Vera Castillo, 1995; citado por Segura y García, 2000).

- Micorrizas

Los hongos ayudan al pino aumentando su superficie de absorción, descomponen la materia orgánica, provocando que la planta ofrezca mayor capacidad de absorción de nutrientes. A su vez el hongo se alimenta de los carbohidratos de la planta (Toral, 1997).

5. METODOLOGÍA

Los datos obtenidos del experimento sólo abarcan hasta los siete meses de edad de las plantas, ya que por razones de tiempo no fue posible terminar el experimento hasta los once meses como estaba programado.

La metodología se dividió en dos fases, la primera fase fue previa al trabajo de campo, se llevó a cabo en el laboratorio donde se realizaron las caracterizaciones de los materiales utilizados como sustratos, de los resultados obtenidos se determinaron los porcentajes de cada sustrato para formar las mezclas que se usaron en el experimento. Solo se determinaron las características consideradas indispensables para determinar si un material puede o no funcionar como sustrato para la producción de plantas.

La segunda fase consistió en el trabajo de campo desde la preparación de las mezclas hasta la toma de datos de las plantas. Cada 30 días se tomaron datos de crecimiento, así también, se tomaron muestras de los sustratos para determinar el pH y la C.E. con la finalidad de observar las variaciones de las mezclas con la aplicación de fertilizantes y los riegos.

5.1. Localización del área de estudio

Las instalaciones del vivero San Luis Tlaxiátemalco se localizan en el 9700 de la Carretera Tulyehualco–Xochimilco, Delegación Xochimilco, en México, Distrito Federal. Geográficamente, se ubica en las coordenadas 19° 15' 54" latitud norte y 99° 07' 14" longitud oeste, a una altitud de 2050 msnm.

El vivero tiene una superficie de 73 hectáreas, de las cuales, 25 corresponden a área de vivero y, de éstas, 11.3 corresponden sólo a producción y en las 48 restantes se ubican oficinas, laboratorios, áreas verdes, planta de ósmosis, entre otros.

El clima al que corresponde según la clasificación climática de Koppen, modificada por García, es la del Valle de México descrito como: Cw clima templado lluvioso, con lluvias en verano.

5.2. Caracterización de los sustratos

Se determinaron las características mínimas consideradas más importantes que permiten evaluar la capacidad de un material como sustrato; estas fueron:

- Propiedades físicas

Granulometría. Se pesaron, por separado, 500 gramos de bagazo de café, fibra de coco y *peat-moss*; después, se pasaron por tamices de tamaños 4, 2, 1 y 0.5 mm. El tamizado se realizó manualmente pasando los sustratos por cada tamiz durante

10 minutos aproximadamente. Posteriormente se pesó el contenido de cada tamiz en recipientes tarados con precisión de 0.1gramos.

Retención de humedad. Se pesaron 50 gramos de sustrato, se colocó en un recipiente previamente pesado y se metió a la estufa de secado a una temperatura de 105°C durante 24 horas; pasado ese tiempo, se sacó la muestra y se pesó; posteriormente se volvió a meter la muestra a la estufa, y cada hora se sacó la muestra y se pesó hasta que alcanzó peso constante, obteniendo así el peso seco (PSS). Posteriormente, se colocó la muestra en un recipiente y se agregó agua destilada a saturación y se pesó, se dejó escurrir y, cada 10 minutos, se estuvo pesando hasta alcanzar peso constante, obteniendo así el peso húmedo (PSH). Los cálculos se realizaron con la formula:

$$RH = \frac{PSH - PSS}{PSS} \times 100$$

Donde:

PSS: peso del sustrato seco

PSH: peso del sustrato húmedo

RH: retención de humedad

Porosidad. En dos cilindros con capacidad de 500 ml con perforaciones en la parte de abajo y un collar de extensión se colocó sustrato y se introdujeron en una cubeta vacía que se fue llenando gradualmente con agua hasta que alcanzó el nivel de los cilindros y se dejó durante cuatro horas. Posteriormente, los cilindros se sacaron de la cubeta y se dejaron drenar durante 20 minutos. De esta forma, la muestra se comprimió, descendiendo a un nivel inferior al inicial, por lo que, cuando se volvieron a sumergir en el agua, el nivel de ésta se ajustó al nivel del sustrato; este proceso se repitió tres veces, debido a que tres ciclos de humectación y drenaje son suficientes para la mayoría de los sustratos (Ansorena, 1994). Una vez finalizado el tercer drenaje se quitó el collar de extensión y, con un cuchillo, se eliminó el sustrato húmedo que sobresalió de los cilindros y se les colocó una malla muy fina y, posteriormente, se introdujeron a la cubeta con agua, ajustando nuevamente el nivel del agua a los cilindros y se dejaron así por una hora. Posteriormente, con los dedos, se taparon los orificios de los cilindros y se sacaron del agua, se colocaron en un soporte y se dejaron drenar durante media hora; pasado ese tiempo, se midió con una probeta la cantidad de agua drenada. El

porcentaje de porosidad se calculó con la siguiente formula:

$$P = (V1/V2) \times 100$$

Donde:

P: porosidad

V1: volumen del agua drenada en mililitros

V2: Volumen del cilindro

Densidad aparente. Se llenó un recipiente de volumen conocido con sustrato y posteriormente se peso en una balanza granataría. La formula empleada fue:

$Da = \text{peso del sustrato secado al aire} / \text{volumen total}.$

Donde:

Da: densidad aparente

- Propiedades químicas

Para la determinación de la conductividad eléctrica (CE) y el pH, se midieron en un vaso de precipitado 100 ml de sustrato al cual se le adicionaron 200 ml de agua destilada. La mezcla se agitó durante 15 minutos. Posteriormente, la mezcla se pasó por un filtro de papel que previamente se colocó sobre un embudo, el cual se puso en un matraz, donde se colectó el extracto. En el extracto obtenido se determinó con un potenciometro y conductrimetro, el pH y la C.E.

5.3. Descripción de la semilla y tratamientos pregerminativos

5.3.1. Descripción de la semilla

Se emplearon cinco especies forestales de amplio uso en la producción del vivero. Las características de las semillas de las diferentes especies utilizadas en el ensayo, se presentan en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Características de la semilla de las especies producidas en tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

Especie	Lote	Sitio de colecta	Porcentaje de germinación en laboratorio (%)
<i>Pinus ayacahuite</i>	00296-US	San Andrés Huayacatitla, Puebla	85.0
<i>Pinus leiophylla</i>	02098-US	San Andrés Huayacatitla, Puebla	86.0
<i>Pinus montezumae</i>	01297-L	Coajomulco, Morelos	81.0
<i>Pinus hartwegii</i>	01999-M	Santa Ana Tlacotenco, D.F.	83.7
<i>Abies religiosa</i>	03699-US	Ajusco Tlalpan, D.F.	84.0

Fuente: Laboratorio de semillas del vivero San Luis Tlaxialtemalco

5.3.2 Tratamientos pregerminativos

Los tratamientos pregerminativos fueron diferentes de acuerdo con cada especie y grupos de especies, como se describe a continuación:

a) Para las especies *Pinus leiophylla*, *P. montezumae* y *P. hartwegii* el tratamiento pregerminativo utilizado fue el mismo, el cual se describe:

- La semilla se desinfectó con cloro en una concentración de 0.6% durante 30 minutos. Posteriormente, se lavó para quitar el cloro.
- Se colocó en un tonel con agua para imbibirla durante 6 horas a temperatura ambiente.
- Pasado ese tiempo, se colocó sobre una malla para escurrirla y se dejó secar a la intemperie durante 1 hora.
- Se le aplicó el fungicida de contacto Thiram en una dosis de 10 mililitros por kilogramo de semilla.

b) En *Abies religiosa*, el tratamiento pregerminativo que se aplicó fue el siguiente:

- Manualmente, se eliminó la semilla vana o con algún problema fitosanitario.
- Se desinfectó con cloro a una concentración de 0.6% durante 30 minutos. Posteriormente, se lavó para quitar el cloro.
- Se colocó en un tonel con agua para imbibirla durante 24 horas a 1°C.
- Pasado ese tiempo, se colocó sobre una malla para escurrirla y se dejó secar bajo sombra a temperatura ambiente durante 2 horas.
- Después, en un tonel con agua se colocó la semilla y por flotación se seleccionó la semilla vana.
- La semilla que no flotó permaneció en el fondo del tonel, se dejó escurrir y utilizó para la siembra. No se aplicó fungicida, debido a que en el laboratorio de semillas se están realizando pruebas para determinar las dosis que se le deben de aplicar sin que tenga repercusiones en la germinación.

c) En *Pinus ayacahuite* var. *veitchii* Shaw, el tratamiento pregerminativo que se aplicó fue el siguiente:

- Se desinfectó con cloro a una concentración de 0.6% durante 30 minutos. Después, se lavó para quitar el cloro.
- Se colocó en un tonel con agua para imbibirla durante 24 horas a 1°C.
- Pasado ese tiempo, se colocó sobre una malla para escurrirla y se dejó secar

bajo sombra a temperatura ambiente durante 1 hora.

- Posteriormente, se estratificó durante 10 días; se colocaron las semillas en bolsas de plástico, a éstas se le hicieron pequeñas perforaciones con alfileres para permitir la circulación del aire; de esta manera, se dejaron durante 10 días a temperatura de 5°C y cada dos días; se removieron las semillas para permitir su oxigenación.
- Concluida la estratificación, se les aplicó el fungicida Thiram en una dosis de 10 mililitros por kilogramo de semilla.

5.4. Preparación de las mezclas

La preparación de las mezclas se realizó manualmente. En general, para todos los tratamientos, se prepararon 2 m³ de mezcla incluyendo el 10% de merma con los diferentes porcentajes de cada sustrato según fue el caso. Primero, se colocó el *peat-moss* y se le fue adicionando la fibra de coco previamente cernida; posteriormente se le adicionó la vermiculita; después la agrolita; y, por último, lo microelementos; conforme se fueron revolviendo los materiales se le fue incorporando agua a saturación. La forma en que se determinó que la mezcla estaba lo suficientemente húmeda fue tomando con la mano un puño de mezcla y apretarla, cuando el material no se queda pegado en la mano y no escurre agua, entonces la mezcla está lista.

5.5. Llenado de los contenedores

Una vez preparada la mezcla se procedió a llenar los contenedores; esta actividad se realizó manualmente. Se colocaron los contenedores en el suelo; se llenaron con la mezcla de sustrato y se golpearon en el suelo para compactar; posteriormente, se colocó más sustrato en el mismo contenedor y se compactó. Por último, se puso más mezcla sobre las cavidades hasta que quedaron llenas.

5.6. Siembra

Una vez llenas las charolas, el 8 y 9 de febrero de 2001, se procedió a la siembra. En cada cavidad se colocaron 3 semillas para *Abies religiosa* y 2 para *Pinus ayacahuite*, *Pinus leiophylla*, *P. montezumae* y *P. hartwegii*. Las semillas se depositaron en la superficie de la cavidad y, posteriormente, se les cubrió con una pequeña capa de tezontle y se les dió un riego a saturación. Terminada la siembra, las charolas se colocaron en el invernadero del vivero y se cubrieron con una malla para protegerla de los roedores (Figura 3).

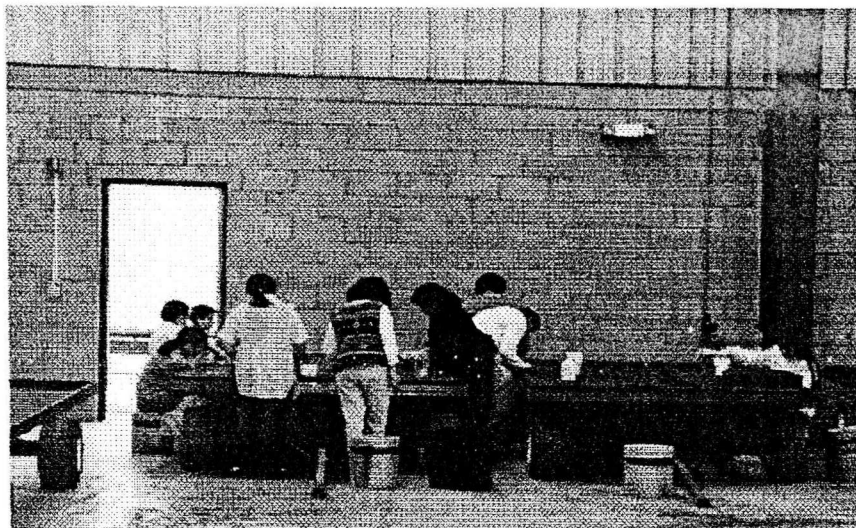


Figura 3. Siembra manual de cinco especies de coníferas producidas en tres tamaños de contenedor y tres mezclas de sustratos en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

5.7. Trasplante o repique

A los 50 días posteriores a la siembra, se realizó el trasplante. Esta actividad consiste en extraer la plántula sobrante de aquellas cavidades en donde emergió mas de una plántula y colocarla en aquellas cavidades en donde no hubo emergencia (Figura 4.). Terminada esta actividad, los contenedores se sacaron del invernadero y se colocaron en las unidades de producción, cubriéndolos con malla sombra durante dos meses más.



Figura 4. Extracción y trasplante de plántulas sobrantes en los contenedores

5.8. Fertilización y riegos

La fertilización se realizó por medio del riego con fertilizantes de fórmulas comerciales para las dos etapas de desarrollo, hasta donde llegó el experimento.

A los diez días posteriores al trasplante se inició la aplicación de la fertilización con la fórmula 4-25-35, en concentraciones de 10, 15 y 25 ppm, durante un periodo de dos meses. En la etapa de desarrollo se aplicó la fórmula 9-45-15 en concentraciones de 15 hasta 50 ppm, para todos los casos.

Se empleó el sistema de riego por aspersión y se aplicó conforme la humedad del sustrato; debido a que la pulpa de café, retiene más humedad, en ocasiones no fue necesario el riego (Figura 5.). El monitoreo para determinar la humedad en la charolas se realizó manualmente, y a simple vista, se pudo observar cuándo el sustrato estaba muy saturado o cuándo se tenía que aplicar riego.

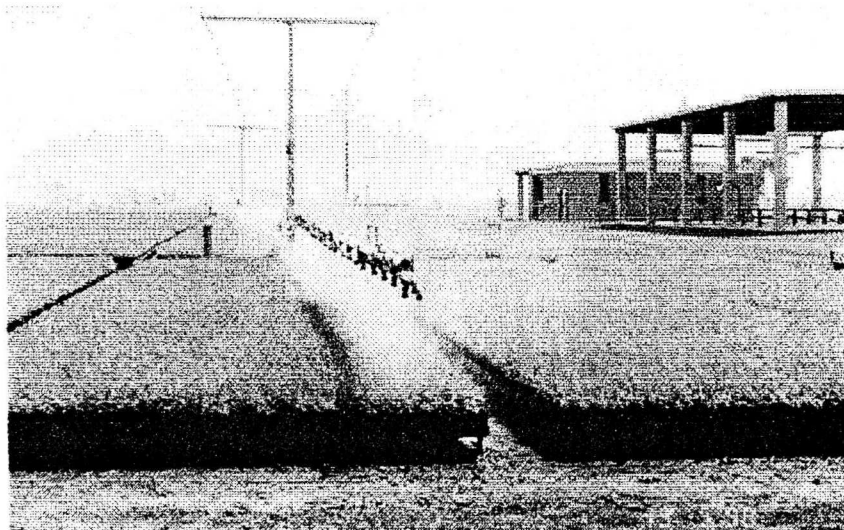


Figura 5. Riegos y fertilización por medio de botalones

5.9. Control de enfermedades

Durante la etapa de germinación se presentaron serios problemas por el ataque de ratones a la semilla de *Pinus ayacahuite* y, en menor grado, a *Pinus montezumae*; para contrarrestar este ataque, se colocaron mallas a modo de cubrir toda la siembra y se puso semilla envenenada en el suelo alrededor de la siembra.

A los 10 días después de la siembra se aplicó, a todo el experimento, Derosal + Previcur a una dosis de 1ml/l de agua de cada producto como preventivo del

damping-off . Esta misma dosis fue aplicada cuando se terminó el trasplante.

A los 45 días posteriores a la siembra se presentó damping-off en *Abies religiosa*, por lo que se aplicó Derosal + Previcur a una dosis de 1ml/litro de agua de cada producto y se extrajo la planta muerta.

A los cuatro meses posteriores a la siembra se notó la presencia de moscos fungosos, por lo que se hicieron 2 aplicaciones por semana de insecticida. En esta etapa, también se presentó micelio de hongos saprófitos en la parte baja de la cavidad. Si bien estos hongos no dañaron a la planta directamente, sí obstruyeron el drenaje del agua; para terminar con el problema, bastó con retirar manualmente el tapón formado en la parte baja de la cavidad.

5.10. Diseño experimental

5.10.1. Unidad experimental

Cada unidad experimental se formó de dos charolas de tal manera que cada unidad estuvo representada por un diferente número de cavidades: para el Tamaño de contenedor 1 (V-93cc), 80 cavidades; para el Tamaño 2 (V-150cc), 48 cavidades, para el Tamaño 3 (V-265cc), 56 cavidades por repetición.

5.10.2. Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, con arreglo factorial 3 x 3, donde 3 corresponde al número de mezclas probadas y 3 corresponde al número de tamaños de contenedor utilizados. Cada tratamiento estuvo constituido por cuatro repeticiones. Cada especie se evaluó de manera independiente con todos los tratamientos.

En la Figura 6 se presenta la distribución de los tratamientos en campo para cada especie evaluada.

La mezcla 3 compuesta principalmente por *peat-moss* es la que comúnmente se utiliza para la producción de planta en el vivero, las mezclas 1 y 2 compuestas por bagazo de café y fibra de coco, son las que mejores resultados presentaron en las pruebas físico-químicas que se realizaron previamente en el laboratorio.

El tamaño de contenedor V-93cc es el que mayormente se utiliza para la producción de planta en el vivero, los tamaños V-150 y V-265 se probaron para determinar cual es el mejor tamaño de contenedor, comparado con el que comúnmente se utiliza para las diferentes especies.

En los Cuadros 5 y 6, así como, en la Figura 7 se muestran los componentes de cada mezcla y las características de los contenedores evaluados.

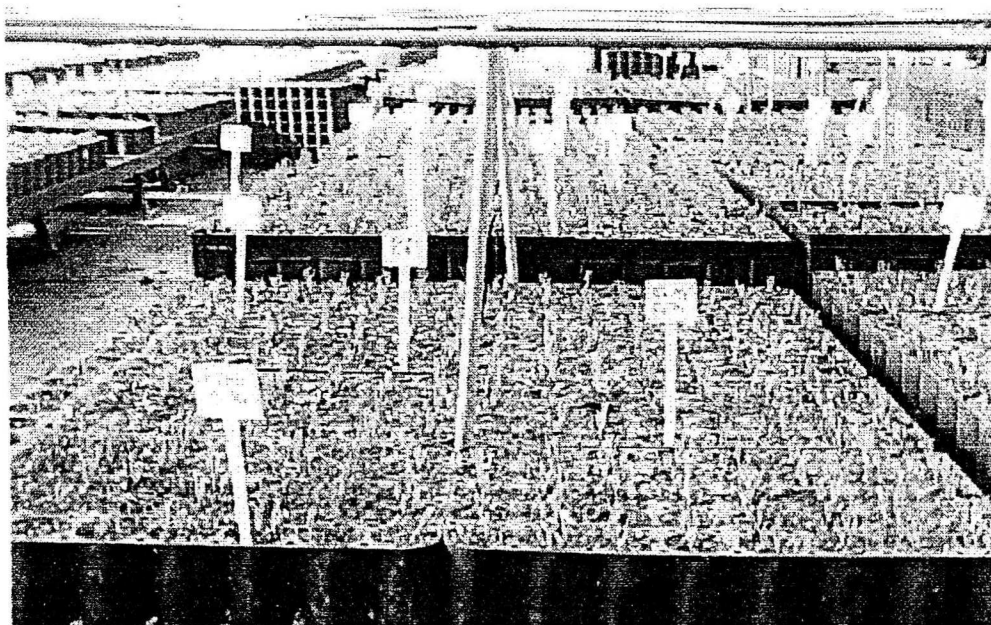


Figura 6. Ubicación del experimento en campo de acuerdo al diseño experimental

Cuadro 5. Componentes de las tres mezclas de sustratos utilizadas para la producción de cinco especies de coníferas en tres tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

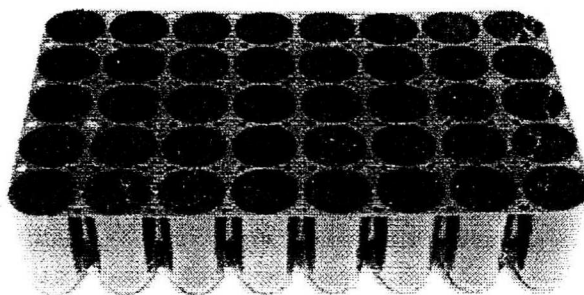
Mezcla 1		Mezcla 2		Mezcla 3	
Pulpa de café	25%	Pulpa de café	20%	<i>Peat-moss</i>	50%
Fibra de coco	25%	Fibra de coco	30%	Agrolita	20%
Agrolita	30%	Agrolita	20%	Vermiculita	30%
Vermiculita	20%	Vermiculita	30%		

Cuadro 6. Características de los tres tamaños de contenedor utilizados para la producción de cinco especies de coníferas en tres mezclas de sustratos, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

Contenedores	Clave	Largo de la charola (cm)	Ancho de la charola (cm)	Profundidad de la cavidad (cm)	Volumen por cavidad (cc)	Cavidades por charola
Contenedor 1	V-93	35.2	21.6	8.7	93	40
Contenedor 2	V-150	35.2	21.6	10.0	150	24
Contenedor 3	V-265	35.2	21.6	15.0	265	28

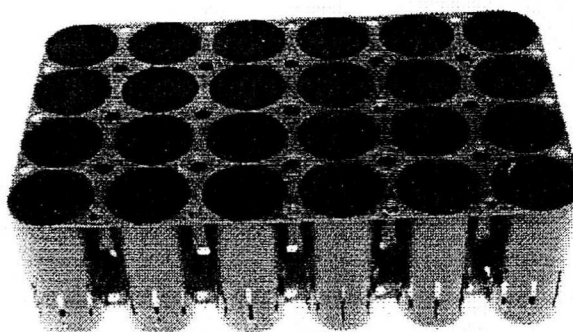
Contenedor

V-93 cc



Contenedor

V-150 cc



Contenedor

V-265 cc

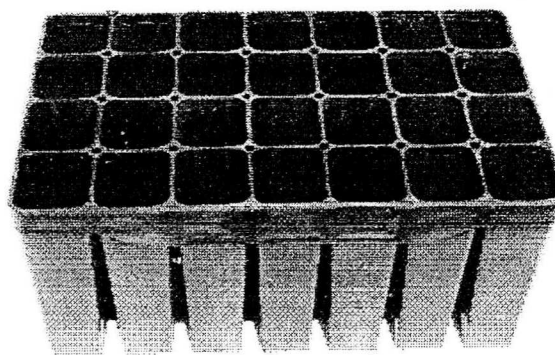


Figura 7. Características de los contenedores utilizados para la producción de cinco especies de coníferas en tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

Modelo estadístico:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + C_j + (C*T)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Y_{ijk} = es la variable de respuesta en la repetición j del tratamiento i

μ = media general o efecto común

T_i = efecto de la i -ésima mezcla de sustrato

ϵ_{ijk} = error experimental

C_j = Efecto del j -ésimo contenedor

$(C*T)_{ij}$ = efecto de la interacción mezcla de sustrato*tamaño de contenedor

5.11. Mediciones

Las variables seleccionadas indican los diferentes estados de crecimiento de las plantas a lo largo del periodo del experimento y, al momento de salir a campo, la evaluación de las características de la calidad.

- Altura de la planta

Se tomó la distancia vertical desde el medio de crecimiento o cuello de la raíz a la yema apical, medida con una regla graduada en centímetros.

- Diámetro del tallo

Esta medición se realizó en la base del tallo con un vernier graduado en milímetros

- Relación altura/ diámetro (índice de robustez)

Este es otro indicador de calidad de planta, se obtuvo dividiendo la altura entre el diámetro del tallo.

- Longitud de raíz

Esta variable se evaluó midiendo las raíces con una regla desde el cuello de la raíz hasta la cofia.

- Pesos frescos y secos del tallo y raíz

Se pesaron en fresco el tallo (tallo y acículas) y la raíz, libres de sustrato; posteriormente de manera separada se metieron en bolsas de papel marcadas y se colocaron en la estufa de secado, ahí permanecieron durante 72 horas aproximadamente a una temperatura de 80°C. Posteriormente se sacaron y se pesaron en una balanza analítica.

base de fibra de coco y bagazo de café son competitivos con la mezcla tradicional del vivero a base de *peat-moss*. En el análisis solo se consideró el costo de cada uno de los sustratos y de las mezclas. El análisis se realizó sobre una producción de 10 millones de plantas, que es la producción regular del vivero en cuestión.

5.13 Análisis

Los datos de la evaluación de las variables de respuesta, se sometieron a un análisis de varianza (ANVA) y, posteriormente, a una prueba de comparación de medias a través de la prueba de Tukey (DSH) a un nivel de significancia del 5%, para ello se utilizó el software Statistical Analysis System de SAS Institute. INC. Cary, North Carolina USA 27513.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados generales de la investigación se presentan en forma separada para cada especie y, dentro de ésta, para cada factor analizado. Se incluyen los resultados generales, los factores que explican el comportamiento en el tiempo de las variables evaluadas, así como los resultados de los análisis de varianza y las pruebas de rangos múltiples aplicados. Posteriormente, se realiza una discusión con base a los resultados obtenidos, comparándola con los conocimientos anteriores.

6.1. *Abies religiosa* (HBK) Schl. et Cham.

6.1.1. Emergencia

En el Cuadro 7 se presentan los resultados de emergencia en diferentes mezclas de sustratos y tamaños de contenedor, a diferentes fechas de observación después de la siembra. En la Figuras 8, 9 y 10 se presenta el comportamiento de la emergencia en todos los tratamientos, por mezclas de sustratos y tamaños de contenedor.

En los cuadros anteriores se puede observar que en todos los tratamientos el mayor porcentaje de emergencia se presentó entre los 15 y 30 días posteriores a la siembra. Así también, se puede observar que en Oyamel, los tratamientos en donde se obtuvo el mayor porcentaje de emergencia fueron: M3C3 (50% *peat-moss*, 30% vermiculita y 20% agrolita, contenedor V-265cc), M3C2 (50% *peat-moss*, 30 vermiculita y 20% de agrolita, contenedor V-150cc) y M3C1 (50% *peat-moss*, 30% vermiculita y 20% de agrolita, contenedor V-93cc) (Cuadro 7y Figuras 8, 9 y 10).

En el análisis de varianza aplicado a la emergencia, se encontró alta diferencia significativa entre las mezclas de sustratos, así como en la interacción mezclas de sustratos-tamaños de contenedor; entre los tamaños contenedor, no se encontró diferencia significativa (Cuadro 8).

Cuadro 7. Resultados generales de la emergencia de *Abies religiosa* (HBK) Schl. et Cham. en diferentes mezclas de sustratos y tamaños de contenedor a diferentes fechas de observación después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

Tamaños de contenedor	Mezclas de sustratos									Promedio por Tamaños de contenedor		
	M1			M2			M3					
	Días después de la siembra											
	15	30	45	15	30	45	15	30	45	15	30	45
	Porcentaje de emergencia (%)											
C1 (V-93cc)	51.66	56.35	57.81	32.5	58.12	63.33	33.85	65.31	72.7	39.33	59.92	64.61
C2 (V-150cc)	45.48	52.77	56.42	49.3	66.14	70.13	44.61	73.26	78.12	46.46	64.05	68.22
C3 (V-265cc)	53.18	57.88	60.86	48.8	53.27	54.16	51.04	79.31	82.58	51.08	63.48	65.86
Promedio por Mezclas de sustratos	50.18	55.66	58.36	43.53	59.17	62.54	43.16	72.62	77.80			

M1: 25% bagazo de café, 25% fibra de coco, 30% vermiculita y 20% agrolita

M2: 20% bagazo de café, 30% fibra de coco, 30% vermiculita y 20% agrolita

M3: 50% peat moss, 30% vermiculita y 20% agrolita

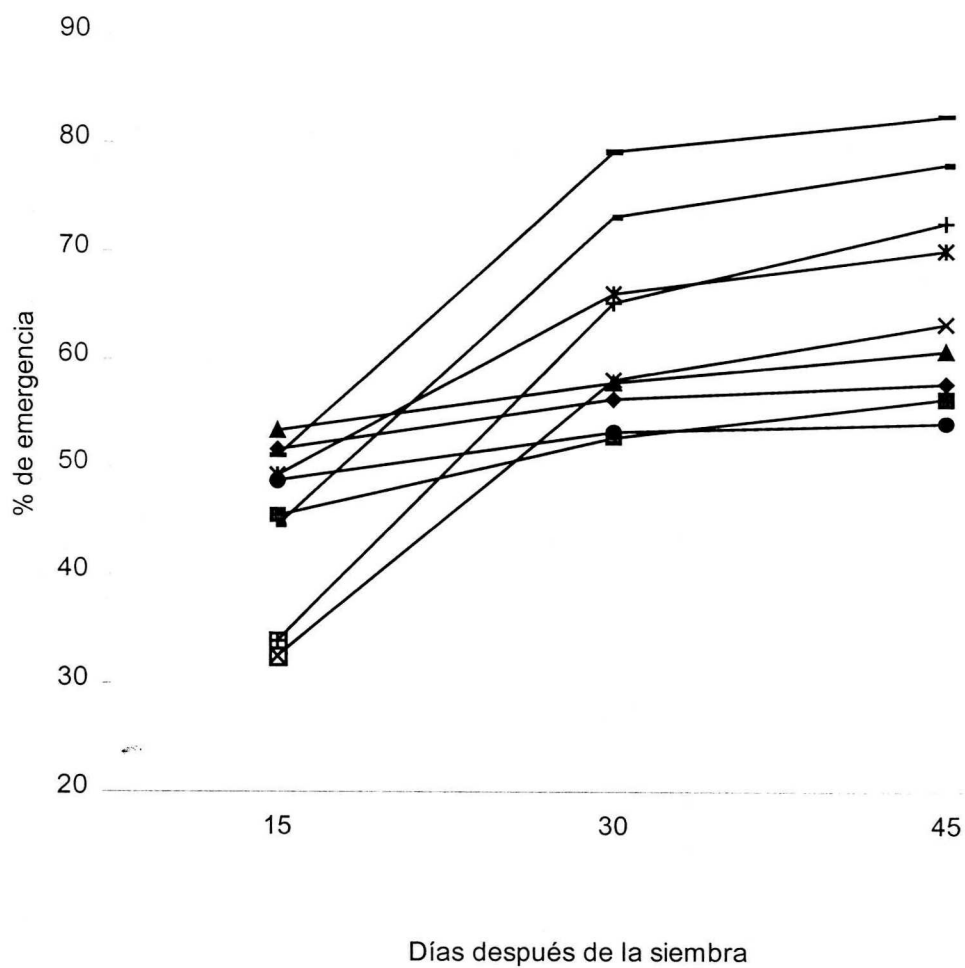


Figura 8. Comportamiento de la emergencia de *Abies religiosa* (HBK) Schl. et Cham., en diferentes mezclas de sustratos y tamaños de contenedor a diferentes fechas de observación después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

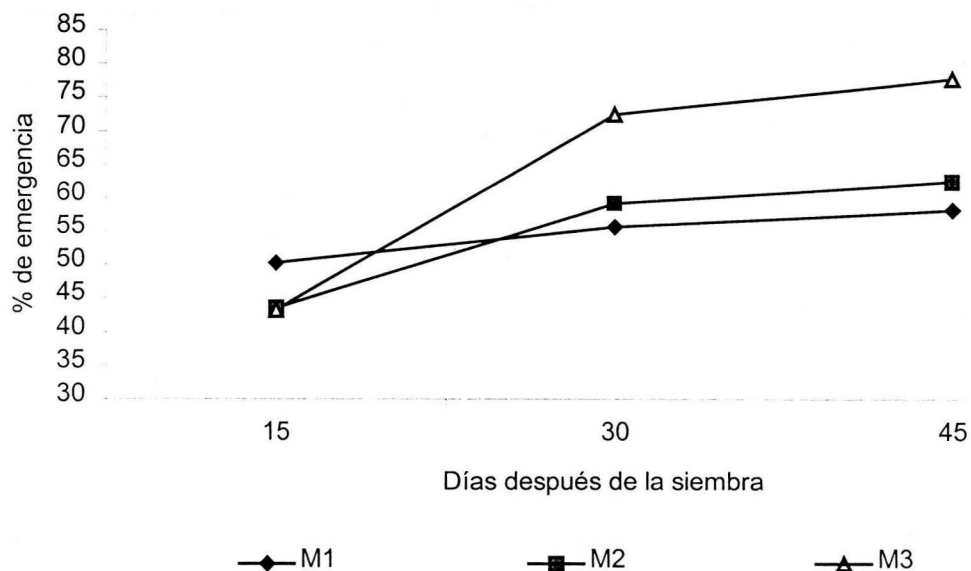


Figura 9. Comportamiento de la emergencia de *Abies religiosa* (HBK) Schl. et Cham., en diferentes mezclas de sustratos a diferentes fechas de observación después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

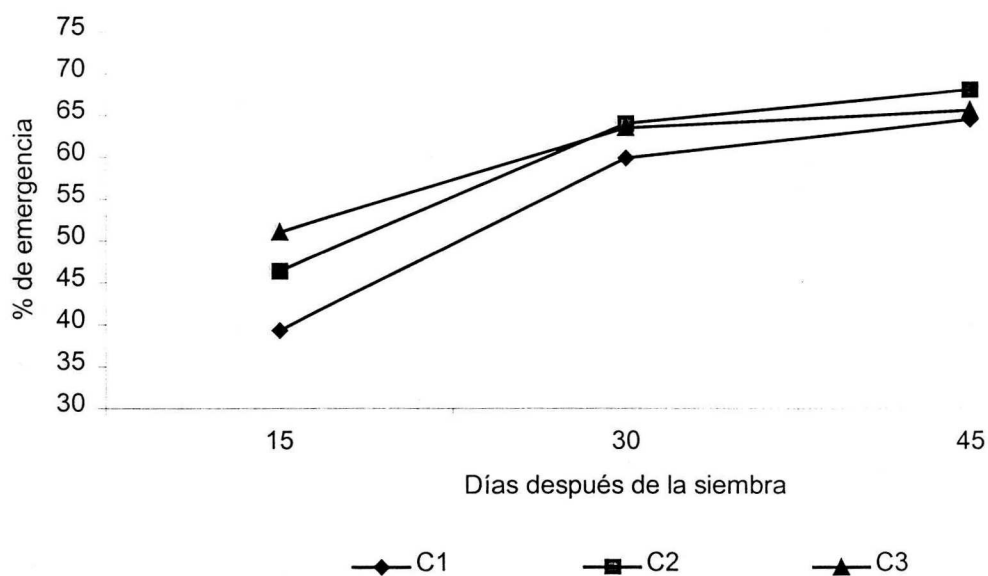


Figura 10. Comportamiento de la emergencia de *Abies religiosa* (HBK) Schl. et Cham., en diferentes tamaños de contenedor a diferentes fechas de observación después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

Cuadro 8. Análisis de varianza de la emergencia de *Abies religiosa* (HBK) Schl. et Cham., en diferentes mezclas de sustratos y tamaños de contenedor a diferentes fechas de observación después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

FV	GL	SC	CM	Fcal	prb>F
Mezclas de sustratos	2	5014.71	2507.35	41.07	0.0001**
Tamaños de Contenedor	2	161.67	80.83	1.32	0.2733ns
Interacción Mezclas de sustratos-Tamaños de contenedor	4	1335.42	333.85	5.47	0.0008**
Error	63	3846.20	61.10		
Total	71	10358.01			

Para prb>F con un $\alpha = 0.05$, es: ns:=nosignificativo, **muy significativo, *significativo

En el Cuadros 9, 10 y 11 se presentan los resultados de las pruebas de rangos múltiples de Tukey, realizados por separado para las mezclas de sustratos, los tamaños de contenedor y la interacción mezclas de sustratos-tamaños de contenedor.

En la prueba de Tukey para la mezclas de sustratos (Cuadro 9) el valor más alto de emergencia se presentó en la M3 (50% *peat-moss*, 30% vermiculita y 20% de agrolita), que resultó diferente y significativamente mayor a las mezclas M2 (20% bagazo de café, 30% fibra de coco 30% vermiculita y 20% de agrolita) y M1 (25% bagazo de café, 25% fibra de coco 30% vermiculita y 20% de agrolita)

Con respecto a los tamaños de contenedor (Cuadro 10) se encontró que los valores de emergencia no presentan diferencias significativas entre ellos.

Finalmente, en la interacción mezclas de sustratos-tamaños de contenedor (Cuadro 11 y Figura 11) se encuentra que las interacciones que comprenden la mezcla de sustrato M3C3 (50% *peat-moss*, 30% vermiculita y 20% de agrolita, V-265cc) presenta los valores más altos en la escala descendente.

De acuerdo con los resultados anteriores, se puede establecer, que independientemente de las mezclas de sustratos utilizadas y los tamaños de contenedor, la emergencia resulta similar, presentándose la mayor parte durante los primeros 30 días. Posteriormente, los porcentajes adicionales de emergencia son irrelevantes.

Es importante destacar también, que la mezcla actual en el vivero (50% de *peat-moss*, 30% vermiculita y 20% de agrolita) provee el mejor sustrato para la emergencia de plántulas, aunque las otras dos mezclas utilizadas, siendo similares entre sí, no logran superar a la primera.

Lo anterior puede deberse a que el sustrato con *peat-moss* conserva mejor la humedad requerida para la etapa de emergencia de Oyamel y que ésta es independiente del tamaño de contenedor.

Cuadro 9. Prueba de rangos múltiples de Tukey para la emergencia de *Abies religiosa* (HBK) Schl. et Cham., a diferentes fechas de observación después de la siembra, en tres mezclas de sustratos, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

Mezclas de sustratos	Emergencia (%)
Mezcla 3 (M3: 50% peat moss, 30% vermiculita, 20% agrolita)	77.80 a
Mezcla 2 (20% bagazo de café, 30% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita)	62.54 b
Mezcla 1 (25% bagazo de café, 25% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita)	58.36 b

Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes con $\alpha = 0.05$.

Cuadro 10. Prueba de rangos múltiples de Tukey para la emergencia de *Abies religiosa* (HBK) Schl. et Cham., a diferentes fechas de observación después de la siembra, en tres mezclas de sustratos, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

Tamaños de contenedor	Emergencia (%)
Contenedor 2 (V-150cc)	68.22 a
Contenedor 3 (V-265cc)	65.87 a
Contenedor 1 (V-93cc)	64.61 a

Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes con $\alpha = 0.05$.

Cuadro 11. Prueba de rangos múltiples de Tukey para la emergencia de *Abies religiosa* (HBK) Schl. et Cham., a diferentes fechas de observación después de la siembra, en tres mezclas de sustratos, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

Interacción Mezclas de sustratos-Tamaños de contendor	Emergencia (%)
M3C3 (50% peat moss, 30% vermiculita y 20% agrolita, V-265cc)	82.58 a
M3C2 (50% peat moss, 30% vermiculita y 20% agrolita, V-150cc)	78.12 a
M3C1 (50% peat moss, 30% vermiculita y 20% agrolita, V-93cc)	72.70 a b
M2C2 (20% bagazo de café, 30% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita, V-150cc)	70.13 a b c
M2C1 (20% bagazo de café, 30% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita, V-93cc)	63.33 b c d
M1C3 (25% bagazo de café, 25% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita, V-265cc)	60.86 b c d
M1C1 (25% bagazo de café, 25% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita, V-93cc)	57.81 c d
M1C2 (25% bagazo de café, 25% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita, V-150cc)	56.42 d
M2C3 (20% bagazo de café, 30% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita, V-265cc)	54.16 d

BIBLIOTECA CENTRAL U. A. CH

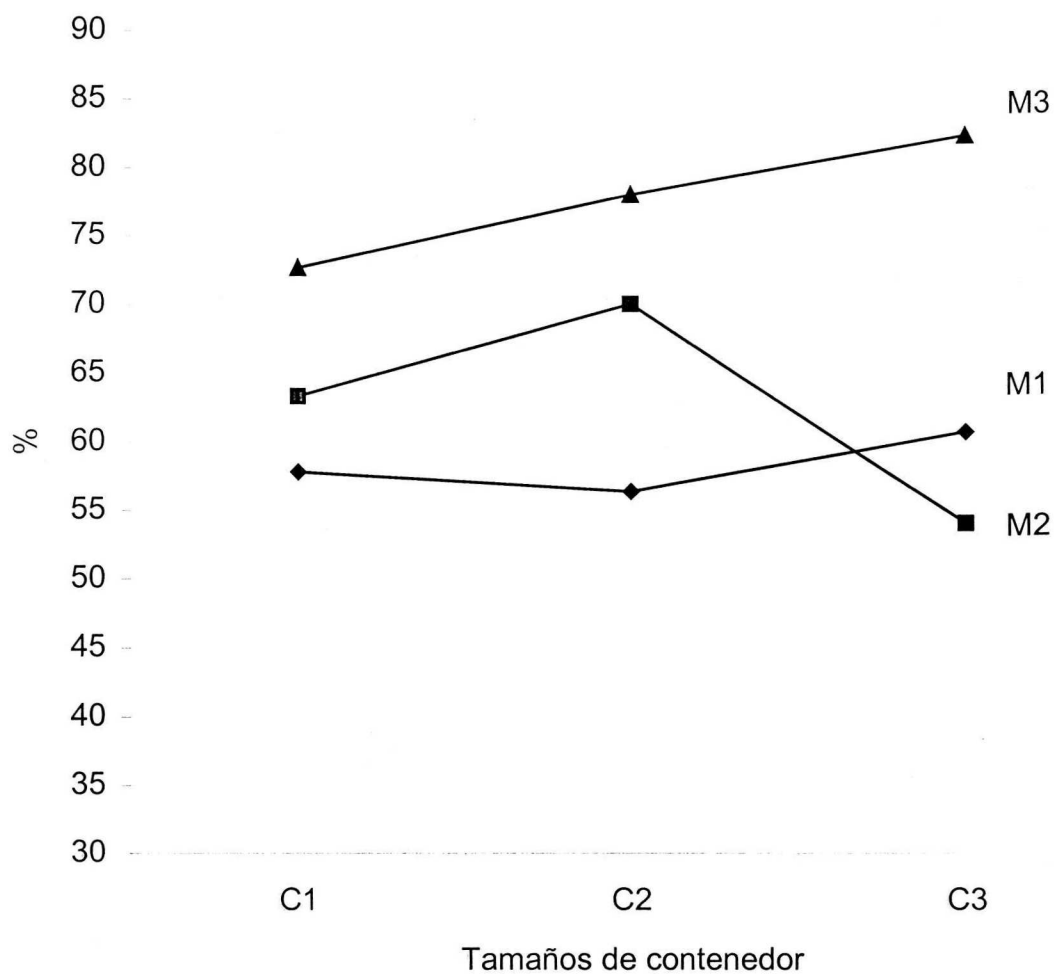


Figura 11. Interacción de diferentes mezclas de sustratos-tamaños de contenedor, en la emergencia de *Abies religiosa* (HBK) Schl. et Cham., a los cuarenta y cinco días después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

6.1.2. Diámetro, altura, relación altura/diámetro y longitud de raíz

En el Cuadro 12 se presentan, por tamaños de contenedor y mezclas de sustratos, los resultados del comportamiento de las variables diámetro, altura, relación altura/diámetro y longitud de raíz de las plántulas de Oyamel al final del periodo del experimento, que abarcó hasta los siete meses de edad. En la Figuras 12 y 13 se ofrecen los valores obtenidos por mezclas de sustratos y tamaños de contenedor, respectivamente. Así mismo, se presenta el comportamiento de estas variables a lo largo del periodo del experimento en las Figuras 1, 2, 3 y 4 del Apéndice.

Desde el punto de vista de las mezclas de sustratos, el mejor crecimiento de las plántulas, traducidas como diámetro, altura y longitud de raíz, se presentó en la mezcla de sustratos M3 (50% peat-mos, 30% vermiculita y 20% de agrolita). En el caso de los tamaños de contenedor, los promedios más altos de crecimiento para el diámetro, altura y longitud de raíz, se observó en el contenedor C3 (V-265cc), el de mayor capacidad (Cuadro 12).

Las diferencias encontradas en las variables de crecimiento tanto en diámetro, altura y longitud de raíz para las mezclas de sustratos, los tamaños de contenedor, y las interacciones mezclas de sustratos-tamaños de contenedor, resultaron significativas y altamente significativas en todos los casos (Cuadro 13).

Las pruebas de Tukey dieron superioridad a la mezcla M3 (50% peat moss, 30% vermiculita y 20% agrolita) con respecto al diámetro y la longitud de raíz, situación que se invierte en el caso de la altura (Cuadro 14). En el caso de los tamaños del contenedor, para el diámetro y la altura se observó el mejor crecimiento en C2 (V-150cc); y para longitud de raíz en el contenedor C3 (V-265cc) (Cuadro 15). Las interacciones mostraron los mejores crecimientos de diámetro y altura en M3C3 (50% peat moss, 30% vermiculita y 20% agrolita, V-265cc) y la longitud de raíz en M2C3 (20% bagazo de café, 30% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita, V-265cc) (Cuadro 16 y Figuras 14, 15, 16 y 17).

Cuadro 12. Resultados generales del comportamiento de diámetro, altura, relación altura/diámetro y longitud de raíz de *Abies religiosa* (HBK) Schl., et Cham. en diferentes mezclas de sustratos y tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxiátemalco, Distrito Federal.

Tamaños de contenedor	Mezclas de sustratos												Promedio por Tamaños de contenedor			
	M1				M2				M3							
	DIA (mm)	ALT (cm)	RAD	LR (cm)	DIA (mm)	ALT (cm)	RAD	LR (cm)	DIA (mm)	ALT (cm)	RAD	LR (cm)	DIA (mm)	ALT (cm)	RAD	LR (cm)
C1 (V-93cc)	1.75	16.51	9.61	8.05	1.87	17.9	9.65	8.07	1.90	22.14	11.84	8.50	1.84	18.85	10.36	8.20
C2 (V-150cc)	1.95	18.12	9.38	8.75	1.81	19.28	10.81	10.08	2.11	23.07	11.04	9.94	1.95	20.15	10.41	9.59
C3 (V-265cc)	1.00	9.38	9.84	14.17	1.93	20.11	10.57	14.88	2.24	26.12	11.8	14.07	1.72	18.53	10.73	14.37
Promedio por de Mezclas sustratos	1.56	14.67	9.61	10.32	1.87	19.09	10.34	11.01	2.08	23.77	11.56	10.83				

M1: 25% bagazo de café, 25% fibra de coco, 30% vermiculita y 20% agrolita

M2: 20% bagazo de café, 30% fibra de coco, 30% vermiculita y 20% agrolita

M3: 50% de peat moss, 30% vermiculita y 20% agrolita

DIA: diámetro

ALT: altura de la planta

RAD: relación altura/diámetro

LR: longitud de raíz

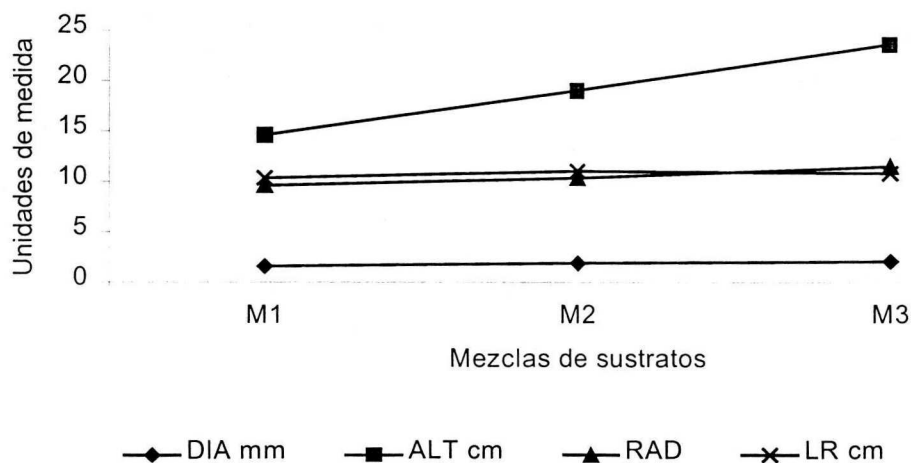


Figura 12. Comportamiento del diámetro, altura, relación altura/diámetro y longitud de raíz de *Abies religiosa* (HBK) Schl. et Cham., en diferentes tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

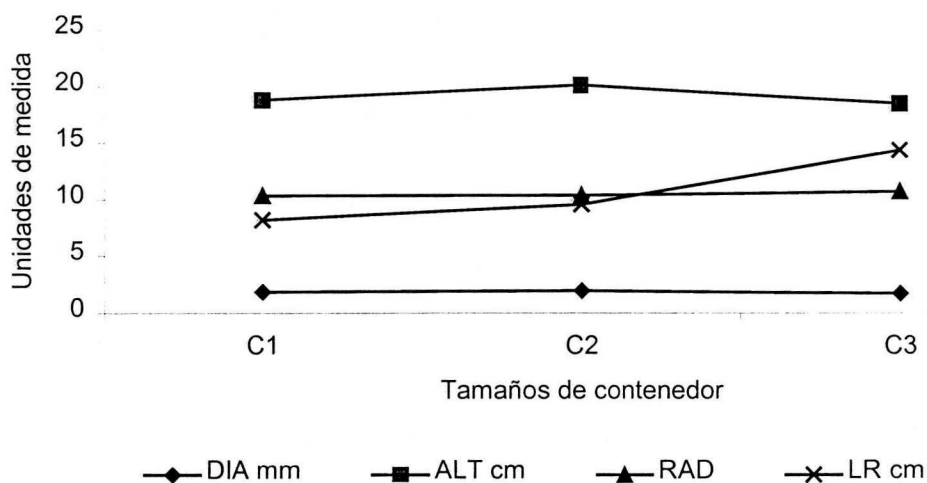


Figura 13. Comportamiento del diámetro, altura, relación altura/diámetro y longitud de raíz de *Abies religiosa* (HBK) Schl. et Cham., en diferentes mezclas de sustratos a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

Cuadro 13. Análisis de varianza de las variables diámetro, altura, relación altura/diámetro y longitud de raíz de *Abies religiosa* (HBK) Schl. et Cham., a los siete meses después de la siembra en tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxiátemalco, Distrito Federal.

a) Análisis de varianza del diámetro

FV	GL	SC	CM	Fcal	prb>F
Mezclas de sustratos	2	8.10	4.05	44.12	0.0001**
Tamaños de Contenedor	2	1.63	0.81	8.90	0.0002**
Interacción Mezclas de sustratos-Tamaños de contenedor	4	9.72	2.43	26.47	0.0001**
Error	171	15.69	0.091		
Total	179	35.15			

Para prb>F con un $\alpha = 0.05$, es: ns= no significativo, **muy significativo, *significativo

b) Análisis de varianza de altura

FV	GL	SC	CM	Fcal	prb>F
Mezclas de sustratos	2	2489.50	1244.75	110.19	0.0001**
Tamaños de Contenedor	2	88.47	44.23	3.92	0.0217*
Interacción Mezclas de sustratos-Tamaños de contenedor	4	999.75	249.93	22.13	0.0001**
Error	171	1931.65	11.29		
Total	179	5509.38			

Para prb>F con un $\alpha = 0.05$, es: ns= no significativo, **muy significativo, *significativo

Cuadro 13. Continuación . . .

c) Relación altura/diámetro

FV	GL	SC	CM	Fcal	prb>F
Mezclas de sustratos	2	116.43	58.21	14.51	0.0001**
Tamaños de Contenedor	2	4.92	2.46	0.61	0.5427ns
Interacción Mezclas de sustratos-Tamaños de contendor	4	20.44	5.11	1.27	0.2822ns
Error	171	686.18	4.01		
Total	179	827.99			

Para prb>F con un $\alpha = 0.05$, es: ns= no significativo, **muy significativo, *significativo

d) Análisis de varianza de longitud de raíz

FV	GL	SC	CM	Fcal	prb>F
Mezclas de sustratos	2	14.66	7.33	10.65	0.0001**
Tamaños de Contenedor	2	1260.97	630.48	915.90	0.0001**
Interacción Mezclas de sustratos-Tamaños de contendor	4	17.36	4.34	6.30	0.0001**
Error	171	117.71	0.688		
Total	179	1410.70			

Para prb>F con un $\alpha = 0.05$, es: ns= no significativo, **muy significativo, *significativo

Cuadro 14. Prueba de rangos múltiples de Tukey para las variables diámetro, altura, relación altura/diámetro y longitud de raíz de *Abies religiosa* (HBK) Schl. et Cham., a los siete meses después de la siembra en tres mezclas de sustratos, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

Mezclas de sustratos	Diámetro (mm)	Altura (cm)	Relación altura/diámetro	Longitud de raíz (cm)
Mezcla 3 (50% de peat moss, 30% vermiculita, 20% agrolita)	2.08 a	23.78 a	11.56 a	10.84 a
Mezcla 2 (20% bagazo de café, 30% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita)	1.87 b	19.10 b	10.34 b	10.99 a
Mezcla 1 (25% bagazo de café, 25% fibra coco, 30% vermiculita, 20% agrolita)	1.56 c	14.67 a	9.61 b	10.32 b

Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes con $\alpha = 0.05$.

Cuadro 15. Prueba de rangos múltiples de Tukey para las variables diámetro, altura, relación altura/diámetro y longitud de raíz, de *Abies religiosa* (HBK) Schl. et Cham., a los siete meses después de la siembra en tres tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

Tamaños de contenedor	Diámetro (mm)	Altura (cm)	Relación altura/diámetro	Longitud de raíz (cm)
Contenedor 3 (V-265cc)	1.72 b	18.54 b	10.74 a	14.37 a
Contenedor 2 (V-150cc)	1.95 a	20.16 a	10.41 a	9.59 b
Contenedor 1 (V-93cc)	1.84 a	18.85 a b	10.36 a	8.19 c

Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes con $\alpha = 0.05$.

Cuadro 16. Prueba de rangos multiples de Tukey para las variables diámetro, altura, relación altura/diámetro y longitud de raíz, de *Abies religiosa* (HBK) Schl. et Cham., a los siete meses después de la siembra en nueve tratamientos de tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxiátemalco, Distrito Federal.

Interacción Mezclas de sustratos- Tamaños de contenedor	Diámetro (mm)	Altura (cm)	Relación altura/diámetro	Longitud de raíz (cm)
M3C3	2.24 a	26.12 a	11.80 a b	14.07 a
M3C2	2.11 a b	23.07 a b	11.04 a b c	9.94 b
M3C1	1.90 b c	2.14 b c	11.84 a	8.50 c
M2C3	1.93 b c	20.11 b c d	10.57 a b c	14.88 a
M2C2	1.81 b c	19.28 c d e	10.81 a b c	10.08 b
M2C1	1.87 b c	17.90 d e	9.65 c	8.02 c
M1C3	1.00 d	9.38 f	9.84 c	14.17 a
M1C2	1.95 a b c	18.12 d e	9.38 c	8.75 c
M1C1	1.75 c	16.51 e	9.61 c	8.05 c

M1: 25% bagazo de café, 25% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita

M2: 20% bagazo de café, 30% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita

M3: 50% de peat moss, 30% vermiculita, 20% agrolita

C1: tamaño de contenedor V-93 cc

C2: tamaño de contenedor V-150 cc

C3: tamaño de contenedor V-265 cc

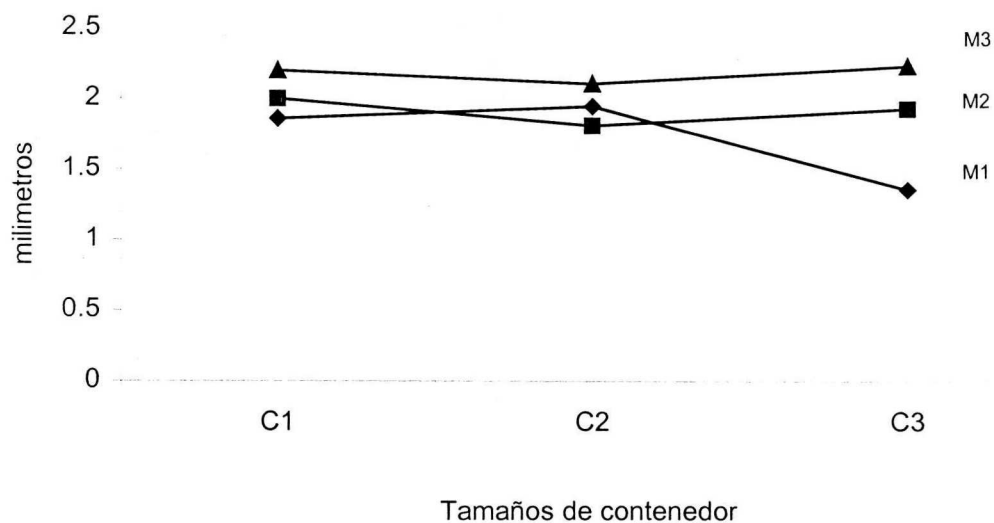


Figura 14. Interacción de diferentes mezclas de sustratos-tamaños de contenedor en el diámetro de *Abies religiosa* (HBK) Schl. et Cham., a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

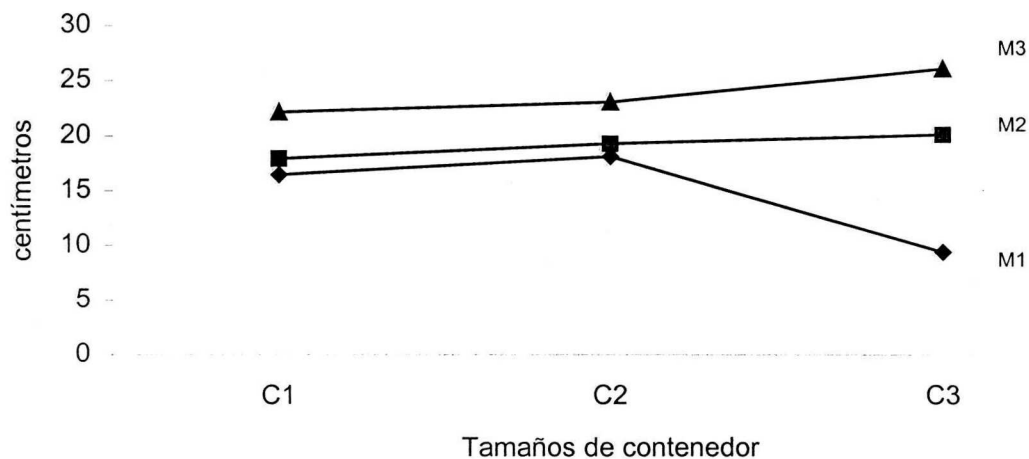


Figura 15. Interacción de diferentes mezclas de sustratos-tamaños de contenedor en la altura de *Abies religiosa* (HBK) Schl. et Cham., a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

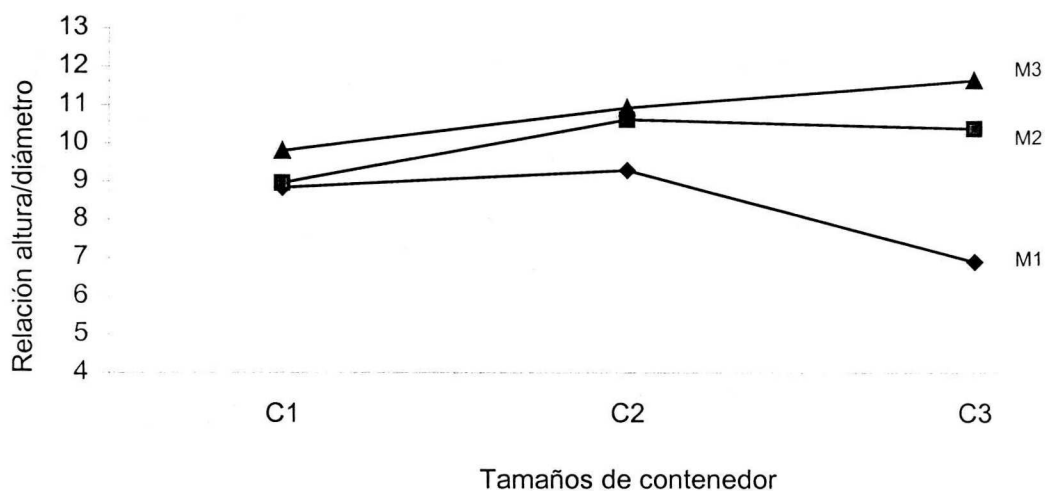


Figura 16. Interacción de diferentes mezclas de sustratos-tamaños de contenedor en la relación altura/diámetro de *Abies religiosa* (HBK) Schl. et Cham., a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxiátemalco, Distrito Federal.

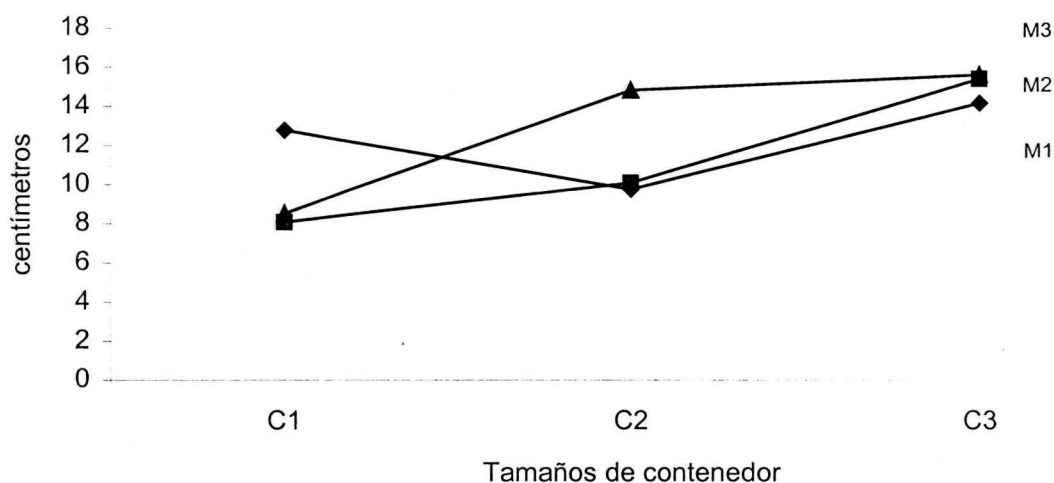


Figura 17. Interacción de diferentes mezclas de sustratos-tamaños de contenedor en la longitud de raíz de *Abies religiosa* (HBK) Schl. et Cham., a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxiátemalco, Distrito Federal.

Los resultados anteriores permiten establecer la influencia de las mezclas de sustratos y tamaños de contenedor de manera sustancial y diferencial en las variables diámetro, altura y longitud de raíz. Sin embargo, se observa la tendencia a alcanzar mayor desarrollo en las mezclas M3 (50% de peat moss, 30% vermiculita, 20% agrolita) y en los contenedores de mayor y mediana capacidad C2 (V-150cc) y C3.(V-265cc).

Después de los siete meses posteriores a la siembra, el desarrollo alcanzado para las plantas de Oyamel requieren mayor espacio de contenedor para alojar las raíces y, desde luego, espacio para el crecimiento aéreo, debido a la forma de interacción de las ramas casi horizontales desde las partes inferiores.

La mezcla tradicional del vivero, constituida por *peat-moss*, resulta más porosa y conserva menor humedad que las otras, característica deseable par Oyamel en esta etapa de crecimiento.

Así mismo, debido a que el contenedor mayor C3 (V-265cc) presenta la mayor longitud de cavidad, puede propiciar una mayor elongación del sistema radicular, aunque no de consistencia fibrosa como en el contenedor más pequeño.

6.1.3. Peso fresco del tallo, peso fresco de la raíz, peso seco del tallo y peso seco de la raíz

En el Cuadro 17 se presentan, por tamaño de contenedor y mezclas de sustrato los resultados del comportamiento de las variables peso fresco del tallo, peso fresco de la raíz, peso seco del tallo y peso seco de la raíz, mismos que se muestran en las Figuras 18 y 19. Así mismo, el comportamiento de estas variables a lo largo del tiempo del experimento se presentan en las Figuras 5, 6, 7 y 8 del Apéndice.

Las variables que cuantifican la biomasa presentaron los mayores valores en todos los casos en la mezcla de sustrato M3 (50% de peat moss, 30% vermiculita, 20% agrolita). Por su parte, los mayores valores de las variables de biomasa se presentaron en el tamaño de contenedor C2 (V-150cc), con excepción del peso fresco del tallo (Cuadro 17).

Las diferencias entre los valores de biomasa debidos al efecto de las mezclas, los tamaños de contenedor y su interacción, fueron altamente significativas para el peso fresco y seco del tallo (Cuadros 18 a y 18b). Para el peso fresco y seco de la raíz, las diferencias fueron altamente significativas para las mezclas de sustrato y la interacción, no encontrando diferencias debido al tamaño del contenedor (Cuadros 18c y 18d).

Las pruebas de Tukey evidencian la superioridad de la mezcla M3 (50% de peat moss, 30% vermiculita, 20% agrolita) en todas las variables, así como en el tamaño de contenedor C2 (V-150cc) en todas ellas (Cuadros 19 y 20). Así mismo, en la interacción de estos dos factores los mayores pesos secos y frescos en M3C2 (50% de peat moss, 30% vermiculita, 20% agrolita, V-150cc) seguido del M3C3 (50% de peat moss, 30% vermiculita, 20% agrolita, V-265cc) es decir, en los sustratos compuestos de *peat-moss* y en los contenedores de mayor capacidad (Cuadro 21 y Figuras 20, 21, 22 y 23).

Cuadro 17. Resultados generales de los pesos frescos y secos del tallo y raíz de *Abies religiosa* (HBK) Schl. et Cham., en diferentes mezclas de sustratos y tamaños de contenedor, a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

Tamaños de contenedor	Mezclas de sustratos												Promedio por Tamaños de contenedor			
	M1				M2				M3							
	PFT (gr)	PFR (gr)	PST (gr)	PSR (gr)	PFT (gr)	PFR (gr)	PST (gr)	PSR (gr)	PFT (gr)	PFR (gr)	PST (gr)	PSR (gr)	PFT (gr)	PFR (gr)	PST (gr)	PSR (gr)
C1 (V-93cc)	2.43	1.28	0.605	0.18	3.11	1.79	0.59	0.12	4.11	2.07	0.85	0.16	3.21	1.71	0.68	0.15
C2 (V-150cc)	3.11	1.06	0.615	0.12	4.12	2.04	0.8	0.17	5.7	2.51	1.14	0.2	4.31	1.87	0.85	0.16
C3 (V-265cc)	1.17	0.54	0.155	0.1	4.46	3.07	0.86	0.15	5.5	2.52	1.03	0.17	3.71	2.04	0.68	0.14
Promedio por Mezclas de sustratos	2.23	0.96	0.45	0.13	3.89	2.3	0.75	0.14	5.10	2.36	1.00	0.17				

M1: 25% bagazo de café, 25% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita

M2: 20% bagazo de café, 30% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita

M3: 50% de peat moss, 30% vermiculita, 20% agrolita

PFT: peso fresco del tallo

PFR: peso fresco de la raíz

PST: peso seco del tallo

PSR: peso seco de la raíz

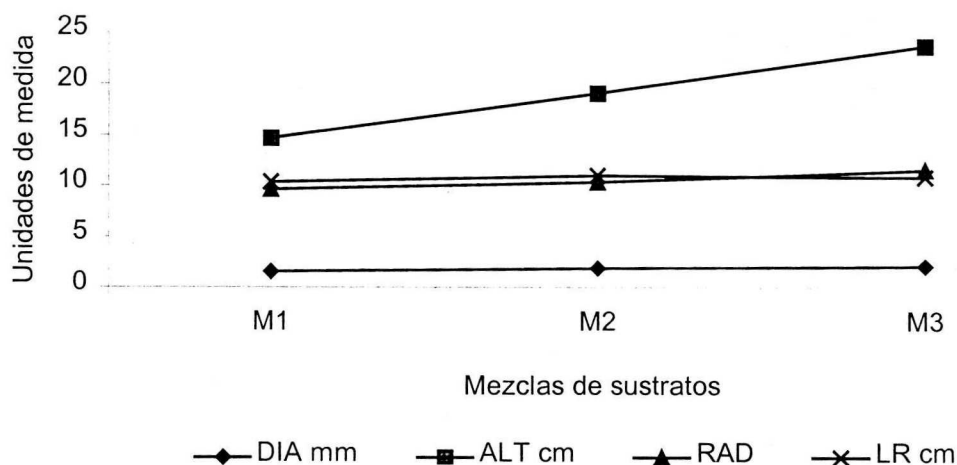


Figura 18. Comportamiento del peso fresco del tallo, peso fresco de la raíz, peso seco del tallo y peso seco de la raíz de *Abies religiosa* (HBK) Schl. et Cham., en diferentes mezclas de sustratos a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal

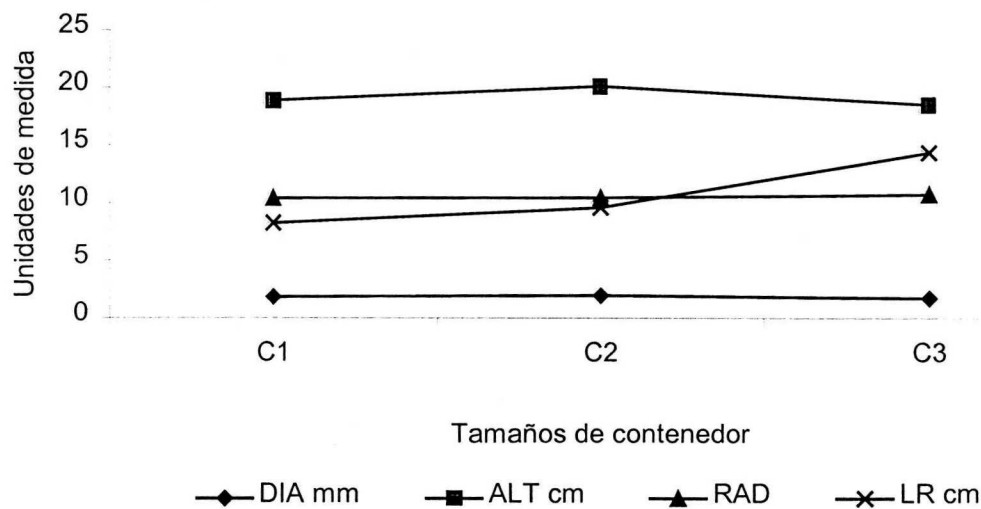


Figura 19. Comportamiento del peso fresco del tallo, peso fresco de la raíz, peso seco del tallo y peso seco de la raíz de *Abies religiosa* (HBK) Schl. et Cham., en diferentes tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal

Cuadro 18. Análisis de varianza de las variables, peso fresco del tallo, peso fresco de la raíz, peso seco del tallo y peso seco de la raíz de *Abies religiosa* (HBK) Schl. et Cham., a los siete meses después de la siembra en tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

a) Análisis de varianza del peso fresco del tallo

FV	GL	SC	CM	Fcal	prb>F
Mezclas de sustratos	2	249.16	124.58	136.95	0.0001**
Tamaños de contenedor	2	36.07	18.03	19.83	0.0001**
Interacción Mezclas de sustratos-Tamaños de contenedor	4	52.35	13.08	14.39	0.0001**
Error	171	155.55	0.90		
Total	179	493.149			

Para prb>F con un $\alpha = 0.05$, es: ns= no significativo, **= muy significativo, *significativo

b) Análisis de varianza del peso fresco de la raíz

FV	GL	SC	CM	Fcal	prb>F
Mezclas de sustratos	2	75.57	37.78	53.37	0.0001**
Tamaños de contenedor	2	3.20	1.60	2.26	0.1072ns
Interacción Mezclas de sustratos-Tamaños de contenedor	4	23.61	5.90	8.34	0.0001**
Error	171	121.08	0.708		
Total	179	223.47			

Para prb>F con un $\alpha = 0.05$, es: ns= no significativo, **= muy significativo, *significativo

Cuadro 18. Continuación . . .

c) Análisis de varianza del peso seco del tallo

FV	GL	SC	CM	Fcal	prb>F
Mezclas de sustratos	2	9.08	4.54	82.35	0.0001**
Tamaños de contenedor	2	1.14	0.57	10.38	0.0001**
Interacción Mezclas de sustratos-Tamaños de contenedor	4	3.28	0.82	14.88	0.0001**
Error	171	9.43	0.055		
Total	179	22.94			

Para prb>F con un $\alpha = 0.05$, es: ns= no significativo, **= muy significativo, *significativo

d) Análisis de varianza del peso seco de la raíz

FV	GL	SC	CM	Fcal	prb>F
Mezclas de sustratos	2	0.068	0.034	5.56	0.0046**
Tamaños de contenedor	2	0.021	0.10	1.75	0.1767ns
Interacción Mezclas de sustratos-Tamaños de contenedor	4	0.087	0.021	3.59	0.0077**
Error	171	1.047	0.006		
Total	179	1.22			

Para prb>F con un $\alpha = 0.05$, es: ns= no significativo, **muy significativo, *significativo

Cuadro 19. Prueba de rangos múltiples de Tukey para las variables, peso fresco del tallo, peso fresco de la raíz, peso seco del tallo y peso seco de la raíz de *Abies religiosa* (HBK) Schl. et Cham., a los siete meses después de la siembra, en tres mezclas de sustratos, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

Mezcla de sustratos	Peso fresco del tallo (gr)	Peso fresco de la raíz (gr)	Peso seco del tallo (gr)	Peso seco de la raíz (gr)
Mezcla 3 (50% peat moss, 30% vermiculita, 20% agrolita)	5.10 a	2.36 a	1.00 a	0.18 a
Mezcla 2 (20% bagazo de café, 30% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita)	3.90 b	2.30 a	0.75 b	0.15 a
Mezcla 1 (25% bagazo de café, 25% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita)	2.23 c	0.96 b	0.45 c	0.13 b

Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes con $\alpha = 0.05$.

Cuadro 20. Prueba de rangos múltiples de Tukey para las variables, peso fresco del tallo, peso fresco de la raíz, peso seco del tallo y peso seco de la raíz de *Abies religiosa* (HBK) Schl. et Cham., a los siete meses después de la siembra, en tres tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

Tamaños de contenedor	Peso fresco del tallo (gr)	Peso fresco de la raíz (gr)	Peso seco del tallo (gr)	Peso seco de la raíz (gr)
Contenedor 3 (V-265cc)	3.71 b	2.04 a	0.68 b	0.14 a
Contenedor 2 (V-150cc)	4.32 a	1.87 a	0.85 a	0.16 a
Contenedor 1 (V-93cc)	3.21 c	1.71 a	0.68 b	0.15 a

Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes con $\alpha = 0.05$.

Cuadro 21. Prueba de rangos múltiples de Tukey para las variables, peso fresco del tallo, peso fresco de la raíz, peso seco del tallo y peso seco de la raíz de *Abies religiosa* (HBK) Schl. et Cham., a los siete meses después de la siembra, en nueve tratamientos de tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

Interacción Mezclas de sustratos- Tamaños de contenedor	Peso fresco del tallo (gr)	Peso fresco de la raíz (gr)	Peso seco del tallo (gr)	Peso seco de la raíz (gr)
M3C3	5.51 a	2.52 a b	1.03 a	0.17 a b c
M3C2	5.70 a	2.51 a b	1.14 a	0.20 a
M3C1	4.11 b	2.07 b c	0.85 b c	0.16 a b c
M2C3	4.46 b	3.07 a	0.86 b c	0.15 a b c
M2C2	4.12 b	2.04 b c	0.80 c d	0.17 a b c
M2C1	3.11 c	1.79 b c d	0.59 d	0.12 b c
M1C3	1.17 d	0.54 e	0.15 e	0.10 c
M1C2	3.11 c	1.06 d e	0.61 d	0.12 b c
M1C1	2.43 c	1.28 c d e	0.60 d	0.18 a b

M1: 25% bagazo de café, 25% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita

M2: 20% bagazo de café, 30% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita

M3: 50% peat moss, 30% vermiculita, 20% agrolita

C1: tamaño de contenedor V-93 cc

C2: tamaño de contenedor V-150 cc

C3: tamaño de contenedor V-265 cc

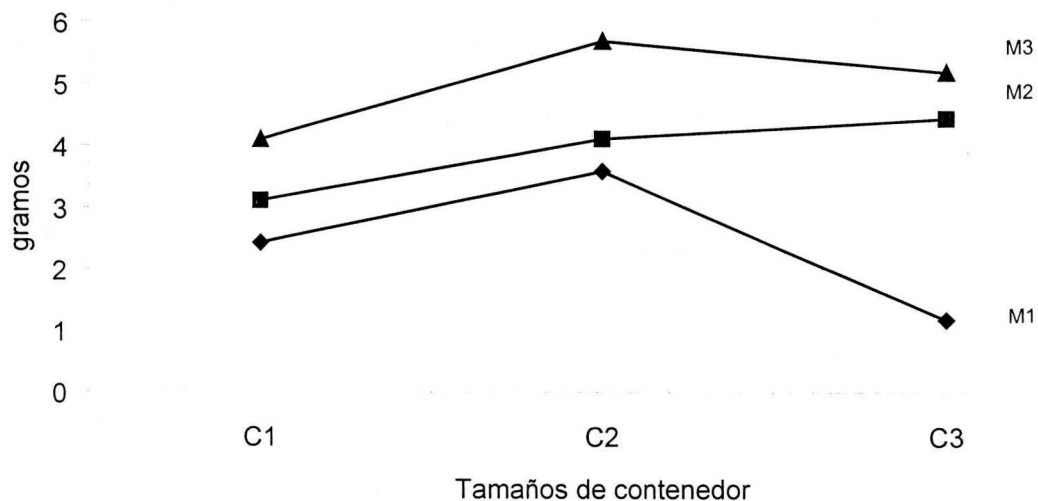


Figura 20. Interacción de diferentes mezclas de sustratos-tamaños de contenedor en el peso fresco del tallo de *Abies religiosa* (HBK) Schl. et Cham., a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

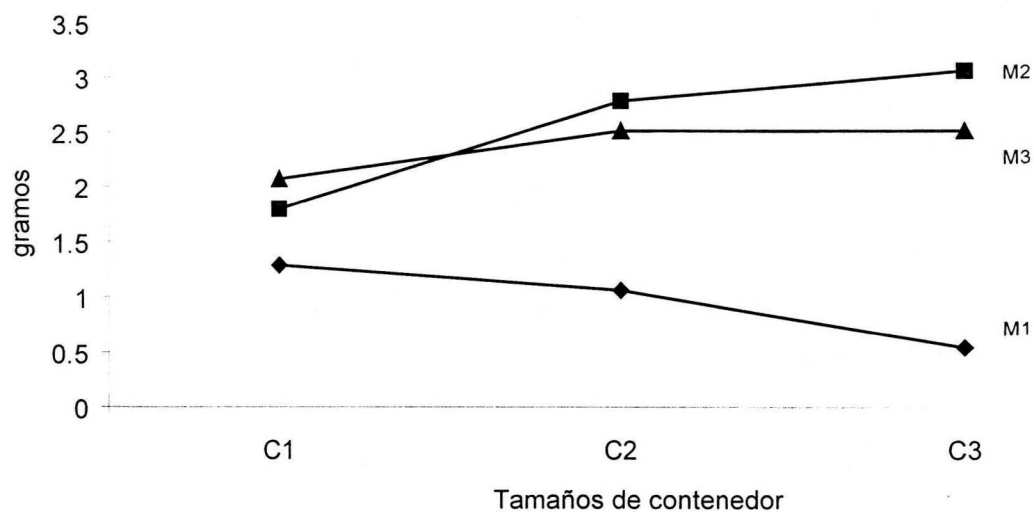


Figura 21. Interacción de diferentes mezclas de sustratos-tamaños de contenedor en el peso fresco de la raíz de *Abies religiosa* (HBK) Schl. et Cham., a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

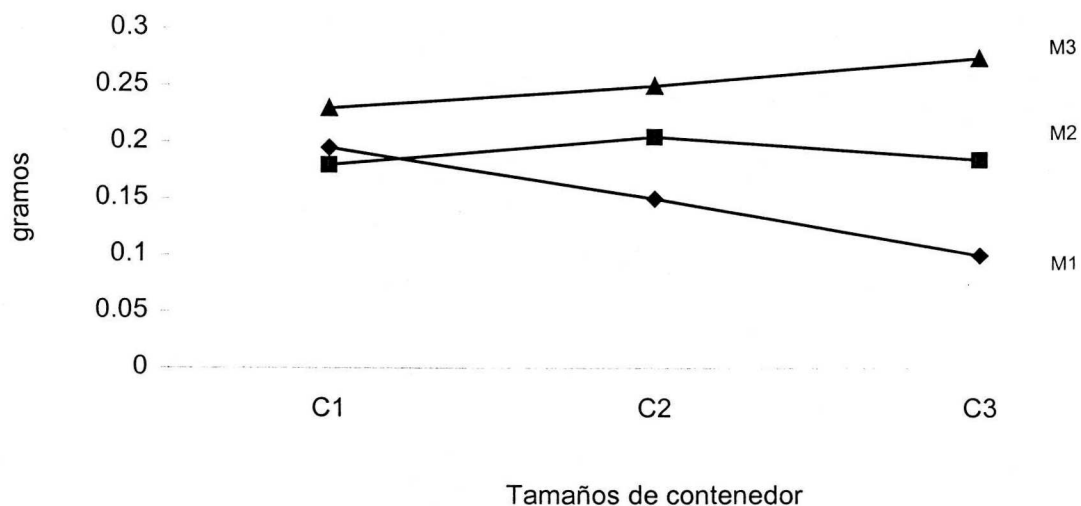


Figura 22. Interacción de diferentes mezclas de sustratos-tamaños de contenedor en el peso seco del tallo de *Abies religiosa* (HBK) Schl. et Cham., a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

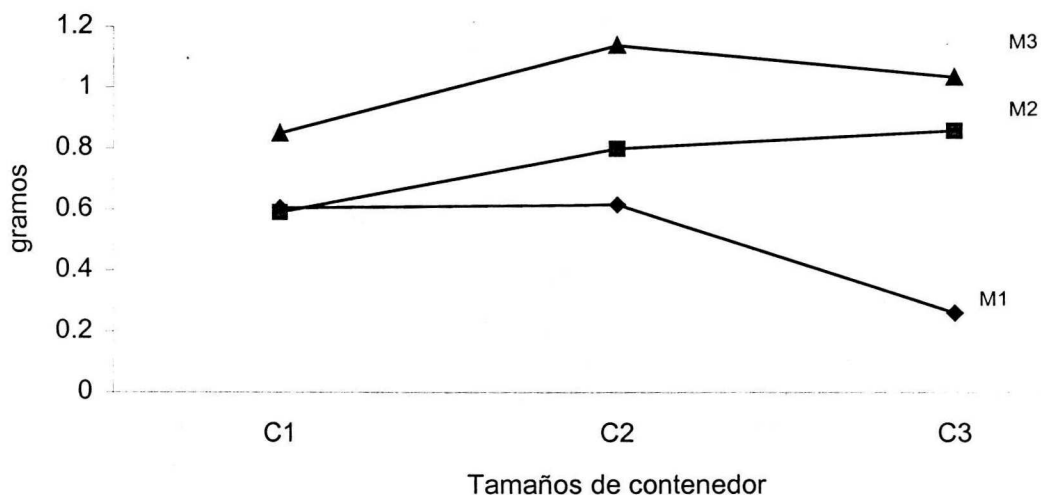


Figura 23. Interacción de diferentes mezclas de sustratos-tamaños de contenedor en el peso seco de la raíz de *Abies religiosa* (HBK) Schl. et Cham., a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

A la luz de los resultados presentes, se puede establecer que tanto las mezclas que incluyen *peat-moss* y los contenedores de mayor capacidad revelan un mayor crecimiento de las variables de la biomasa fresca y seca de las plántulas.

Una vez escrito el efecto de la mezcla de sustrato sobre la emergencia de plantas, donde se muestra que ésta es independiente de los tamaños de los contenedor; se encuentra que el efecto de las mezclas sustitutas (bagazo de café y fibra de coco), aunque pueden funcionar adecuadamente para la producción en general de Oyamel, no alcanzan los valores obtenidos por la mezcla tradicional del vivero a base de *peat-moss*.

Los resultados de este estudio, al considerar las variables de crecimiento de las plántulas (diámetro, altura, relación altura/diámetro y longitud de raíz) y sus correspondientes medidas en biomasa (pesos frescos y secos de tallo y raíz) demuestran una gran consistencia en relación con los sustratos utilizados y los tamaños de contenedor.

Sin embargo, estas variables no fueron consistentes en cuanto se comparan el diámetro y la altura y ésta con la longitud de raíz. Si se considera el diámetro como la variable más importante que expresa el crecimiento, se encuentra que la mezcla tradicional del vivero resulta más adecuada, pero en el caso del tamaño del contenedor, se inclina hacia una mejoría en los tamaños menores y medianos. La explicación debería buscarse en el efecto de densidad (en este caso el número de plantas por contenedor) sobre el microambiente creado en cada contenedor, sobre una planta considerada tolerante a la sombra.

Desde luego que la mezcla de sustrato al interaccionar con cualquier tamaño de contenedor produce los mejores resultados. Si esto fuera la intención, se podrían producir plantas a los siete meses con 2 mm de diámetro mínimo, 20 cm de altura en los tamaños de contenedor mediano y grande, con los ahorros derivados de la cantidad de sustrato.

Sin embargo, si se toman en cuenta solamente los pesos frescos y secos del tallo y raíz como medidas de producción de biomasa real, la mezcla tradicional con los contenedores medianos y mayores, presentan los mejores valores, mayores a dos gramos.

6.2. *Pinus ayacahuite* var. *veitchii* Shaw

6.2.1. Emergencia

En el Cuadro 22 se presentan los resultados de la emergencia en diferentes mezclas de sustratos y tamaños de contenedor, a diferentes fechas de observación después de la siembra. En las Figuras 24, 25 y 26 se presenta el comportamiento de la emergencia en todos los tratamientos, por mezclas de sustratos y tamaños de contenedor.

En el cuadro anterior se puede observar que en todos los tratamientos el mayor porcentaje de emergencia se presentó entre los 15 y 30 días posteriores a la siembra. Así también, se puede observar que en Ayacahuite los tratamientos en donde se obtuvo el mayor porcentaje de emergencia fueron: M1C2 (25% bagazo de café, 25% fibra de coco 30% vermiculita y 20% de agrolita, V-150cc), M1C3(25% bagazo de café, 25% fibra de coco 30% vermiculita y 20% de agrolita, V-265cc) y M1C1(25% bagazo de café, 25% fibra de coco 30% vermiculita y 20% de agrolita, V-93 cc) (Cuadro 22 y Figuras 24, 25 y 26).

En el análisis de varianza aplicado para la emergencia se encontró alta diferencia significativa entre mezclas de sustratos. En cambio, no se encontró diferencia significativa entre tamaños de contenedor ni en la interacción mezclas de sustratos-tamaño de contenedor (Cuadro 23).

En los Cuadros 24, 25 y 26 se presentan los resultados de la prueba de rangos múltiples de Tukey, realizados por separado para las mezclas de sustratos, los tamaños de contenedor y la interacción mezclas de sustratos-tamaños de contenedor.

En la prueba de Tukey para las mezclas de sustratos (Cuadro 24) el valor más alto de emergencia se presentó en la M1(25% bagazo de café, 25% fibra de coco 30% vermiculita y 20% de agrolita), que resultó diferente y significativamente mayor a las mezclas M3 (50% peat, 30% vermiculita y 20% de agrolita) y M2 (20% bagazo de café, 30% fibra de coco 30% vermiculita y 20% de agrolita).

Cuadro 22. Resultados generales de la emergencia de *Pinus ayacahuite* var. *veitchii* Shaw, a diferentes fechas de observación después de la siembra, en diferentes mezclas de sustratos y tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

Tamaños de contenedor	Mezclas de sustratos									Promedio por Tamaños de contenedor		
	M1			M2			M3					
	Días después de la siembra											
	15	30	45	15	30	45	15	30	45	15	30	45
	Porcentaje de emergencia (%)											
C1 (V-93)	37.03	47.03	47.34	10.78	28.28	28.75	22.34	38.75	40.47	23.38	38.02	38.85
C2 (V-150)	40.63	46.88	47.66	30.47	39.32	39.84	13.28	37.76	38.8	28.12	41.32	42.10
C3 (V-265)	47.10	53.35	53.57	15.63	30.36	32.37	14.29	34.82	35.71	25.67	39.51	40.55
Promedio por Mezclas de sustratos	41.58	49.08	49.52	18.96	32.65	33.65	16.63	37.11	38.32			

M1: 25% bagazo de café, 25% fibra de coco, 30% vermiculita y 20% agrolita

M2: 20% bagazo de café, 30% fibra de coco, 30% vermiculita y 20% agrolita

M3: 50% peat moss, 30% vermiculita, 20% agrolita

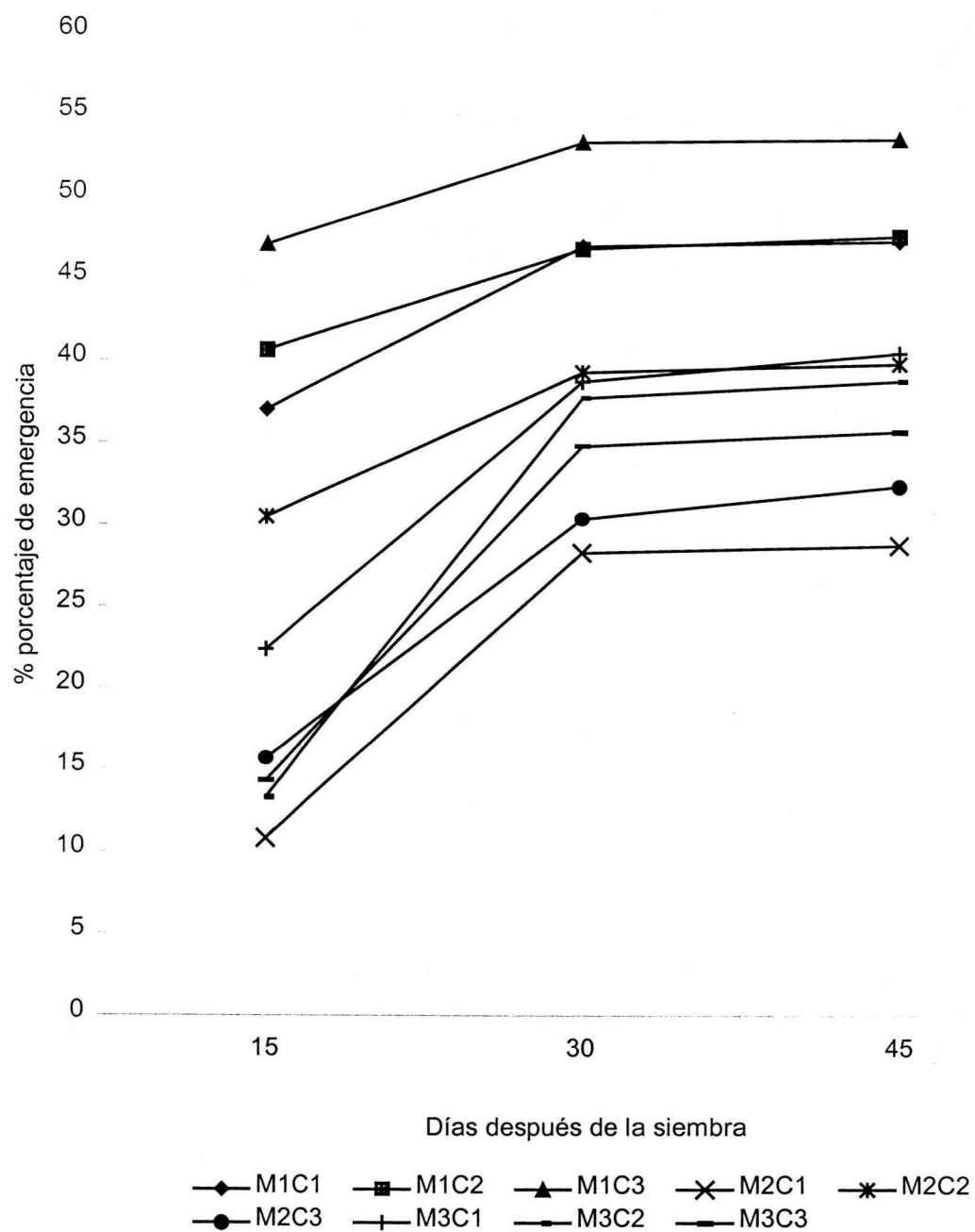


Figura 24. Comportamiento de la emergencia de *Pinus ayacahuite* var. *veitchii* Shaw, a diferentes fechas de observación después de la siembra, en diferentes mezclas de sustratos y tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

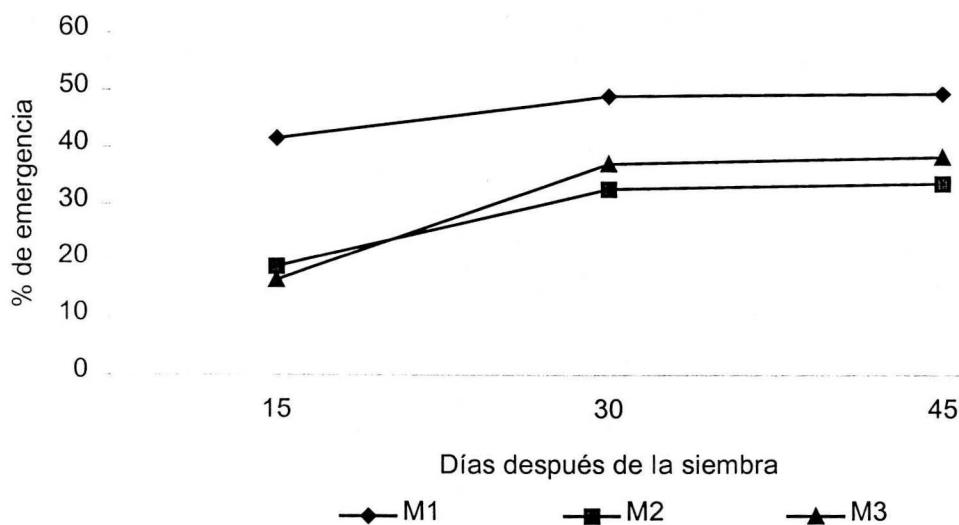


Figura 25. Comportamiento de la emergencia de *Pinus ayacahuite* var. *veitchii* Shaw, a diferentes fechas de observación después de la siembra, en diferentes mezclas de sustratos, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

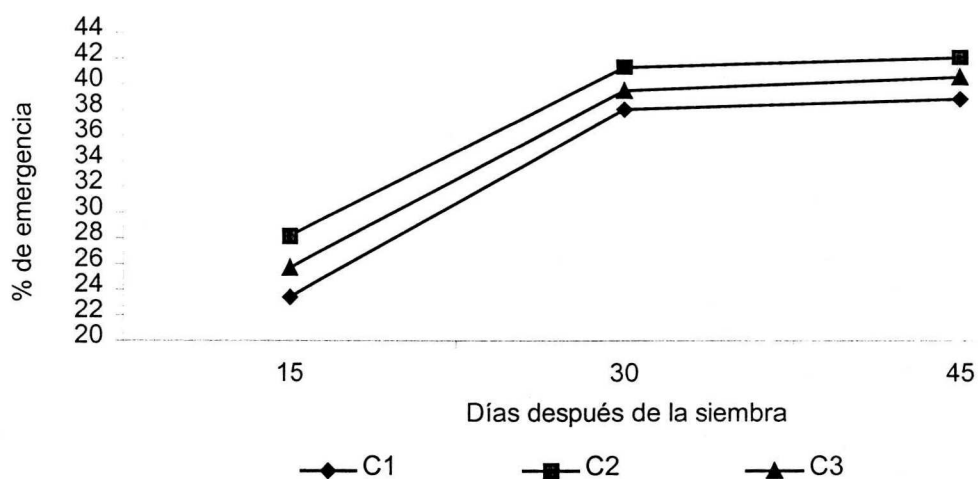


Figura 26. Comportamiento de la emergencia de *Pinus ayacahuite* var. *veitchii* Shaw, a diferentes fechas de observación después de la siembra, en diferentes tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

Cuadro 23. Análisis de varianza de la variable emergencia de *Pinus ayacahuite* var. *veitchii* Shaw, a diferentes fechas de observación después de la siembra, en tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

FV	GL	SC	CM	Fcal	Prob>F
Mezclas de sustratos	2	3192.54	1596.27	22.78	0.0001**
Tamaños de contenedor	2	126.27	63.13	0.90	0.4113ns
Interacción Mezclas de sustratos-Tamaños de contenedor	4	675.75	168.93	2.41	0.0584ns
Error	63	4414.79	70.07		
Total	71	8409.37			

Para $prb>F$ con un $\alpha=0.05$, es: ns= no significativo, **muy significativo, *significativo

Cuadro 24. Prueba de rangos múltiples de Tukey para la variable emergencia de *Pinus ayacahuite* var. *veitchii* Shaw, a los siete meses después de la siembra, en tres mezclas de sustratos, en el vivero San Luis Tlaxiátemalco, Distrito Federal.

Mezclas de sustratos	Emergencia (%)
Mezcla 1 (25% bagazo de café, 25% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita)	49.52 a
Mezcla 3 (50% peat moss, 30% vermiculita, 20% agrolita)	38.32 b
Mezcla 2 (20% bagazo de café, 30% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita)	33.65 b

Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes con $\alpha = 0.05$.

Cuadro 25. Prueba de rangos múltiples de Tukey para la variable emergencia de *Pinus ayacahuite* var. *veitchii* Shaw, a los siete meses después de la siembra, en tres tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxiátemalco, Distrito Federal.

Mezcla de sustratos	Emergencia (%)
Contenedor 2 (V-150cc)	42.10 a
Contenedor 3 (V-265cc)	40.55 a
Contenedor 1 (V-93cc)	38.85 a

Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes con $\alpha = 0.05$.

Cuadro 26. Prueba de rangos múltiples de Tukey para la variable emergencia de *Pinus ayacahuite* var. *veitchii* Shaw, a los siete meses después de la siembra, en nueve tratamientos de tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxiátemalco, Distrito Federal.

Interacción Mezclas de sustratos-Tamaños de contendor	Emergencia (%)
M1C3 (25% bagazo de café, 25% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita, V-265cc)	53.57 a
M1C2 (25% bagazo de café, 25% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita, V150cc)	47.65 a b
M1C1 (25% bagazo de café, 25% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita, V-93cc)	47.34 a b
M3C1 (50% peat moss, 30% vermiculita, 20% agrolita, V-93cc)	40.46 a b c
M2C2 (20% bagazo de café, 30% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita, V-150cc)	39.84 b c
M3C2 (50% peat moss, 30% vermiculita, 20% agrolita, V-150cc)	38.80 b c
M3C3 (50% peat moss, 30% vermiculita, 20% agrolita, V-265cc)	35.71 b c
M2C3 (20% bagazo de café, 30% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita, V-265cc)	32.36 c
M2C1 (20% bagazo de café, 30% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita, V-93cc)	28.75 c

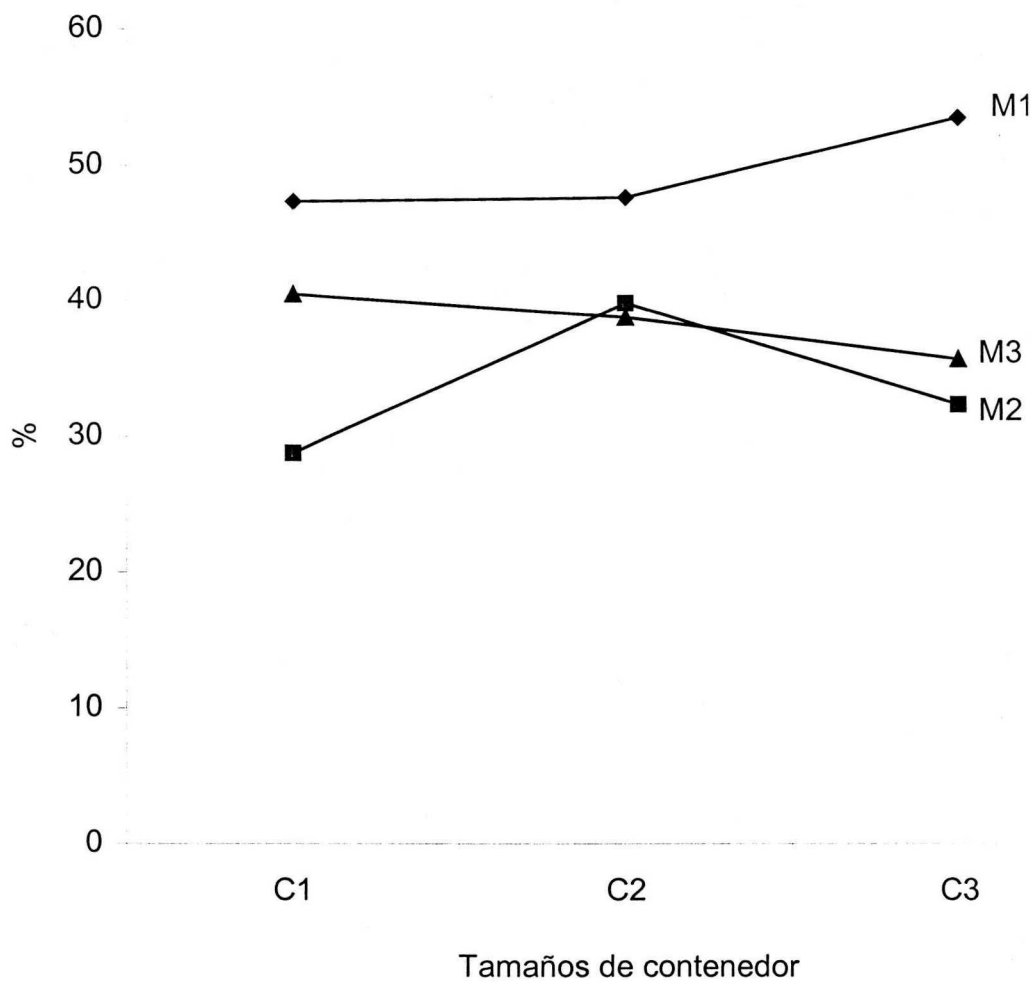


Figura 27. Interacción de diferentes mezclas de sustratos-tamaños de contenedor, en la emergencia de *Pinus ayacahuite* var. *veitchii* Shaw, a los cuarenta y cinco días después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

Con respecto a los tamaños de contenedor (Cuadro 25) se encontró que los valores de emergencia no presentan diferencias significativas entre ellos.

En la Interacción mezclas de sustratos-tamaños de contenedor (Cuadro 26 y Figura 27) se encuentra que las interacciones que comprenden la mezcla de sustratos M1 (25% de bagazo de café, 25% de fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita) presentan los valores más altos en la escala descendente.

De acuerdo a los resultados anteriores, se puede establecer, que independientemente de las mezclas de sustratos utilizadas y los tamaños de contenedor, la emergencia resulta similar, presentándose la mayor parte durante los primeros 30 días. Posteriormente, los porcentajes adicionales de emergencia son irrelevantes.

Es importante destacar que, la mezcla formada por 25% de bagazo de café, 25% de fibra de coco, 30 % de vermiculita y 20% de agrolita, provee el mejor sustrato para la emergencia de plántulas, aunque las otras dos mezclas utilizadas, siendo similares entre sí, no logran superar a la primera.

Con respecto a los contenedores, se puede establecer que la capacidad de las cavidades no influyó en la emergencia resultante.

Lo anterior puede deberse a que el sustrato con pulpa de café y fibra de coco conserva mejor la humedad requerida para la etapa de emergencia de Ayacahuite y que ésta es independiente del tamaño de contenedor.

6.2.2. Diámetro, altura, relación altura/diámetro y longitud de raíz

En el Cuadro 27 se presentan por tamaño de contenedor y mezclas de sustratos, los resultados del comportamiento de las variables diámetro, altura, relación altura/diámetro y longitud de raíz de las plántulas de Ayacahuite al final del periodo del experimento, que abarcó hasta los siete meses de edad. En la Figuras 28 y 29 se muestran los valores obtenidos por mezclas de sustratos y tamaños de contenedor, respectivamente. Así mismo, se presenta el comportamiento de estas variables a lo largo del periodo del experimento en las Figuras 9, 10, 11 y 12 del Apéndice.

Con relación a las mezclas de sustratos, los valores más altos para las variables diámetro, altura, relación altura/diámetro y longitud de raíz se obtuvieron en la M3 (50% *peat-moss*, 30% vermiculita y 20% de agrolita), seguida de la M2 (20% bagazo de café, 30% fibra de coco 30% vermiculita y 20% de agrolita). En el caso de los tamaños de contenedor, los promedios más altos de crecimiento para el diámetro, altura y relación altura /diámetro se presentan en C1 (v-93cc), para la longitud de raíz C3 (V-265cc) (Cuadro 27).

Las diferencias encontradas en las variables de crecimiento tanto en diámetro, altura, relación altura/diámetro y longitud de raíz para las mezclas de sustratos, los tamaños de contenedor, y las interacciones mezclas de sustratos-tamaños de contenedor, resultaron significativas y altamente significativas en todos los casos (Cuadro 28).

Las pruebas de Tukey dieron superioridad a las mezclas M3 (50% *peat-moss*, 30% vermiculita y 20% de agrolita) y M2 (20% bagazo de café, 30% fibra de coco 30% vermiculita y 20% de agrolita) con respecto al diámetro, altura, relación altura/diámetro y longitud de raíz (Cuadro 29). En el caso de los tamaños de contenedor, para la altura y el diámetro se observó el mejor crecimiento en el contenedor C1 (V-93)cc y para la longitud de raíz en el contenedor C3 (V-265cc) (Cuadro 30).

Cuadro 27. Resultados generales del comportamiento de diámetro, altura, relación diámetro/altura y longitud de raíz de *Pinus ayacahuite* var. *veitchii* Shaw, a los siete meses después de la siembra, en diferentes mezclas de sustratos y tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

Tamaños de contenedor	Mezclas de sustratos												Promedio por Tamaños de contenedor			
	M1				M2				M3							
	DIA (mm)	ALT (cm)	RAD	LR (cm)	DIA (mm)	ALT (cm)	RAD	LR (cm)	DIA (mm)	ALT (cm)	RAD	LR (cm)	DIA (mm)	ALT (cm)	RAD	LR (cm)
C1 (V-93cc)	3.65	22.51	6.34	8.29	3.49	18.87	5.40	9.00	4.09	28.62	6.99	9.0	3.74	23.33	6.25	8.76
C2 (V-150cc)	2.91	11.73	4.03	9.7	3.71	25.46	6.85	9.26	3.66	23.76	6.48	9.54	3.42	20.31	5.79	9.50
C3 (V-265cc)	2.58	13.26	4.74	14.9	3.91	25.38	6.49	15.6	3.98	23.8	5.97	16.8	3.49	20.81	5.73	15.76
Promedio Mezclas sustratos	3.04	15.83	5.04	10.96	3.70	23.23	6.25	11.28	3.91	25.39	6.48	11.78				

M1: 25% bagazo de café, 25% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita

M2: 20% bagazo de café, 30% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita

M3: 50% peat moss, 30% vermiculita, 20% agrolita

DIA: diámetro

ALT altura de la planta

RAD: Relación altura/diámetro

LR: longitud de raíz

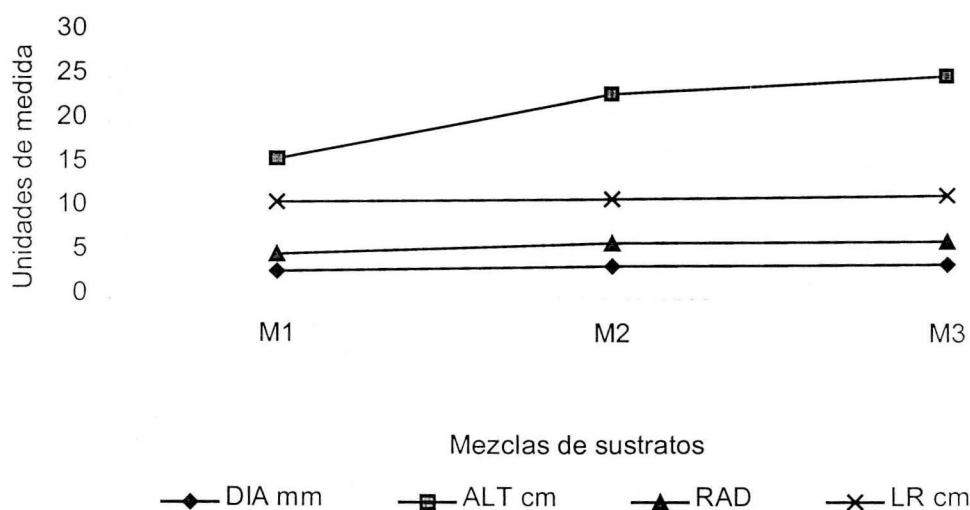


Figura 28. Comportamiento del diámetro, altura, relación altura/diámetro y longitud de raíz de *Pinus ayacahuite* var. *veitchii* Shaw, a los siete meses después de la siembra, en diferentes mezclas de sustratos, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

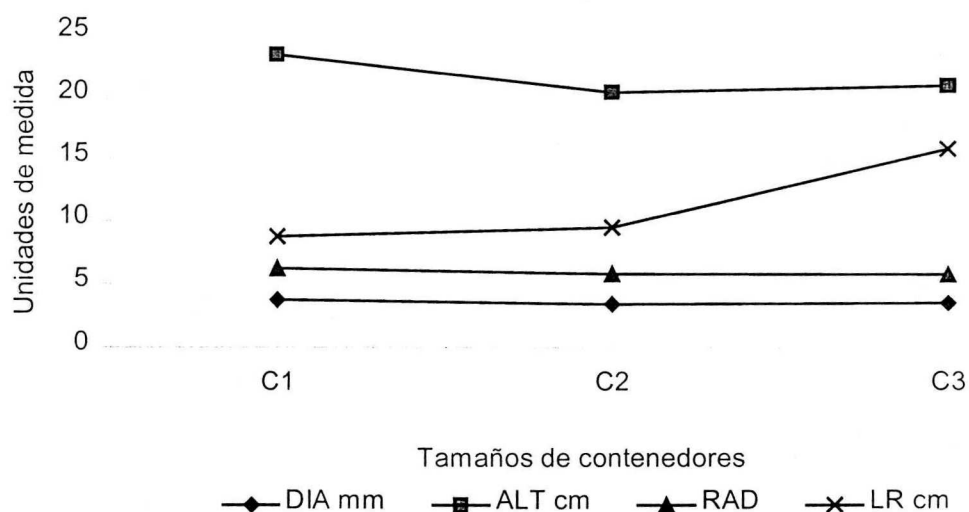


Figura 29. Comportamiento del diámetro, altura, relación altura/diámetro y longitud de raíz de *Pinus ayacahuite* var. *veitchii* Shaw, a los siete meses después de la siembra, en diferentes tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

Cuadro 28. Análisis de varianza de las variables diámetro, altura, relación altura/diámetro y longitud de raíz de *Pinus ayacahuite* var. *veitchii* Shaw, a los siete meses después de la siembra, en tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

a) Análisis de varianza del diámetro

FV	GL	SC	CM	Fcal	Prob>F
Mezclas de sustratos	2	24.45	12.12	30.28	0.0001**
Tamaños de contenedor	2	3.29	1.64	4.08	0.0186*
Interacción Mezclas de sustratos-Tamaños de contenedor	4	12.34	3.08	7.64	0.0001**
Error	171	69.06	0.40		
Total	179	109.16			

Para $prb>F$ con un $\alpha=0.05$, es: ns= no significativo, **muy significativo, *significativo

b) Análisis de varianza de la altura

FV	GL	SC	CM	Fcal	Prob>F
Mezclas de sustratos	2	3015.17	1507.58	88.18	0.0001**
Tamaños de contenedor	2	313.84	156.92	9.18	0.0002**
Interacción Mezclas de sustratos-Tamaños de contenedor	4	1930.59	482.64	28.23	0.0001**
Error	171	2923.48	17.09		
Total	179	8183.10			

* Para $prb>F$ con un $\alpha=0.05$, es: ns= no significativo, **muy significativo, *significativo

Cuadro 28. Continuación

c) Análisis de varianza de longitud de raíz

FV	GL	SC	CM	Fcal	Prob>F
Mezclas de sustratos	2	20.29	10.14	1.49	0.0002**
Tamaños de contenedor	2	1775.80	887.90	199.07	0.0001**
Interacción Mezclas de sustratos-Tamaños de contenedor	4	25.35	6.33	1.31	0.0003**
Error	171	193.36	1.13		
Total	179	2014.82			

Para $prb>F$ con un $\alpha = 0.05$, es: ns= no significativo, **muy significativo, *significativo

d) Análisis de varianza de la relación altura/diámetro

FV	GL	SC	CM	Fcal	Prob>F
Mezclas de sustratos	2	75.11	37.57	22.33	0.0001**
Tamaños de contenedor	2	11.67	5.83	3.47	0.0333*
Interacción Mezclas de sustratos-Tamaños de contenedor	4	73.56	18.39	10.93	0.0001**
Error	171	287.70	1.68		
Total	179	448.09			

Para $prb>F$ con un $\alpha = 0.05$, es: ns= no significativo, **muy significativo, *significativo

Cuadro 29. Prueba de rangos múltiples de Tukey para las variables diámetro, altura, relación altura/diámetro y longitud de raíz, de *Pinus ayacahuite* var. *veitchii* Shaw, a los siete meses después de la siembra, en tres mezclas de sustratos, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

Mezcla de sustratos	Diámetro (mm)	Altura (cm)	Relación altura/diámetro	Longitud de raíz (cm)
Mezcla 3 (50% peat moss, 30% vermiculita, 20% agrolita)	3.91 a	25.39 a	6.48 a	11.78 a
Mezcla 2 (20% bagazo de café, 30% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita)	3.70 a	23.24 b	6.25a	11.29 b
Mezcla 1 (25% bagazo de café, 25% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita)	3.04 b	15.83 c	5.04 b	10.96 b

Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes con $\alpha = 0.05$.

Cuadro 30. Prueba de rangos múltiples de Tukey para las variables diámetro, altura, relación altura/diámetro y longitud de raíz de *Pinus ayacahuite* var. *veitchii* Shaw, a los siete meses después de la siembra, en tres tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

Tamaños de contenedor	Diámetro (mm)	Altura (cm)	Relación altura/diámetro	Longitud de raíz (cm)
Contenedor 3 (V-265cc)	3.49 a	20.81 b	5.72 a	15.76 a
Contenedor 2 (V-150cc)	3.43 a	20.32 b	5.78 a	9.50 b
Contenedor 1 (V-93cc)	3.74 a	23.33 a	6.29 a	8.76 c

Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes con $\alpha = 0.05$.

Cuadro 31. Prueba de rangos múltiples de Tukey para las variables diámetro, altura, relación altura/diámetro y longitud de raíz, de *Pinus ayacahuite* var. *veitchii* Shaw, a los siete meses después de la siembra, en nueve tratamientos de tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco Distrito Federal.

Interacción Mezclas de sustratos- Tamaños de contenedor	Diámetro (mm)	Altura (cm)	Relación altura/diámetro	Longitud de raíz (cm)
M3C3	3.98 a	23.80 b	5.97 a b c	16.80 a
M3C2	3.66 a	23.76 b	6.48 a b	9.54 c
M3C1	4.09 a	28.62 a	6.99 a	9.00 c d
M2C3	3.91 a	25.38 a b	6.48 a b	15.60 b
M2C2	3.71 a	25.46 a b	6.84 a	9.26 b c
M2C1	3.49 a b	18.87 c	5.54 b c	9.00 c d
M1C3	2.58 c	13.26 d	4.70 c d	14.90 b
M1C2	2.91 b c	11.73 d	4.03 d	9.70 c
M1C1	3.65 a	22.51 b c	6.34 a b	8.29 d

M1: 25% bagazo de café, 25% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita

M2: 20% bagazo de café, 30% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita

M3: 50% peat moss, 30% vermiculita, 20% agrolita

C1: tamaño de contenedor V-93 cc

C2: tamaño de contenedor V-150 cc

C3: tamaño de contenedor V-265 cc

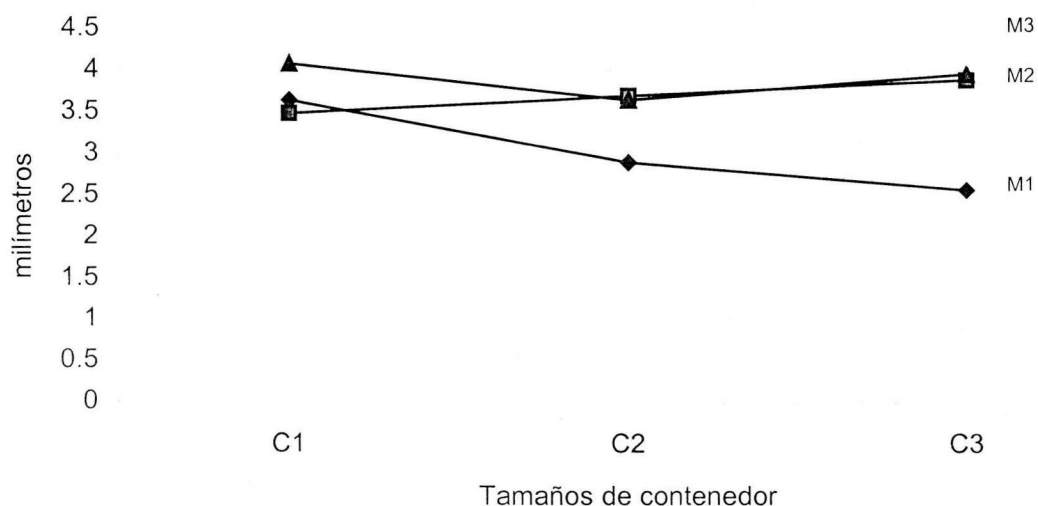


Figura 30. Interacción de diferentes mezclas de sustratos-tamaños de contenedor, en el diámetro de *Pinus ayacahuite* var. *veitchii* Shaw, a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

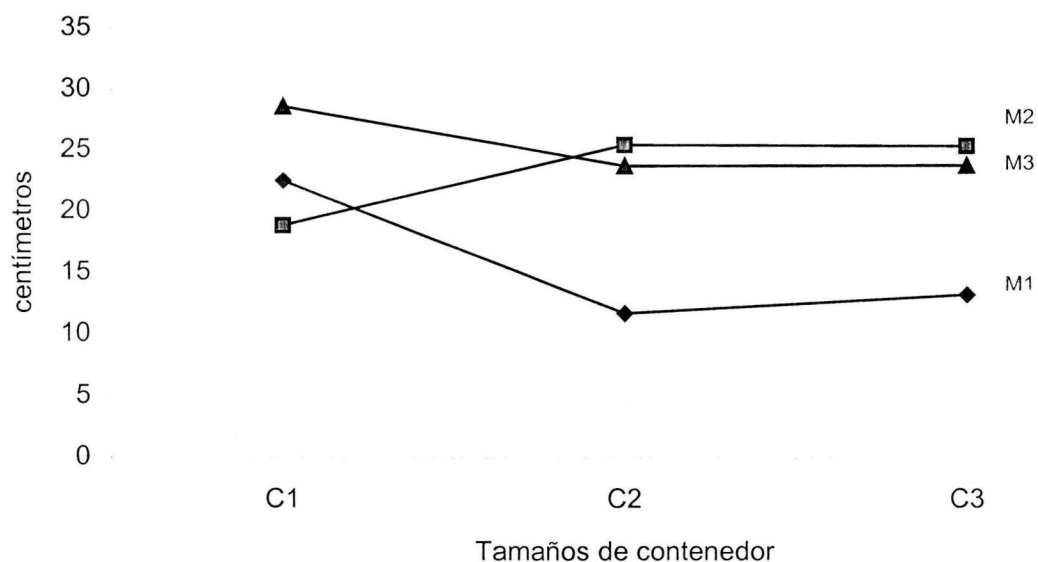


Figura 31. Interacción de diferentes mezclas de sustratos-tamaños de contenedor, en la altura de *Pinus ayacahuite* var. *veitchii* Shaw, a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

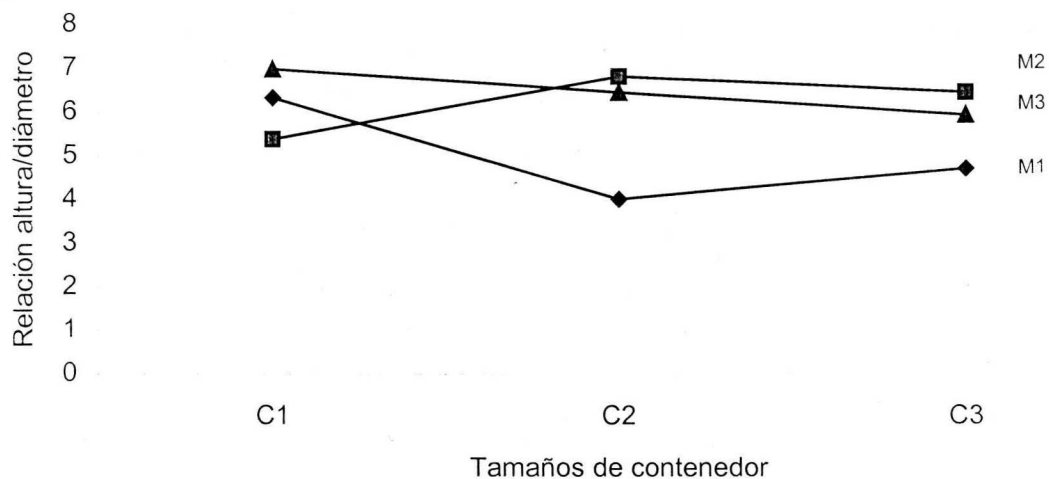


Figura 32. Interacción de diferentes mezclas de sustratos-tamaños de contenedor, en la relación altura/diámetro de *Pinus ayacahuite* var. *veitchii* Shaw, a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

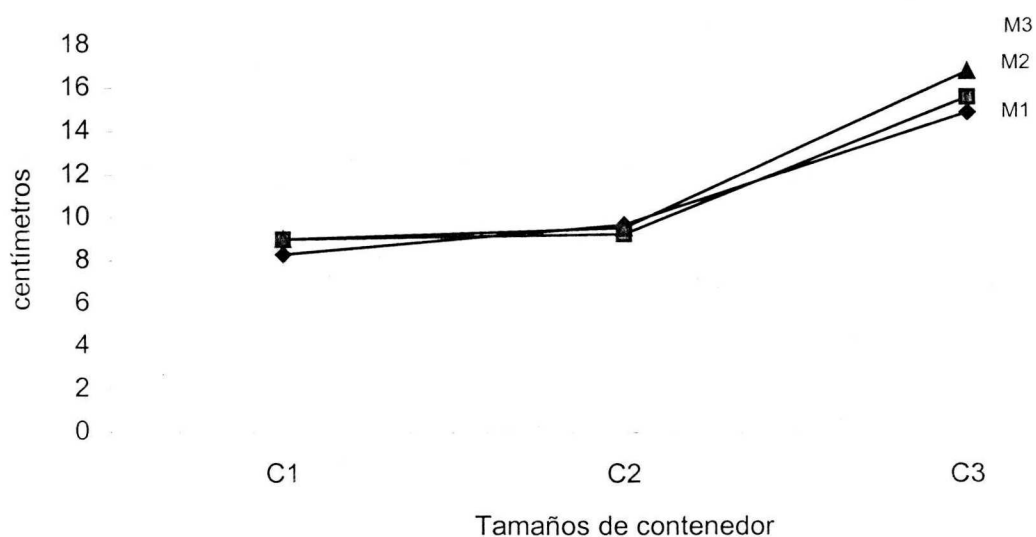


Figura 33. Interacción de diferentes mezclas de sustratos-tamaños de contenedor, en la longitud de raíz de *Pinus ayacahuite* var. *veitchii* Shaw, a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

Las interacciones mostraron los mejores crecimientos de diámetro, altura y relación altura/diámetro en M3C1 (50% *peat-moss*, 30% vermiculita y 20% de agrolita, V-93cc), y la longitud de raíz en M3C3 (50% *peat-moss*, 30% vermiculita y 20% de agrolita, V-265cc) (Cuadro 31 y Figuras 30, 31, 32 y 33).

Los resultados anteriores permiten establecer la influencia del sustratos y tamaños de contenedor de manera sustancial y diferencial en las variables diámetro, altura, relación altura/diámetro y longitud de raíz. Sin embargo, se observa la tendencia a alcanzar mayor desarrollo en las mezclas M3 (50% *peat-moss*, 30% vermiculita y 20% de agrolita) y M2 (20% bagazo de café, 30% fibra de coco 30% vermiculita y 20% de agrolita) y en los contenedores de menor y mayor capacidad C1(V-93cc) y C3 (V-265cc).

Después de los siete meses posteriores a la siembra, el desarrollo alcanzado para las plantas de Ayacahuite requieren mayor espacio de contenedor para alojar las raíces y, desde luego, espacio para el crecimiento aéreo, debido a la forma de interacción de las ramas casi horizontales desde las partes inferiores.

La mezcla tradicional del vivero, constituida por *peat-moss* y la mezcla formada por 20% de bagazo de café y 30% de fibra de coco, resultaron muy semejantes, en los resultados obtenidos para las variables que evalúan el crecimiento. Por las características físicas de los materiales que forman estas mezclas resultan ser las de mayor porosidad y que permiten una mejor filtración y lixiviación del agua, desminuyendo así la humedad del sustrato, característica deseable para Ayacahuite en esta etapa de crecimiento.

Así mismo, debido a que el contenedor mayor C3 (V-265cc) presenta la mayor longitud de cavidad, puede propiciar una mayor elongación del sistema radicular, aunque no de consistencia fibrosa como en el contenedor más pequeño.

6.2.3. Peso fresco del tallo, peso fresco de la raíz, peso seco del tallo y peso seco de la raíz.

En el Cuadro 32 se presentan por tamaño de contenedor y mezcla de sustrato los resultados del comportamiento de las variables peso fresco del tallo, peso fresco de la raíz, peso seco del tallo y peso seco de la raíz, mismos que se muestran en las Figuras 34 y 35. Así también, el comportamiento de estas variables a lo largo del tiempo del experimento se presentan, en las Figuras 13, 14, 15 y 16 del Apéndice.

Las variables que cuantifican la biomasa presentaron en todos los casos los mayores valores en la mezcla M3 (50% *peat-moss*, 30% vermiculita y 20% de agrolita). Así también los mayores valores de biomasa se presentaron en el tamaño de contenedor C3 (V-265cc) (Cuadro 32).

Las diferencias entre los valores de biomasa debidos al efecto de las mezclas, los tamaños de contenedor y su interacción, fueron altamente significativas para el peso fresco del tallo, no encontrándose diferencias significativas para el peso seco del tallo debido al tamaño de contenedor (Cuadro 33a y Cuadro 33b). Para el peso fresco y seco de la raíz, las diferencias fueron altamente significativas para las mezclas de sustratos, tamaños de contenedor y la interacción mezclas de sustratos-tamaños de contenedor (Cuadro 33c y Cuadro 33d).

Las pruebas de Tukey evidencian la superioridad de la mezcla M3 (50% *peat-moss*, 30% vermiculita y 20% de agrolita) en todas las variables, así como el tamaño de contenedor C3 (V-265cc) (Cuadros 24 y 25). Así también, en la interacción de estos dos factores los mayores pesos frescos y secos se obtuvieron en M3C3 (50% *peat-moss*, 30% vermiculita y 20% de agrolita, V-265cc), es decir, en todos los sustratos compuestos de *peat moss* y en los contenedores de mayor capacidad (Cuadro 36 y Figuras 36, 37, 38 y 39).

Cuadro 32. Resultados generales de los pesos frescos y secos del tallo y raíz de *Pinus ayacahuite* var. *veitchii* Shaw, a los siete meses después de la siembra, en diferentes mezclas de sustratos y tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxiatalmalco, Distrito Federal.

Tamaños de contenedor	Mezclas de sustratos												Promedio por Tamaños de contenedor			
	M1				M2				M3							
	PFT (gr)	PFR (gr)	PST (gr)	PSR (gr)	PFT (gr)	PFR (gr)	PST (gr)	PSR (gr)	PFT (gr)	PFR (gr)	PST (gr)	PSR (gr)	PFT (gr)	PFR (gr)	PST (gr)	PSR (gr)
C1 (V-93cc)	6.21	3.91	1.51	0.725	5.98	4.99	1.44	0.81	8.96	6.41	2.23	1.05	7.05	5.10	1.72	0.86
C2 (V-150cc)	3.59	2.73	0.85	0.487	8.36	5.87	2.11	1.045	9.01	7.89	2.1	0.94	6.98	5.49	1.68	0.82
C3 (V-265cc)	3.43	4.02	0.84	0.625	9	8.74	2.1	1.155	11.1	10.03	2.64	1.5	7.84	7.59	1.86	1.09
Promedio por Mezclas de sustratos	4.41	3.55	1.06	0.61	7.78	6.53	1.88	1.00	9.69	8.11	2.32	1.16				

M1: 25% bagazo de café, 25% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita

M2: 20% bagazo de café, 30% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita

M3: 50% peat moss, 30% vermiculita, 20% agrolita

PFT: peso fresco del tallo

PFR: peso fresco de la raíz

PST: peso seco del tallo

PSR: peso seco de la raíz

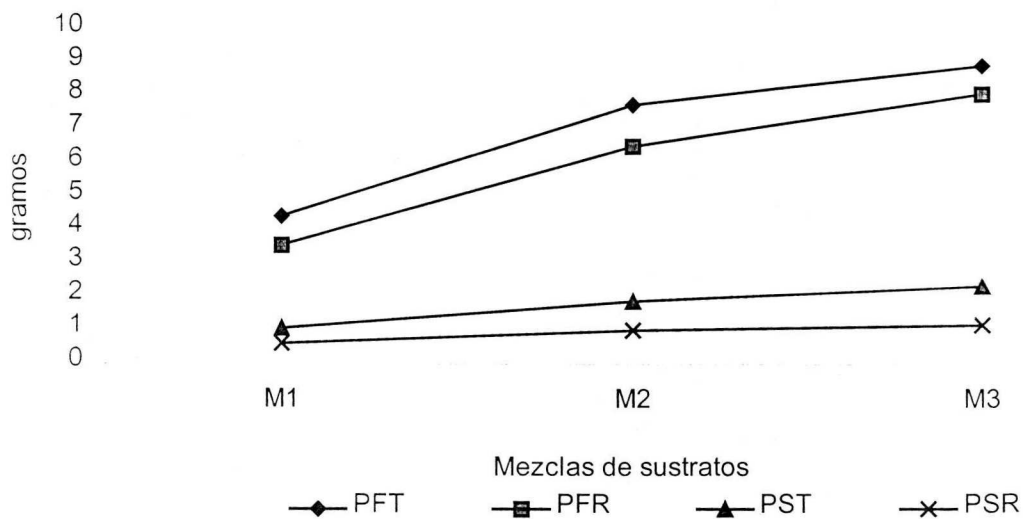


Figura 34. Comportamiento del peso fresco del tallo, peso fresco de la raíz, peso seco del tallo y peso seco de la raíz de *Pinus ayacahuite* var. *veitchii* Shaw, a los siete meses después de la siembra, en diferentes mezclas de sustratos, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

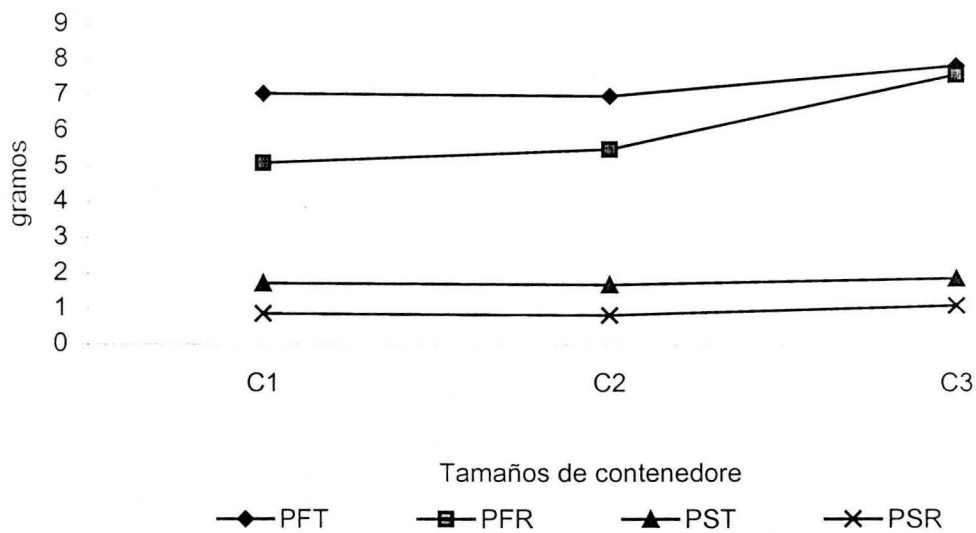


Figura 35. Comportamiento del peso fresco del tallo, peso fresco de la raíz, peso seco del tallo y peso seco de la raíz de *Pinus ayacahuite* var. *veitchii* Shaw, a los siete meses después de la siembra, en diferentes tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

Cuadro 33. Análisis de varianza de las variables peso fresco del tallo, peso fresco de la raíz, peso seco del tallo y peso seco de la raíz de *Pinus ayacahuite* var. *veitchii* Shaw, a los siete meses después de la siembra, en tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxiátemalco, Distrito Federal.

a) Análisis de varianza del peso fresco del tallo

FV	GL	SC	CM	Fcal	Prob>F
Mezclas de sustratos	2	858.62	429.31	175.99	0.0001**
Tamaños de contenedor	2	27.39	13.69	5.61	0.0043**
Interacción Mezclas de sustratos-Tamaños de contenedor	4	231.10	57.77	23.68	0.0001**
Error	171	417.13	2.43		
Total	179	1534.26			

Para $prb>F$ con un $\alpha = 0.05$, es: ns= no significativo, **muy significativo, *significativo

b) Análisis de varianza del peso fresco de la raíz

FV	GL	SC	CM	Fcal	Prob>F
Mezclas de sustratos	2	642.99	321.49	82.94	0.0001**
Tamaños de contenedor	2	215.51	107.75	27.80	0.0001**
Interacción Mezclas de sustratos-Tamaños de contenedor	4	91.54	22.88	5.9	0.0002**
Error	171	662.83	3.87		
Total	179*	1612.89			

Para $prb>F$ con un $\alpha = 0.05$, es: ns= no significativo, **muy significativo, *significativo

Cuadro 33. Continuación . . .

c) Análisis de varianza del peso seco del tallo

FV	GL	SC	CM	Fcal	Prob>F
Mezclas de sustratos	2	48.77	24.38	128.21	0.0001**
Tamaños de contenedor	2	0.976	0.488	2.57	0.0797ns
Interacción Mezclas de sustratos-Tamaños de contenedor	4	14.06	3.51	18.49	0.0001**
Error	171	32.52	0.190		
Total	179	96.33			

Para $prb>F$ con un $\alpha = 0.05$, es: ns= no significativo, **= muy significativo, *significativo

d) Análisis de varianza del peso seco de la raíz

FV	GL	SC	CM	Fcal	Prob>F
Mezclas de sustratos	2	9.68	4.84	52.24	0.0001**
Tamaños de contenedor	2	2.53	1.26	13.69	0.0001**
Interacción Mezclas de sustratos-Tamaños de contenedor	4	2.77	0.69	7.48	0.0001**
Error	171	15.84	0.092		
Total	179	30.84			

Para $prb>F$ con un $\alpha = 0.05$, es: ns= no significativo, **muy significativo, *significativo

Cuadro 34. Prueba de rangos múltiples de Tukey para las variables peso fresco del tallo, peso fresco de la raíz, peso seco del tallo y peso seco de la raíz de *Pinus ayacahuite* var. *veitchii* Shaw, a los siete meses después de la siembra, en tres mezclas de sustratos, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

Mezclas de sustratos	Peso fresco del tallo (gr)	Peso fresco de la raíz (gr)	Peso seco del tallo (gr)	Peso seco de la raíz (gr)
Mezcla 3 (50% peat moss, 30% vermiculita, 20% agrolita)	9.69 a	8.11 a	2.32 a	1.16 a
Mezcla 2 (20% bagazo de café, 30% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita)	7.78 b	6.53 b	1.88 b	1.00 b
Mezcla 1 (25% bagazo de café, 25% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita)	4.41 c	3.55 c	1.06 c	0.61 c

Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes con $\alpha = 0.05$.

Cuadro 35. Prueba de rangos múltiples de Tukey para las variables peso fresco del tallo, peso fresco de la raíz, peso seco del tallo y peso seco de la raíz de *Pinus ayacahuite* var. *veitchii* Shaw, a los siete meses después de la siembra, en tres tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

Tamaños de contenedor	Peso fresco del tallo (gr)	Peso fresco de la raíz (gr)	Peso seco del tallo (gr)	Peso seco de la raíz (gr)
Contenedor 3 (V-265cc)	15.76 a	7.59 a	1.86 a	1.09 a
Contenedor 2 (V-150cc)	9.50 b	5.50 b	1.68 a	0.82 b
Contenedor 1 (V-93cc)	6.76 c	5.10 b	1.73 a	0.86 b

Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes con $\alpha = 0.05$.

Cuadro 36. Prueba de rangos múltiples de Tukey para las variables peso fresco del tallo, peso fresco de la raíz, peso seco del tallo y peso seco de la raíz de *Pinus ayacahuite* var. *veitchii* Shaw, a los siete meses después de la siembra, en nueve tratamientos de tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

Interacción Mezclas de sustratos- Tamaños de contenedor	Peso fresco del tallo (gr)	Peso fresco de la raíz (gr)	Peso seco del tallo (gr)	Peso seco de la raíz (gr)
M3C3	11.10 a	10.03 a	2.64 a	1.50 a
M3C2	9.01 b	7.89 b c	2.10 b	0.94 b c d
M3C1	8.96 b	6.41 c d	2.23 a b	1.05 b c
M2C2	8.36 b	5.87 d e	2.11 b	1.04 b c
M2C3	9.00 b	8.74 a b	2.10 b	1.15 b
M2C1	5.98 c	4.99 d e f	1.44 c	0.81 c d e
M1C3	3.43 d	4.02 e f g	0.84 d	0.62 e f
M1C2	3.59 d	2.73 g	0.85 d	0.48 f
M1C1	6.21 c	3.91 g f	1.51 c	0.72 d e f

M1: 25% bagazo de café, 25% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita

M2: 20% bagazo de café, 30% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita

M3: 50% peat moss, 30% vermiculita, 20% agrolita

C1: tamaño de contenedor V-93 cc

C2: tamaño de contenedor V-150 cc

C3: tamaño de contenedor V-265 cc

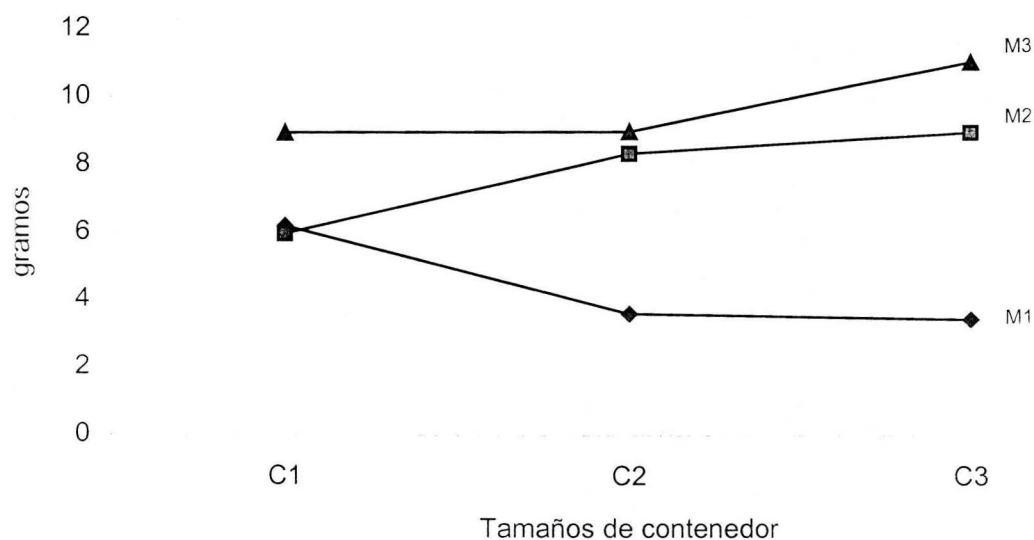


Figura 36. Interacción de diferentes mezclas de sustratos-tamaños de contenedor, del peso fresco del tallo de *Pinus ayacahuite* var. *veitchii* Shaw, a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

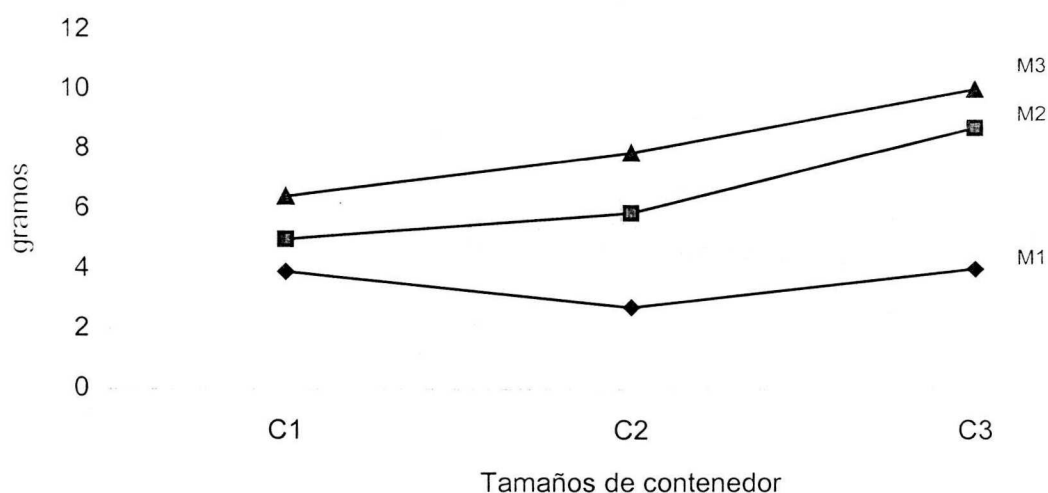


Figura 37. Interacción de diferentes mezclas de sustratos-tamaños de contenedor, del peso fresco de la raíz de *Pinus ayacahuite* var. *veitchii* Shaw, a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

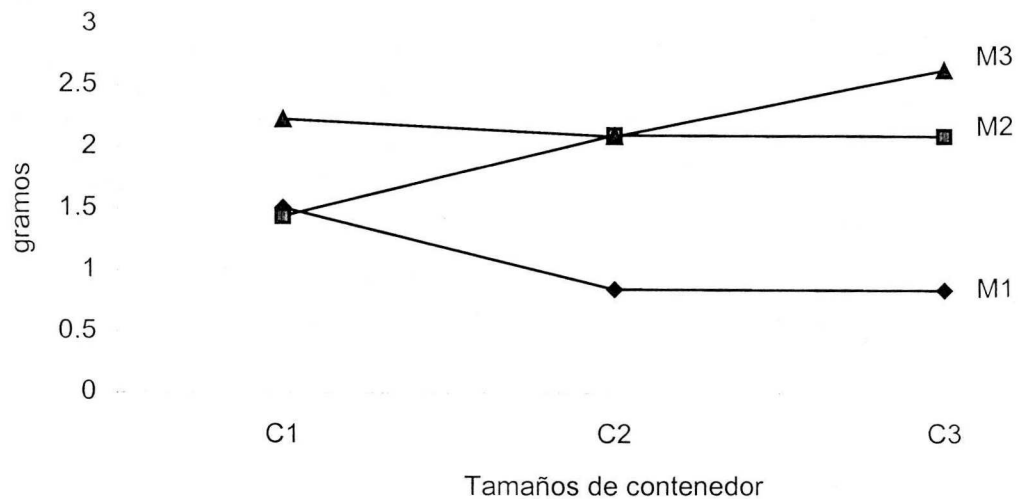


Figura 38. Interacción de diferentes mezclas de sustratos-tamaños de contenedor, del peso seco del tallo de *Pinus ayacahuite* var. *veitchii* Shaw, a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

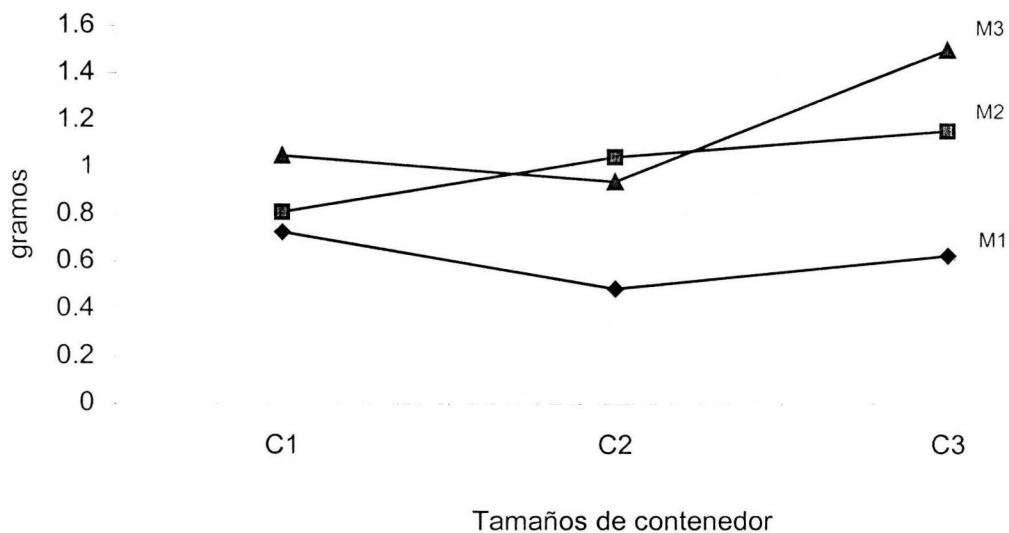


Figura 39. Interacción de diferentes mezclas de sustratos-tamaños de contenedor, del peso seco de la raíz de *Pinus ayacahuite* var. *veitchii* Shaw, a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

De los resultados anteriores, se puede establecer que tanto las mezclas que incluyen *peat-moss* y los contenedores de mayor capacidad revelan un mayor crecimiento de las variables de la biomasa fresca y seca de las plántulas.

Una vez descrito el efecto de la mezcla de sustrato sobre la emergencia de plantas, donde se muestra que ésta es independiente de los tamaños de contenedor. Se puede decir, que para Ayacahuite en la etapa de emergencia, la mezcla M1 (25 % de bagazo de café y 25% de fibra de coco), supero a la mezcla tradicional del vivero compuesta por *peat moss*.

En cuanto al efecto de las mezclas en las variables diámetro, altura, relación altura/diámetro y longitud de raíz, se encuentra que en las constituidas por *peat moss* se obtuvieron los valores más altos, seguidos y muy semejantes por los obtenidos en la mezclas compuestas por 20% de bagazo de café y 30% de fibra de coco

Los resultados de este estudio, al considerar las variables de crecimiento de las plántulas (diámetro, altura, relación altura/diámetro y longitud de raíz) y sus correspondientes medidas en biomasa (pesos frescos y secos de tallo y raíz) demuestran una gran consistencia en relación con los sustratos utilizados y los tamaños de contenedor.

Sin embargo, estas variables no fueron consistentes en cuanto se comparan el diámetro y la altura y ésta con la longitud de raíz. Sí se considera el diámetro como la variable más importante que expresa el crecimiento, se encuentra que las mezclas compuestas por menor porcentaje de pulpa de café y la tradicional del vivero resultan más adecuadas, pero en el caso del tamaño del contenedor, se inclina hacia una mejoría en los tamaños menores y medianos. La explicación debería buscarse en el efecto de densidad (en este caso el número de plantas por contenedor) sobre el microambiente creado en cada contenedor, sobre una planta considerada tolerante a la sombra.

Desde luego que la mezcla de sustrato al interaccionar con cualquier tamaño de contenedor produce los mejores resultados. Si esto fuera la intención, se podrían producir plantas a los siete meses con 3.5 mm de diámetro mínimo, 20 cm de altura en los tamaños de contenedor mediano y grande, con los ahorros derivados de la cantidad de sustrato.

Sin embargo, si se toman en cuenta solamente los pesos frescos y secos del tallo y raíz como medidas de producción de biomasa real, la mezcla tradicional con los contenedores grandes, muestran los mejores valores, mayores a dos gramos.

6.3. *Pinus montezumae* Lamb.

6.3.1. Emergencia

En el Cuadro 37 se presentan los resultados de la emergencia en diferentes mezclas de sustratos y tamaños de contenedores, a diferentes fechas de observación después de la siembra. En las Figuras 40, 41, y 42 se presentan el comportamiento de la emergencia en todos los tratamientos, por mezclas de sustratos y tamaños de contenedor. En ellos se puede observar que en todos los tratamientos el mayor porcentaje de emergencia se presentó entre los 15 y 30 días posteriores a la siembra.

Así también se puede observar que en Moctezuma, los tratamientos en donde se obtuvo el mayor porcentaje de emergencia: M3C3 (50% peat, 30% vermiculita y 20% de agrolita, V-265) y M1C3 (25% bagazo de café, 25% fibra de coco 30% vermiculita y 20% de agrolita, V-265cc) (Cuadro 37 y Figuras 40, 41 y 42).

En el análisis de varianza aplicado a la emergencia, no se presentaron diferencias significativas entre las mezclas de sustratos, en la interacción mezclas de sustratos-tamaños de contenedor y entre tamaños de contenedor (Cuadro 38).

En la prueba de Tukey aplicada para las mezclas de sustratos (Cuadro 39) se encontró que los valores de emergencia no presentan diferencias significativas entre ellas. Con respecto a los tamaños de contenedor, se encontró que los valores de emergencia no presentan diferencias significativas entre ellos (Cuadro 40).

Finalmente en la interacción mezclas de sustratos-tamaños de contenedor (Cuadro 41 y Figura 43) se encontró que las interacciones que comprenden las mezclas de sustratos M3 (50% peat, 30% vermiculita y 20% de agrolita) y M1(25% bagazo de café, 25% fibra de coco 30% vermiculita y 20% de agrolita) presentan los valores más altos en la escala descendente.

Cuadro 37. Resultados generales de la emergencia de *Pinus montezumae* Lamb., a diferentes fechas de observación después de la siembra, en diferentes mezclas de sustratos y tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

Tamaños de contenedor	Mezclas de sustratos									Promedio por Tamaños de contenedor		
	M1			M2			M3					
	Días después de la siembra											
	15	30	45	15	30	45	15	30	45	15	30	45
	Porcentaje de emergencia (%)											
C1 (V-93cc)	87.34	88.75	89.38	63.91	83.59	85.00	78.28	92.34	92.81	76.51	88.22	89.06
C2 (V-150cc)	83.59	85.94	87.76	73.7	87.50	88.54	71.35	86.72	87.5	76.21	86.72	87.93
C3 (V-265cc)	87.5	89.73	90.18	61.16	86.38	87.95	91.96	96.65	98.88	80.20	90.92	92.33
Promedio por Mezclas de sustratos	86.14	88.14	89.10	66.25	85.82	87.16	80.53	91.90	93.06			

M1: 25% bagazo de café, 25% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita

M2: 20% bagazo de café, 30% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita

M3: 50% peat moss, 30% vermiculita, 20% agrolita

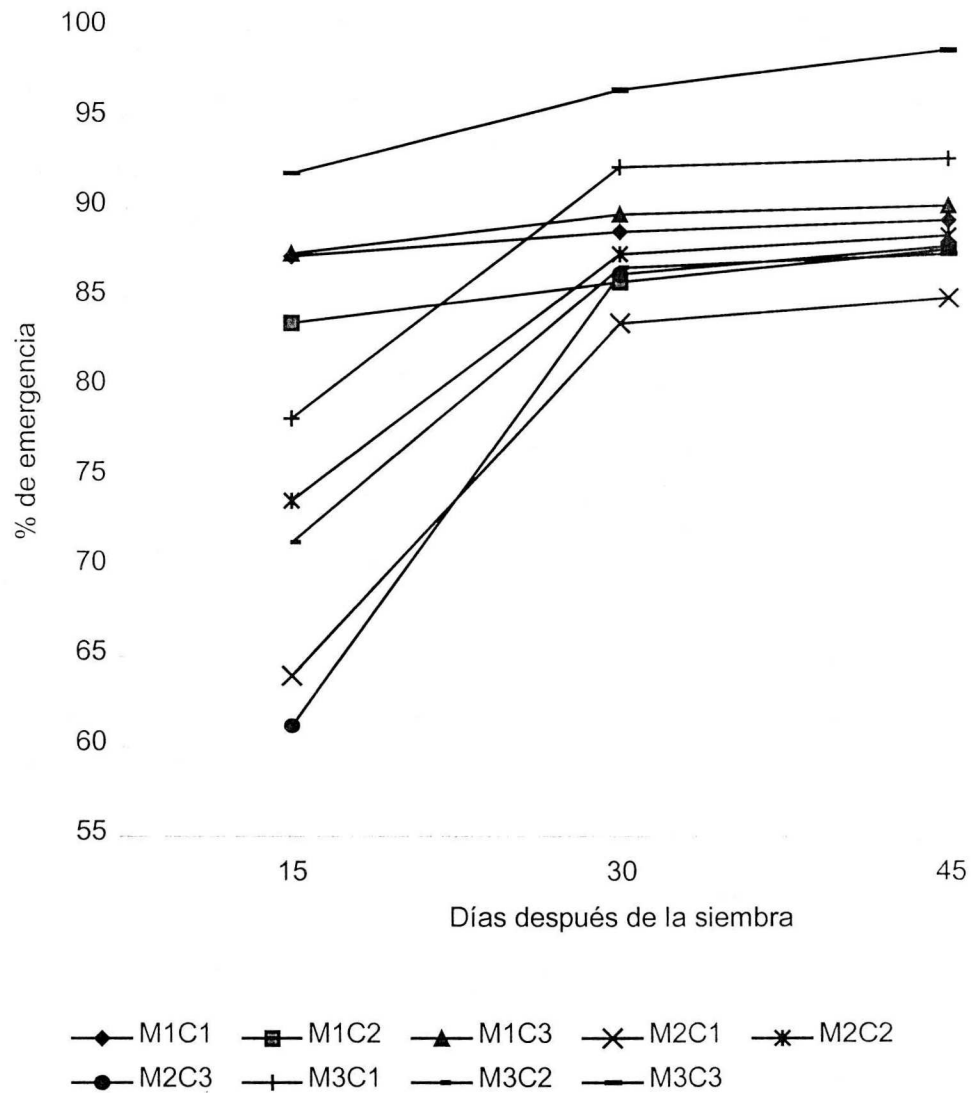


Figura 40. Comportamiento de la emergencia de *Pinus montezumae* Lamb., en diferentes mezclas de sustrato y tamaños de contenedor a diferentes fechas de observación después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

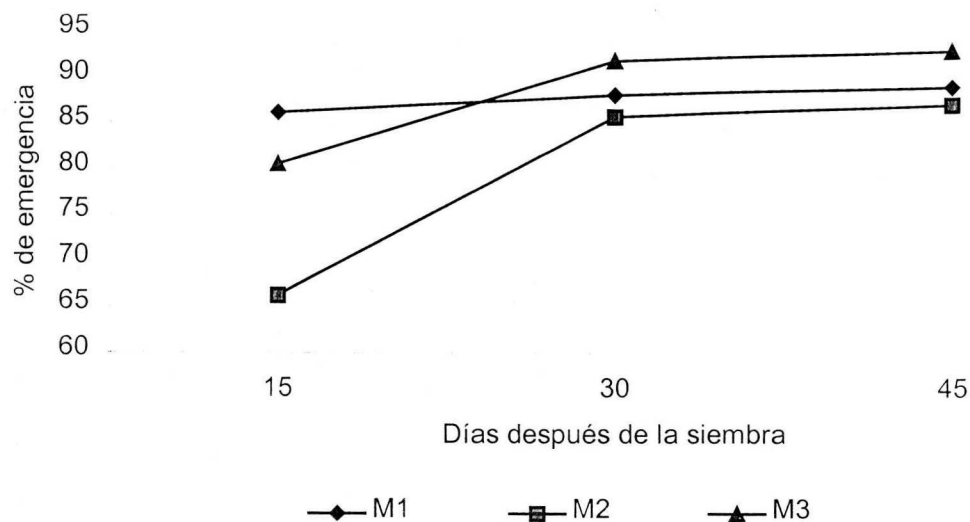


Figura 41. Comportamiento de la emergencia de *Pinus montezumae* Lamb., en diferentes mezclas de sustratos a diferentes fechas de observación después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

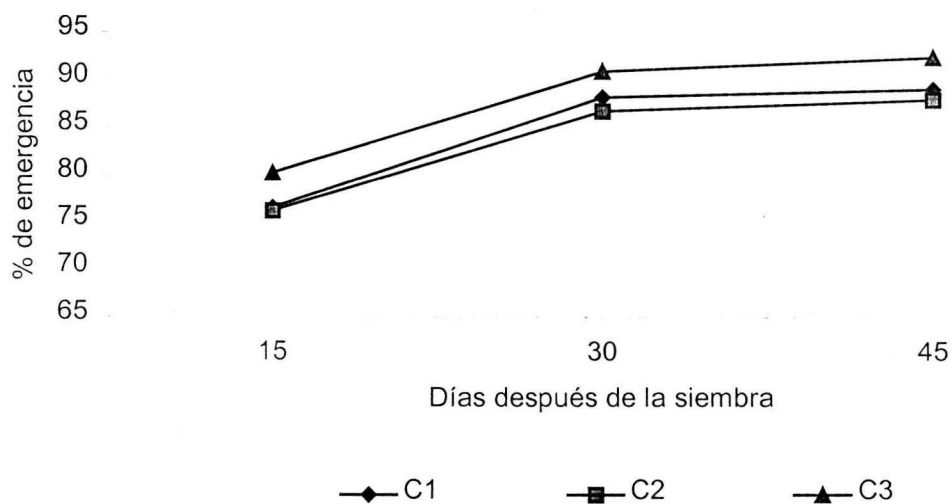


Figura 42. Comportamiento de la emergencia de *Pinus montezumae* Lamb., en diferentes tamaños de contenedor a diferentes fechas de observación después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

Cuadro 38. Análisis de varianza de la emergencia de *Pinus montezumae* Lamb., a los siete meses después de la siembra, en tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

FV	GL	SC	CM	Fcal	Prob>F
Mezclas de sustratos	2	243.16	121.58	1.85	0.1659ns
Tamaños de contenedor	2	109.227	54.61	0.83	0.4407ns
Interacción Mezclas de sustratos-Tamaños de contenedor	4	192.73	48.18	0.73	0.5732ns
Error	63	4144.15	65.78		
Total	71	4689.27			

*Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes con $\alpha = 0.05$.

Cuadro 39. Prueba de rangos múltiples de Tukey para la emergencia de *Pinus montezumae* Lamb., a los siete meses después de la siembra, en tres mezclas de sustratos, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

Mezclas de sustratos	Emergencia (%)
Mezcla 3 (50% peat moss, 30% vermiculita, 20% agrolita)	92.17 a
Mezcla 2 (20% bagazo de café, 30% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita)	87.16 a
Mezcla 1 (25% bagazo de café, 25% fibra de coco, 30% vermiculita y 20% agrolita)	89.10 a

Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes con $\alpha = 0.05$.

Cuadro 40. Prueba de rangos múltiples de Tukey para la emergencia *Pinus montezumae* Lamb., a los siete meses después de la siembra, en tres tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

Tamaños de contenedor	Emergencia (%)
Contenedor 1 (V-93cc)	89.06 a
Contenedor 2 (V-150cc)	87.93 a
Contenedor 3 (V-265cc)	91.44 a

Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes con $\alpha = 0.05$.

Cuadro 41. Prueba de rangos múltiples de Tukey para la emergencia de *Pinus montezumae* Lamb., a los siete meses después de la siembra, en nueve tratamientos de tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

Interacción Mezclas de sustratos-Tamaños de contenedor	Emergencia (%)
M3C3 (50% peat moss, 30% vermiculita, 20% agrolita, V-265cc)	96.20 a
M3C1 (50% peat moss, 30% vermiculita, 20% agrolita, V-93cc)	92.81 a
M1C3 (25% bagazo de café, 25% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita, V-265cc)	90.17 a
M1C1 (25% bagazo de café, 25% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita, V-93cc)	89.37 a
M2C2 (20% bagazo de café, 30% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita, V-150cc)	88.54 a
M2C3 (20% bagazo de café, 30% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita, V-265cc)	87.94 a
M1C2 (25% bagazo de café, 25% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita, V-150cc)	87.86 a
M3C2 (50% peat moss, 30% vermiculita, 20% agrolita, V-150cc)	87.50 a
M2C1 (20% bagazo de café, 30% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita, V-93cc)	82.00 a

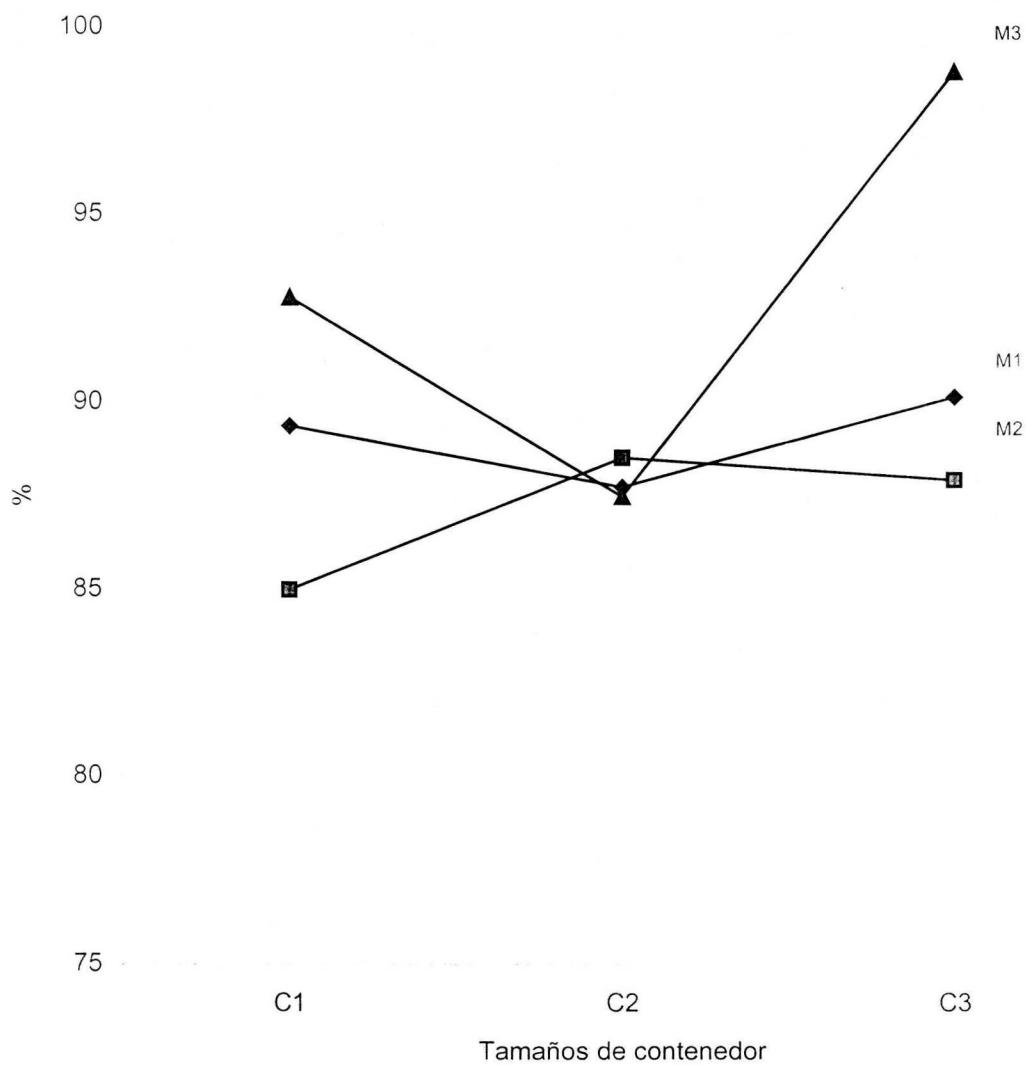


Figura 43. Interacción de diferentes mezclas de sustratos-tamaños de contenedor, en la emergencia de *Pinus montezumae* Lamb., a los cuarenta y cinco días después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

De acuerdo con los resultados anteriores, se puede establecer, que independientemente de las mezclas de sustratos utilizadas y los tamaños de contenedor, la emergencia resulta similar, presentándose la mayor parte durante los primeros 30 días. Posteriormente, los porcentajes adicionales de emergencia son irrelevantes.

Es importante destacar que la mezcla actual en el vivero (50% de *peat-moss*, 30% de vermiculita y 20% de agrolita) fue igualada por las mezclas compuestas pulpa de café y fibra de coco en la emergencia de plántulas, debido a que fueron similares entre sí.

Con respecto a los contenedores, se puede establecer que la capacidad de las cavidades no influyó en la emergencia resultante.

Todo lo anterior puede deberse a que indistintamente los sustratos utilizados proveen la humedad requerida para la etapa de emergencia de Moctezuma y que ésta es independiente del tamaño de contenedor.

6.3.2. Diámetro y longitud de raíz.

En el Cuadro 42 se presentan por tamaño de contenedor y mezcla de sustrato los resultados del comportamiento de las variables diámetro y longitud de raíz, de las plántulas de Moctezuma al final del periodo del experimento, que abarcó hasta los siete meses de edad. En la Figuras 44 y 45 se muestran los valores obtenidos por mezclas de sustratos y tamaños de contenedor, respectivamente. Así mismo, se presenta el comportamiento de estas variables a lo largo del periodo del experimento en las Figuras 16,17 y 18 del Apéndice.

Desde el punto de vista de las mezclas de sustratos, el mejor crecimiento de las plántulas, traducidas como diámetro, se presento en la mezcla M3 (50% peat-mos, 30% vermiculita y 20% de agrolita) y para la longitud de raíz la mezcla M1(25% bagazo de café, 25% fibra de coco 30% vermiculita y 20% de agrolita). En el caso de los tamaños de contenedor, el promedio más alto de crecimiento de diámetro se observó en el contenedor C2 (V-150cc), para la longitud de raíz el crecimiento más alto se observó en el contenedor C3 (V-265cc) (Cuadro 42).

Las diferencias encontradas en las variables de crecimiento como el diámetro fueron altamente significativas en las mezclas de sustratos y en la interacción mezclas de sustratos-tamaños de contenedor, pero no así para en el tamaño de contenedor donde no se presentaron diferencias significativas para esta variable. Para la longitud de raíz se encontraron diferencias altamente significativas en todos los casos (Cuadro 43).

Las pruebas de Tukey dieron superioridad a la mezcla M3 (50% peat-mos, 30% vermiculita y 20% de agrolita) para el diámetro y M1(25% bagazo de café, 25% fibra de coco, 30 vermiculita y 20% de agrilita) para la longitud de raíz (Cuadro 44). En el caso de los tamaños de contenedor , para el diámetro se observó el mejor crecimiento en el contenedor C2 (V-150cc), y para la longitud de raíz en el contenedor C3 (V-265cc) (Cuadro 45).

Cuadro 42. Resultados generales del comportamiento de diámetro y longitud de raíz de *Pinus montezumae* Lamb., a los siete meses después de la siembra, en diferentes mezclas de sustratos y tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

Tamaños de contenedor	Mezclas de sustratos						Promedio por tamaño de contenedor	
	M1		M2		M3			
	DIA (mm)	LR cm)	DIA (mm)	LR cm)	DIA (mm)	LR cm)	DIA (mm)	LR cm)
C1 (V-93cc)	5.84	8.90	5.66	9.32	6.96	9.27	6.15	9.34
C2 (V-150cc)	4.10	13.5	6.31	10.46	8.54	10.99	6.31	11.65
C3 (V-265cc)	3.68	16.57	7.10	15.71	7.51	15.88	6.09	16.05
Promedio por Mezclas de sustratos	4.54	12.99	6.35	11.83	7.60	12.22		

M1: 25% bagazo de café, 25% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita

M2: 20% bagazo de café, 30% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita

M3: 50% peat moss, 30% vermiculita, 20% agrolita

DIA: diámetro

LR: longitud de raíz

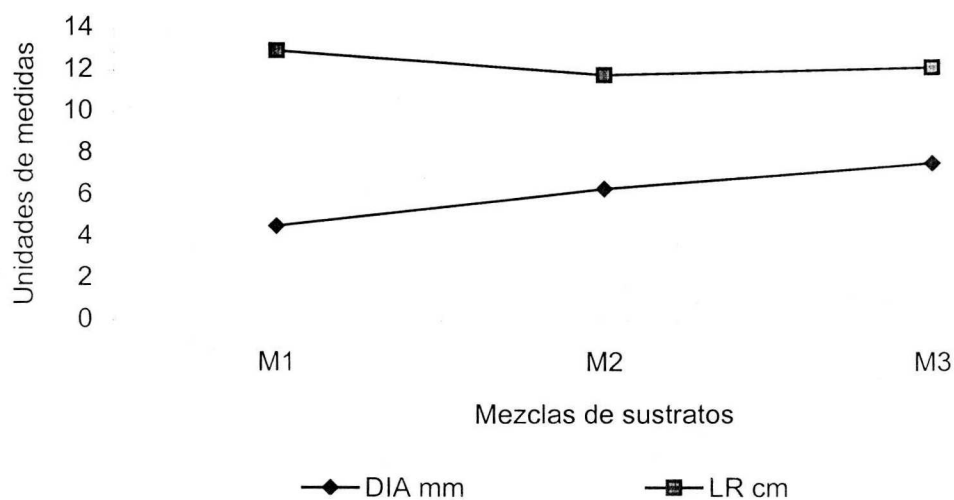


Figura 44. Comportamiento del diámetro y longitud de raíz de *Pinus montezumae* Lamb., a los siete meses después de la siembra, en diferentes mezclas de sustratos, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

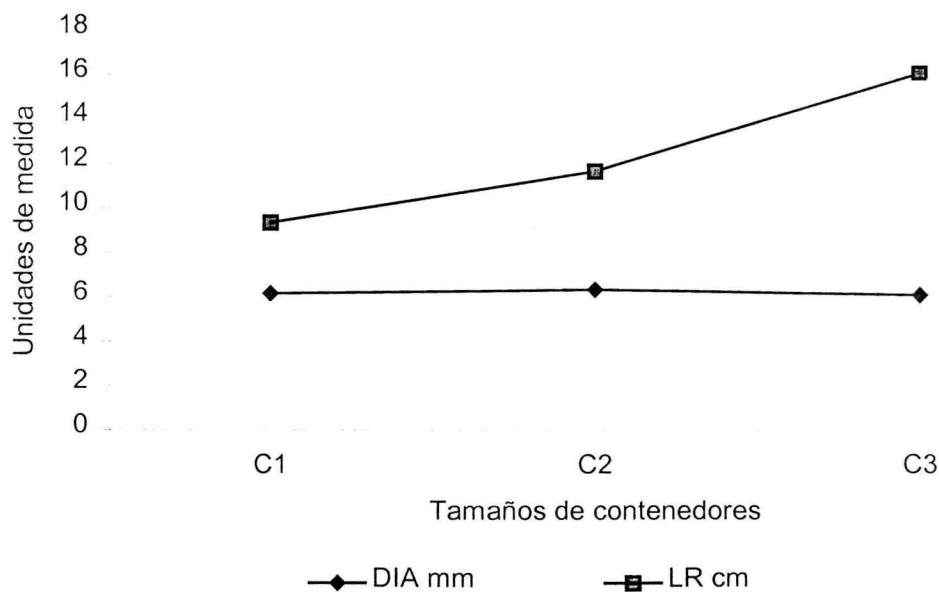


Figura 45. Comportamiento del diámetro y longitud de raíz de *Pinus montezumae* Lamb., a los siete meses después de la siembra, en diferentes tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

Cuadro 43. Análisis de varianza de las variables diámetro y longitud de raíz, de *Pinus montezumae* Lamb., a los siete meses después de la siembra, en tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

a) Análisis de varianza del diámetro

FV	GL	SC	CM	Fcal	Prob>F
Mezclas de sustratos	2	295.84	147.92	119.93	0.0001**
Tamaños de contenedor	2	1.54	0.7737	0.63	0.5353ns
Interacción Mezclas de sustratos-Tamaños de contenedor	4	97.45	24.36	19.75	0.0001**
Error	171	210.91	1.23		
Total	179	605.76			

Para $prb>F$ con un $\alpha = 0.05$, es: ns= no significativo, **muy significativo, *significativo

b) Análisis de varianza de longitud de raíz

FV	GL	SC	CM	Fcal	Prob>F
Mezclas de sustratos	2	41.33	20.66	20.015	0.0001**
Tamaños de contenedor	2	1386.03	693.01	670.92	0.0001**
Interacción Mezclas de sustratos-Tamaños de contenedor	4	82.14	20.53	19.88	0.0001**
Error	171	176.63	1.03		
Total	179	1686.13			

Para $prb>F$ con un $\alpha = 0.05$, es: ns= no significativo, **muy significativo, *significativo

Cuadro 44. Prueba de rangos múltiples de Tukey para las variables diámetro y longitud de raíz, de *Pinus montezumae* Lamb., a los siete meses después de la siembra, en tres mezclas de sustratos, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

Mezcla de sustratos	Diámetro (mm)	Longitud de raíz (cm)
Mezcla 3 (50% peat moss, 30% vermiculita, 20% agrolita)	7.66 a	12.25 b
Mezcla 2 (20% bagazo de café, 30% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita)	6.35 b	11.83 b
Mezcla 1 (25% bagazo de café, 25% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita)	4.54 c	12.99 a

Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes con $\alpha = 0.05$.

Cuadro 45. Prueba de rangos múltiples de Tukey para las variables diámetro y longitud de raíz, de *Pinus montezumae* Lamb., a los siete meses después de la siembra, en tres tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

Mezcla de sustratos	Diámetro (mm)	Longitud de raíz (cm)
Contenedor 3 (V-265cc)	6.09 a	16.05 a
Contenedor 2 (V-150cc)	6.31 a	11.65 b
Contenedor 1 (V-93cc)	6.15 a	9.37 c

Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes con $\alpha = 0.05$.

Cuadro 46. Prueba de rangos múltiples de Tukey para las variables diámetro y longitud de raíz, de *Pinus montezumae* Lamb., a los siete meses después de la siembra, en nueve tratamientos de tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

Interacción Mezclas de sustratos-Tamaños de contendor	Diámetro (mm)	Longitud de raíz (cm)
M3C3	7.50 a b	15.88 a
M3C2	8.54 a	10.99 c
M3C1	6.96 b c	9.89 d e
M2C2	6.31 c d	10.46 c d
M2C3	7.10 b c	15.71 a
M2C1	5.66 d	9.32 e
M1C3	3.68 e	16.57 a
M1C2	4.10 e	13.50 b
M1C1	5.84 d	8.90 e

M1: 25% bagazo de café, 25% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita

M2: 20% bagazo de café, 30% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita

M3: 50% peat moss, 30% vermiculita, 20% agrolita

C1: tamaño de contenedor V-93 cc

C2: tamaño de contenedor V-150 cc

C3: tamaño de contenedor V-265 cc

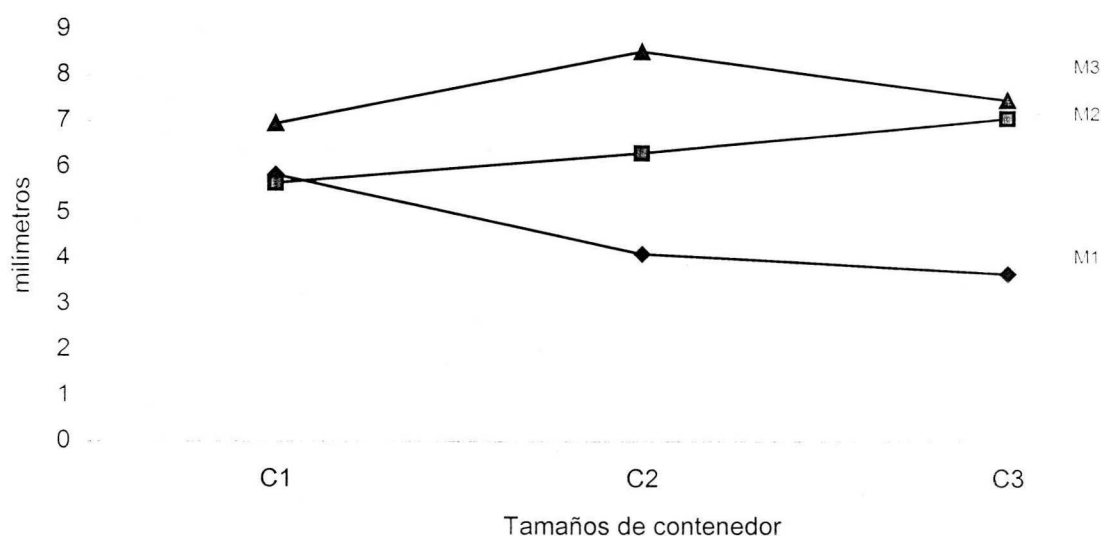


Figura 46. Interacción de diferentes mezclas de sustratos-tamaños de contenedor, en el diámetro de *Pinus montezumae* Lamb., a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

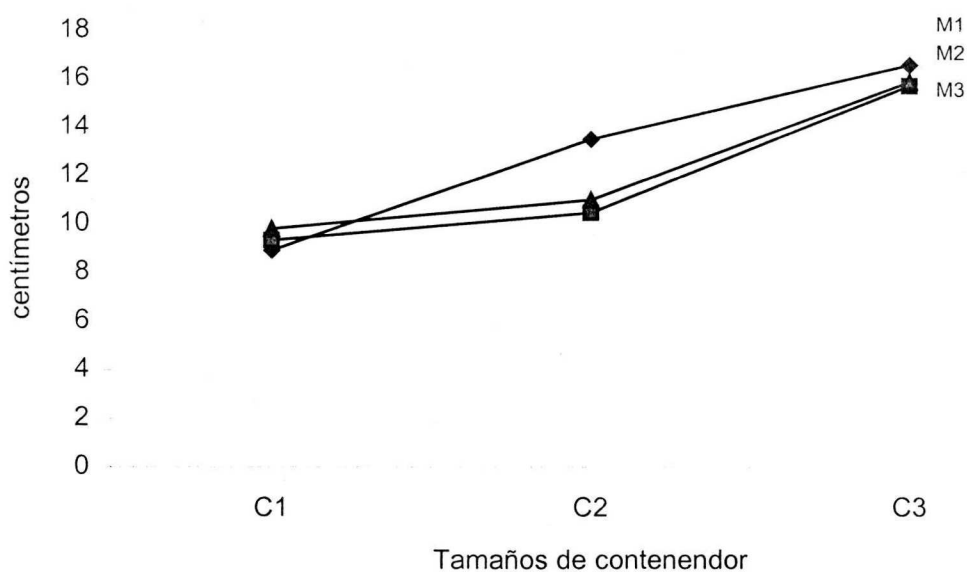


Figura 47. Interacción de diferentes mezclas de sustratos-tamaños de contenedor, en la longitud de raíz de *Pinus montezumae* Lamb., a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

6.3.3. Peso fresco del tallo, peso fresco de la raíz, peso seco del tallo y peso seco de la raíz.

En el Cuadro 47 se presentan por tamaño de contenedor y mezcla de sustrato los resultados del comportamiento de las variables peso fresco del tallo, peso fresco de la raíz, peso seco del tallo y peso seco de la raíz, mismos que se muestran en la Figuras 48 y 49. Así mismo el comportamiento de estas variables a lo largo del tiempo del experimento se presentan en las Figuras 19, 20, 21 y 22 del Apéndice.

Las variables que cuantifican la biomasa presentaron los mayores valores en todos los casos en la mezcla de sustrato M3 (50% de peat moss, 30% de vermiculita y 20% de agrolita). Por su parte, los mayores valores de las variables de biomasa se presentaron en el tamaño de contenedor C3 (V-265).

Las diferencias entre los valores de biomasa debidos al efecto de las mezclas, tamaños de contenedor y su interacción, fueron altamente significativas para el peso fresco del tallo, peso fresco de la raíz y peso seco de la raíz, no así para el efecto tamaño de contenedor en el peso seco del tallo donde no hubo diferencias significativas (Cuadro 48).

Las pruebas de Tukey evidencian la superioridad de la mezcla M3 (50% de peat moss, 30% de vermiculita y 20% de agrolita) en todas las variables, así como en el tamaño de contenedor C3 (V-265) en todas ellas (Cuadro 49 y Cuadro 50). Así mismo en la interacción de estos dos factores los mayores pesos fresco y secos se obtuvieron en M3C3 (50% de peat moss, 30% de vermiculita y 20% de agrolita, V-265), es decir en las mezclas compuestas por *peat-moss* y en los contenedores de mayor capacidad (Cuadro 51 y Figuras 50, 51, 52 y 53).

Cuadro 47. Resultados generales de los pesos frescos y secos del tallo y raíz de *Pinus montezumae* Lamb., a los siete meses después de la siembra, en diferentes mezclas de sustratos y tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

Tamaños de contenedores	Mezclas de sustratos												Promedio por Tamaños de contenedor			
	M1				M2				M3							
	PFT (gr)	PFR (gr)	PST (gr)	PSR (gr)	PFT (gr)	PFR (gr)	PST (gr)	PSR (gr)	PFT (gr)	PFR (gr)	PST (gr)	PSR (gr)	PFT (gr)	PFR (gr)	PST (gr)	PSR (gr)
C1 (V-93cc)	8.05	6.0	1.64	0.83	9.36	5.34	1.84	0.72	10.53	6.86	2.27	1.04	9.31	6.06	1.92	0.86
C2 (V-150cc)	4.02	6.48	1.06	0.44	9.79	6.95	2.02	0.97	13.7	9.25	2.77	1.36	9.17	7.56	1.95	0.92
C3 (V-265cc)	4.01	4.27	0.81	0.71	12.64	9.5	2.49	1.24	14.74	11.98	2.89	1.61	10.46	8.58	2.06	1.19
Promedio por Mezclas de sustratos	5.36	5.58	1.17	0.66	10.59	7.26	2.11	0.97	12.99	9.36	2.64	1.33				

M1: 25% bagazo de café, 25% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita

M2: 20% bagazo de café, 30% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita

M3: 50% peat moss, 30% vermiculita, 20% agrolita

PFT: peso fresco del tallo

PFR: peso fresco de la raíz

PST: peso seco del tallo

PSR: peso seco de la raíz

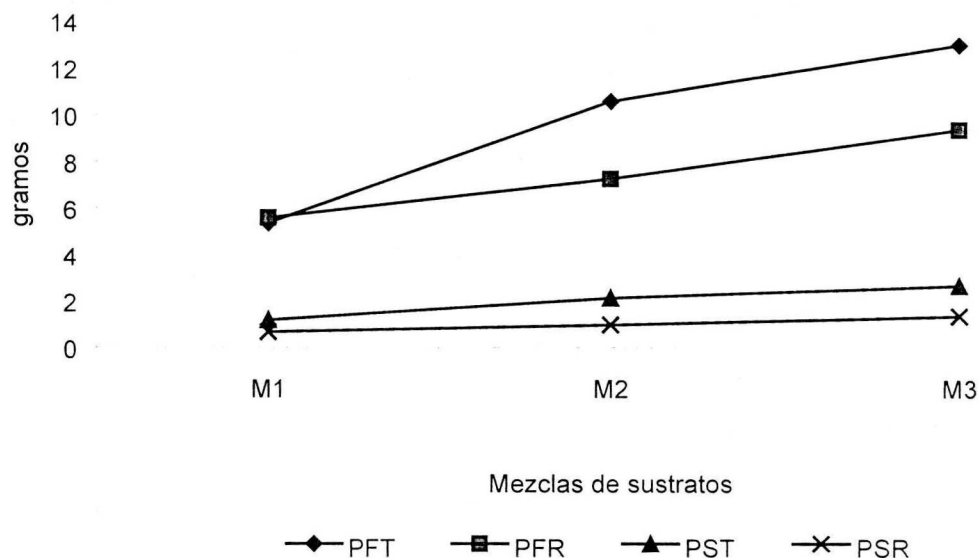


Figura 48. Comportamiento del peso fresco del tallo, peso fresco de la raíz, peso seco del tallo y peso seco de la raíz de *Pinus montezumae* Lamb., a los siete meses después de la siembra, en diferentes mezclas de sustratos, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

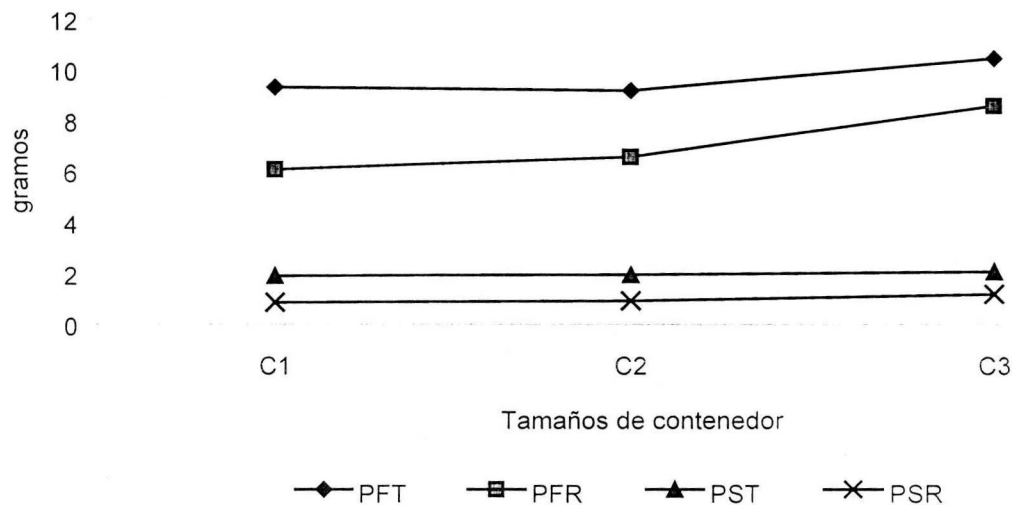


Figura 49. Comportamiento del peso fresco del tallo, peso fresco de la raíz, peso seco del tallo y peso seco de la raíz de *Pinus montezumae* Lamb., a los siete meses después de la siembra, en diferentes tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

Cuadro 48. Análisis de varianza de las variables, peso fresco del tallo, peso fresco de la raíz, peso seco del tallo y peso seco de la raíz de *Pinus montezumae* Lamb., a los siete meses después de la siembra, en tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

a) Análisis de varianza del peso fresco del tallo

FV	GL	SC	CM	Fcal	Prob>F
Mezclas de sustratos	2	1828.59	914.29	213.03	0.0001**
Tamaños de contenedor	2	60.21	30.10	7.02	0.0012**
Interacción Mezclas de sustratos-Tamaños de contenedor	4	476.47	119.11	27.75	0.0001**
Error	171	733.90	4.29		
Total	179	3099.18			

Para $prb>F$ con un $\alpha=0.05$, es: ns= no significativo, **muy significativo, *significativo

b) Análisis de varianza del peso fresco de la raíz

FV	GL	SC	CM	Fcal	Prob>F
Mezclas de sustratos	2	430.41	215.20	59.14	0.0001**
Tamaños de contenedor	2	192.21	96.105	26.41	0.0001**
Interacción Mezclas de sustratos-Tamaños de contenedor	4	300.04	75.01	20.61	0.0001**
Error	171	622.25	3.63		
Total	179	1544.93			

Para $prb>F$ con un $\alpha=0.05$, es: ns= no significativo, **muy significativo, *significativo

Cuadro 46. Continuación . . .

c) Análisis de varianza del peso seco del tallo

FV	GL	SC	CM	Fcal	Prob>F
Mezclas de sustratos	2	66.99	33.49	92.41	0.0001**
Tamaños de contenedor	2	0.703	0.35	0.97	0.3813ns
Interacción Mezclas de sustratos-Tamaños de contenedor	4	15.44	3.86	10.66	0.0001**
Error	171	61.98	0.362		
Total	179	145.12			

Para $prb>F$ con un $\alpha= 0.05$, es: ns= no significativo, **= muy significativo, *significativo

d) Análisis de varianza del peso seco de la raíz

FV	GL	SC	CM	Fcal	Prob>F
Mezclas de sustratos	2	13.75	6.87	49.67	0.0001**
Tamaños de contenedor	2	3.62	1.81	13.10	0.0001**
Interacción Mezclas de sustratos-Tamaños de contenedor	4	3.95	0.988	7.14	0.0001**
Error	171	23.68	0.138		
Total	179	45.02			

Para $prb>F$ con un $\alpha= 0.05$, es: ns= no significativo, **muy significativo, *significativo

Cuadro 49. Prueba de rangos múltiples de Tukey para las variables, peso fresco del tallo, peso fresco de la raíz, peso seco del tallo y peso seco de la raíz de *Pinus montezumae* Lamb., a los siete meses después de la siembra, en tres mezclas de sustratos, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

Mezcla de sustratos	Peso fresco del tallo (gr)	Peso fresco de la raíz (gr)	Peso seco del tallo (gr)	Peso seco de la raíz (gr)
Mezcla 3 (50% peat moss, 30% vermiculita, 20% agrolita)	12.99 a	9.36 a	2.64 a	1.34 a
Mezcla 2 (20% bagazo de café, 30% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita)	10.60 b	7.26 b	2.11 b	0.978 b
Mezcla 1 (25% bagazo de café, 25% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita)	5.36 c	5.58 c	1.17 c	0.663 c

Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes con $\alpha = 0.05$.

Cuadro 50. Prueba de rangos múltiples de Tukey para las variables, peso fresco del tallo, peso fresco de la raíz, peso seco del tallo y peso seco de la raíz de *Pinus montezumae* Lamb., a los siete meses después de la siembra, en tres tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

Tamaños de contenedor	Peso fresco del tallo (gr)	Peso fresco de la raíz (gr)	Peso seco del tallo (gr)	Peso seco de la raíz (gr)
Contenedor 3 (V-265cc)	10.46 a	8.58 a	2.06 a	1.19 a
Contenedor 2 (V-150cc)	9.17 b	7.56 b	1.95 a	0.925 b
Contenedor 1 (V-93cc)	9.31 b	6.07 c	1.92 a	0.865 b

Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes con $\alpha = 0.05$.

Cuadro 51. Prueba de rangos múltiples de Tukey para las variables diámetro, longitud de raíz, peso fresco del tallo, peso fresco de la raíz, peso seco del tallo y peso seco de la raíz de *Pinus montezumae* Lamb., a los siete meses después de la siembra, en nueve tratamientos de tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxiátemalco, Distrito Federal.

Interacción Mezclas de sustratos- Tamaños de contenedor	Peso fresco del tallo (gr)	Peso fresco de la raíz (gr)	Peso seco del tallo (gr)	Peso seco de la raíz (gr)
M3C3	14.74 a	11.98 a	2.89 a	1.61 a
M3C2	13.70 a b	9.25 b	2.77 a b	1.36 a b
M3C1	10.53 c	6.86 c	2.27 b c	1.04 b c d
M2C3	12.64 b	9.50 b	2.49 a b c	1.24 b c
M2C2	9.79 c d	6.95 c	2.02 c d e	0.97 c d
M2C1	9.36 c d	5.34 c d	1.84 d e	0.72 d e
M1C3	4.01 e	4.27 d	0.81 g	0.71 e d
M1C2	4.02 e	6.48 c	1.06 f g	0.44 e
M1C1	8.05 d	6.00 c	1.64 e f	0.83 d

M1: 25% bagazo de café, 25% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita

M2: 20% bagazo de café, 30% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita

M3: 50% peat moss, 30% vermiculita, 20% agrolita

C1: tamaño de contenedor V-93 cc

C2: tamaño de contenedor V-150 cc

C3: tamaño de contenedor V-265 cc

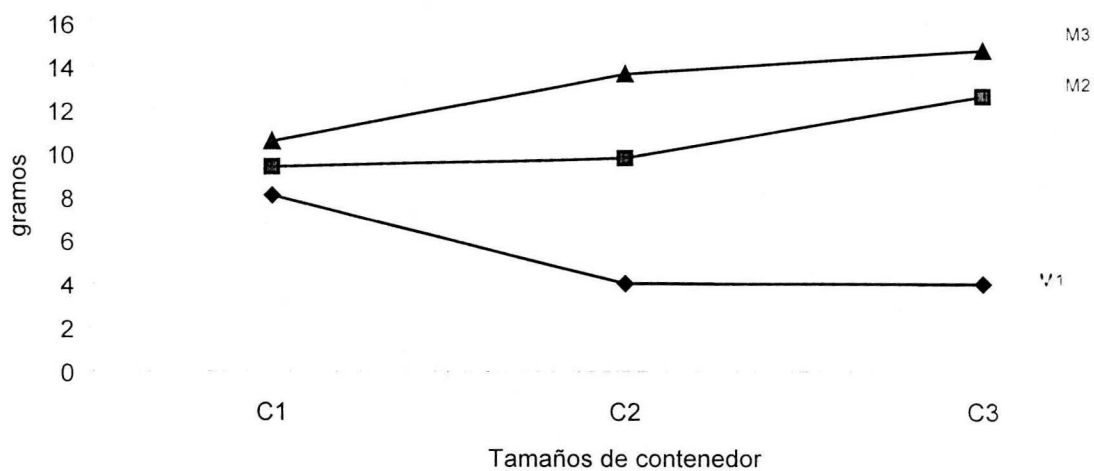


Figura 50. Interacción de diferentes mezclas de sustratos-tamaños de contenedor, del peso fresco del tallo de *Pinus montezumae* Lamb., a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

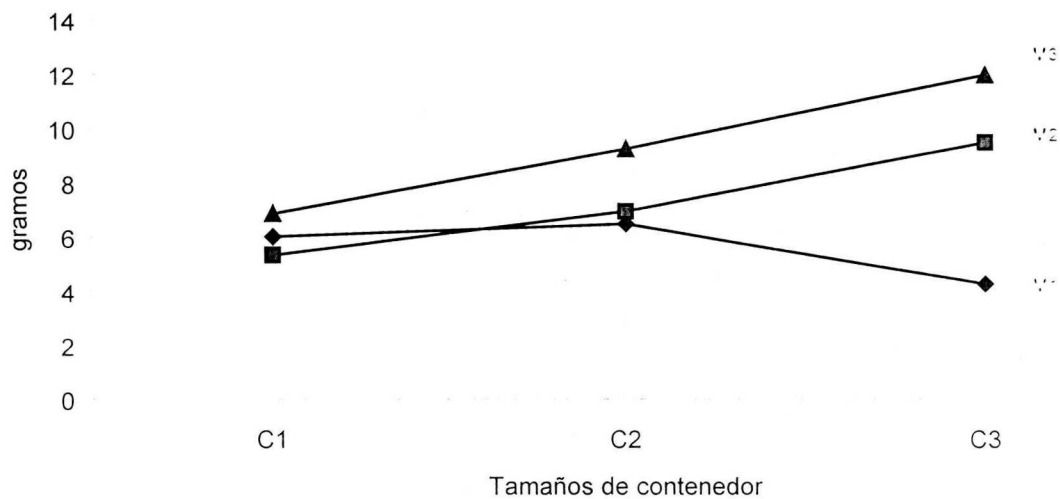


Figura 51. Interacción de diferentes mezclas de sustratos-tamaños de contenedor, del peso fresco de la raíz de *Pinus montezumae* Lamb., a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

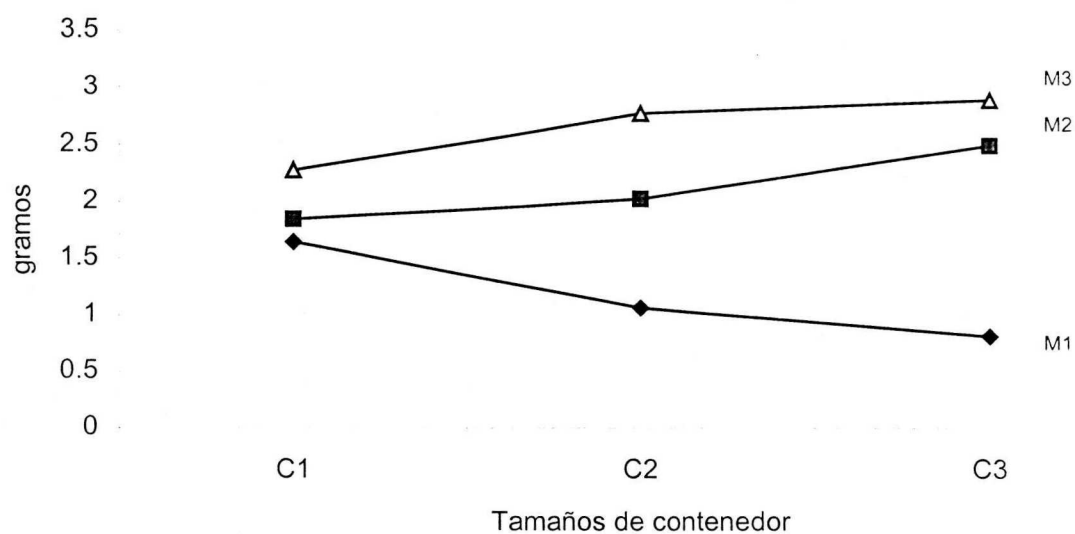


Figura 52. Interacción de diferentes mezclas de sustratos-tamaños de contenedor, del peso seco del tallo de *Pinus montezumae* Lamb., a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

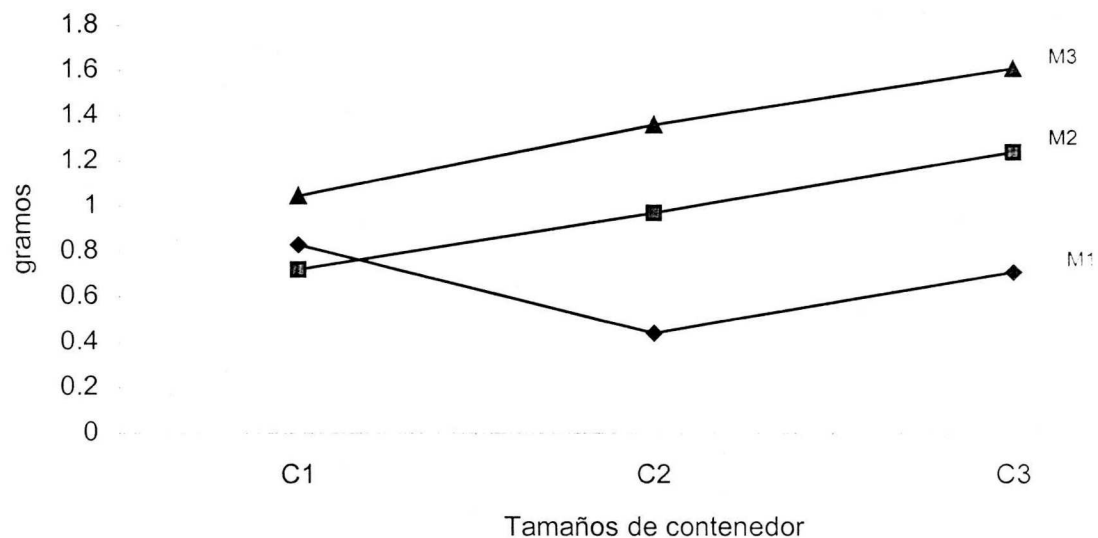


Figura 53. Interacción de diferentes mezclas de sustratos-tamaños de contenedor, del peso seco de la raíz de *Pinus montezumae* Lamb., a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

De los resultados presentes, se puede establecer que tanto las mezclas que incluyen *peat-moss* y los contenedores de mayor capacidad revelan un mayor crecimiento de las variables de la biomasa fresca y seca de las plántulas.

Una vez descrito el efecto de la mezcla de sustrato sobre la emergencia de plantas, donde se muestra que ésta es independiente de los tamaños de contenedor. Se puede decir que para Moctezuma en la etapa de emergencia el efecto de las mezclas sustitutas (bagazo de café y fibra de coco), pueden funcionar adecuadamente, sustituyendo a la mezcla tradicional del vivero compuesta por *peat moss*.

Para la producción en general de Moctezuma, las mezclas sustitutas (bagazo de café y fibra de coco), no alcanzan los valores obtenidos en la mezcla tradicional del vivero a base de *peat-moss*.

Los resultados de este estudio, al considerar las variables de crecimiento de las plántulas (diámetro y longitud de raíz) y sus correspondientes medidas en biomasa (pesos frescos y secos de tallo y raíz) demuestran una gran consistencia en relación con los sustratos utilizados y los tamaños de contenedor.

Sin embargo, estas variables no fueron consistentes en cuanto se comparan el diámetro con la longitud de raíz. Sí se considera el diámetro como la variable más importante que expresa el crecimiento, se encuentra que la mezcla tradicional del vivero resulta más adecuada, pero en el caso del tamaño del contenedor, se inclina hacia una mejoría en los tamaños medianos y mayores. La explicación debería buscarse en el efecto de densidad (en este caso el número de plantas por contenedor) sobre el microambiente creado en cada contenedor.

Desde luego que la mezcla de sustrato al interaccionar con cualquier tamaño de contenedor produce los mejores resultados. Si esto fuera la intención, se podrían producir plantas a los siete meses con 6 ó 7 mm de diámetro mínimo, en los tamaños de contenedor mediano y grande, con los ahorros derivados de la cantidad de sustrato.

Sin embargo, si se toman en cuenta solamente los pesos frescos y secos del tallo y raíz como medidas de producción de biomasa real, la mezcla tradicional con los contenedores medianos, muestran los mejores valores, mayores a dos gramos.

6.4. *Pinus hartwegii* Lindl

6.4.1. Emergencia

En el Cuadro 52 se presentan los resultados de la emergencia en diferentes mezclas de sustratos y tamaños de contenedor, a diferentes fechas de observación después de la siembra. En las Figuras 54, 55 y 56 se presentan el comportamiento de la emergencia en todos los tratamientos, por mezcla de sustratos y tamaños de contenedor. En ellos se puede observar, que en todos los tratamientos el mayor porcentaje de emergencia se presentó entre los 15 y 30 días posteriores a la siembra.

Así también, se puede observar que en *Hartwegii* los tratamientos en donde se obtuvo el mayor porcentaje de emergencia fueron: M3C3 (50% *peat-moss*, 30% vermiculita y 20% de agrolita, V-265cc), M3C2 (50% *peat-moss*, 30% vermiculita y 20% de agrolita, V-150cc), M1C3 (25% bagazo de café, 25% fibra de coco 30% vermiculita y 20% de agrolita, V-265cc) (Cuadro 52 y Figuras 54, 55 y 56).

En el análisis de varianza aplicado a la emergencia, se encontró diferencia significativa entre de sustratos, tamaños de contenedor y en la interacción mezcla-tamaño de contenedor (Cuadro 53).

En la prueba de Tukey aplicada por mezclas se obtuvieron los valores más altos en: M3 (50% *peat*, 30% vermiculita y 20% de agrolita) y M1 (25% bagazo de café, 25% fibra de coco 30% vermiculita y 20% de agrolita) (Cuadro 54).

Con respecto a los tamaños de contenedor (Cuadro 55) se encontró que los valores de emergencia más altos se presentaron en C2 (V-150cc) y C3 (V-265 cc), ambos estadísticamente similares entre sí y superiores a la mezcla M2 (20% bagazo de café, 30% fibra de coco 30% vermiculita y 20% de agrolita).

Finalmente en la interacción mezclas de sustratos-tamaños de contenedor (Cuadro 56 y Figura 57) se encuentra que las interacciones que comprenden la mezclas de sustratos M3 (50% *peat-moss*, 30% vermiculita y 20% de agrolita) con los contenedores de mayor capacidad C2 (V-150cc) y C3 (V-265cc) presentan los valores más altos en la escala descendente y los más bajos en los tratamientos con las mezclas M2 (20% bagazo de café, 30% fibra de coco 30% vermiculita y 20% de agrolita) y los contenedores de menor capacidad C1 (V-93cc).

Cuadro 52. Resultados generales de la emergencia de *Pinus hartwegii* Lindl., a diferentes fechas de observación después de la siembra, en diferentes mezclas de sustratos y tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxiatalmalco, Distrito Federal.

Tamaños de contenedor	Mezclas de sustratos									Promedio por Tamaños de contenedor		
	M1			M2			M3					
	Días después de la siembra											
	15	30	45	15	30	45	15	30	45	15	30	45
	Porcentaje de emergencia (%)											
C1 (V-93cc)	49.37	68.9	68.43	37.65	60.15	61.09	45.78	71.71	74.06	44.26	66.92	67.86
C2 (V-150cc)	37.76	70.83	72.39	48.43	62.27	70.83	41.14	75.78	79.94	42.44	69.62	74.38
C3 (V-265cc)	60.04	77.23	78.12	35.71	51.78	53.12	55.13	78.93	79.01	50.29	69.31	70.08
Promedio por Mezclas de sustratos	49.05	72.32	72.98	40.59	58.06	61.68	47.35	75.47	77.67			

M1: 25% bagazo de café, 25% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita

M2: 20% bagazo de café, 30% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita

M3: 50% peat moss, 30% vermiculita, 20% agrolita

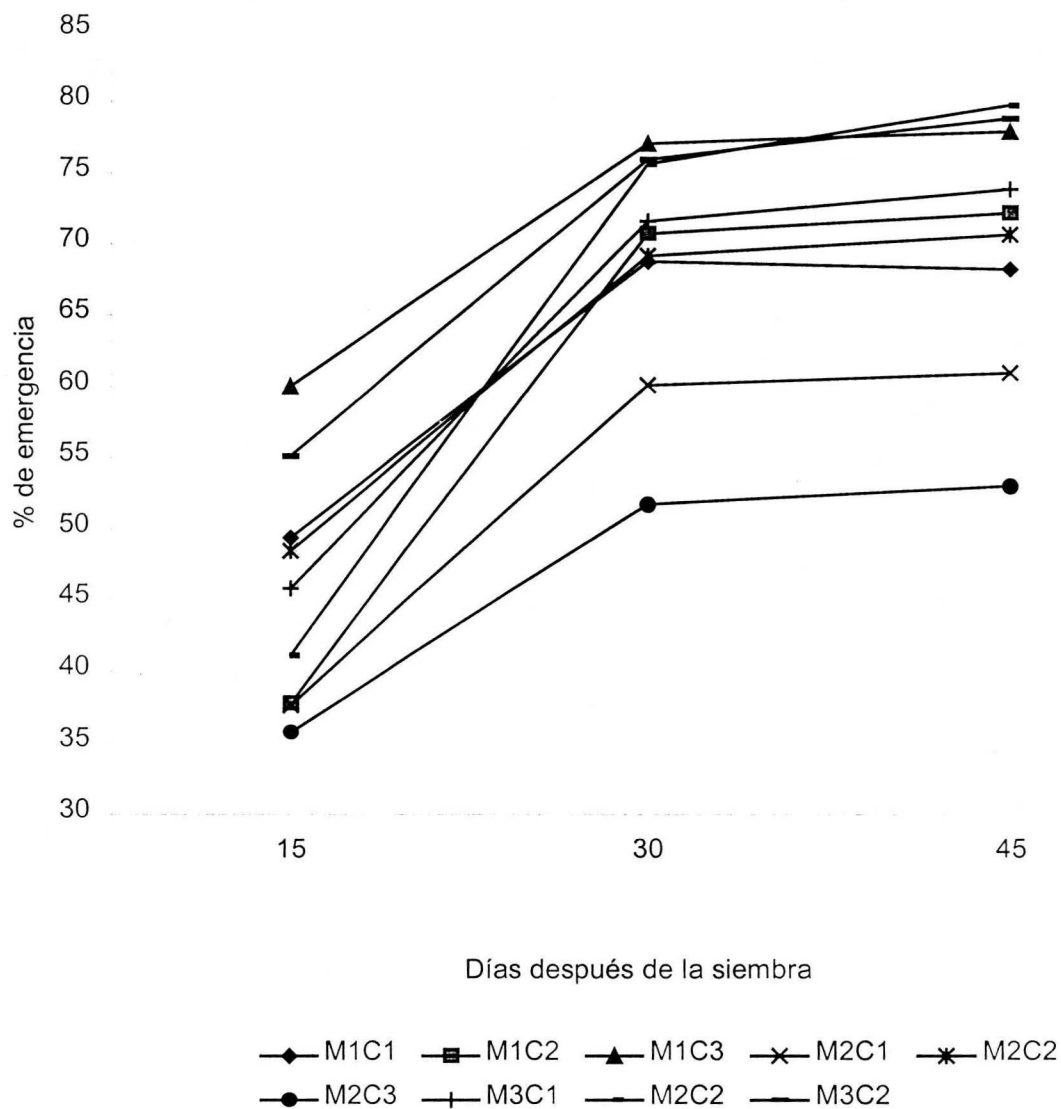


Figura 54. Comportamiento de la emergencia de *Pinus hartwegii* Lindl., a diferentes fechas de observación después de la siembra, en diferentes mezclas de sustrato y tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxiátemalco, Distrito Federal.

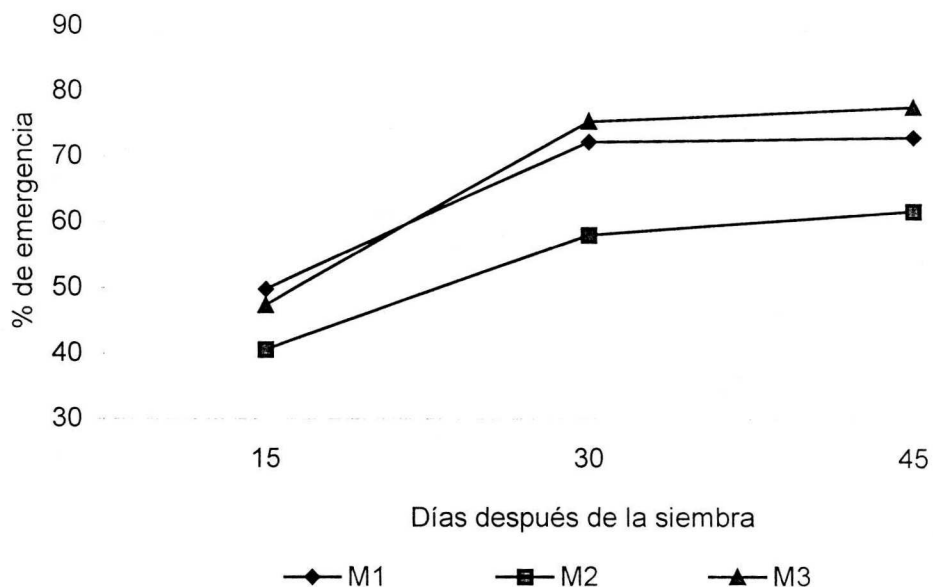


Figura 55. Comportamiento de la emergencia de *Pinus hartwegii* Lindl. en diferentes mezclas de sustratos a diferentes fechas de observación después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

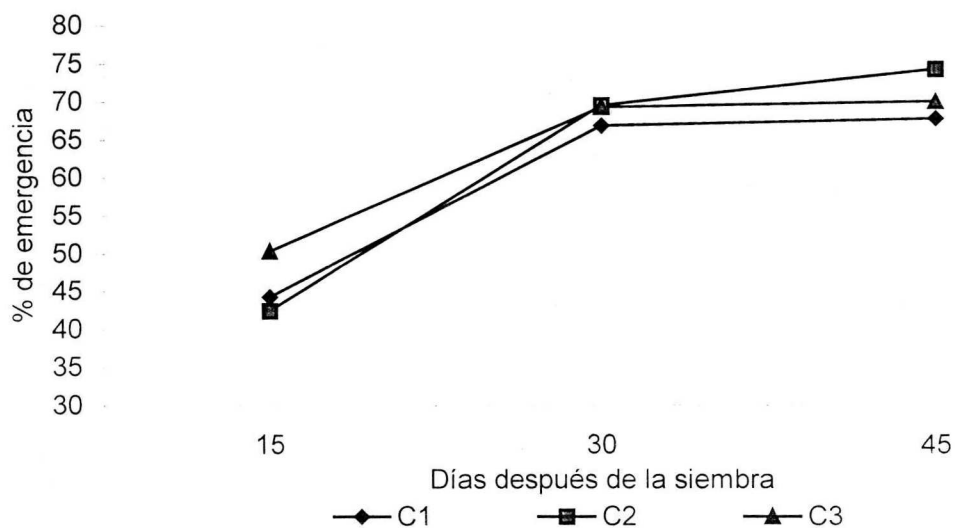


Figura 56. Comportamiento de la emergencia de *Pinus hartwegii* Lindl. en diferentes tamaños de contenedor a diferentes fechas de observación después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

Cuadro 53. Análisis de varianza de la emergencia de *Pinus hartwegii* Lindl., a los siete meses después de la siembra, en tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

FV	GL	SC	CM	Fcal	Prob>F
Mezclas de sustratos	2	3243.75	1621.87	26.56	0.0001**
Tamaños de contenedor	2	528.09	264.04	3.84	0.0268*
Interacción Mezclas de sustratos- Tamaños de contenedor	4	1269.49	317.36	4.61	0.0025**
Error	63	4337.26	68.84		
Total	71	9378.55			

Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes con $\alpha = 0.05$

Cuadro 54. Prueba de rangos múltiples de Tukey para la emergencia de *Pinus hartwegii* Lindl., a los siete meses después de la siembra, en tres mezclas de sustratos, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

Mezcla de sustratos	Emergencia (%)
Mezcla 3 (50% peat moss, 30% vermiculita, 20% agrolita)	77.67 a
Mezcla 1 (25% bagazo de café, 25% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita)	72.98 a
Mezcla 2 (20% bagazo de café, 30% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita)	61.68 b

Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes con $\alpha = 0.05$

Cuadro 55. Prueba de rangos múltiples de Tukey para la emergencia de *Pinus hartwegii* Lindl., a los siete meses después de la siembra, en tres tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

Tamaños de contenedor	Emergencia (%)
Contenedor 2 (V-150cc)	74.38 a
Contenedor 3 (V-265cc)	70.08 a b
Contenedor 1 (V-93cc)	67.86 b

Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes con $\alpha = 0.05$

Cuadro 56. Prueba de rangos múltiples de Tukey para la emergencia de *Pinus hartwegii* Lindl., a los siete meses después de la siembra, en nueve tratamientos de tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxiatalmalco, Distrito Federal.

Interacción Mezclas de sustratos-Tamaños de contenedor	Emergencia (%)
M3C2 (50% peat moss, 30% vermiculita, 20% agrolita, V-150cc)	79.94 a
M3C3 (50% peat moss, 30% vermiculita, 20% agrolita, V-265cc)	79.01 a
M1C3 (25% bagazo de café, 25% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita, V-265cc)	78.12 a
M3C1 (50% peat moss, 30% vermiculita, 20% agrolita, V-93cc)	74.06 a b
M1C2 (25% bagazo de café, 25% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita, V-150cc)	72.39 a b
M2C2 (20% bagazo de café, 30% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita, V-150cc)	70.83 a b
M1C1 (25% bagazo de café, 25% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita, V93cc)	68.43 a b
M2C1 (20% bagazo de café, 30% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita, V-93cc)	61.09 b c
M2C3 (20% bagazo de café, 30% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita, V-265cc)	53.12 c

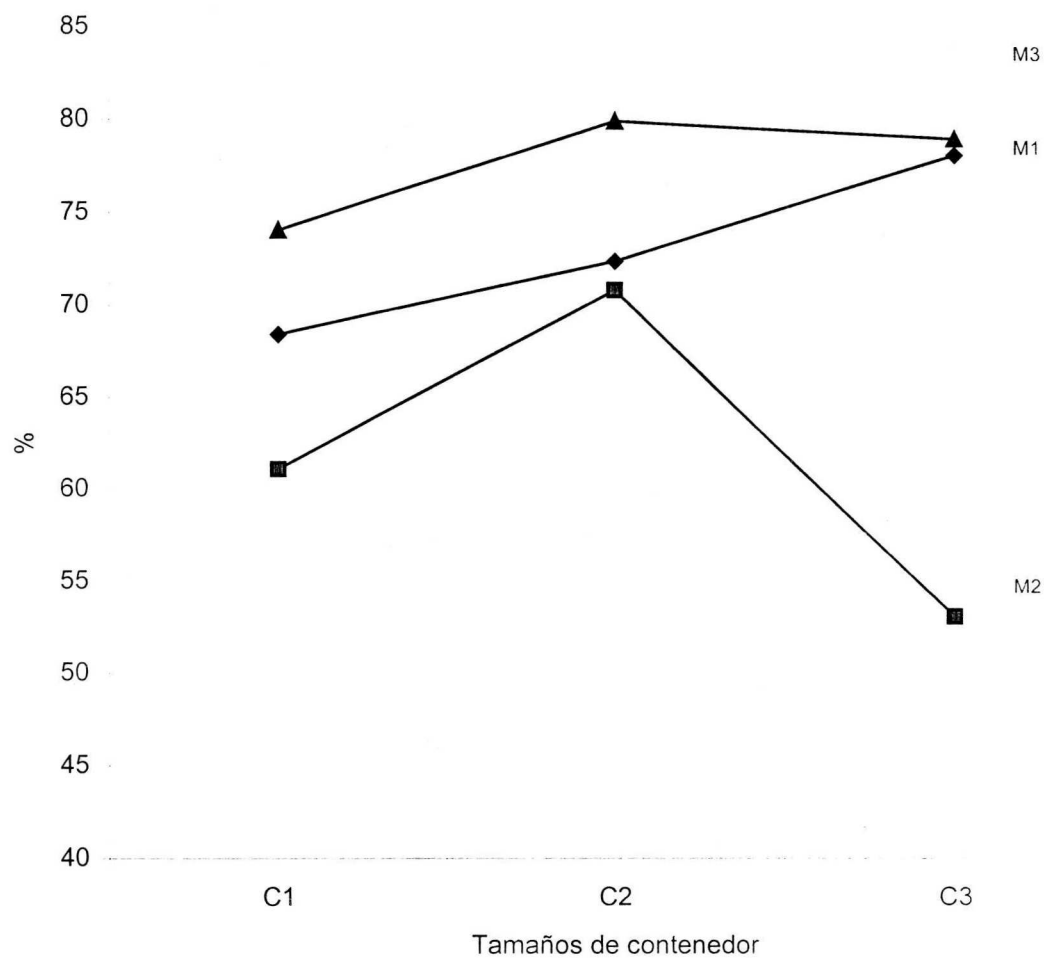


Figura 57. Interacción de diferentes mezclas de sustratos-tamaños de contenedor, en la emergencia de *Pinus hartwegii* Lindl., a los cuarenta y cinco días después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

De acuerdo con los resultados anteriores, se puede establecer, que independientemente de las mezclas de sustratos utilizadas y los tamaños de contenedor, la emergencia resulta similar, presentándose la mayor parte durante los primeros 30 días. Posteriormente, los porcentajes adicionales de emergencia son irrelevantes.

Es importante destacar que las mezclas M3 (50% de *peat-moss*, 30% vermiculita y 20% de agrolita) y M1 (25% de bagazo de café, 25% de fibra de coco, 30% de vermiculita y 20% de agrolita) proveen el mejor sustrato para la emergencia de plántulas, siendo similares entre sí.

Con respecto a los contenedores, se puede establecer que el contenedor C2 (V-150) provee el mejor tamaño para la emergencia de plántulas, aunque los otros dos tamaños utilizados, siendo similares entre sí, no logran superar al primero.

6.4.2. Diámetro y longitud de raíz

En el Cuadro 57 se presentan por tamaño de contenedor y mezcla de sustrato los resultados del comportamiento de las variables diámetro y longitud de raíz de las plántulas de *Hartwegii* al final del periodo del experimento que abarcó hasta los siete meses de edad. En las Figuras 58 y 59 se muestran los valores obtenidos por mezclas de sustratos y tamaños de contenedor, respectivamente. Así mismo, se presenta el comportamiento de estas variables a lo largo del periodo del experimento en las Figuras 23 y 24 Apéndice.

Desde el punto de vista de las mezclas de sustratos, el mejor crecimiento de las plántulas, traducidas como diámetro y longitud de raíz se presentó en la mezcla de sustratos M3 (50% *peat-moss*, 30% vermiculita y 20% de agrolita). En el caso de los tamaños de contenedor, los promedios más altos de crecimiento para el diámetro se presentaron en C2 (V-150cc) y para la longitud de raíz en C3 (V-265cc) (Cuadro 57).

Las diferencias encontradas en el diámetro con respecto a las mezclas de sustratos y en la interacción mezclas de sustratos-tamaños de contenedor resultaron altamente significativas, no presentándose significancia en el tamaño de contenedor. En la longitud de raíz se encontraron diferencias significativas tanto para las mezclas de sustratos, los tamaños de contenedor y las interacciones (Cuadro 58).

Las pruebas Tukey dieron superioridad en las mezclas M3 (50% *peat-moss*, 30% vermiculita y 20% de agrolita) y M2 (20% bagazo de café, 30% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita, V-265), siendo similares entre sí, con respecto al diámetro y la longitud de raíz (Cuadro 59). En el caso de los tamaños de contenedor, para el diámetro no hubo diferencias entre tamaños, siendo semejantes entre sí. En el caso de la longitud de raíz los mejores resultados del crecimiento se obtuvieron en el contenedor C3 (V-265) (Cuadro 60).

Cuadro 57. Resultados generales del comportamiento de diámetro y longitud de raíz de *Pinus hartwegii* Lindl., en diferentes mezclas de sustratos y tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxiataltemalco, Distrito Federal.

Mezclas de sustratos							Promedio por tamaño de contenedor	
Tamaño de contenedor	M1		M2		M3			
	DIA (mm)	LR (cm)	DIA (mm)	LR (cm)	DIA (mm)	LR (cm)	DIA (mm)	LR (cm)
C1 (V-93cc)	4.65	8.44	4.89	8.46	4.93	9.46	4.82	8.78
C2 (V-150cc)	4.4	8.93	5.38	10.34	5.74	10.19	5.17	9.82
C3 (V-265cc)	2.66	16.40	5.43	16.71	6.28	16.31	4.79	16.47
Promedio por Mezclas de sustratos	3.90	11.25	5.23	11.83	5.65	11.98		

M1: 25% bagazo de café, 25% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita

M2: 20% bagazo de café, 30% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita

M3: 50% peat moss, 30% vermiculita, 20% agrolita

DIA: diámetro

LR: longitud de raíz

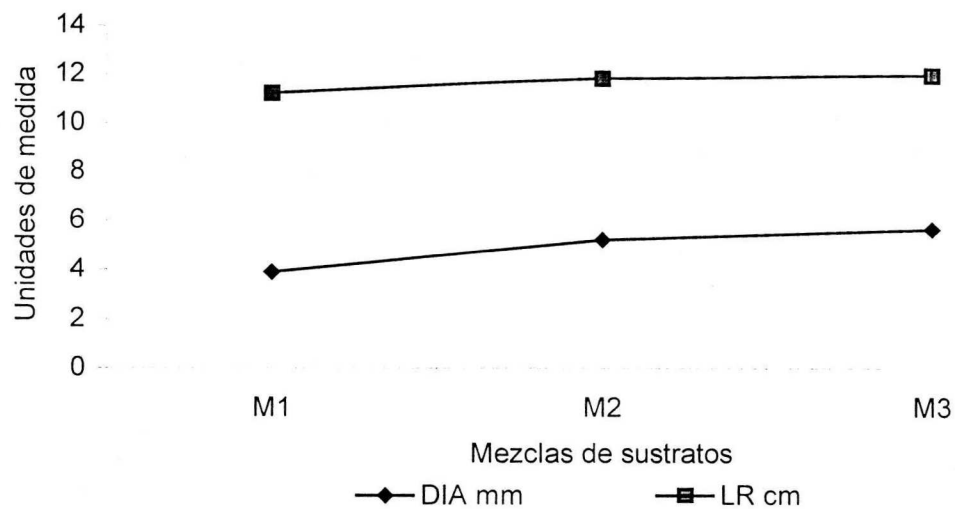


Figura 58. Comportamiento del diámetro y longitud de raíz de *Pinus hartwegii* Lindl., en diferentes mezclas de sustratos a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

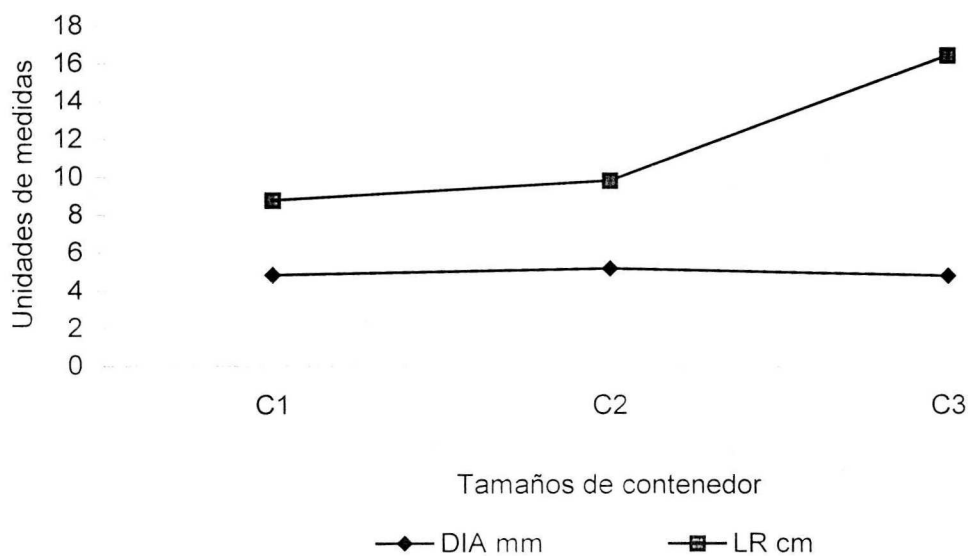


Figura 59. Comportamiento del diámetro y longitud de raíz de *Pinus hartwegii* Lindl., en diferentes tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

Cuadro 58. Análisis de varianza de las variables diámetro y longitud de raíz, de *Pinus hartwegii* Lindl., a los siete meses después de la siembra en tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

a) Análisis de varianza del diámetro

FV	GL	SC	CM	Fcal	Prob>F
Mezclas de sustratos	2	99.60	49.80	48.50	0.0001**
Tamaños de contenedor	2	5.41	2.70	2.64	0.0746ns
Interacción Mezclas de sustratos-Tamaños de contenedor	4	63.99	15.99	15.58	0.0001**
Error	171	175.57	1.026		
Total	179	344.58			

Para $prb>F$ con un $\alpha = 0.05$, es: ns= no significativo, **muy significativo, *significativo

b) Análisis de varianza de longitud de raíz

FV	GL	SC	CM	Fcal	Prob>F
Mezclas de sustratos	2	17.74	8.87	8.93	0.0002**
Tamaños de contenedor	2	2089.34	1044.67	1051.28	0.0001**
Interacción Mezclas de sustratos-Tamaños de contenedor	4	21.59	5.39	5.43	0.0004**
Error	171	169.92	0.99		
Total	179	2298.61			

Para $prb>F$ con un $\alpha = 0.05$, es: ns= no significativo, **muy significativo, *significativo

Cuadro 59. Prueba de rangos múltiples de Tukey para las variables diámetro y longitud de raíz, de *Pinus hartwegii* Lindl., a los siete meses después de la siembra, en tres mezclas de sustratos, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

Mezcla de sustratos	Diámetro (mm)	Longitud de raíz (cm)
Mezcla 3 (50% peat moss, 30% vermiculita, 20% agrolita)	5.65 a	11.98 a
Mezcla 2 (20% bagazo de café, 30% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita)	5.23 a	11.83 a
Mezcla 1 (25% bagazo de café, 25% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita)	3.90 b	11.26 b

Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes con $\alpha = 0.05$.

Cuadro 60. Prueba de rangos múltiples de Tukey para las variables diámetro y longitud de raíz de *Pinus hartwegii* Lindl., a los siete meses después de la siembra, en tres tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

Mezcla de sustratos	Diámetro (mm)	Longitud de raíz (cm)
Contenedor 2 (V-150cc)	5.17 a	9.82 b
Contenedor 1 (V-93cc)	4.82 a	8.78 c
Contenedor 3 (V-265cc)	4.79 a	16.47 a

Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes con $\alpha = 0.05$.

Cuadro 61. Prueba de rangos múltiples de Tukey para las variables diámetro y longitud de raíz, de *Pinus hartwegii* Lindl., a los siete meses de edad en nueve tratamientos de tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedores, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco Distrito Federal.

Interacción Mezclas de sustratos- Tamaños de contenedor	Diámetro (mm)	Longitud de raíz (cm)
M3C3	6.28 a	16.31 a
M3C2	5.74 a b	10.19 b
M3C1	4.93 b c d	9.46 b c
M2C3	5.43 a b c	16.71 a
M2C2	5.38 a b c d e	10.34 b
M2C1	4.89 b c d	8.46 d
M1C3	2.66 e	16.40 a
M1C2	4.40 d	8.93 c d
M1C1	4.65 c d	8.44 d

M1: 25% bagazo de café, 25% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita

M2: 20% bagazo de café, 30% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita

M3: 50% peat moss, 30% vermiculita, 20% agrolita

C1: tamaño de contenedor V-93 cc

C2: tamaño de contenedor V-150 cc

C3: tamaño de contenedor V-265 cc

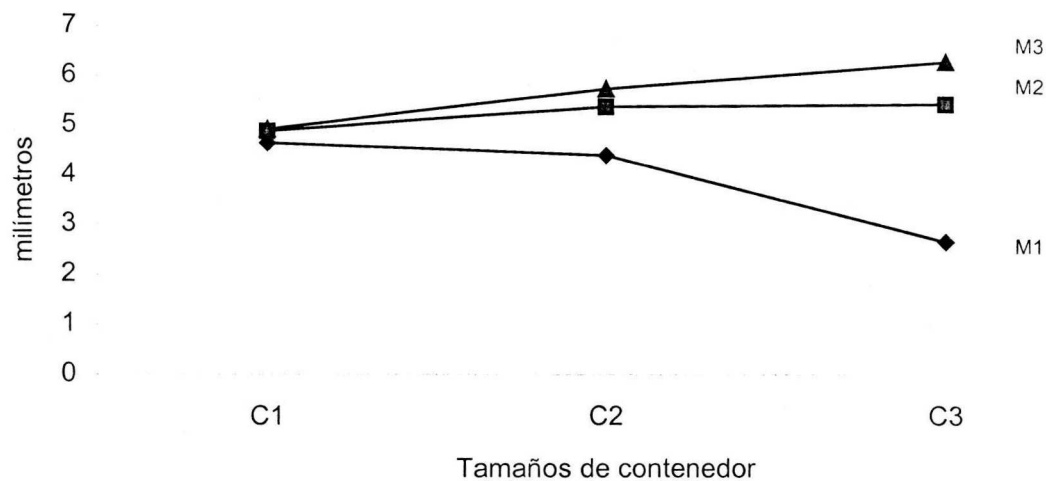


Figura 60. Interacción de diferentes mezclas de sustratos-tamaños de contenedor. en el diámetro de *Pinus hartwegii* Lindl., a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

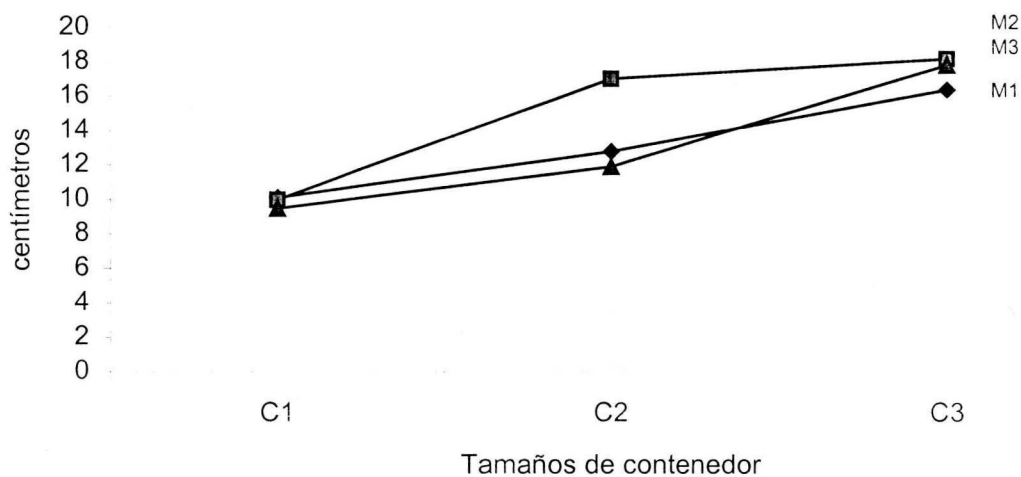


Figura 61. Interacción de diferentes mezclas de sustratos-tamaños de contenedor. en la longitud de raíz de *Pinus hartwegii* Lindl., a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

Las interacciones mostraron los mejores crecimientos de diámetro en las mezclas M2 (20% bagazo de café, 30% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita) y M3 (50% *peat-moss*, 30% vermiculita y 20% de agrolita) con los contenedores de mayor capacidad C2 (V-150cc) y C3 (V-265cc). Para la longitud de raíz se encontró mejor desarrollo en las tres mezclas pero siempre en presencia del contenedor de mayor capacidad C3 (V-265cc) (Cuadro 61 y Figuras 60 y 61).

Los resultados anteriores permiten establecer la influencia del sustrato y tamaños de contenedor de manera sustancial y diferencial en las variables diámetro y longitud de raíz. Sin embargo, se observa la tendencia a alcanzar mayor desarrollo en las mezclas M3 (50% *peat-moss*, 30% vermiculita y 20% de agrolita) y M2 (20% bagazo de café, 30% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita) y en los contenedores de mayor capacidad C3 (V-265cc) y C2 (V-150cc).

Después de los siete meses posteriores a la siembra, el desarrollo alcanzado para las plantas de *Hartwegii* requiere mayor espacio de contenedor para alojar las raíces y, desde luego, espacio para el crecimiento aéreo, debido a la forma de interacción de las acículas verticales desde las partes inferiores.

La mezcla tradicional del vivero, constituida por *peat-moss* y la mezcla formada por 20% de bagazo de café y 30% de fibra de coco, resultaron muy semejantes, en los resultados obtenidos para las variables que evalúan el crecimiento. Por las características físicas de los materiales que forman estas mezclas resultan ser las de mayor porosidad y que permiten una mejor lixiviación del agua, disminuyendo así la humedad en el sustrato, característica deseable para *Hartwegii* en esta etapa de crecimiento.

Así mismo, debido a que el contenedor mayor C3 (V-265cc) presenta la mayor longitud de cavidad, puede propiciar una mayor elongación del sistema radicular, aunque no de consistencia fibrosa como en el contenedor más pequeño.

6.4.3. Peso fresco del tallo, peso fresco de la raíz, peso seco del tallo y peso seco de la raíz

En el Cuadro 62 se presentan por tamaño de contenedor y mezcla de sustrato los resultados del comportamiento de las variables peso fresco del tallo, peso fresco de la raíz, peso seco del tallo y peso seco de la raíz, mismos que se muestran en las Figuras 62 y 63. Así mismo, el comportamiento de estas variables a lo largo del tiempo del experimento se presentan en las Figuras 25, 26, 27 y 28 del Apéndice.

Las variables que cuantifican la biomasa presentaron los mayores valores en todos los casos en la mezcla de sustrato M3 (50% *peat-moss*, 30% vermiculita y 20% de agrolita). Por su parte, los mayores valores de las variables de biomasa se presentaron en el tamaño de contenedor C2 (V-150cc), con excepción del peso fresco del tallo (Cuadro 62).

Las diferencias entre los valores de biomasa debidos al efecto de las mezclas de sustratos, tamaños de contenedor y su interacción mezclas de sustratos-tamaños de contenedor fueron altamente significativas para las variables peso fresco y seco del tallo, peso fresco y seco de la raíz (Cuadro 63).

Las pruebas de Tukey evidencian la superioridad de la M3 (50% *peat-moss*, 30% vermiculita y 20% de agrolita) en todas las variables, así como los contenedores C3 (V-150cc) y C2 (V-150cc) en todas ellas (Cuadros 64 y 65). Así mismo, en la interacción de estos dos factores los mayores pesos frescos y secos en M3C3 (50% *peat-moss*, 30% vermiculita y 20% de agrolita, V-265cc), seguido de M3C2 (50% *peat-moss*, 30% vermiculita y 20% de agrolita, V-150cc), es decir en los sustratos compuestos por *peat-moss* y en los contenedores de mayor capacidad (Cuadros 66 y Figuras 64, 65, 66 y 67).

Cuadro 62. Resultados generales de los pesos frescos y secos del tallo y raíz de *Pinus hartwegii* Lindl., en diferentes mezclas de sustratos y tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

Tamaños de contenedor	Mezclas de sustratos												Promedio por Tamaños de contenedor			
	M1				M2				M3							
	PFT (gr)	PFR (gr)	PST (gr)	PSR (gr)	PFT (gr)	PFR (gr)	PST (gr)	PSR (gr)	PFT (gr)	PFR (gr)	PST (gr)	PSR (gr)	PFT (gr)	PFR (gr)	PST (gr)	PSR (gr)
C1 (V-93cc)	5.35	3.64	1.15	0.56	5.92	4.47	1.26	0.615	7.04	5.35	1.5	0.84	6.10	4.48	1.30	0.67
C2 (V-150cc)	5.28	3.61	1.15	0.55	7.94	6.19	1.65	0.905	10.99	7.54	2.01	1.16	8.07	5.78	1.60	0.87
C3 (V-265cc)	2.21	2.64	0.49	0.32	8.23	7.36	1.61	0.925	11.04	9.43	2.22	1.34	7.16	6.47	1.44	0.86
Promedio por Mezclas de sustratos	4.28	3.29	0.93	0.48	7.36	6.00	1.50	0.81	9.69	7.44	1.91	1.11				

M1: 25% bagazo de café, 25% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita

M2: 20% bagazo de café, 30% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita

M3: 50% peat moss, 30% vermiculita, 20% agrolita

PFT: peso fresco del tallo

PFR: peso fresco de la raíz

PST: peso seco del tallo

PSR: peso seco de la raíz

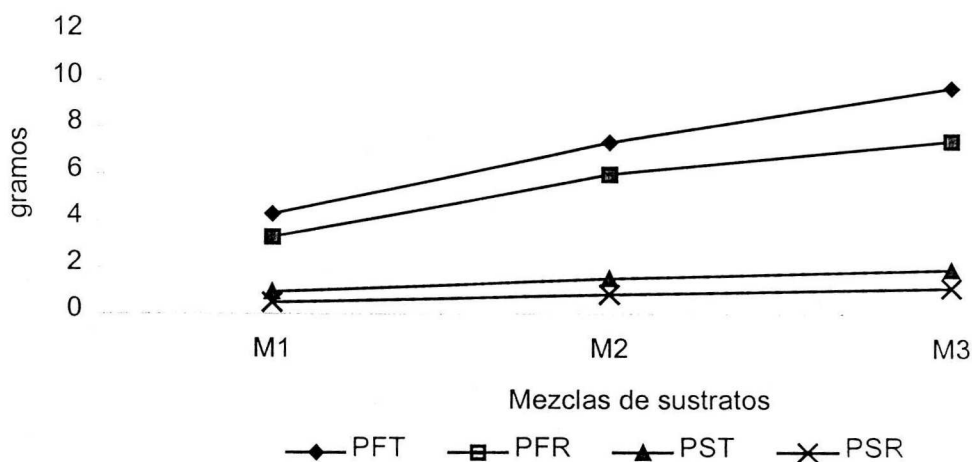


Figura 62. Comportamiento del peso fresco del tallo, peso fresco de la raíz, peso seco del tallo y peso seco de la raíz de *Pinus hartwegii* Lindl., en diferentes mezclas de sustratos a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

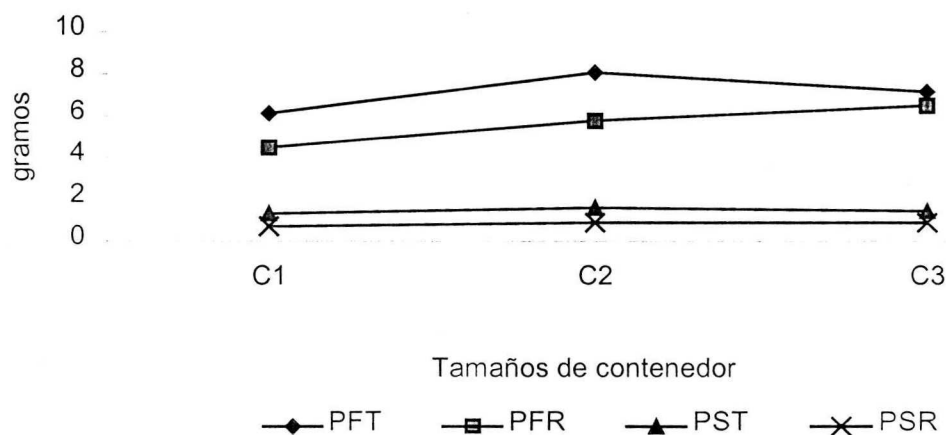


Figura 63. Comportamiento del peso fresco del tallo, peso fresco de la raíz, peso seco del tallo y peso seco de la raíz de *Pinus hartwegii* Lindl., en diferentes tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

Cuadro 63. Análisis de varianza de las variables, peso fresco del tallo, peso fresco de la raíz, peso seco del tallo y peso seco de la raíz de *Pinus hartwegii* Lindl., a los siete meses después de la siembra en tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

a) Análisis de varianza del peso fresco del tallo

FV	GL	SC	CM	Fcal	Prob>F
Mezclas de sustratos	2	883.25	441.62	50.86	0.0001**
Tamaños de contenedor	2	116.26	58.13	6.70	0.0016**
Interacción Mezclas de sustratos-Tamaños de contenedor	4	286.30	71.57	8.24	0.0001**
Error	171	1484.70	8.68		
Total	179	2770.53			

Para $prb>F$ con un $\alpha=0.05$, es: ns= no significativo, **muy significativo, *significativo

b) Análisis de varianza del peso fresco de la raíz

FV	GL	SC	CM	Fcal	Prob>F
Mezclas de sustratos	2	531.31	265.65	155.28	0.0001**
Tamaños de contenedor	2	121.96	60.98	35.64	0.0001**
Interacción Mezclas de sustratos-Tamaños de contenedor	4	141.54	35.38	20.68	0.0001**
Error	171	292.55	1.71		
Total	179	1087.37			

Para $prb>F$ con un $\alpha=0.05$, es: ns= no significativo, **muy significativo, *significativo

Cuadro 63. Continuación . . .

c) Análisis de varianza del peso seco del tallo

FV	GL	SC	CM	Fcal	Prob>F
Mezclas de sustratos	2	29.20	14.60	129.56	0.0001**
Tamaños de contenedor	2	2.67	1.33	11.88	0.0001**
Interacción Mezclas de sustratos-Tamaños de contenedor	4	10.37	2.59	23.01	0.0001**
Error	171	19.27	0.11		
Total	179	61.52			

Para $prb>F$ con un $\alpha=0.05$, es: ns= no significativo, **= muy significativo, *significativo

d) Análisis de varianza del peso seco de la raíz

FV	GL	SC	CM	Fcal	Prob>F
Mezclas de sustratos	2	12.023	6.11	146.83	0.0001**
Tamaños de contenedor	2	1.51	0.75	18.15	0.0001**
Interacción Mezclas de sustratos-Tamaños de contenedor	4	3.02	0.75	18.16	0.0001**
Error	171	7.12	0.041		
Total	179	23.89			

Para $prb>F$ con un $\alpha=0.05$, es: ns= no significativo, **muy significativo, *significativo

Cuadro 64. Prueba de rangos múltiples de Tukey para las variables peso fresco del tallo, peso fresco de la raíz, peso seco del tallo y peso seco de la raíz de *Pinus hartwegii* Lindl., a los siete meses después de la siembra, en tres mezclas de sustratos, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

Mezclas de sustratos	Peso fresco del tallo (gr)	Peso fresco de la raíz (gr)	Peso seco del tallo (gr)	Peso seco de la raíz (gr)
Mezcla 3 (50% peat moss, 30% vermiculita, 20% agrolita)	9.69 a	7.44 a	1.91 a	1.11 a
Mezcla 2 (20% bagazo de café, 30% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita)	7.36 b	6.01 b	1.50 b	0.81 b
Mezcla 1 (25% bagazo de café, 25% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita)	4.28 c	3.30 c	0.93 c	0.48 c

*Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes con $\alpha = 0.05$.

Cuadro 65. Prueba de rangos múltiples de Tukey para las variables peso fresco del tallo, peso fresco de la raíz, peso seco del tallo y peso seco de la raíz de *Pinus hartwegii* Lindl., a los siete meses después de la siembra, en tres tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

Tamaños de contenedor	Peso fresco del tallo (gr)	Peso fresco de la raíz (gr)	Peso seco del tallo (gr)	Peso seco de la raíz (gr)
Contenedor 3 (V-265cc)	7.16 a	6.47 a	1.44 b	0.86 a
Contenedor 2 (V-150cc)	8.07 a	5.78 b	1.60 a	0.87 a
Contenedor 1 (V-93cc)	6.10 b	4.49 c	1.30 b	0.67 b

Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes con $\alpha = 0.05$

Cuadro 66. Prueba de rangos múltiples de Tukey para las variables peso fresco del tallo, peso fresco de la raíz, peso seco del tallo y peso seco de la raíz de *Pinus hartwegii* Lindl., a los siete meses después de la siembra en nueve tratamientos de tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxiatalmalco, Distrito Federal.

Interacción Mezclas de sustratos- Tamaños de contenedor	Peso fresco del tallo (gr)	Peso fresco de la raíz (gr)	Peso seco del tallo (gr)	Peso seco de la raíz (gr)
M3C3	11.04 a	9.43 a	2.22 a	1.34 a
M3C2	10.99 a	7.54 b	2.01 a	1.16 a
M3C1	7.04 b c	5.35 d e	1.50 b c	0.84 b
M2C3	8.23 a b	7.36 b c	1.61 b	0.92 b
M2C2	7.94 b c	6.19 c d	1.65 b	0.90 b
M2C1	5.92 b c	4.47 e f	1.26 c d	0.61 c
M1C3	2.21 d	2.64 g	0.49 e	0.32 d
M1C2	5.28 c	3.61 f g	1.15 d	0.55 c
M1C1	5.35 b c	3.64 f g	1.15 d	0.56 c

M1: 25% bagazo de café, 25% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita

M2: 20% bagazo de café, 30% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita

M3: 50% peat moss, 30% vermiculita, 20% agrolita

C1: tamaño de contenedor V-93 cc

C2: tamaño de contenedor V-150 cc

C3: tamaño de contenedor V-265 cc

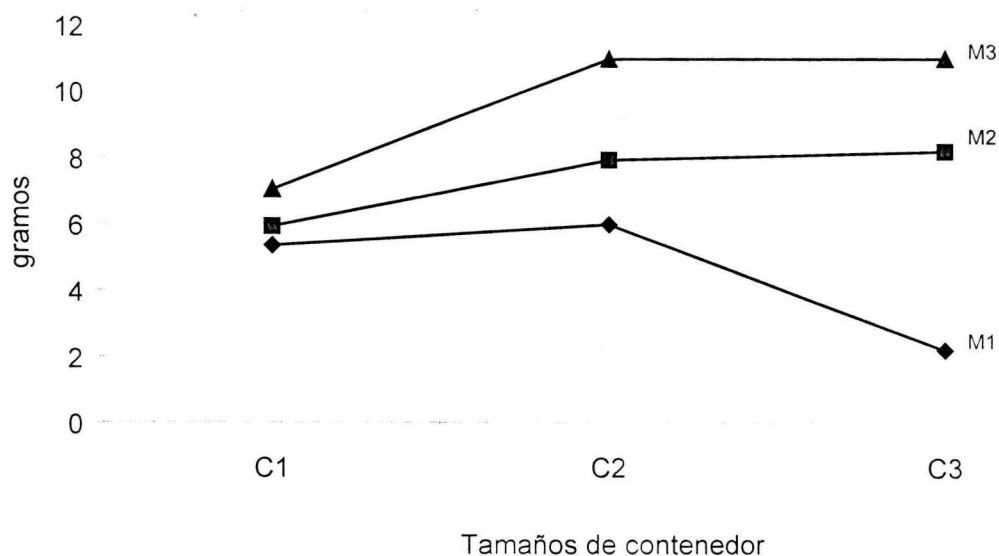


Figura 64. Interacción de diferentes mezclas de sustratos-tamaños de contenedor, en el peso fresco del tallo de *Pinus hartwegii* Lindl., a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

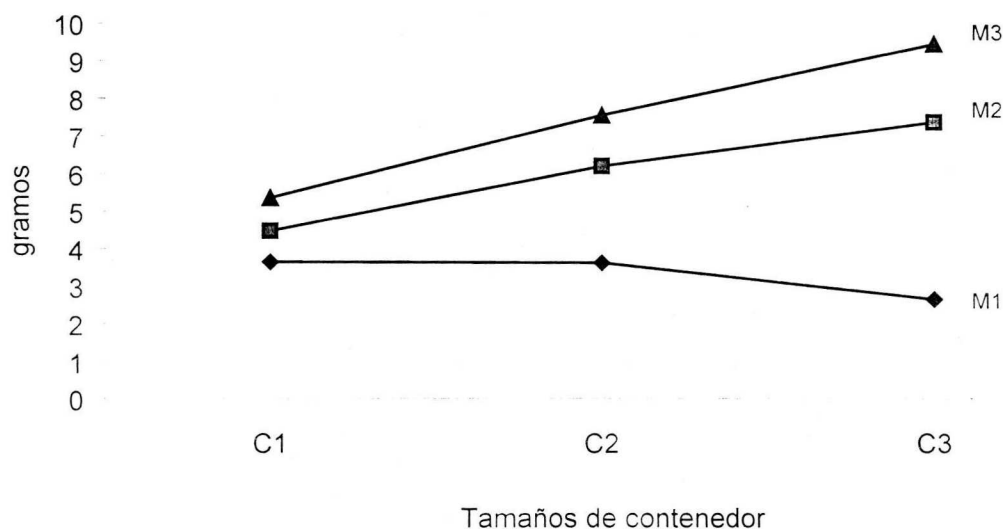


Figura 65. Interacción de diferentes mezclas de sustratos-tamaños de contenedor, en el peso fresco de la raíz de *Pinus hartwegii* Lindl., a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

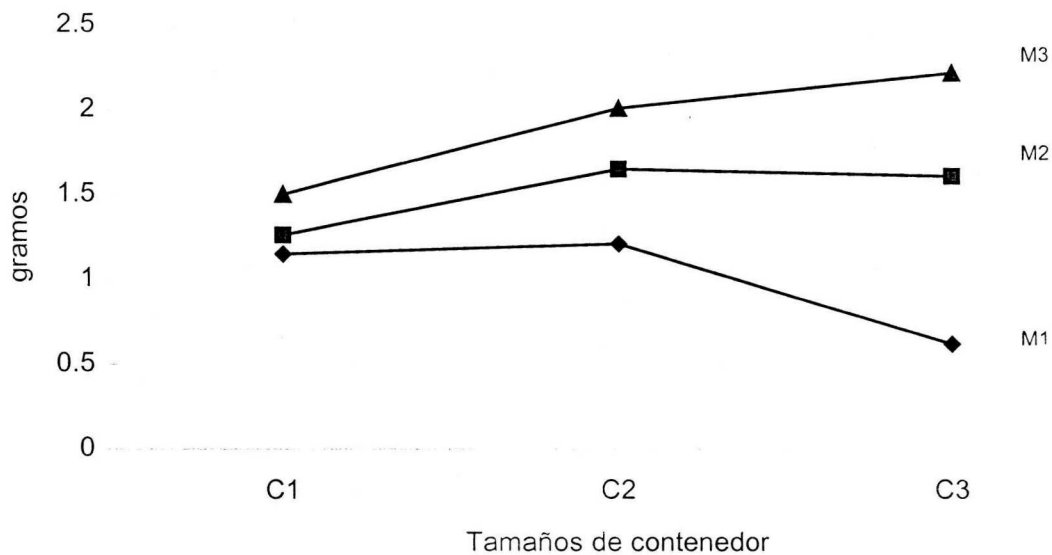


Figura 66. Interacción de diferentes mezclas de sustratos-tamaños de contenedor, en el peso seco del tallo de *Pinus hartwegii* Lindl., a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

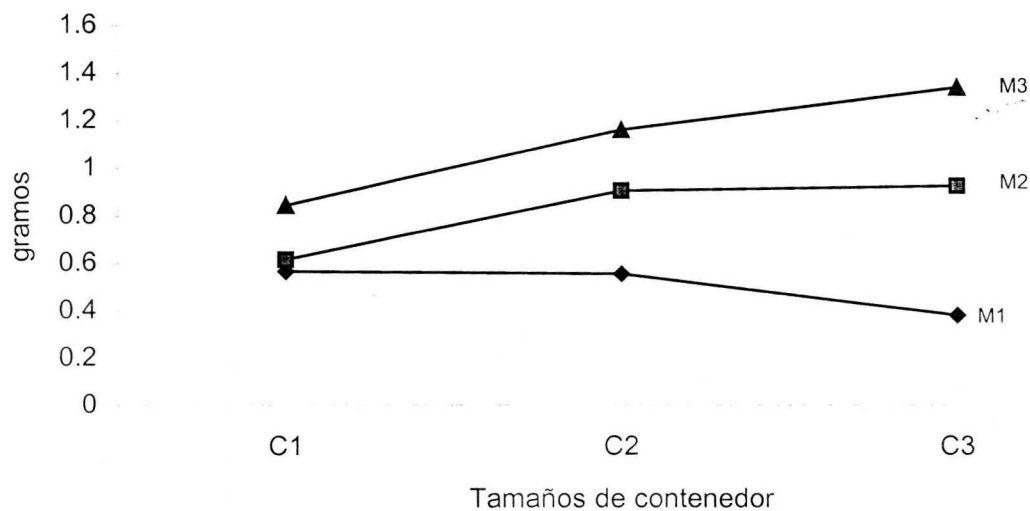


Figura 67. Interacción de diferentes mezclas de sustratos-tamaños de contenedor, en el peso seco de la raíz de *Pinus hartwegii* Lindl., a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

De los resultados anteriores, se puede establecer que tanto las mezclas que incluyen *peat-moss* y los contenedores de mayor capacidad revelan un mayor crecimiento de las variables de la biomasa fresca y seca de las plántulas.

Una vez descrito el efecto de la mezcla de sustrato sobre la emergencia de plantas, donde se muestra que ésta es independiente de los tamaños de contenedor. Se puede decir, que para *Hartwegii* en la etapa de emergencia, la mezcla M1 (25 % de bagazo de café y 25% de fibra de coco) y la mezclas tradicional del vivero compuesta por *peat moss* presentan iguales resultados.

En cuanto al efecto de las mezclas en las variables diámetro y longitud de raíz, se encuentra que en las constituidas por *peat-moss* se obtuvieron los valores más altos, seguidos y muy semejantes por los obtenidos en la mezclas compuestas por 20% de bagazo de café y 30% de fibra de coco.

Los resultados de este estudio, al considerar las variables de crecimiento de las plántulas (diámetro y longitud de raíz) y sus correspondientes medidas en biomasa (pesos frescos y secos de tallo y raíz) demuestran una gran consistencia en relación con los sustratos utilizados y los tamaños de contenedor).

Sin embargo, estas variables no fueron consistentes en cuanto se comparan el diámetro y la altura y ésta con la longitud de raíz. Si se considera el diámetro como la variable más importante que expresa el crecimiento, se encuentra que la mezcla tradicional del vivero y la compuesta por 20% de bagazo de café y 30%de fibra de coco resultan adecuadas, pero en el caso del tamaño del contenedor, se inclina hacia una mejoría en los tamaños medianos y mayores. La explicación debería buscarse en el efecto de densidad (en este caso el número de plantas por contenedor) sobre el microambiente creado en cada contenedor, sobre una planta considerada no muy tolerante a la sombra.

Desde luego que la mezcla de sustrato al interaccionar con cualquier tamaño de contenedor produce los mejores resultados. Si esto fuera la intención, se podrían producir plantas a los siete meses con 5 mm de diámetro mínimo, en los tamaños de contenedor mediano y grande, con los ahorros derivados de la cantidad de sustrato.

Sin embargo, si se toman en cuenta solamente los pesos frescos y secos del tallo y raíz como medidas de producción de biomasa real, la mezcla tradicional con los contenedores mayores, muestran los mejores valores, mayores a un gramo.

6.5. *Pinus leiophylla* Schl. et Cham

6.5.1. Emergencia

En el Cuadro 67 se presentan los resultados de la emergencia en diferentes mezclas de sustratos y tamaños de contenedor, a diferentes fechas de observación después de la siembra. En las Figuras 68, 69 y 70 se presentan el comportamiento de la emergencia en todos los tratamientos, por mezcla de sustrato y tamaño de contenedor. En ellos se puede observar que en todos los tratamientos el mayor porcentaje de emergencia se presentó entre los 15 y 30 días posteriores a la siembra.

Así también, se puede observar que en *Leiophylla* los tratamientos en donde se obtuvo el mayor porcentaje de emergencia fueron: M3C3 (50% peat, 30% vermiculita y 20% de agrolita, V-265cc) y M3C2 (50% peat, 30% vermiculita y 20% de agrolita, V-150cc) (Cuadro 67).

En el análisis de varianza aplicado para esta variable se encontraron diferencias significativa entre tratamientos con respecto a las mezclas de sustratos, tamaño de contenedor y en la interacción mezcla-tamaño de contenedor (Cuadro 68).

En los Cuadros 69, 70 y 71 se presentan los resultados de las pruebas de rangos múltiples de Tukey realizadas por separado para las mezclas de sustratos, los tamaños de contenedor y la interacción mezclas de sustratos-tamaños de contenedor.

En las pruebas de Tukey para las mezclas de sustratos (Cuadro 69) el valor más alto de la emergencia se presentó en la M3 (50% peat, 30% vermiculita y 20% de agrolita) que resultó diferente y significativamente mejor a las mezclas M2 (20% bagazo de café, 30% fibra de coco, 30% vermiculita y 20% de agrolita) y M1 (25% bagazo de café, 25% fibra de coco, 30% vermiculita y 20% de agrolita). Entre los tamaños de contenedor C3 (V-265cc) y C2 (V-150cc) se encontró que los valores de emergencia no presentan diferencias significativas (Cuadro 70).

Cuadro 67. Resultados generales de la emergencia de *Pinus leiophylla* Schl. et Cham., en diferentes mezclas de sustratos y tamaños de contenedor, a diferentes fechas de observación después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

Tamaños de contenedor	Mezclas de sustratos									Promedio por Tamaños de contenedor		
	M1			M2			M3					
	Días después de la siembra											
	15	30	45	15	30	45	15	30	45	15	30	45
	Porcentaje de emergencia (%)											
C1 (V-93cc)	44.06	69.68	71.25	45.00	77.03	81.25	55.15	85.31	87.50	48.07	77.34	80.00
C2 (V-150cc)	68.75	78.12	78.90	41.92	88.54	88.80	57.81	95.05	96.09	56.16	87.23	87.93
C3 (V-265cc)	83.79	87.50	88.65	46.99	79.62	80.00	78.93	93.51	95.60	69.90	86.87	88.08
Promedio por Mezclas de sustratos	65.53	78.43	79.60	44.63	81.73	83.35	63.96	91.29	93.06			

M1: 25% bagazo de café, 25% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita

M2: 20% bagazo de café, 30% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita

M3: 50% peat moss, 30% vermiculita, 20% agrolita

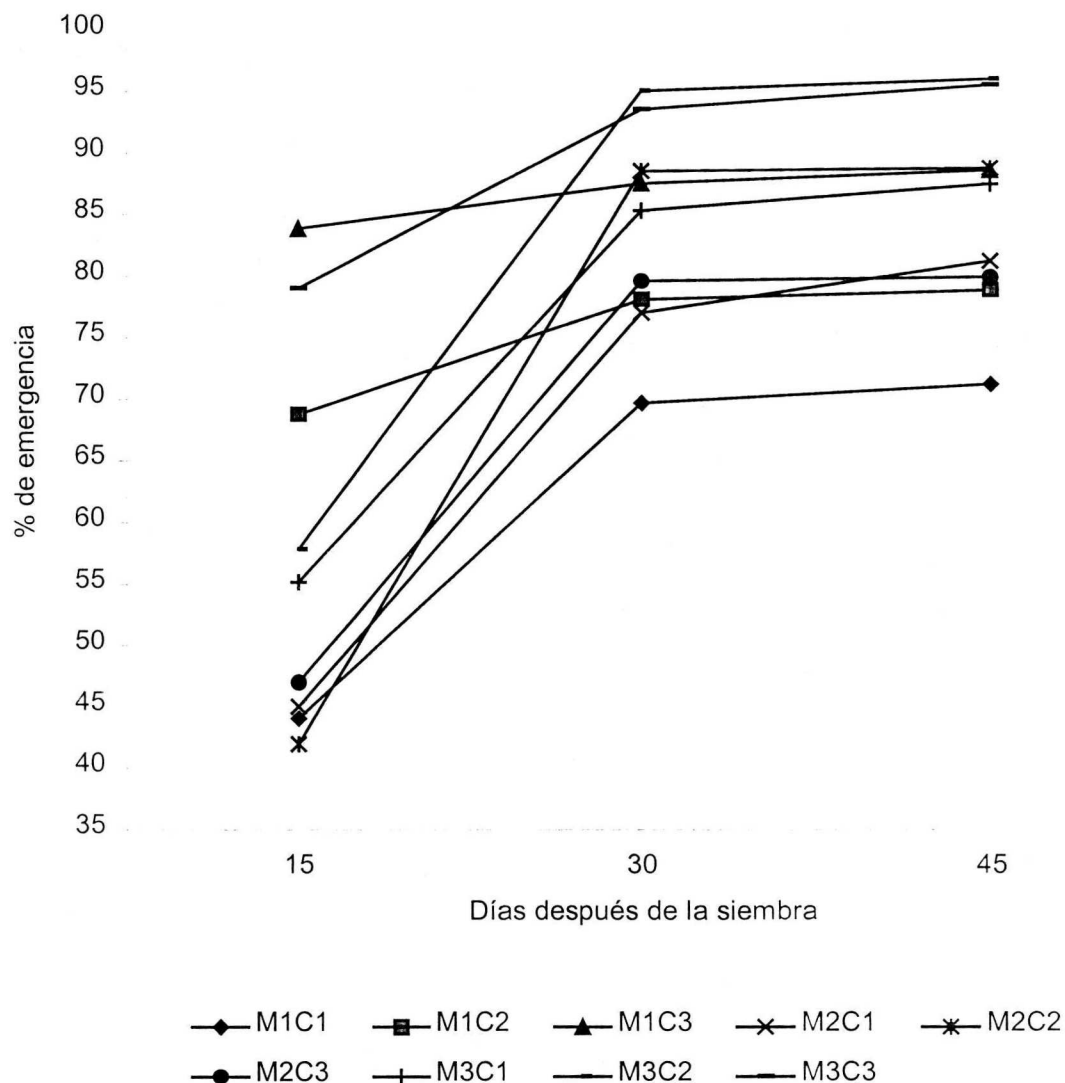


Figura 68. Comportamiento de la emergencia de *Pinus leiophylla* Schl. et Cham., en diferentes mezclas de sustrato y tamaños de contenedor, a diferentes fechas de observación después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

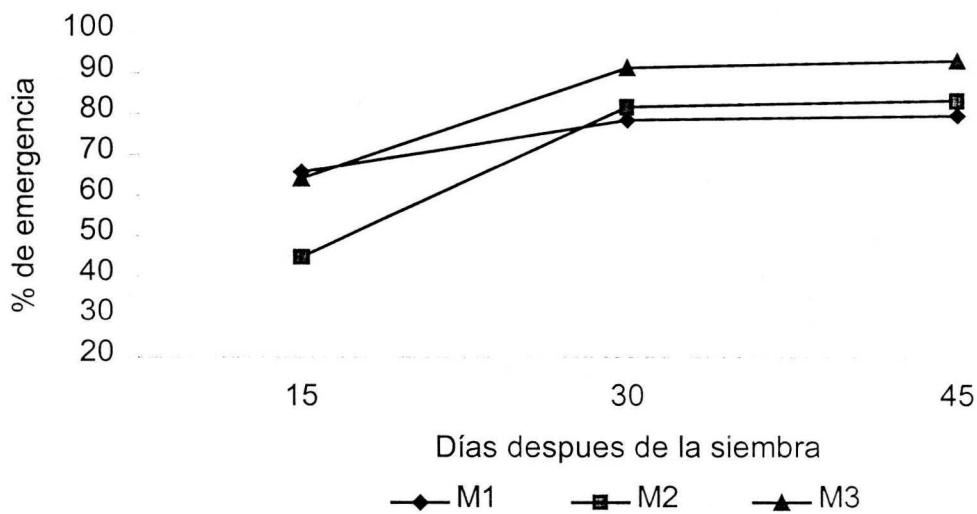


Figura 69. Comportamiento de la emergencia de *Pinus leiophylla* Schl. et Cham., en diferentes mezclas de sustratos, a diferentes fechas de observación después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

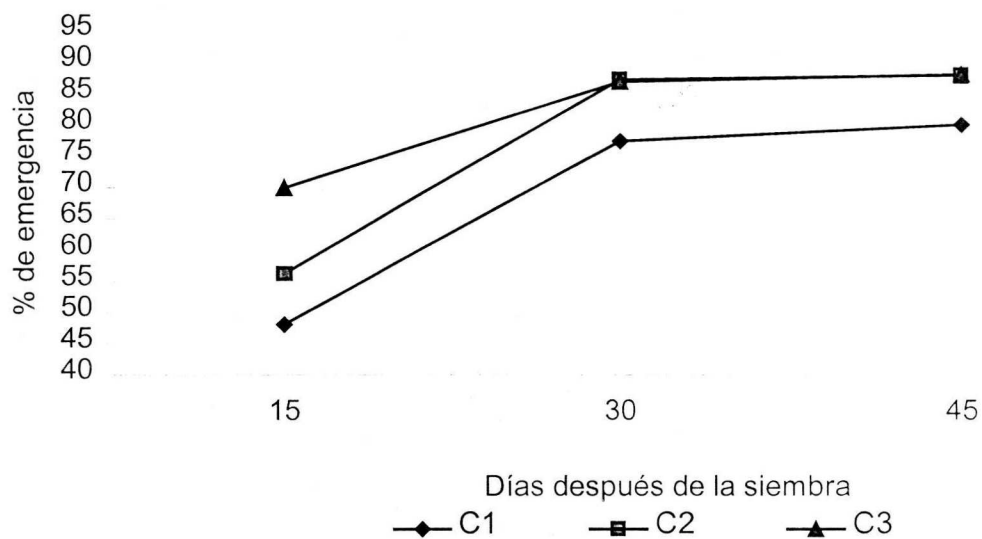


Figura 70. Comportamiento de la emergencia de *Pinus leiophylla* Schl. et Cham., en diferentes tamaños de contenedor, a diferentes fechas de observación después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

Cuadro 68. Análisis de varianza de la emergencia de *Pinus leiophylla* Schl. et Cham., a los siete meses después de la siembra, en tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

FV	GL	SC	CM	Fcal	Prob>F
Mezclas de sustratos	2	1425.44	712.72	9.59	0.0002
Tamaños de contenedor	2	860.04	430.02	5.78	0.0049
Interacción Mezclas de sustratos-Tamaños de contenedor	4	937.08	234.27	3.15	0.0200
Error	63	4683.04	74.33		
Total	71	7905.62			

Para $prb>F$ con un $\alpha = 0.05$, es: ns= no significativo, **muy significativo, *significativo

Cuadro 69. Prueba de rangos múltiples de Tukey para la emergencia de *Pinus leiophylla* Schl. et Cham., a los siete meses después de la siembra, en tres tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

Mezclas de sustratos	Emergencia (%)
Mezcla 3 (50% peat moss, 30% vermiculita, 20% agrolita)	90.69 a
Mezcla 2 (20% bagazo de café, 30% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita)	81.31 b
Mezcla 1 (25% bagazo de café, 25% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita)	81.23 b

Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes con $\alpha = 0.05$.

Cuadro 70. Prueba de rangos múltiples de Tukey para la variable emergencia de *Pinus leiophylla* Schl. et Cham., a los siete meses después de la siembra, en tres tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

Tamaños de contenedor	Emergencia (%)
Contenedor 2 (V-150cc)	89.39 a
Contenedor 3 (V-265cc)	83.85 a b
Contenedor 1 (V-93cc)	80.00 b

Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes con $\alpha = 0.05$.

Cuadro 71. Prueba de rangos múltiples de Tukey para la variable emergencia de *Pinus leiophylla* Schl. et Cham., a los siete meses después de la siembra, en nueve tratamientos de tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxiátemalco, Distrito Federal.

Interacción Mezclas de sustratos-Tamaños de contenedor	Emergencia (%)
M3C2 (50% peat moss, 30% vermiculita, 20% agrolita, V-150cc)	92.96 a
M3C3 (50% peat moss, 30% vermiculita, 20% agrolita, V-265cc)	92.18 a
M2C2 (20% bagazo de café, 30% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita, V-150cc)	88.80 a
M3C1 (50% peat moss, 30% vermiculita, 20% agrolita, V-93cc)	87.50 a b
M1C2 (25% bagazo de café, 25% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita, V-150cc)	86.97 a b
M1C3 (25% bagazo de café, 25% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita, V-265cc)	85.49 a b c
M2C1 (20% bagazo de café, 30% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita, V-93cc)	81.25 a b c
M2C3 (20% bagazo de café, 30% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita, V-265cc)	73.88 b c
M1C1 (25% bagazo de café, 25% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita, V-93cc)	71.21 c

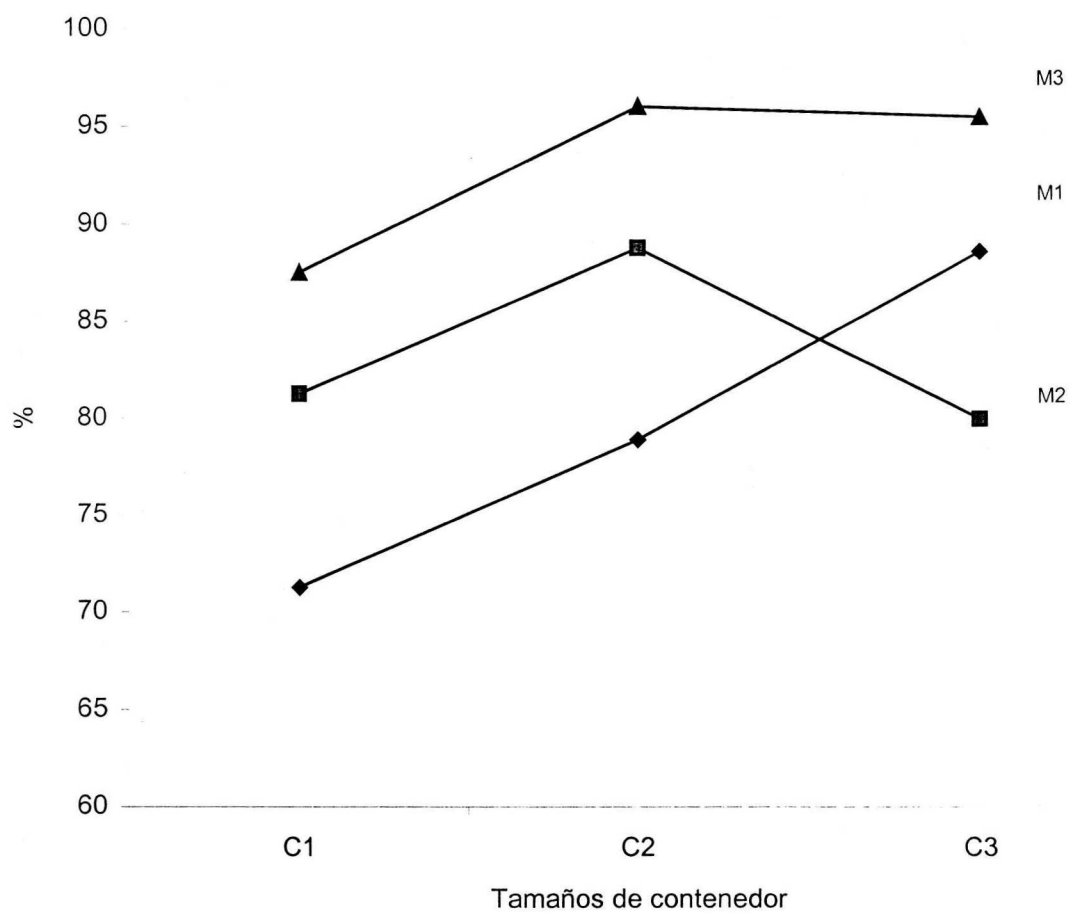


Figura 71. Interacción de diferentes mezclas de sustratos-tamaños de contenedor, en la emergencia de *Pinus leiophylla* Schl. et Cham., a los cuarenta y cinco días después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

En la Interacción mezclas de sustratos-tamaños de contenedor (Cuadro 71 y Figura 71) se encuentra que las interacciones que comprenden la mezcla de sustratos M3C2 (50 *peat-moss*, 30% vermiculita, 20% agrolita, V-150cc) presentan los valores más altos en la escala descendente.

De acuerdo a los resultados anteriores, se puede establecer, que independientemente de las mezclas de sustratos utilizadas y los tamaños de contenedor, la emergencia resulta similar, presentándose la mayor parte durante los primeros 30 días. Posteriormente, los porcentajes adicionales de emergencia son irrelevantes.

Es importante destacar que, la mezcla actual del vivero formada por 50% de *peat-moss*, 30 % de vermiculita y 20% de agrolita, provee el mejor sustrato para la emergencia de plántulas, y aunque las otras dos mezclas utilizadas, no son similares entre sí, no logran superar a la primera.

Con respecto a los contenedores, se puede establecer que en los contenedores de mayor capacidad C3 (V-265cc) y C2 (V-150cc) influyeron en la emergencia resultante.

Lo anterior puede deberse a que el sustrato con *peat-moss* conserva mejor la humedad requerida para la etapa de emergencia de *Leiophylla* y que ésta no es independiente del tamaño de contenedor.

6.5.2. Diámetro, altura, relación altura/diámetro y longitud de raíz

En el Cuadro 72 se presentan por tamaño de contenedor y mezcla de sustrato los resultados del comportamiento de las variables diámetro, altura, relación altura/diámetro y longitud de raíz de las plántulas de *Leiophylla* al final del periodo del experimento, que abarcó hasta los siete meses de edad. En las Figuras 72 y 73 se muestran los valores obtenidos por mezclas de sustratos y tamaños de contenedor, respectivamente. Así mismo, se presenta el comportamiento de estas variables a lo largo del periodo del experimento en las Figuras 29, 30, 31 y 32 del Apéndice.

Desde el punto de vista de las mezclas de sustratos, el mejor crecimiento de las plántulas, traducidas como diámetro, altura, relación altura/diámetro y longitud de raíz se presentó en las mezclas de sustratos: M3 (50% peat, 30% vermiculita y 20% de agrolita), seguida de la M2 (20% bagazo de café, 30% fibra de coco 30% vermiculita y 20% de agrolita). En el caso de los tamaños de contenedor, los promedios más altos de crecimiento se obtuvieron para diámetro en C2 (V-150cc), altura C1 (V-93cc), relación altura /diámetro C1 (v-93cc), longitud de raíz C3 (V-265cc) (Cuadro 72).

Las diferencias encontradas en el análisis de varianza en las variables de crecimiento tanto en diámetro, altura y longitud de raíz para las mezclas de sustratos, tamaños de contenedor y en las interacciones mezclas de sustratos-tamaños de contenedor, resultaron significativas y altamente significativas en todos los casos. Para la relación altura/diámetro no se encontraron diferencias significativas en la interacción mezclas de sustratos-tamaños de contenedor (Cuadro 73).

Las pruebas de Tukey dieron superioridad a las mezclas M3 (50% *peat-moss*, 30% vermiculita y 20% de agrolita) y M2 (20% bagazo de café, 30% fibra de coco 30% vermiculita y 20% de agrolita) con respecto al diámetro, altura, relación altura/diámetro y longitud de raíz (Cuadro 74).

Cuadro 72. Resultados generales del comportamiento de diámetro, altura, relación diámetro/altura y longitud de raíz de *Pinus leiophylla* Schl. et Cham., en diferentes mezclas de sustratos y tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtamalco, Distrito Federal.

Tamaños de contenedor	Mezclas de sustratos												Promedio por Tamaños de contenedor			
	M1				M2				M3							
	DIA (mm)	ALT (cm)	RAD	LR (cm)	DIA (mm)	ALT (cm)	RAD	LR (cm)	DIA (mm)	ALT (cm)	RAD	LR (cm)	DIA (mm)	ALT (cm)	RAD	LR (cm)
C1 (V-93cc)	5.44	23.55	4.44	8.39	4.73	30.78	6.70	8.85	5.94	34.67	5.96	9.04	5.37	29.66	5.55	8.58
C2 (V-150cc)	5.76	20.36	3.53	9.34	7.15	30.53	4.49	9.73	7.06	34.21	4.98	9.14	6.65	28.36	4.21	12.62
C3 (V-265cc)	3.41	10.65	3.15	13.50	6.66	27.04	4.40	14.43	7.54	33.89	4.54	15.9	5.87	23.86	3.88	10.77
Promedio por Mezclas de sustratos	4.87	18.18	3.71	10.41	6.18	29.45	5.20	11.00	6.84	34.25	5.10	11.36				

M1: 25% bagazo de café, 25% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita

M2: 20% bagazo de café, 30% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita

M3: 50% peat moss, 30% vermiculita, 20% agrolita

DIA: diámetro

ALT: altura de la planta

RAD: Relación altura/diámetro

LR: longitud de raíz

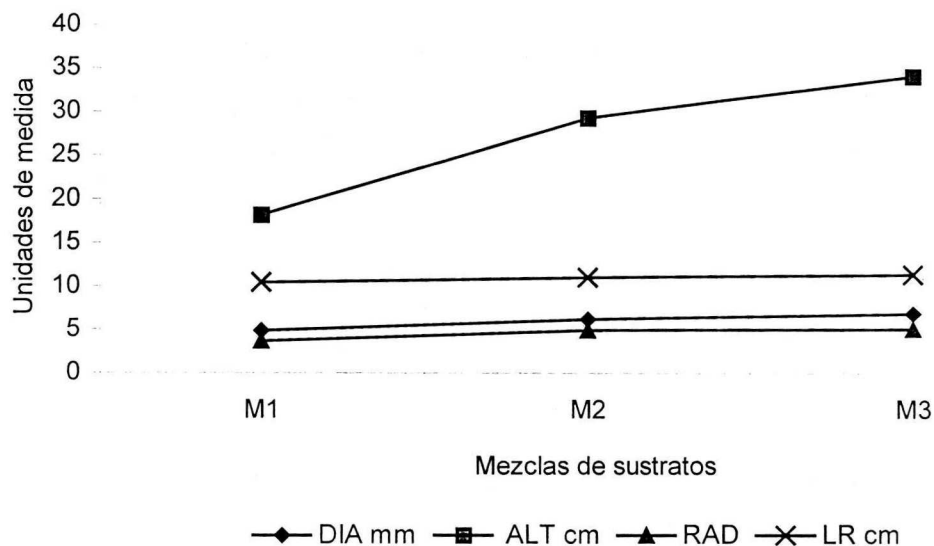


Figura 72. Comportamiento del diámetro, altura, relación altura/diámetro y longitud de raíz de *Pinus leiophylla* Schl. et Cham., en diferentes mezclas de sustratos a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

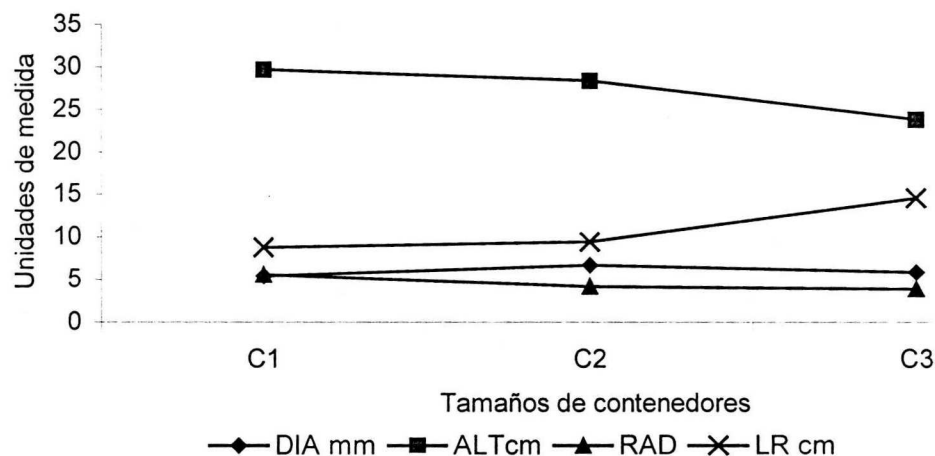


Figura 73. Comportamiento del diámetro, altura relación altura/diámetro y longitud de raíz de *Pinus leiophylla* Schl. et Cham., en diferentes tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

Cuadro 73. Análisis de varianza de las variables diámetro, altura, relación altura/diámetro, longitud de raíz de *Pinus leiophylla* Schl. et Cham., a los siete meses después de la siembra, en tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

a) Análisis de varianza del diámetro

FV	GL	SC	CM	Fcal	Prob>F
Mezclas de sustratos	2	121.04	60.52	44.83	0.0001**
Tamaños de contenedor	2	50.34	25.17	18.65	0.0001**
Interacción Mezclas de sustratos-Tamaños de contenedor	4	106.88	26.72	19.79	0.0001**
Error	171	230.86	1.35		
Total	179	509.14			

Para $prb>F$ con un $\alpha=0.05$, es: ns= no significativo, **muy significativo, *significativo

b) Análisis de varianza de la altura

FV	GL	SC	CM	Fcal	Prob>F
Mezclas de sustratos	2	8181.07	4090.53	154.58	0.0001**
Tamaños de contenedor	2	1119.85	559.92	21.16	0.0001**
Interacción Mezclas de sustratos-Tamaños de contenedor	4	881.29	220.32	8.33	0.0001**
Error	171	4524.98	26.46		
Total	179	14707.20			

Para $prb>F$ con un $\alpha=0.05$, es: ns= no significativo, **muy significativo, *significativo

Cuadro 73. Continuación . . .

c) Análisis de varianza de la relación altura/diámetro

FV	GL	SC	CM	Fcal	Prob>F
Mezclas de sustratos	2	86.32	43.16	27.03	0.0001
Tamaños de contenedor	2	95.11	47.55	29.78	0.0001
Interacción Mezclas de sustratos-Tamaños de contenedor	4	11.63	2.09	1.82	0.1268
Error	171	273.06	1.59		
Total	179	466.14			

Para $prb>F$ con un $\alpha=0.05$, es: ns= no significativo, **muy significativo, *significativo

d) Análisis de varianza de longitud de raíz

FV	GL	SC	CM	Fcal	Prob>F
Mezclas de sustratos	2	27.53	13.76	4.07	0.0188*
Tamaños de contenedor	2	1234.61	617.30	182.37	0.0001**
Interacción Mezclas de sustratos-Tamaños de contenedor	4	38.83	9.70	2.87	0.0247*
Error	171	578.82	3.84	3.84	
Total	179	1879.80			

Para $prb>F$ con un $\alpha=0.05$, es: ns= no significativo, **muy significativo, *significativo

Cuadro 74. Prueba de rangos múltiples de Tukey para las variables diámetro, altura, relación altura/diámetro y longitud de raíz de *Pinus leiophylla* Schl. et Cham., a los siete meses después de la siembra, en tres mezclas de sustratos, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

Mezcla de sustratos	Diámetro (mm)	Altura (cm)	Relación altura/diámetro	Longitud de raíz (cm)
Mezcla 3 (50% peat moss, 30% vermiculita, 20% agrolita)	6.84 a	34.25 a	5.16 a	11.36 a
Mezcla 2 (20% bagazo de café, 30% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita)	6.18 b	29.45 b	5.20 a	11.00 a b
Mezcla 1 (25% bagazo de café, 25% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita)	4.87 c	18.17 c	3.71 b	10.41 b

Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes con $\alpha = 0.05$.

Cuadro 75. Prueba de rangos múltiples de Tukey para las variables diámetro, altura y longitud de raíz de *Pinus leiophylla* Schl. et Cham., a los siete meses de edad en tres tamaños de contenedores, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco Distrito Federal.

Mezcla de sustratos	Diámetro (mm)	Altura (cm)	Relación altura/diámetro	Longitud de raíz (cm)
Contenedor 3 (V-265cc)	5.87 b	23.86 b	4.03 c	10.77 b
Contenedor 2 (V-150cc)	6.65 a	28.36 a	4.33 b	12.62 a
Contenedor 1 (V-93cc)	5.37 b	29.66 a	5.70 a	8.58 c

Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes con $\alpha = 0.05$.

Cuadro 76. Prueba de rangos múltiples de Tukey para las variables diámetro, altura, relación altura/diámetro y longitud de raíz de *Pinus leiophylla* Schl. et Cham., a los siete meses de edad, en nueve tratamientos de tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxiátemalco, Distrito Federal.

Interacción Mezclas de sustratos- Tamaños de contenedor	Diámetro (mm)	Altura (cm)	Relación altura/diámetro	Longitud de raíz (cm)
M3C3	7.54 a	33.89 a	4.54 c d	15.90 a
M3C2	7.06 a b	34.21 a	4.98 b c	9.14 c
M3C1	5.94 b c d	34.67 a	5.96 a b	9.04 c
M2C3	6.66 a b c	27.04 b c	4.40 c d e	14.43 a b
M2C2	7.15 a	30.53 a b	4.49 c d	9.73 c
M2C1	4.73 e	30.78 a b	6.70 a	8.85 c
M1C3	3.41 e	10.60 e	3.15 e	13.50 b
M1C2	5.76 c d e	20.36 d	3.53 d e	9.34 c
M1C1	5.44 d e	23.55 c d	4.44 c d	8.39 c

M1: 25% bagazo de café, 25% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita

M2: 20% bagazo de café, 30% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita

M3: 50% peat moss, 30% vermiculita, 20% agrolita

C1: tamaño de contenedor V-93 cc

C2: tamaño de contenedor V-150 cc

C3: tamaño de contenedor V-265 cc

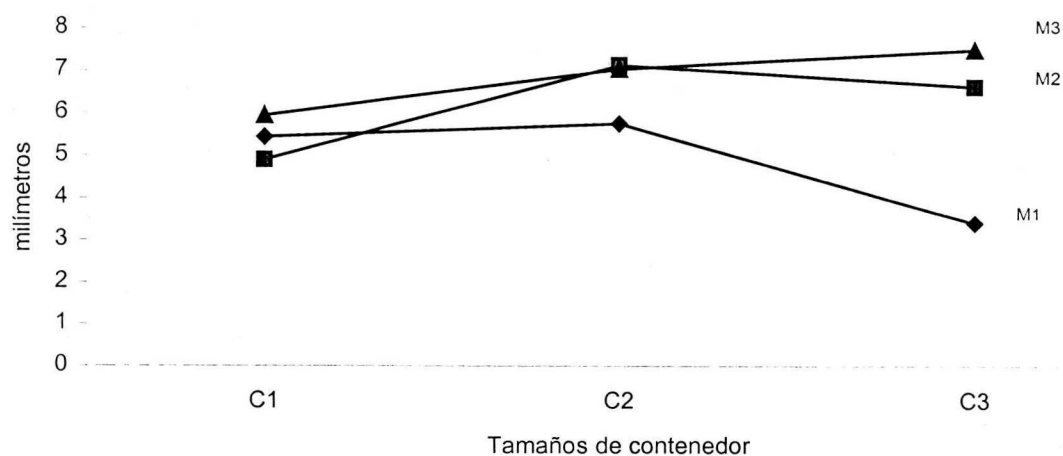


Figura 74. Interacción de diferentes mezclas de sustratos-tamaños de contenedor, en el diámetro de *Pinus leiophylla* Schl. et Cham., a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

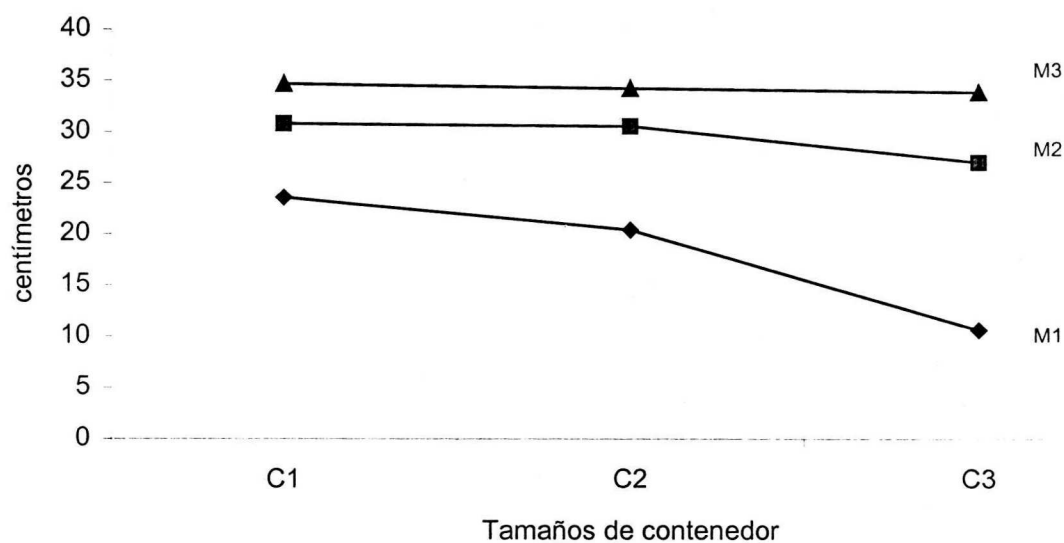


Figura 75. Interacción de diferentes mezclas de sustratos-tamaños de contenedor, en la altura de *Pinus leiophylla* Schl. et Cham., a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

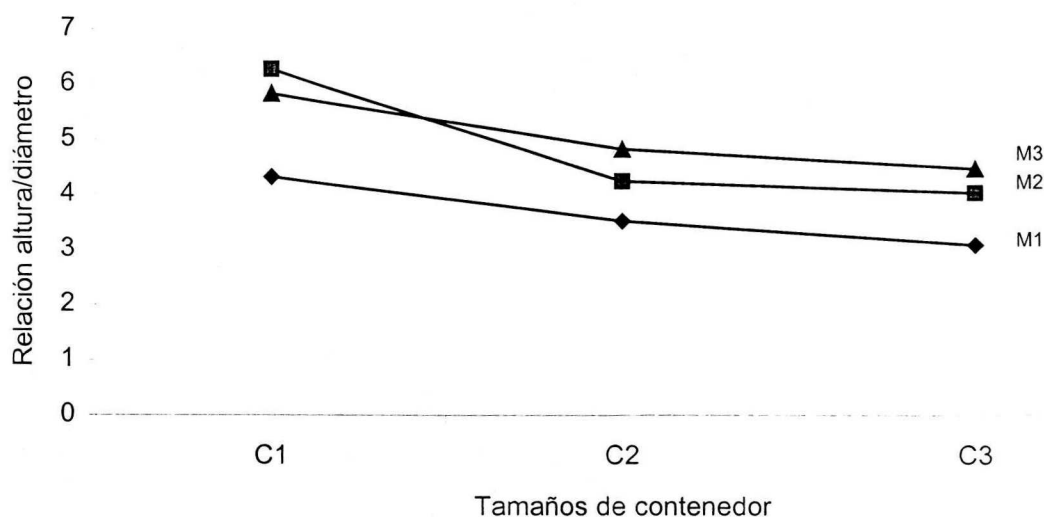


Figura 76. Interacción de diferentes mezclas de sustratos-tamaños de contenedor, en la relación altura/diámetro de *Pinus leiophylla* Schl. et Cham., a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

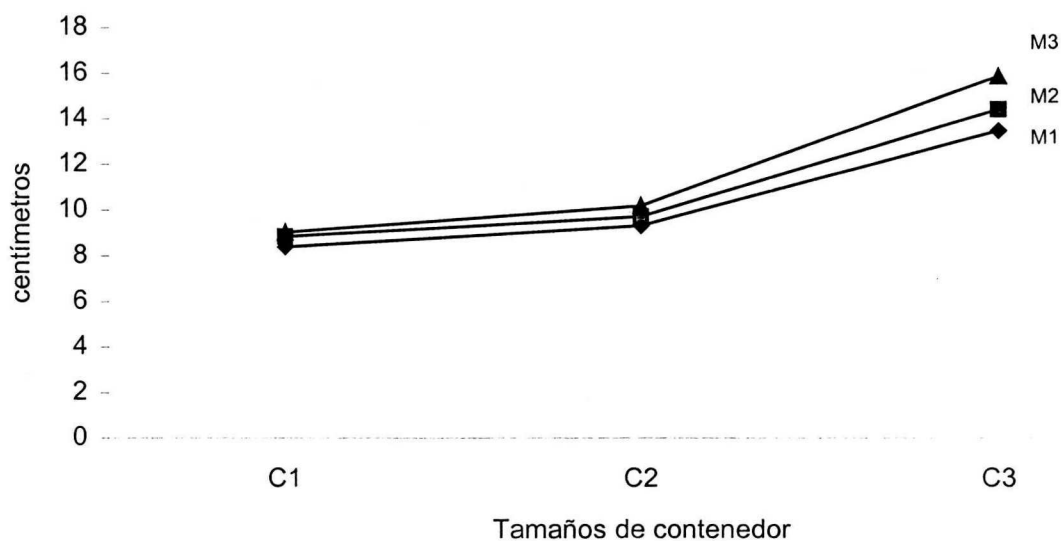


Figura 77. Interacción de diferentes mezclas de sustratos-tamaños de contenedor, en la longitud de raíz de *Pinus leiophylla* Schl. et Cham., a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

En el caso de los tamaños de contenedor, para la altura se observó el mejor crecimiento en C1 (V-93cc), el diámetro en el contenedor C2 (V-150cc) y para la longitud de raíz en el contenedor C3 (V-265) (Cuadro 75). Las interacciones mostraron los mejores crecimientos de diámetro en M3C3 (50% *peat moss*, 30% vermiculita, 20% agrolita, V-265cc), altura en M1C3 (25% bagazo de café, 25% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita, V-265cc), relación diámetro/altura en M1C2 (25% bagazo de café, 25% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita, V-150cc) y la longitud de raíz en M3C3 (50% *peat moss*, 30% vermiculita, 20% agrolita, V-265cc) (Cuadro 76 y Figuras 74, 75, 76 y 77).

Después de los siete meses posteriores a la siembra, el desarrollo alcanzado para las plantas de *Leiophylla* requiere mayor espacio de contenedor para alojar las raíces y, desde luego, espacio para el crecimiento aéreo, debido a la forma de inserción de las ramas casi horizontales desde las partes inferiores.

La mezcla tradicional del vivero, constituida por *peat-moss* y la mezcla con menor proporción de pulpa de café, resultan más porosas y conserva menor humedad que las otras, característica deseable para *Leiophylla* en esta etapa de crecimiento.

Así mismo, debido a que el contenedor mayor C3 (V-265cc) presenta la mayor longitud de cavidad, puede propiciar una mayor elongación del sistema radicular, aunque no de consistencia fibrosa como en el contenedor más pequeño.

6.5.3. Peso fresco del tallo, peso fresco de la raíz, peso seco del tallo y peso seco de la raíz

En el Cuadro 77 se presentan, por tamaño de contenedor y mezclas de sustrato los resultados del comportamiento de las variables peso fresco del tallo, peso fresco de la raíz, peso seco del tallo y peso seco de la raíz, mismos que se muestran en las Figuras 78 y 79 . Así mismo, el comportamiento de estas variables a lo largo del tiempo del experimento se presentan en las Figuras 33, 34, 35 y 36 del Apéndice.

Las variables que cuantifican la biomasa presentaron los mayores valores en todos los casos en la mezcla de sustrato M3 (50% de peat moss, 30% vermiculita, 20% agrolita). Por su parte, los mayores valores de las variables de biomasa se presentaron en los tamaños de contenedor C3 (V-265cc) y C2 (V-150cc) (Cuadro 77).

Las diferencias entre los valores de biomasa debidos al efecto de las mezclas de sustratos, tamaños de contenedor y la interacción mezclas de sustratos-tamaños de contenedor fueron altamente significativas para todos los casos (Cuadro 78).

Las pruebas de Tukey evidencian la superioridad de las mezclas M3 (50% de peat moss, 30% vermiculita, 20% agrolita) y M2 (20% bagazo de café, 30% de fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita) en todas las variables, así como la los tamaños de contenedor C3 (V-265cc) y C2 (V-1250cc) en el peso fresco del tallo, peso fresco de la raíz, peso seco del tallo y peso seco de la raíz (Cuadros 79 y 80). Así mismo, en la interacción de estos dos factores los mayores pesos frescos se obtuvieron e M2C3 (20% pulpa de café, 30% de fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita, V-265cc) seguido de M1C2 (20% bagazo de café, 30% de fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita, V-150cc), para los pesos secos en M3C3 (50% de peat moss, 30% vermiculita, 20% agrolita, V-265cc) (Cuadro 81 y Figuras 81, 82 y 83).

Cuadro 77. Resultados generales del peso fresco del tallo, peso fresco de la raíz, peso seco del tallo y peso seco de la raíz de *Pinus leiophylla* Schl. et Cham., en diferentes mezclas de sustratos y tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxiátemalco, Distrito Federal.

Tamaños de contenedor		Mezclas de sustratos												Promedio por Tamaños de contenedor			
		M1				M2				M3							
		PFT (gr)	PFR (gr)	PST (gr)	PSR (gr)	PFT (gr)	PFR (gr)	PST (gr)	PSR (gr)	PFT (gr)	PFR (gr)	PST (gr)	PSR (gr)	PFT (gr)	PFR (gr)	PST (gr)	PSR (gr)
C1 (V-93cc)		7.52	3.28	1.67	0.56	8.24	2.82	1.80	0.58	9.98	2.93	2.15	0.53	8.58	3.01	1.87	0.55
C2 (V-150cc)		9.96	3.41	2.25	0.64	13.13	5.03	2.74	0.87	14.79	4.87	3.24	0.95	12.62	4.43	2.74	0.82
C3 (V-265cc)		3.38	3.02	0.69	0.41	11.96	6.44	2.58	1.02	16.97	6.94	3.80	1.20	10.77	5.46	2.35	0.87
Promedio Mezclas sustratos	por de	6.95	3.23	1.53	0.53	11.11	4.76	2.37	0.82	13.91	4.91	3.06	0.889				

M1: 25% bagazo de café, 25% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita

M2: 20% bagazo de café, 30% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita

M3: 50% peat moss, 30% vermiculita, 20% agrolita

PFT: fresco del tallo

PFR: peso fresco de la raíz

PST: peso seco del tallo

PSR: peso seco de la raíz

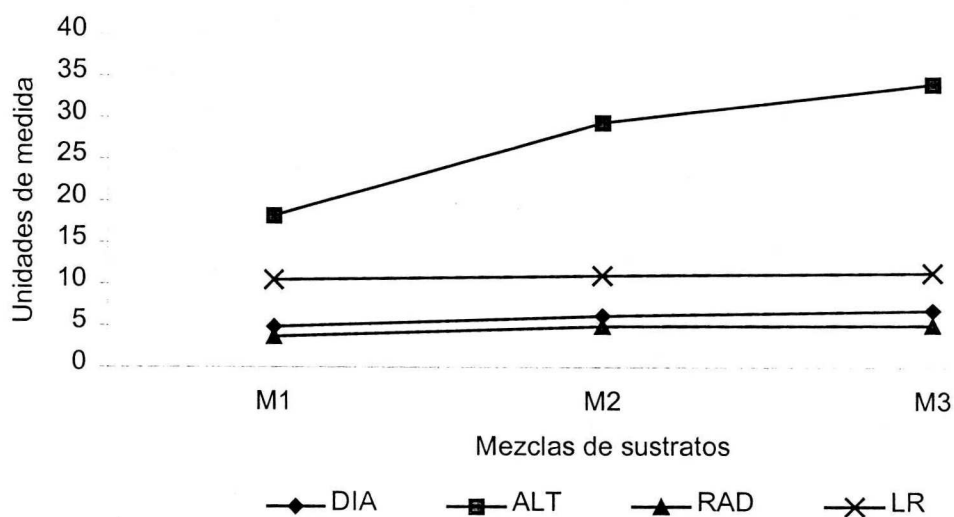


Figura 78. Comportamiento del peso fresco del tallo, peso fresco de la raíz, peso seco del tallo y peso seco de la raíz de *Pinus leiophylla* Schl. et Cham., en diferentes mezclas de sustratos a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

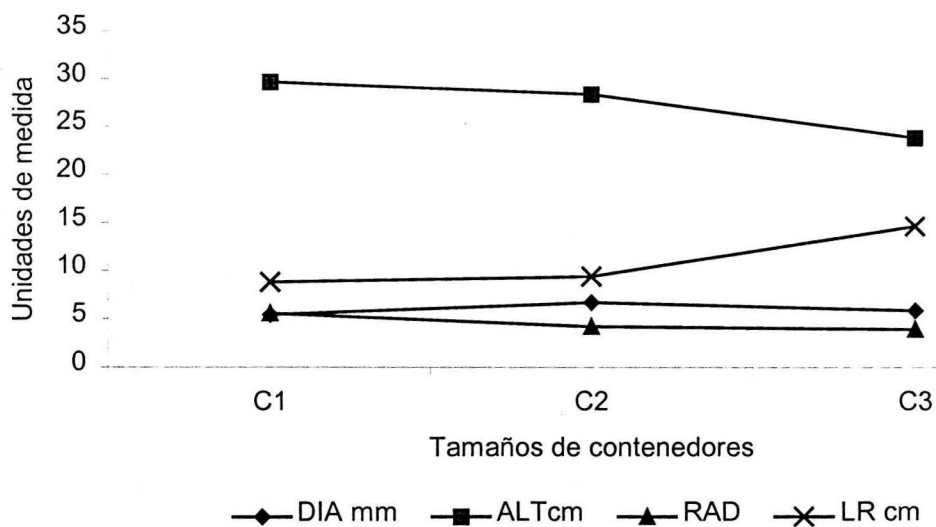


Figura 79. Comportamiento del peso fresco del tallo, peso fresco de la raíz, peso seco del tallo y peso seco de la raíz de *Pinus leiophylla* Schl. et Cham., en diferentes tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

Cuadro 78. Análisis de varianza de las variables peso fresco del tallo, peso fresco de la raíz, peso seco del tallo y peso seco de la raíz de *Pinus leiophylla* Schl. et Cham., a los siete meses después de la siembra en tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxiátemalco, Distrito Federal.

a) Análisis de varianza del peso fresco del tallo

FV	GL	SC	CM	Fcal	Prob>F
Mezclas de sustratos	2	1471.65	735.82	97.32	0.0001**
Tamaños de contenedor	2	491.15	245.57	32.48	0.0001**
Interacción Mezclas de sustratos-Tamaños de contenedor	4	722.82	180.70	23.90	0.0001**
Error	171	1292.90	7.56		
Total	179	3978.52			

Para $prb>F$ con un $\alpha = 0.05$, es: ns= no significativo, **muy significativo, *significativo

b) Análisis de varianza del peso fresco de la raíz

FV	GL	SC	CM	Fcal	Prob>F
Mezclas de sustratos	2	103.62	51.81	31.10	0.0001**
Tamaños de contenedor	2	182.83	91.41	54.88	0.0001**
Interacción Mezclas de sustratos-Tamaños de contenedor	4	113.12	28.28	16.98	0.0001**
Error	171	284.86	1.66		
Total	179	684.44			

Para $prb>F$ con un $\alpha = 0.05$, es: ns= no significativo, **muy significativo, *significativo

Cuadro78. Continuación . . .

c) Análisis de varianza del peso seco del tallo

FV	GL	SC	CM	Fcal	Prob>F
Mezclas de sustratos	2	70.31	35.15	79.58	0.0001**
Tamaños de contenedor	2	22.64	11.32	25.63	0.0001**
Interacción Mezclas de sustratos-Tamaños de contenedor	4	40.20	10.05	22.75	0.0001**
Error	171	75.54	0.44		
Total	179	208.59			

Para prb>F con un $\alpha = 0.05$, e: ns= no significativo, **= muy significativo, *significativo

d) Análisis de varianza del peso seco de la raíz

FV	GL	SC	CM	Fcal	Prob>F
Mezclas de sustratos	2	4.27	2.13	40.22	0.0001**
Tamaños de contenedor	2	3.48	1.74	32.82	0.0001**
Interacción Mezclas de sustratos-Tamaños de contenedor	4	3.65	0.91	17.19	0.0001**
Error	171	9.07	0.053		
Total	179	20.48			

Para prb>F con un $\alpha = 0.05$, es: ns= no significativo, **muy significativo, *significativo

Cuadro 79. Prueba de rangos múltiples de Tukey para las variables peso fresco del tallo, peso fresco de la raíz, peso seco del tallo y peso seco de la raíz de *Pinus leiophylla* Schl. et Cham., a los siete meses después de la siembra, en tres mezclas de sustratos, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

Mezcla de sustratos	Peso fresco del tallo (gr)	Peso fresco de la raíz (gr)	Peso seco del tallo (gr)	Peso seco de la raíz (gr)
Mezcla 3 (50% peat moss, 30% vermiculita, 20% agrolita)	13.91 a	4.91 a	3.06 a	0.89 a
Mezcla 2 (20% bagazo de café, 30% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita)	11.11 b	4.76 a	2.37 b	0.82 a
Mezcla 1 (25% bagazo de café, 25% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita)	6.95 c	3.23 b	1.53 c	0.54 b

Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes con $\alpha = 0.05$.

Cuadro 80. Prueba de rangos múltiples de Tukey para las variables peso fresco del tallo, peso fresco de la raíz, peso seco del tallo y peso seco de la raíz de *Pinus leiophylla* Schl. et Cham., a los siete meses después de la siembra, en tres tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

Mezcla de sustratos	Peso fresco del tallo (gr)	Peso fresco de la raíz (gr)	Peso seco del tallo (gr)	Peso seco de la raíz (gr)
Contenedor 3 (V-265cc)	10.77 b	5.47 a	2.35 b	0.88 a
Contenedor 2 (V-150cc)	12.62 a	4.43 b	2.74 a	0.82 a
Contenedor 1 (V-93cc)	8.58 c	3.01 c	1.87 c	0.56 b

Valores seguidos de una misma letra no son significativamente diferentes con $\alpha = 0.05$.

Cuadro 81. Prueba de rangos múltiples de Tukey para las variables peso fresco del tallo, peso fresco de la raíz, peso seco del tallo y peso seco de la raíz de *Pinus leiophylla* Schl. et Cham., a los siete meses después de la siembra, en nueve tratamientos de tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor, en el vivero San Luis Tlaxiátemalco, Distrito Federal.

Interacción Mezclas de sustratos- Tamaños de contenedor	Peso fresco del tallo (gr)	Peso fresco de la raíz (gr)	Peso seco del tallo (gr)	Peso seco de la raíz (gr)
M3C3	16.97 a	6.94 a	3.80 a	1.20 a
M3C2	14.79 a b	4.87 b	3.24 a b	0.95 b
M3C1	9.98 d e	2.93 c	2.15 c d	0.53 c
M2C3	11.96 c d	6.44 a	2.58 b c	1.02 a b
M2C2	13.13 b c	5.03 b	2.74 b c	0.87 b
M2C1	8.24 e	2.82 c	1.80 d	0.58 c
M1C3	3.38 f	3.02 c	0.69 e	0.41 c
M1C2	9.96 d e	3.41 c	2.25 c d	0.64 c
M1C1	7.52 e	3.28 c	1.67 d	0.56 c

M1: 25% bagazo de café, 25% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita

M2: 20% bagazo de café, 30% fibra de coco, 30% vermiculita, 20% agrolita

M3: 50% peat moss, 30% vermiculita, 20% agrolita

C1: tamaño de contenedor V-93 cc

C2: tamaño de contenedor V-150 cc

C3: tamaño de contenedor V-265 cc

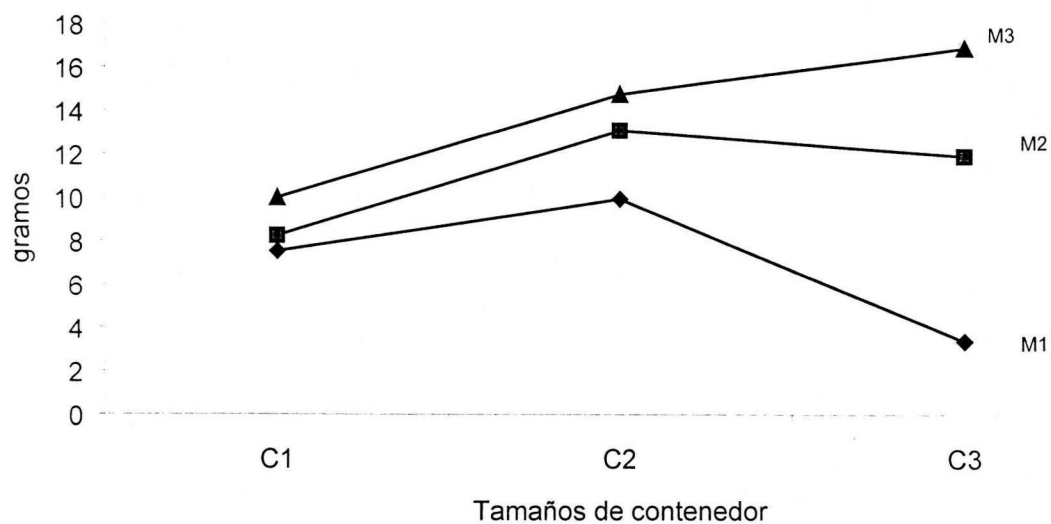


Figura 80. Interacción de diferentes mezclas de sustratos-tamaños de contenedor, en el peso fresco del tallo de *Pinus leiophylla* Schl. et Cham., a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

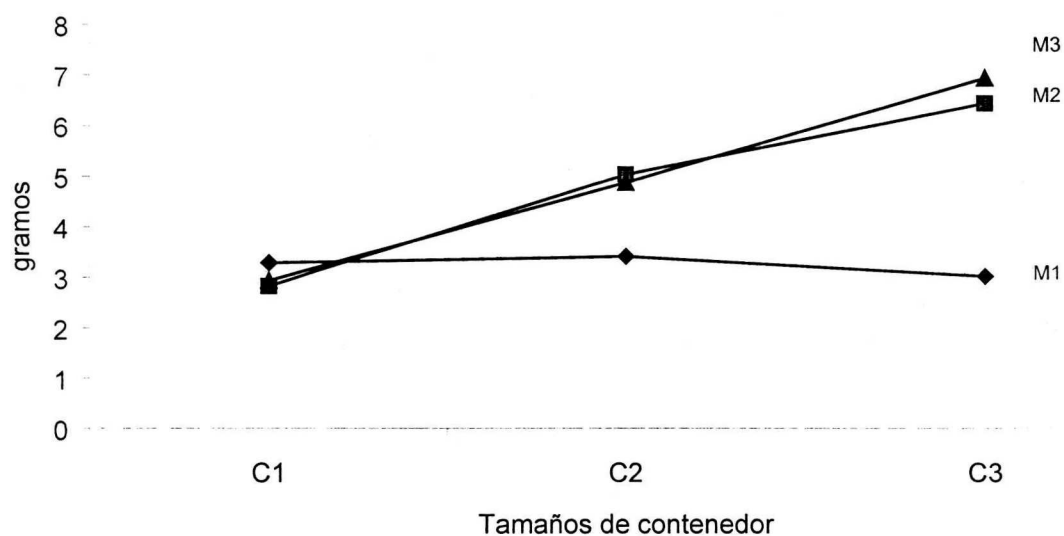


Figura 81. Interacción de diferentes mezclas de sustratos-tamaños de contenedor, en el peso fresco de la raíz de *Pinus leiophylla* Schl. et Cham., a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

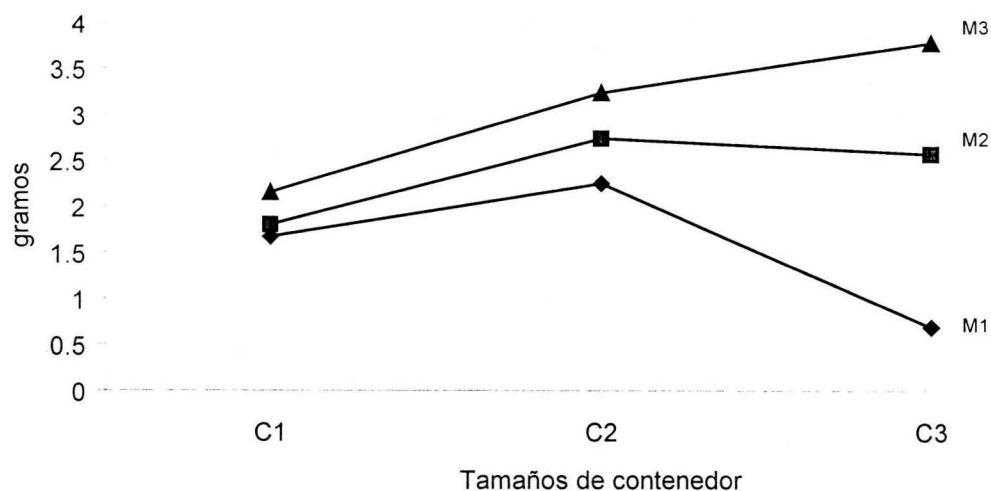


Figura 82. Interacción de diferentes mezclas de sustratos-tamaños de contenedor, en el peso seco del tallo de *Pinus leiophylla* Schl. et Cham., a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

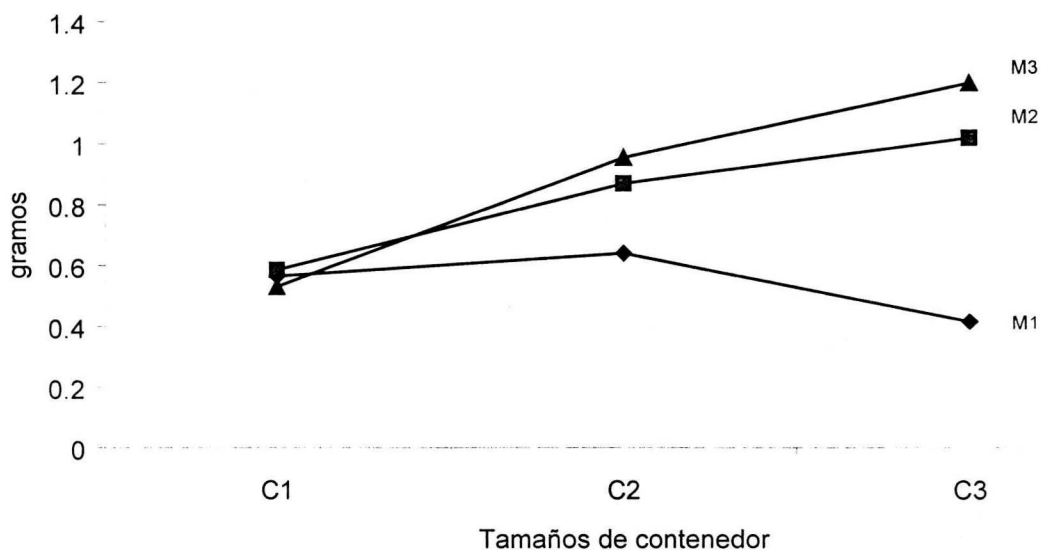


Figura 83. Interacción de diferentes mezclas de sustratos-tamaños de contenedor, en el peso seco de la raíz de *Pinus leiophylla* Schl. et Cham., a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

De los resultados anteriores, se puede establecer que tanto las mezclas que incluyen *peat-moss*, así como las de 20 % de bagazo de café y 30 % de fibra de coco, y los contenedores de mayor capacidad revelan un mayor crecimiento de las variables de la biomasa fresca y seca de las plántulas.

Una vez descrito el efecto de la mezcla de sustrato sobre la emergencia de plantas, donde se muestra que ésta no es independiente de los tamaños de contenedor; se encuentra que el efecto de la mezcla sustituta (20% de bagazo de café y 30% de fibra de coco), puede funcionar adecuadamente para la producción en general de *Leiophylla*, debido a que alcanzan los valores obtenidos por la mezcla tradicional del vivero a base de *peat-moss*.

Sí se considera el diámetro como la variable más importante que expresa el crecimiento, se encuentra que la mezcla tradicional del vivero formada por *peat-moss* y la compuesta por menor proporción de pulpa de café, resultan las más adecuadas para el crecimiento de *Leiophylla*. Para el caso del tamaño del contenedor, se inclina hacia una mejoría en los tamaños medianos y mayores. La explicación debería buscarse en el efecto de densidad (en este caso el número de plantas por contenedor) sobre el microambiente creado en cada contenedor, sobre una planta considerada medianamente tolerante a la sombra.

Los resultados del experimento al considerar las variables de crecimiento de las plántulas (diámetro, altura, relación altura/diámetro y longitud de raíz) y sus correspondientes medidas en biomasa (pesos frescos y secos de tallo y raíz) demuestran una gran consistencia en relación con los sustratos utilizados y los tamaños de contenedor.

Desde luego que la mezcla de sustrato al interaccionar con cualquier tamaño de contenedor produce los mejores resultados. Si esto fuera la intención, se podrían producir plantas a los siete meses con 6 mm de diámetro mínimo, 30 cm de altura en los tamaños de contenedor mediano y grande, con los ahorros derivados de la cantidad de sustrato.

Sin embargo, si se toman en cuenta solamente los pesos frescos y secos del tallo y raíz como medidas de producción de biomasa real, la mezcla tradicional con los contenedores medianos, muestran los mejores valores, mayores a dos gramos.

6.6. Resultados de la caracterización de los sustratos

6.6.1. Bagazo de café

De los resultados obtenidos en comparación con los tres sustratos, el bagazo de café presentó un pH ácido, baja conductividad eléctrica, menor porcentaje de espacio poroso y baja retención de humedad, en cuanto al tamaño de partículas, el mayor porcentaje se concentró en el tamaño pequeño entre 5 y menor a 5 mm, así también, presenta la más alta densidad aparente de los tres sustratos evaluados, como se puede observar en el cuadro de resultados (Cuadro 82).

Por lo anterior se puede decir que el bagazo de café es un sustrato ácido que por sus características físicas tiende a compactarse y como consecuencia a retener más agua, que posiblemente no este disponible para la planta.

En este sentido el bagazo de café presenta características inconvenientes para ser utilizado solo, lo mejor es que se mezcle con otros materiales que mejoren la mezcla en general.

6.6.2. Fibra de coco

En los resultados obtenidos de los tres sustratos evaluados la fibra de coco presentó el pH más alto y alta conductividad eléctrica, en cuanto al tamaño de partículas, se encontró que el 50 % corresponde al tamaño entre 5 y menor a 5 mm y el 50 % restante correspondió al tamaño entre 1 y 4 mm. El espacio poroso, así como la densidad aparente, se presentaron semejantes a las del *peat-moss* y la retención de humedad estuvo 10% por abajo de los valores obtenidos en el *peat-moss* (Cuadro 82).

Por lo anterior se puede decir que la fibra de coco es un buen material para utilizarse como sustrato, pero por el pH y la conductividad eléctrica debe lavarse o bien compostarse para ser utilizado. Así también, no puede ser utilizado como sustrato único en la producción de planta forestal, debe combinarse con otros materiales que mejoren las propiedades de la mezcla en general.

6.6.3. Peat-moss

Los valores obtenidos en el *peat-moss* fueron semejantes con los obtenidos en la fibra de coco, a excepción del pH y la C.E., que en este caso presentaron valores bajos. En general las características que presentó el *peat-moss* son muy aceptadas para la producción de planta forestal, ya que es un medio ácido con baja conductividad eléctrica, buena retención de humedad, buen espacio poroso y baja densidad aparente Cuadro 82.

Cuadro 82. Características físico-químicas de los materiales empleados para la producción de cinco especies de coníferas en tres tamaños de contenedor y tres mezclas de sustratos, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

Parámetros	Bagazo de café	Fibra de coco	<i>Peat-moss</i>
pH	5.11	6.13	4.65
Conductividad eléctrica	290	1170	53.33
Retención de humedad	45 %	61 %	72 %
Espacio poroso	85 %	92 %	93 %
Granulometría			
4.76 mm	9.62 %	11.76 %	6.98 %
2.0 mm	8.64 %	17.42 %	18.04 %
1.0 mm	20.46 %	13.1 %	18.36 %
0.5 mm	27.08 %	17.28 %	20 %
< 0.5 mm	34.2 %	50.44 %	36.62 %

6.7. Resultados del análisis de los costos del sustrato

Con las mezclas utilizadas en el experimento se realizó un análisis de costos para una producción de 10 millones de plantas en contenedor V-93.

De los resultados obtenidos en el análisis se pudo determinar que las mezclas formadas por fibra de coco y el bagazo de café son 36.5% más económicas con respecto a la mezcla formada por *peat-moss*.

Los resultados obtenidos sólo se refieren a los costos de los sustratos que forman las mezclas, no se incluyen otros insumos, ni mano de obra u otros costos que se deben incluir en la producción, por lo que, la reducción de costos en la mezcla solo repercutirá en un porcentaje con respecto a los costos totales de producción.

En el Cuadros 83, 84, 85 y 86 se presentan los costos de cada sustrato, así como las cantidades necesarias de cada uno de ellos y finalmente los costos por mezcla.

Cuadro 83. Costos y cantidades de los materiales utilizados como sustratos en las mezclas considerando una producción de 10 millones de plantas, en contenedor V-93cc

Sustratos	Descripción	Precio Unitario (\$)
<i>Peat-moss</i>	Paca de 5.5 pies ³	198.00
Bagazo de café	Metro cúbico	100.00
Fibra de coco	Paca 180 lt	55.00
Vermiculita	Saco 114 lt	130.00
Agrolita	Saco 100 lt	105.00

Cuadro 84. Costos de la mezcla 1 para la producción de 10 millones de plantas en contenedor V-93cc

Sustratos	Volumen	Cantidad	Costo
25% Bagazo de café	255.75 m ³	255.75 m ³	25,575.00
25% Fibra de coco	255.75 m ³	800 pacas	44,000.00
30% Vermiculita	306.9 m ³	2693 sacos	350,090.00
20% Agrolita	204.6 m ³	2046 sacos	214,830.00
Total			634,495.00

Cuadro 85. Costos de la Mezcla 2 para la producción de 10 millones de plantas en contenedor V-93cc

Sustratos	Volumen	Cantidad	Costo
20% Bagazo de café	204.6 m ³	204.6 m ³	20,460.00
30% Fibra de coco	306.9 m ³	960 pacas	52,800.00
30% Vermiculita	306.9 m ³	2693 sacos	350,090.00
20% Agrolita	204.6 m ³	2046 sacos	214,830.00
Total			638,180.00

Cuadro 86. Costos de la Mezcla 3 para la producción de 10 millones de plantas en contenedor V-93cc

Sustratos	Volumen	Cantidad	Costo
50% peat-moss	511.5 m ³	2214 pacas	438,372.00
30% Vermiculita	306.9 m ³	2693 sacos	350,090.00
20% Agrolita	204.6 m ³	2046 sacos	214,830.00
Total			1,003,292.00

6.8. Discusión General

Los resultados obtenidos de los experimentos realizados permiten concluir que independientemente de las mezclas de sustratos y los tamaños de contenedor para las especies Oyamel, Ayacahuite, Moctezuma, Hartwegii y Leiophylla el mayor porcentaje de emergencia se presenta entre los 15 y 30 días posteriores a la siembra, los porcentajes posteriores a esta fecha no van más allá del 5% en general, por lo que, se consideran irrelevantes.

En cuanto a las mezclas de sustratos y tamaños de contenedor para la emergencia, sólo en Oyamel la mezcla compuesta por *peat-moss* presentó los mejores resultados, para las otras cuatro especies la mezcla compuesta por pulpa de café y fibra de coco en partes iguales superó a la mezcla tradicional del vivero compuesta por *peat-moss*.

Lo anterior puede deberse a que Oyamel en la etapa de emergencia requiere menor humedad en el sustrato, característica que le proporciona la mezcla compuesta por *peat-moss*, caso contrario para las otras especies ya que la mezcla compuesta por mayor proporción de bagazo de café debido a las características físicas de ésta, conserva más la humedad.

Con respecto al tamaño de contenedor para Hartwegii y Leiophylla la tendencia fue en los contenedores de mediana y mayor capacidad, para Oyamel, Ayacahuite y Moctezuma no fue significativo el tamaño de contenedor.

De manera general, las variables que cuantifican el crecimiento (diámetro, altura, relación altura-diámetro y longitud de raíz) presentaron lo mejores resultados en la mezcla compuesta por *peat-moss* para Oyamel y Moctezuma; para Ayacahuite, Hartwegii y Leiophylla la mezcla compuesta por menor proporción de bagazo de café igualó a la compuesta por *peat-moss*.

En los tamaños de contenedor los valores más altos se presentaron en los tamaños de contenedor medianos y grandes.

Con relación a la biomasa fresca y seca, de manera general para las cinco especies los valores más altos se obtuvieron en la mezcla compuesta por *peat-moss* y en la mezcla formada por mayor porcentaje de fibra de coco, así como, en los contenedores de mediana y mayor capacidad.

Es factible la utilización de fibra de coco (sin lavar) mezclada con bagazo de café, agrolita y vermiculita en diferentes proporciones como sustitutos del *peat-moss* en la producción de coníferas en contenedor.

La fibra de coco y bagazo de café utilizados como sustratos en la producción de coníferas en contenedor son una alternativa más económica con respecto a la utilización del *peat-moss*, siempre y cuando se utilice la fibra de coco sin lavar debido a que en los viveros el agua tiene un valor, por lo que al costo de la fibra habría que sumarle el costo del lavado.

7. CONCLUSIONES

7.1. *Abies religiosa*

1. La velocidad de emergencia de plántulas es independiente del sustrato y tamaño de contenedor, presentándose en todos los casos en el periodo de 15 a 30 días.
2. La mezcla tradicional en el vivero, compuesta por 50% de *peat-moss*, 30% de vermiculita y 20% de agrolita, es superior en la emergencia de Oyamel, respecto a las otras mezclas compuestas por bagazo de café y fibra de coco, respectivamente, aunque éstas resultaron similares entre sí.
3. La capacidad de la cavidad del contenedor no influye en forma decisiva en el porcentaje de emergencia del Oyamel, a excepción de la interacción mezcla 2 con el contenedor de mayor capacidad donde se presentan los valores más bajos.
4. La mezcla de sustrato influyó en los crecimientos en diámetro, altura y longitud de raíz, observándose mayor desarrollo en la mezcla tradicional del vivero compuesta por *peat-moss*.
5. El crecimiento del diámetro, la altura y la longitud de raíz, fueron influenciados por el tamaño del contenedor, observándose la tendencia de mayor crecimiento en los contenedores de mediana y mayor capacidad al interaccionar con las mezclas 2 y 3, no así con la mezcla 1 que al interaccionar con el contenedor de mayor capacidad presenta los valores más bajos.
6. En forma similar, las variables que cuantifican la biomasa de las plántulas, presentan los mayores valores en los contenedores de mayor capacidad y en la mezcla que contiene *peat-moss* y la mezcla con menor proporción de bagazo de café. Caso contrario con la mezcla con partes iguales de bagazo de café y fibra de coco que al interaccionar con el contenedor de mayor capacidad presenta los valores más bajos.

7.2. *Pinus ayacahuite*

1. La velocidad de emergencia de las plántulas es independiente del sustrato y tamaños de contenedor, presentándose en todos los casos en el periodo de 15 a 30 días.
2. La mezcla compuesta por los sustratos sustitutos (bagazo de café y fibra de coco) en partes iguales, es superior en la emergencia de Ayacahuite, respecto a las otras mezclas compuestas por *peat-moss* y la mezcla con menor proporción de pulpa de café, respectivamente, aunque estas resultaron similares entre sí.
3. La capacidad de la cavidad del contenedor no influye en forma decisiva en el porcentaje de emergencia de Ayacahuite.
4. La mezcla de sustrato influyó en los crecimientos de diámetro, altura y longitud de raíz, observándose mayor desarrollo en la mezcla tradicional del vivero compuesta por peat moss, seguidos y muy semejantes por los obtenidos en la mezclas compuestas por bagazo de café y fibra de coco en partes iguales.
5. El crecimiento del diámetro, altura y longitud de raíz, fueron influenciados por el tamaño del contenedor, observándose la tendencia de mayor crecimiento en los contenedores de mayor capacidad. Con excepción de la interacción de la mezcla de partes iguales de bagazo de café y fibra de coco, con el contenedor de mayor capacidad donde se observan los valores más bajos.
6. En forma similar, las variables que cuantifican la biomasa de las plántulas, presentan los mayores valores en los contenedores de mayor capacidad y en la mezcla que contiene *peat-moss*.

7.3. *Pinus montezumae*

1. La velocidad de emergencia de las plántulas es independiente del sustrato y tamaños de contenedor, presentándose en todos los casos en el periodo de 15 a 30 días.
2. La mezcla tradicional del vivero (50% de *peat-moss*, 30% de vermiculita y 20% de agrolita) fue igualada por las mezclas compuestas bagazo de café y fibra de coco en la emergencia de plántulas de Moctezuma, debido a que fueron similares entre sí.
3. La capacidad de la cavidad del contenedor no influye en forma decisiva en el porcentaje de emergencia de *Montezumae*.
4. La mezcla de sustrato influyó en los crecimientos de diámetro y longitud de raíz, observándose mayor crecimiento en la mezcla tradicional del vivero compuesta por *peat-moss*, seguida por la mezcla compuesta por mayor porcentaje de fibra de coco.
5. El crecimiento del diámetro y la longitud de raíz, fueron influenciados por el tamaño del contenedor, observándose la tendencia de mayor crecimiento en los contenedores de mayor capacidad. Con excepción de la interacción de la mezcla con partes iguales de bagazo de café y fibra de coco con el contenedor de menor capacidad, donde se observan los valores más altos con respecto a estas variables.
6. En forma similar, las variables que cuantifican la biomasa de las plántulas, presentan los mayores valores en el contenedor de mayor capacidad y en la mezcla que contiene *peat-moss*, seguida por la mezcla compuesta por mayor porcentaje de fibra de coco.

7.4. *Pinus hartwegii*

1. La velocidad de emergencia de las plántulas es independiente del sustrato y tamaños de contenedor, presentándose en todos los casos en el periodo de 15 a 30 días.
2. La mezcla tradicional del vivero (50% de *peat-moss*, 30% de vermiculita y 20% de agrolita) fue igualada por la mezcla compuesta por iguales proporciones de gabazo de café y fibra de coco en la emergencia de plántulas de Hartwegii, debido a que fueron similares entre sí.
3. La capacidad de la cavidad del contenedor influyó en el porcentaje de emergencia de Hartwegii, con tendencias a los contenedores de mediana capacidad.
4. La mezcla de sustrato influyó en los crecimientos de diámetro y longitud de raíz, observándose mayor crecimiento en la mezcla tradicional del vivero compuesta por *peat-moss* y la mezcla con menor proporción de bagazo de café.
5. El crecimiento del diámetro y la longitud de raíz, fueron influenciados por el tamaño del contenedor, observándose la tendencia de mayor crecimiento en los contenedores de mediana y mayor capacidad. Para la interacción del contenedor de mayor capacidad con la mezcla formada con partes iguales de bagazo de café y fibra de coco presentaron los vaores más bajos.
6. En forma similar, las variables que cuantifican la biomasa de las plántulas, presentan los mayores valores en el contenedor de mediana y mayor capacidad y en la mezcla que contiene *peat-moss*.

7.5. *Pinus leiophylla*

1. La velocidad de emergencia de plántulas es independiente del sustrato y tamaño de contenedor, presentándose en todos los casos en el periodo de 15 a 30 días.
2. La mezcla tradicional en el vivero, compuesta por *peat-moss*, es superior con respecto a la emergencia de *Leiophylla*, respecto a las otras mezclas compuestas por bagazo de café y fibra de coco, respectivamente, aún que éstas no resultaron similares entre sí.
3. La capacidad de la cavidad del contenedor influye en forma decisiva en el porcentaje de emergencia de *Leiophylla*, con tendencia a los contenedores de mayor capacidad.
4. La mezcla de sustrato influyó en los crecimientos de diámetro, altura y longitud de raíz, observándose mayor desarrollo en la mezcla tradicional del vivero compuesta por *peat-moss* y la mezcla con menor proporción de pulpa de café.
5. El crecimiento del diámetro, la altura y la longitud de raíz, fueron influenciados por el tamaño del contenedor, observándose la tendencia de mayor crecimiento en los contenedores de mediana y mayor capacidad. Con excepción de la mezcla formada con partes iguales de bagazo de café y fibra de coco con el contenedor de mayor capacidad que presentaron los vaores más bajos.
6. En forma similar, las variables que cuantifican la biomasa de las plántulas, presentan los mayores valores en los contenedores de mayor capacidad y en la mezcla que contiene *peat-moss* y la mezcla con menor proporción de bagazo de café.

7.6. Conclusiones Generales

1. Para Oyamel, Ayacahuite, Moctezuma, Hartwegii y Leiophylla la velocidad de la emergencia es independiente de la mezcla de sustratos y los tamaños de contenedor y se presenta entre los 15 y 30 días posteriores a la siembra.
2. La mezcla formada por pulpa de café y fibra de coco en partes iguales superó en la emergencia a la compuesta por *peat-moss* en las especies Ayacahuite, Moctezuma, Hartwegii y Leiophylla.
3. Para Hartwegii y Leiophylla el tamaño de contenedor influyó en la emergencia, observándose la tendencia de mayor porcentaje en los contenedores de mediana y mayor capacidad, en las especies restantes el tamaño de contenedor no influyó.
4. En las mezclas compuestas por *peat-moss*, así como, la de menor proporción de bagazo de café, se obtuvieron los valores más altos para las variables que cuantifican el crecimiento (diámetro, altura, relación altura diámetro y longitud de raíz) para las especies Ayacahuite, Hartwegii y Leiophylla, no así para Oyamel y Moctezuma donde su mejor crecimiento se observó en la mezcla compuesta *peat-moss*. Así también, la tendencia del mayor crecimiento de todas las especies se observó en los contenedores de mediana y mayor capacidad.
5. El bagazo de café puede utilizarse en un 20% como sustrato combinado con otros materiales que mejoren las propiedades físicas de la mezcla en general, en la producción de coníferas en contenedor.
6. La fibra de coco sin lavar puede utilizarse en un 30% mezclada con otros materiales que mejoren el pH y la C:E., para la producción de coníferas en contenedor.

8. Recomendaciones

1. Ampliar el número de variables fisiológicas y morfológicas que permitan con más amplitud determinar el crecimiento de las plantas en las diferentes mezclas
2. Previo a al diseño de los experimentos realizar caracterizaciones físico-químicas de los materiales a utilizar como sustratos, así como, de las mezclas a finales que se emplearan en el experimento.
3. El bagazo de café se puede utilizar en la producción de plantas forestales en contenedor siempre y cuando se combine con otros materiales como la agrolita que mejoren las propiedades físicas de la mezcla.
4. La fibra de coco sin lavar puede ser utilizada sólo en un porcentaje de la mezcla, pero se tiene que combinar con otros materiales que disminuyan el pH y la C.E. de la mezcla en general.
5. Evaluar el crecimiento de las plantas por lo menos hasta los 10 meses de edad.
6. Revisar las metodologías específicas para la caracterización de sustratos y emplear las menos complicadas, donde se puedan obtener resultados en corto tiempo.

9. LITERATURA CITADA

- Aceites Especiales S.A. 1995. Resultados de las pruebas físico-químicas del bagazo de café. 6 p.
- Alarcón B., M.; Iglesias G., L. 1993. Influencia del sustrato y la fertilización sobre el desarrollo de *Pinus durangensis* Mtz., en invernadero. Folleto Científico No. 3. Campo Experimental Madera. CIRNOC. INIFAP. 39 p.
- Aldana B. R. 1998. Sistema de producción de planta en contenedores. Memorias de la Segunda Reunión Nacional sobre Producción de Planta en Contenedor. PRONARE. 6 p.
- Álvarez C., L; Bautista Z. N. 1999. Análisis de calidad de brinzales de *Pinus duranguensis* Martínez y *Pinus engelmannii* Carriere, a través de su producción en tres tipos de envases. Tesis de Licenciatura. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. 78 p.
- Ansorena M., J. 1994. Sustratos, propiedades y caracterización. Ediciones Mundi-Prensa. Barcelona, España. 171 p.
- Awang Y; Razi M., I. 1997. The grow and flowering of some annual ornamentals on coconut dust. Acta Horticulturae 450 ISHS. 31-37 p.
- Ayala S. A. 1999. Evaluación del polvo de coco como sustrato para la germinación y desarrollo inicial de plántulas de seis especies ornamentales. Tesis de Licenciatura. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. 112 p.
- Bello L. A. 1998. Calidad de planta. Memorias de la Segunda Reunión Nacional sobre Producción de Planta en Contenedor. PRONARE. 13 p.
- Benzai, B. 1965. Experiments on nutrition problems in forestry nurseries. Forestry commission. Bulletin No. 37. Rothamsted Experimental Station. 15-25 p.
- Bernier, P.Y. ; M.S. Lamhamedi and D.G. Simpson. Shoot: Root Ratio is of Limited Use in Evaluating the Quality of Container Conifer Stock. Natural Resources Canada, Canadian Forest Service –Quebec, Sainte-Foy,

- Quebec, and British Columbia Ministry of Forest, Kalamalka Research Station, Vernon, British Columbia, Canada. 130 p.
- Bunt A. C. 1988. Media and mixes for container-grown plants. Unwin Hyman Ltd London. 25 p.
- Burés S. 1998. Preparación y selección de sustratos. Ponencia del curso Tecnología de los sustratos. Universidad de Leida. Leida, España. 9p.
- Cabrera R. 1996. Manejo de sustratos de cultivo para la producción de plantas en maceta. Departamen of Plant Science and Rutgers Cooperative Extension. Foran Hall, Cook College, Rutgers University. 151 p.
- Cadahia L. C. 1992. Caracterización química y físico-química de sustratos. I jornadas de sustratos. Actas de horticultura, 11. Sociedad Española de Ciencias Hortícolas. 19-25 p.
- Cano P. A. 1998. Tamaño y calidad de planta de *Pinus hartwegii* Engelm., en dos sistemas de producción en vivero. Tesis de Maestría. Colegio de Posgraduados. Montecillo, México. 80 p.
- Caraveo L. F. 1994. Relaciones nutrimentales en le cultivo hidropónico de jitomate (*Lycopercon esculentum* Mill.) empleando el polvo de bonote como sustrato. Tesis de maestría. Colegio de Posgraduados. Montecillo, Estado de México. 232 p.
- Cuevas R., J. Mexal. 1998. Factores que determinan la sobrevivencia inicial y el crecimiento de *Pinus* sp. y Cedro Blanco en el Valle de México. Reunión para la Presentación de los Resultados de los Trabajos del Memorándum México-EE.UU. México, D.F. 30 p.
- Cuevas R., R.A. 1995. Calidad de la planta. In. Viveros forestales. Pub. esp. 3. Centro de Investigación Disciplinaria en conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales. INIFAP. México. D.F. 112 p.
- Cultivos de plantación. 1993. Manuales para la producción agropecuaria. Editorial Trillas 65 p.
- Dicalite de México. 1993. Información directa de la gerencia de producción.

- Foucar J. C. 1997. Viveros, de la producción a la plantación, inovaciones técnicas, productos, mercados. Trd. de la primera edición por Carlos de Juan (del Francés). Editorial Mundi Prensa, primera edición. Barcelona, España. 429 p.
- García C. O. 1999. Materiales orgánicos como sustratos para la producción de *Epipremnum aureum* y *Spathiphyllum wallisii* cultivadas en maceta. Tesis de Maestría. Colegio de Posgraduados. Montecillos, México. 113 p.
- García M., J.J. y MUÑOZ F., J.H. 1993. Guía para la producción de planta forestal en envase. Guía técnica No. 3. Centro de Investigaciones del Pacífico Centro Michoacán. INIFAP-SARH. 47 p.
- González K. V. 1995. Tipos de envases. Viveros Forestales. INIFAP, México. 179 p.
- Handreck, K.A. 1994. Properties of coir dust, and its use in the formulation of soilless potting media. Commun. Soil Science Plant Anal. 24 (3&4), 349-363 p.
- Hartmann H. T. y Kester D. E. 1992. Propagación de plantas. Principios y prácticas. Traducido por Antonio Merino Ambrosio. Editorial CECSA. México, D.F. 730 p.
- Johnson, J.D. and M.L. Cline. 1991. Seedling Quality of Southern Pines. In: Duryea M.L. and P.M Dougherty (eds.). Forest Regeneration a Manual. Kluwer Academic Publishers. Netherlands, USA. pp 143-159.
- Kelley, D. y STEVE W.O. 1989. Forest nursery pests (damping-off) Agriculture Handbook No. 680. Forest Service-USDA. pp. 118-119.
- Kramer P. J. 1983. Water relations of plants. New York. Academic Pres. 489 p.
- Landis, T. D.; R. W. Tinus; S.E. McDonald; J. P. Barnett. 1990. Containers and growing media. Vol 2. The container Tree Nursery Manual. Agric. Handbook 674. Washinton, D. C., U. S. A. Departament of Agriculture. Forest Service. 88 p.
- Landis, T.D.; Tinus, R.W.; Mc Donald, S.E.; Barnett, J.P. 1994. Nursery Plannig, Development and management. Vol. 1. The Container Tree Nursery

- Manual. Agriculture Handbook 674. Washington, D.C., U.S. Department of Agriculture. Forest Service. 188 pp.
- Mastalerz J. 1977. The greenhouse environment. Chapter 6. Grow media. John Wiley & Sons. New York, USA. 69 p.
- Meggelen-Laagland I. 1995. Golden future coco substrate. Floraculture International. International Horticulture Publications co. Batavia, Illinois. USA. 112 p.
- Mesén, Francisco. 1997. Establecimiento y manejo de fuentes semilleras. In Curso sobre selección y manejo de fuentes semilleras. SEMARNAP, PRONARE, Gob. del Edo. de Veracruz, CATIE, PROSEFOR. México. 30-47 p.
- Mexal, J.G. and D.B. South. 1991. Bareroot Seedling Culture. In: Duryea, M.L. and P.M. Dougherty (eds.). Forest Regeneration Manual. Kluwer Academic Publishers. Netherlands, USA. 89-115 p.
- Mexal, J.G. 1996. Conceptos sobre la "Plántula Ideal" para México. CEFORA. Universidad Estatal de Nuevo México. Las Cruces, N.M. USA. 78 p.
- Nadal, A. 1998. Los sustratos en la producción de planta forestal en contenedor. Ponencia del curso Tecnología de los sustratos. Universidad de Leida. Leida, España. 9p.
- Negreros P., J. Mexal. 1998. Factores que determinan la sobrevivencia inicial y el crecimiento de Cedro Rojo y Caoba en el Estado de Quintana Roo. Reunión para la Presentación de los Resultados de los Trabajos del Memorándum México-EE.UU. México, D.F. 80 p.
- Noguera, P. et al. 1997. Physical and chemical properties of coir waste and their relation to plant growth. Acta Horticulturae. ISHS. 88 p.
- Pagés, M. J. 1998. Aplicación de los sustratos a la producción de plantas leñosas ornamentales. Tecnología de los sustratos. Universidad de Leida. Leida, España. 7 p.
- Pastor, S. J. N. 1998. Tecnología de sustratos, Aplicación a la producción viverística, ornamental, hortícola y forestal. Universidad de Leida. Leida, España. 193 p.

- Peñuelas R., J.L. Y OCAÑA B., L. 1996. Cultivo de plantas forestales en contenedor. Ministerio de Agricultura , Pesca y Alimentación. Mundi-prensa. Madrid, España. 190 p.
- Peat-moss* de México. 1994. Información directa de la gerencia.
- Prasad M. 1997. Physical, chemical and biological properties of coir dust. *Acta Horticulturae* 450. 21-29 p.
- Prieto R., J. A. 1998. Importancia de la calidad de planta forestal. Memorias de la Segunda Reunión Nacional sobre Producción de Planta en Contenedor. PRONARE. 6 p.
- Prieto R., J.A. y LALRCON B., M. 1998. Producción de planta forestal. Folleto Técnico No. 10. Campo Experimental Valle del Guadiana. Centro de Investigación Regional del Norte Centro. INIFAP. 19 p.
- Quiñones, P. R. 1995. Influencia del sustrato y fertilización en el crecimiento de plántulas de *Pinus sressii* bajo condiciones de vivero. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. División de Ciencias Forestales. 130 p.
- Reinikainen O. 1993. Chice of growing media for pot plant. *Acta Horticulturae* 342. 357-360 p.
- Reynolds S. G. 1977. Growing vegetables on coconut fibre. *WorldCrops and livestock*. 29 (6). 266-268 p.
- Richards D., Lane, M. and Beardsell. 1986. The influence of particle-size distribution in pinebark:sand:brow coal potting mixes on water supply, aeration and plant growth. *Scientia Horticulturae*, 29. 1-14 p.
- Scagel R., M Madill; C Kooistra; Rob Bowden. 1998. Provincial Seedling Stock Type Selection and Ordering Guidelines. Province of British Columbia. Ministry of Forests. 71 p.
- Segura, R. O; García R., L. 2000. Evaluación de algunas variables morfológicas y fisiológicas para determinar la calidad de brinzales de *Pinus pseudostrobus* Lindl. y *Pinus leiophylla* Schl. et Cham., producidos en tres tamaños de envases rígidos. Tesis de Licenciatura. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de

México. 145 p.

- Servicio Forestal de los Estados Unidos. Subsecretaría Forestal y de Fauna Silvestre de México. 1994. Viveros y Reforestación en México. Curso Internacional de Entrenamiento. Centro de Forestación de la Américas; Universidad Estatal de Nuevo México. 60 p.
- Toral, I. M. 1997. Concepto de calidad de plantas en viveros forestales. Documento Técnico 1. Programa de Desarrollo Forestal Integral de Jalisco. SEDER, Fundación Chile, Consejo Agropecuario de Jalisco. México. 28 pp.
- Torres C. R. 1993. Gerencia de la empresa Germinaza S.A. Armería Colima, Tovar B. J. 1998. Influencia del tamaño de envase y fertilización en el crecimiento de *Cupressu guadalupensis* S. Wats., en vivero. Tesis de Licenciatura. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. 69 p.
- Vargas, H. J. 1997. Prácticas de cultivo en vivero y calidad de planta. Notas de curso. In Diplomado en "Establecimiento y Manejo de Plantaciones Forestales Comerciales". Colegio de Postgraduados, Montecillos, México.
- Verdonck O., D. De Vleeschauwer and Pennink R. 1993. Coco fibre dust, a new growing medium for plants in the tropics. Acta Horticultura 133. 215-220 p.

10. APÉNDICE

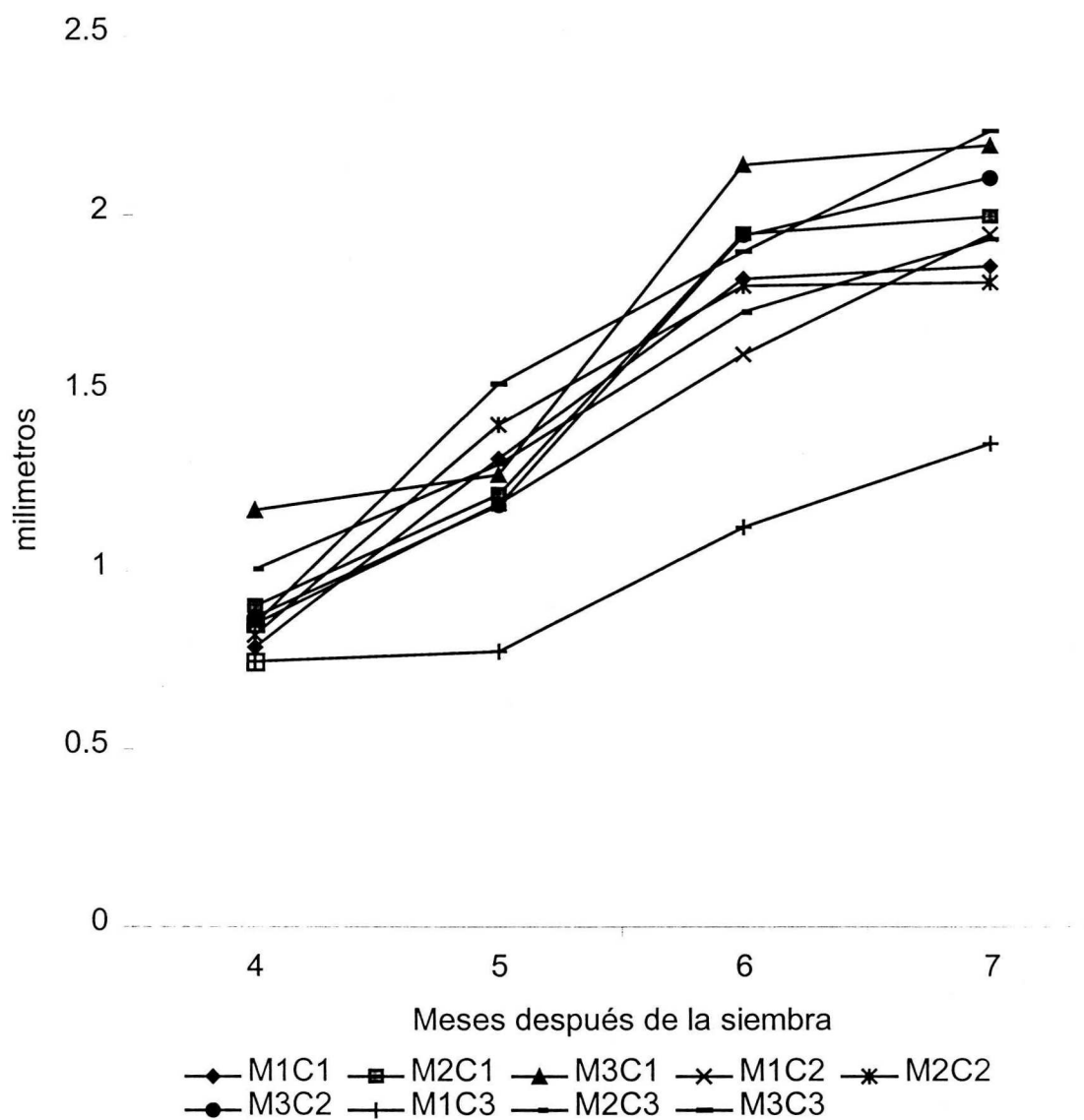


Figura 1. Comportamiento del diámetro de *Abies religiosa* (HBK) Schl. et Cham., en nueve tratamientos formados por tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

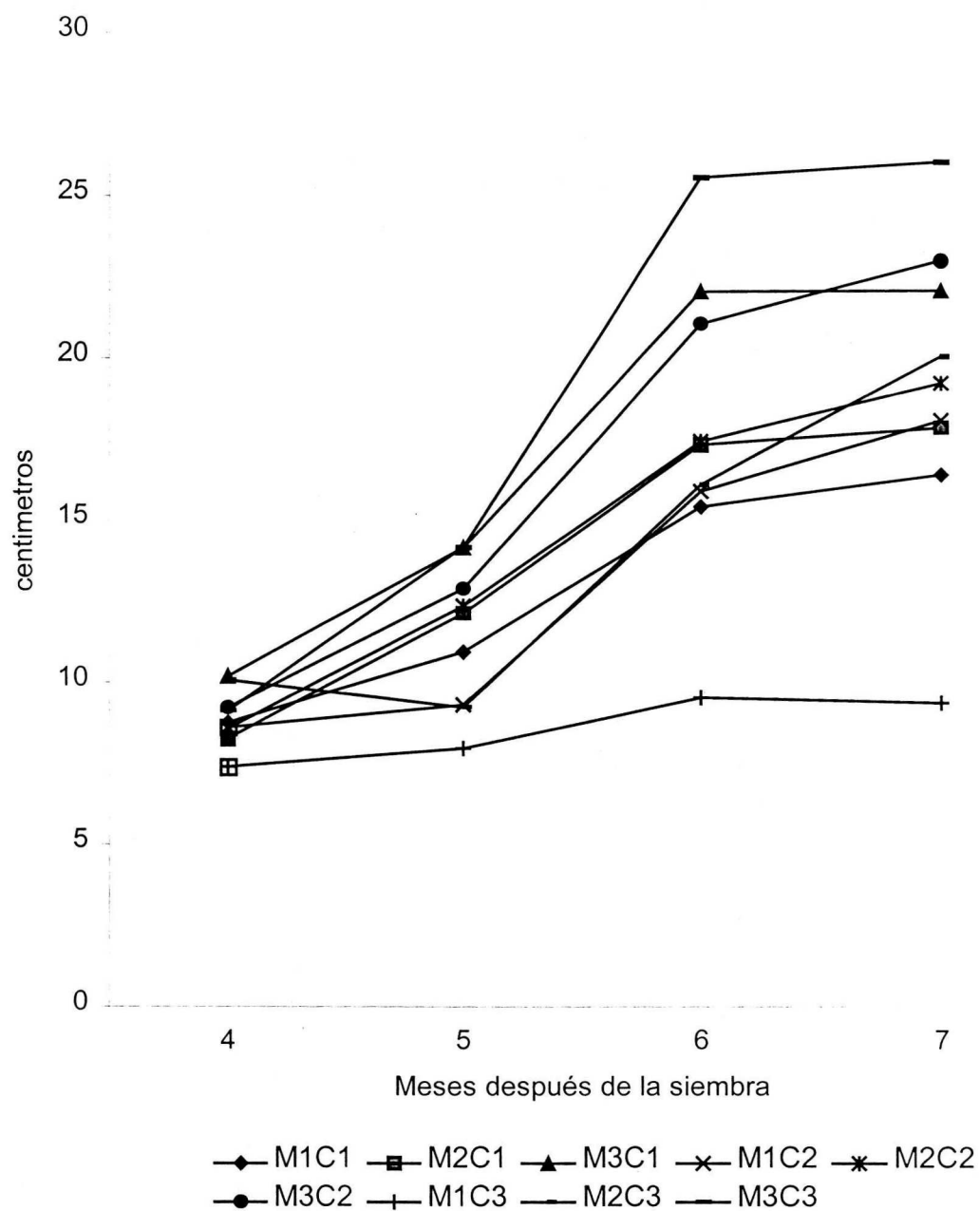


Figura 2. Comportamiento de la altura de *Abies religiosa* (HBK) Schl. et Cham., en nueve tratamientos formados por tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

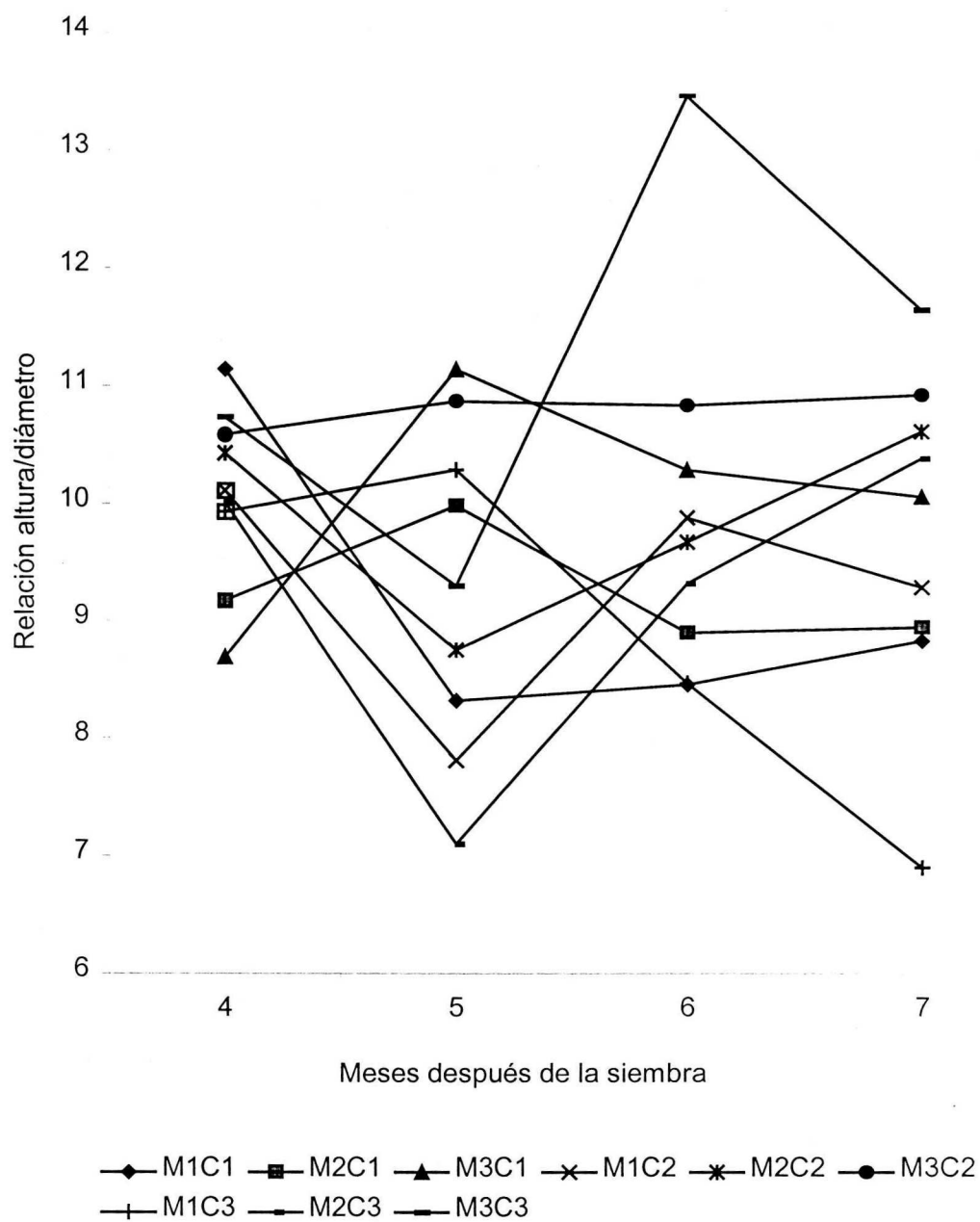


Figura 3. Comportamiento de la relación altura/diámetro de *Abies religiosa* (HBK) Schl. et Cham., en nueve tratamientos formados por tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

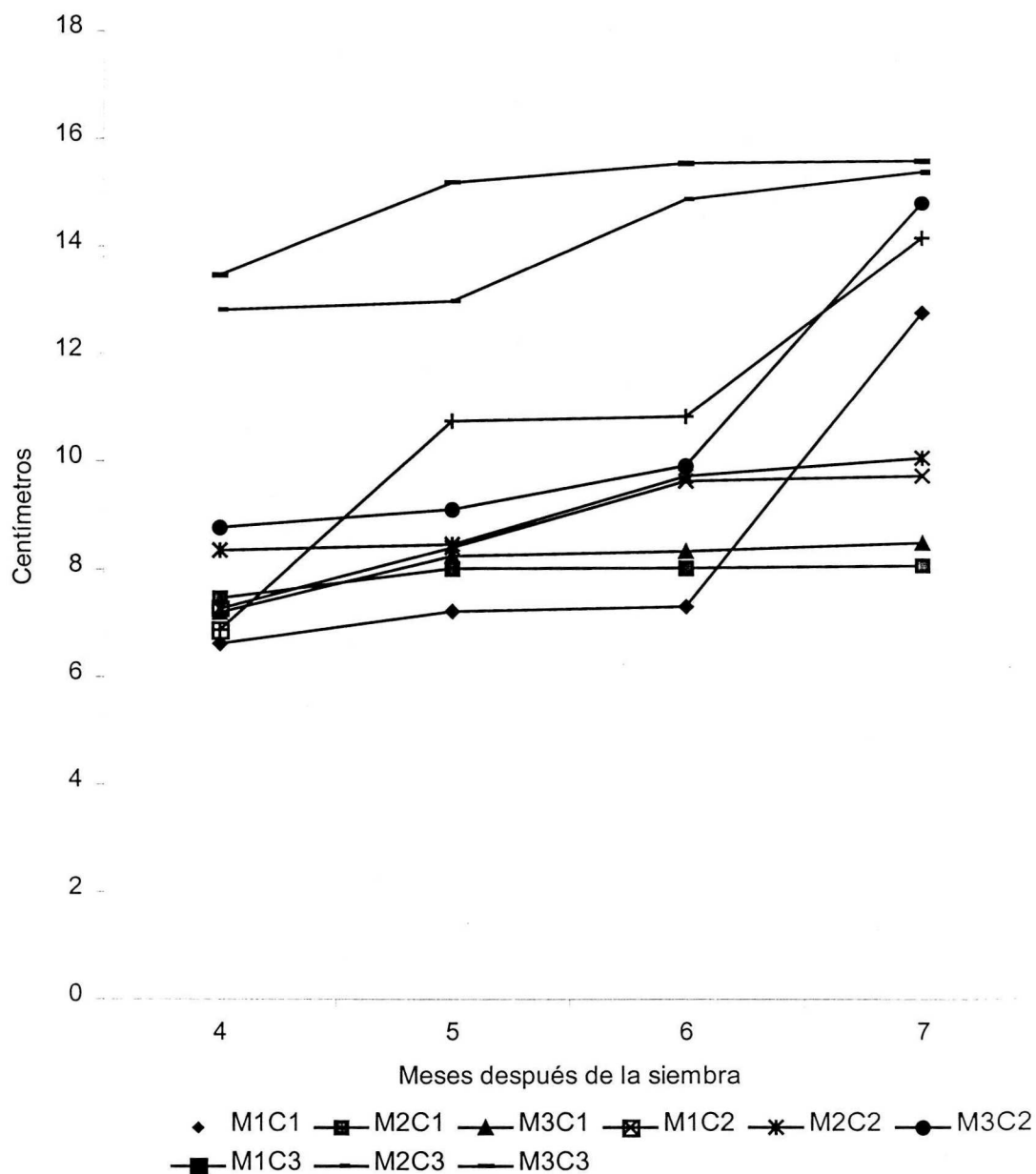


Figura 4. Comportamiento de la longitud de raíz de *Abies religiosa* (HBK) Schl. et Cham., en nueve tratamientos formados por tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

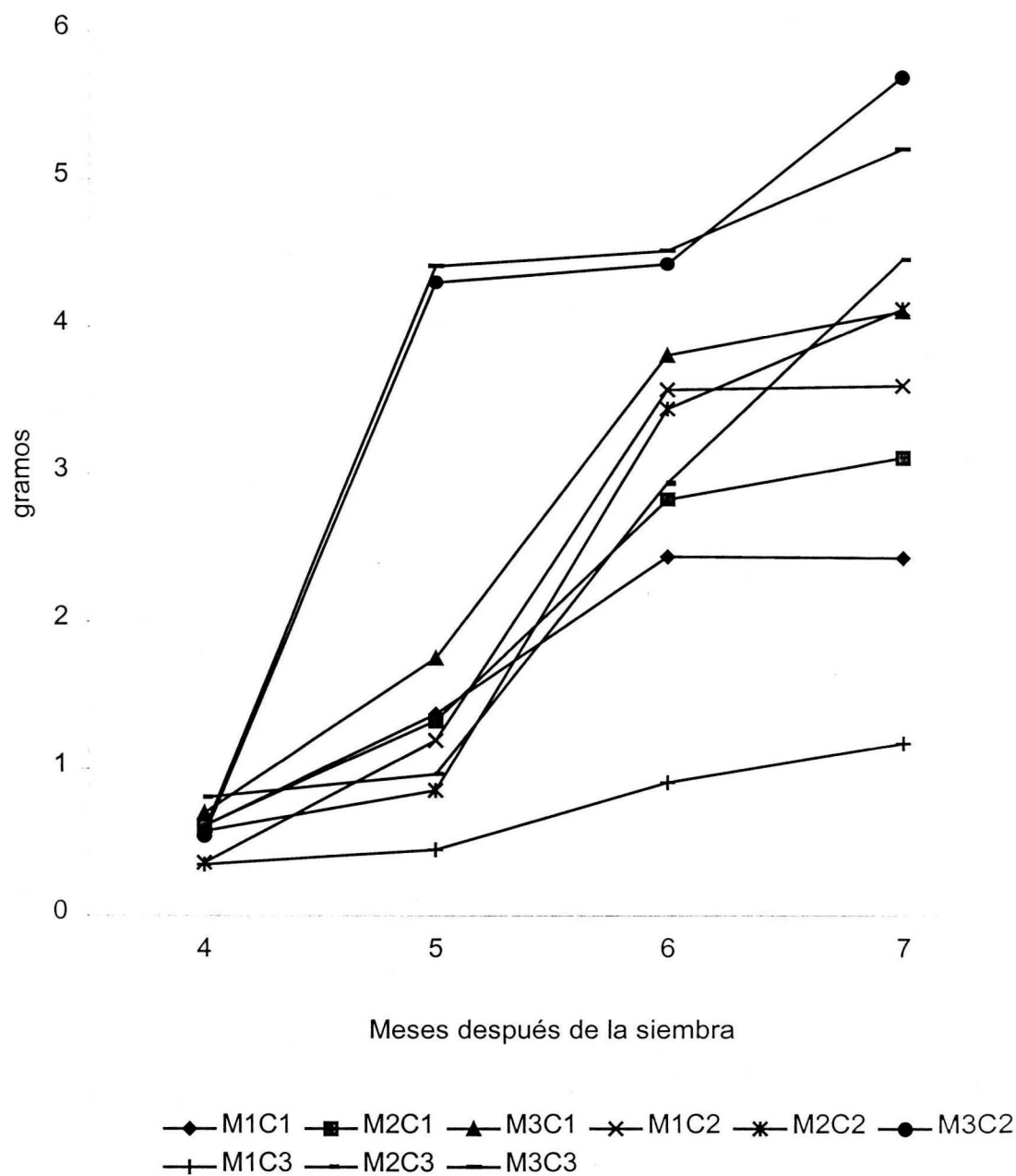


Figura 5. Comportamiento del peso fresco del tallo de *Abies religiosa* (HBK) Schl. et Cham., en nueve tratamientos formados por tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

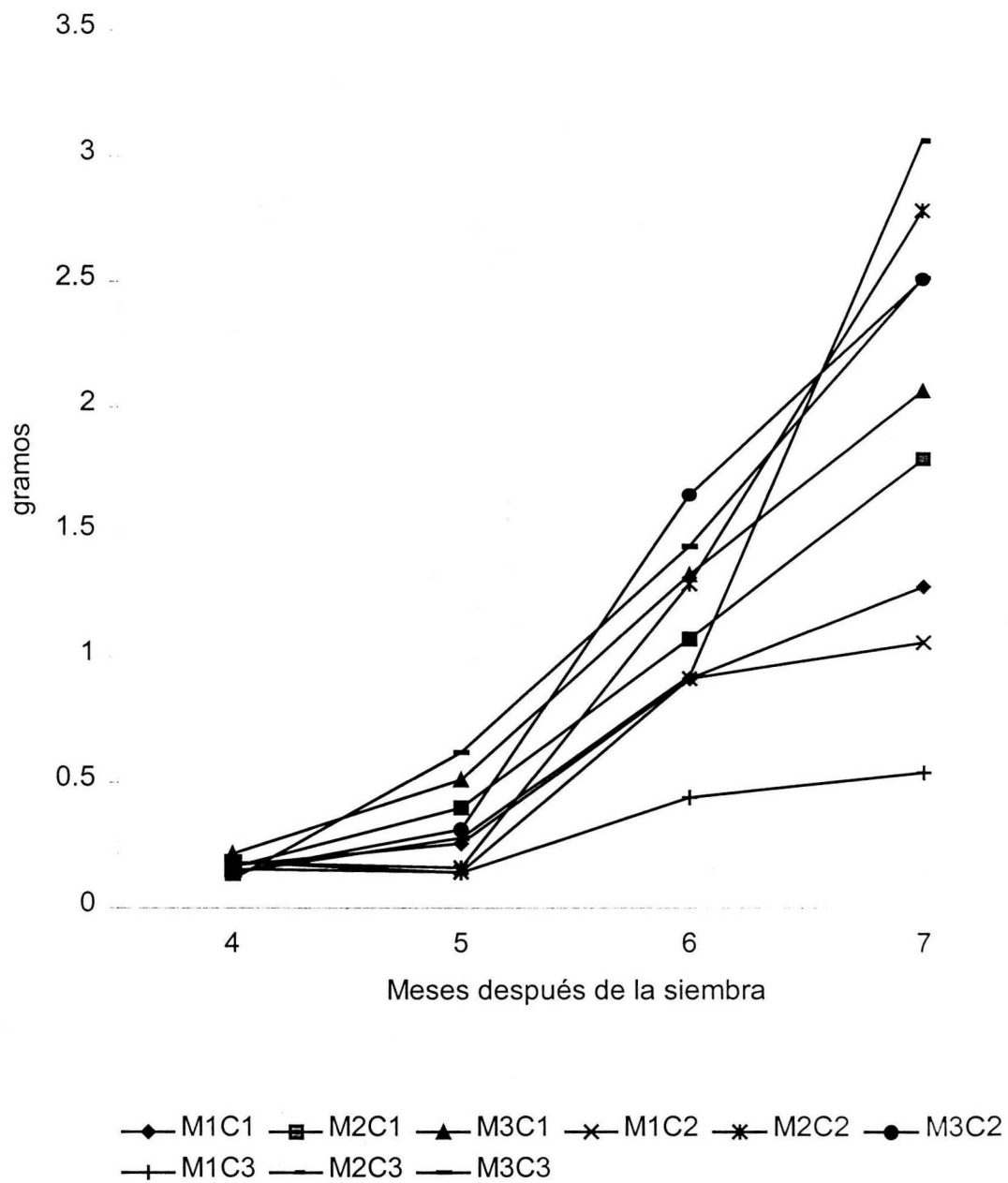


Figura 6. Comportamiento del peso fresco de la raíz de *Abies religiosa* (HBK) Schl. et Cham., en nueve tratamientos formados por tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

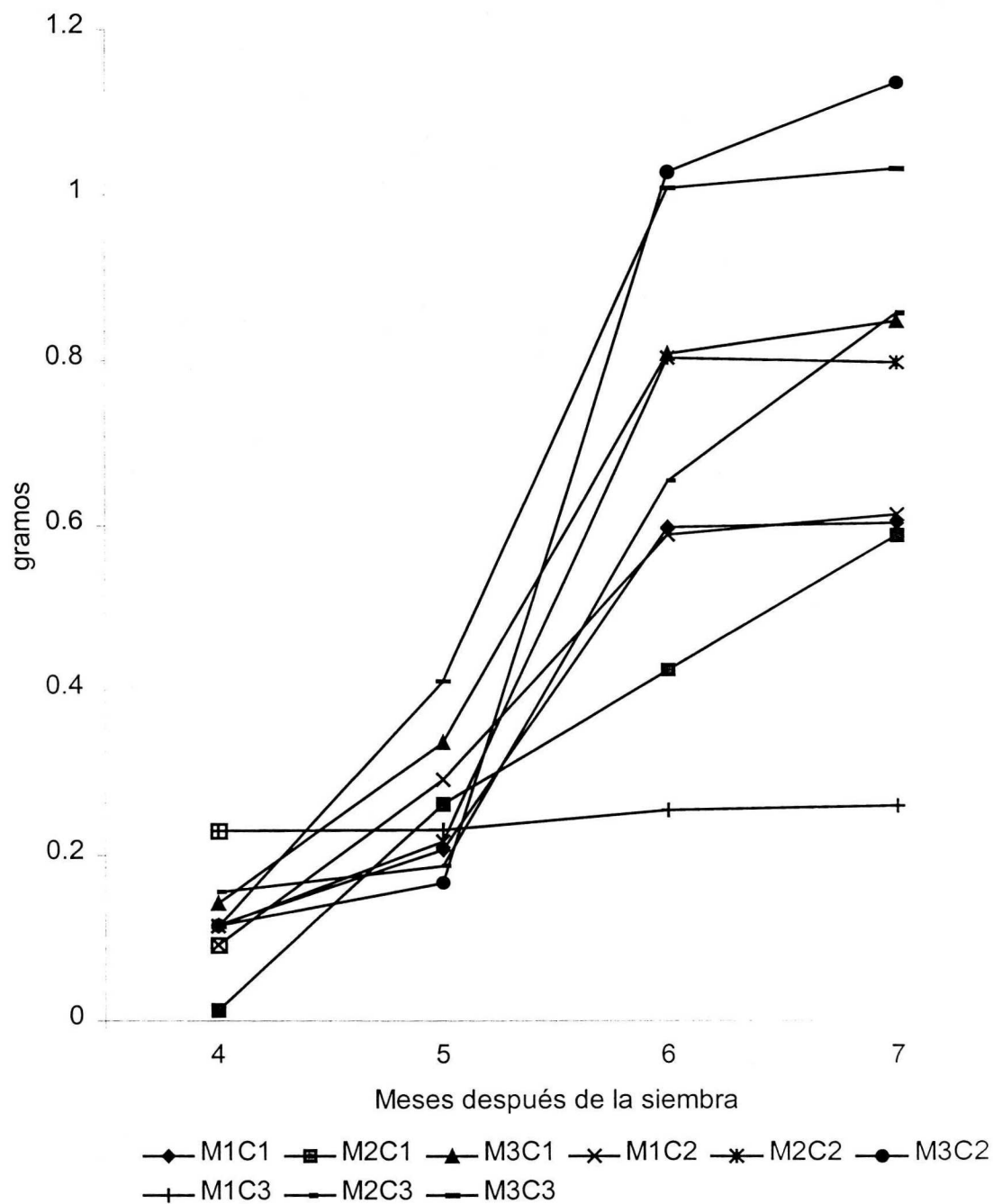


Figura 7. Comportamiento del peso seco del tallo de *Abies religiosa* (HBK) Schl. et Cham., en nueve tratamientos formados por tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

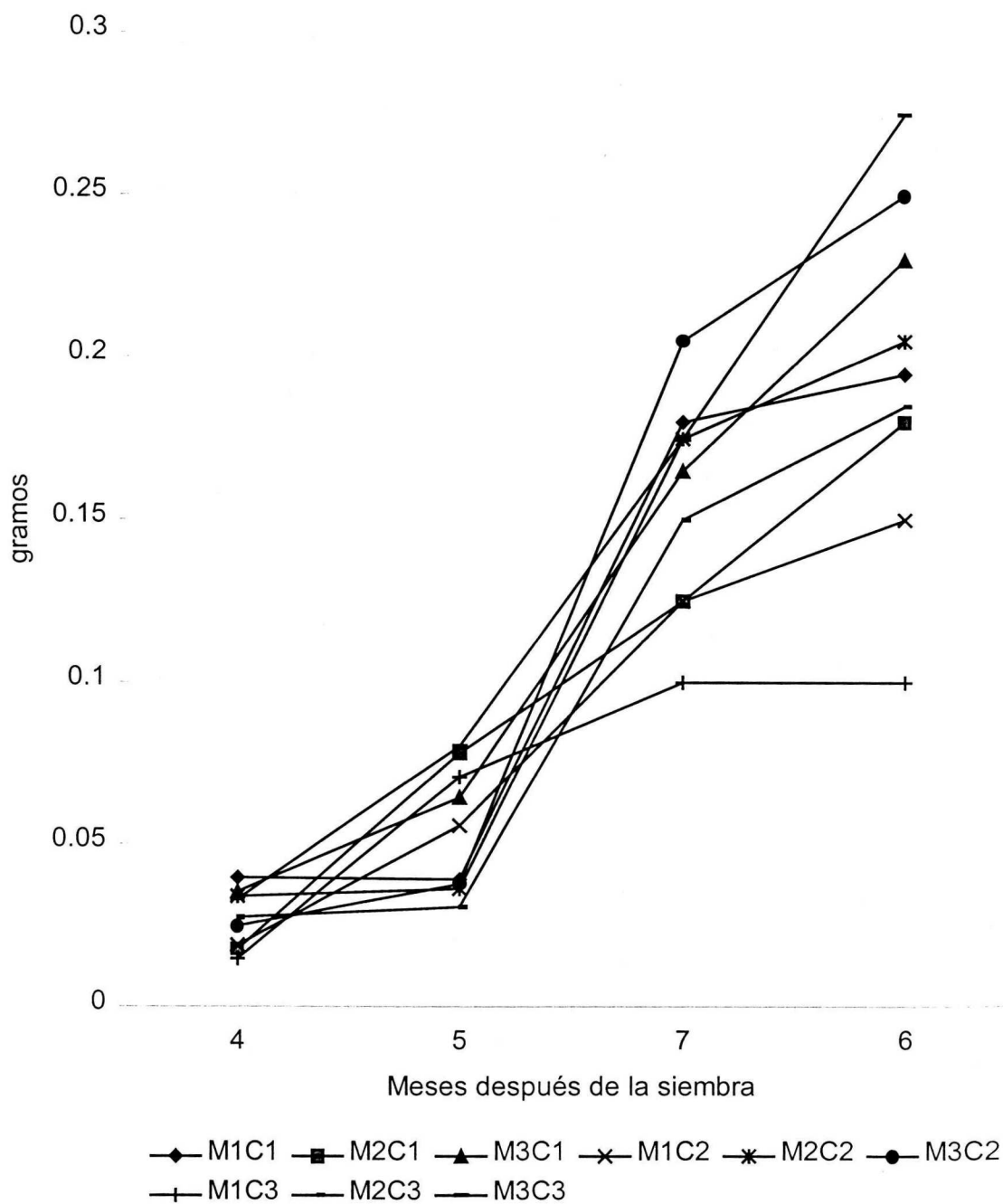


Figura 8. Comportamiento del peso seco de la raíz de *Abies religiosa* (HBK) Schl. et Cham., en nueve tratamientos formados por tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

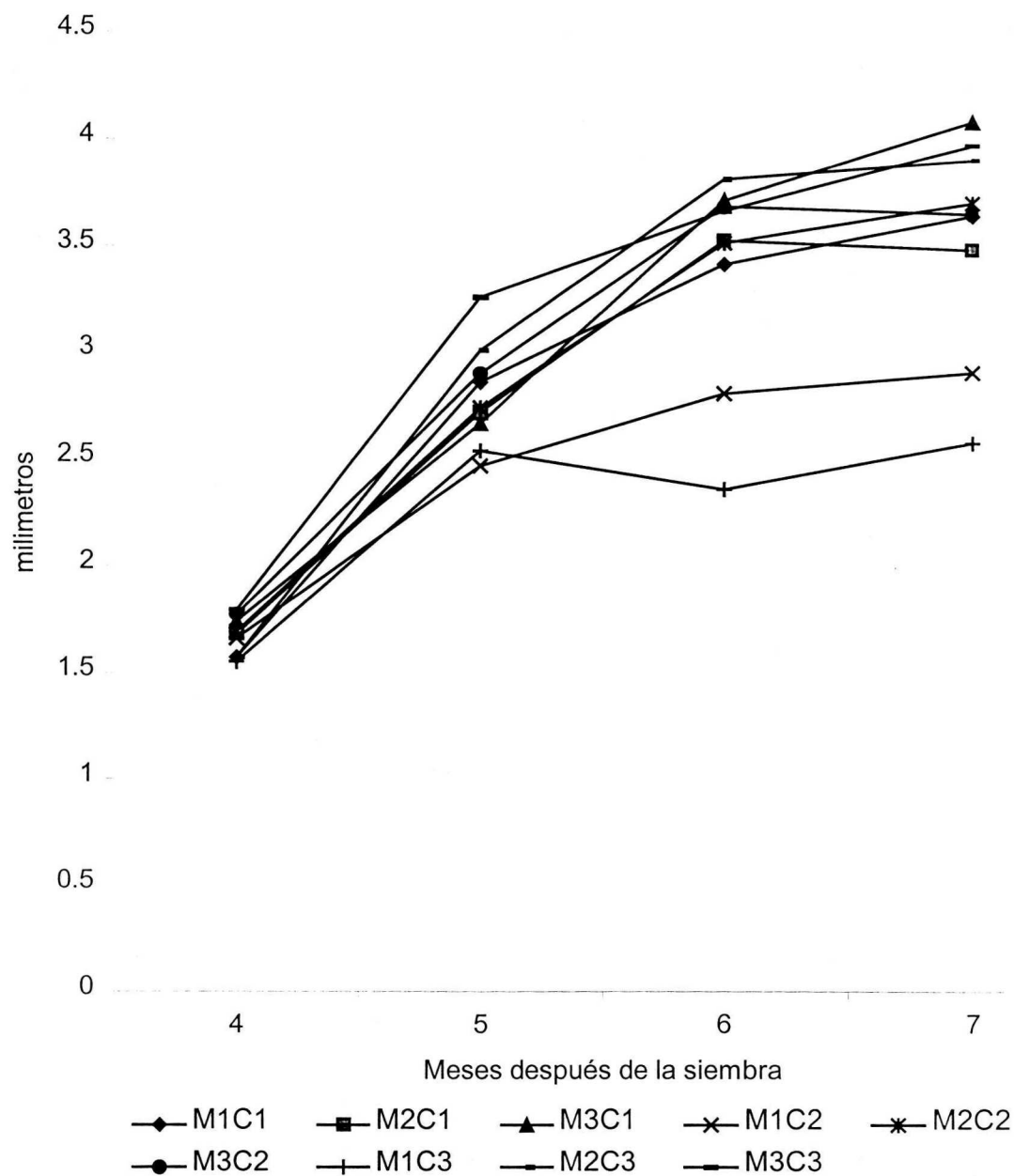


Figura 9. Comportamiento del diámetro de *Pinus ayacahuite* var. *veitchii* Shaw, en nueve tratamientos formados por tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra en el vivero San Luis Tlaxiátemalco, Distrito Federal.

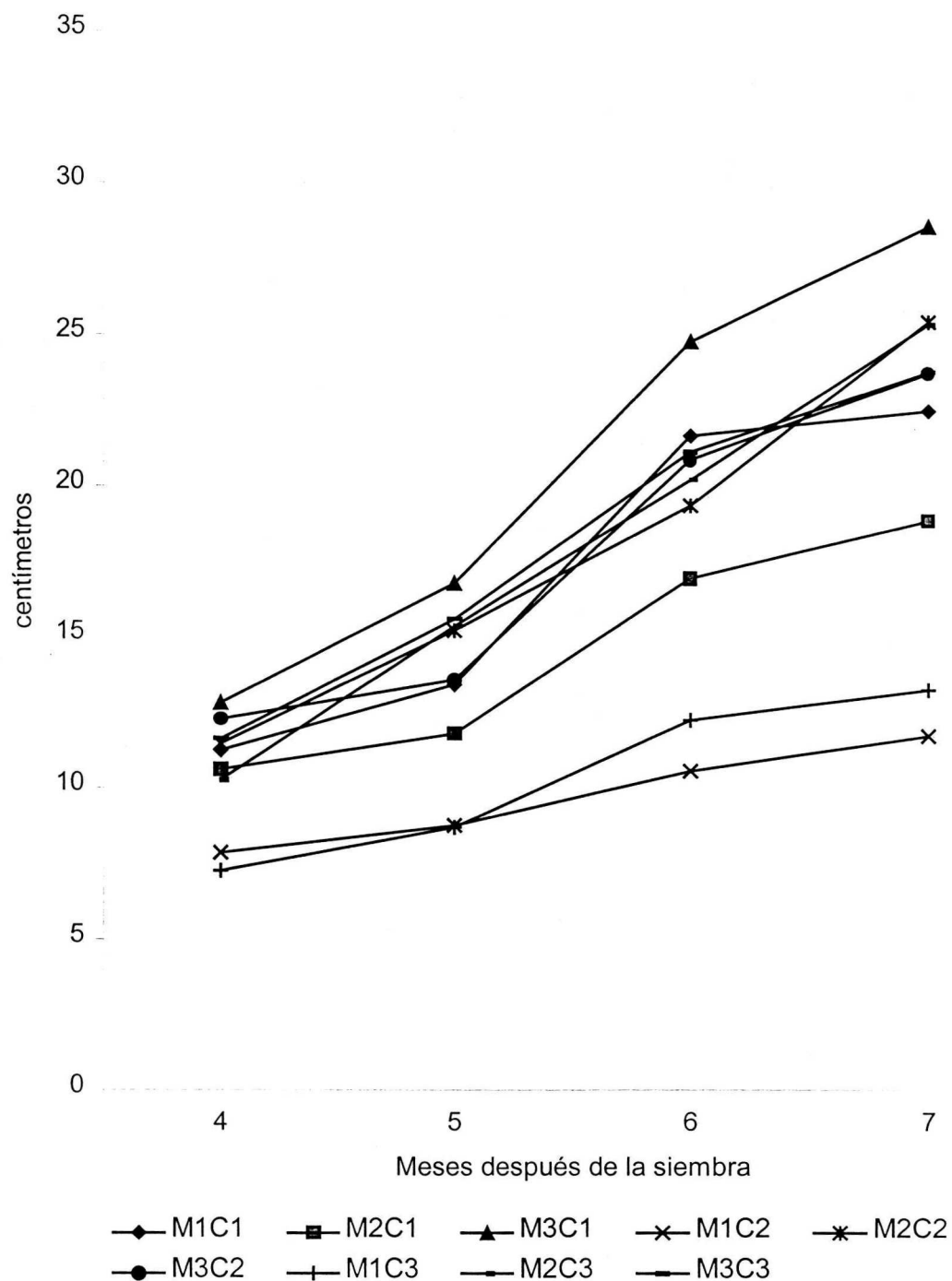


Figura 10. Comportamiento de la altura de *Pinus ayacahuite* var. *veitchii* Shaw, en nueve tratamientos formados por tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

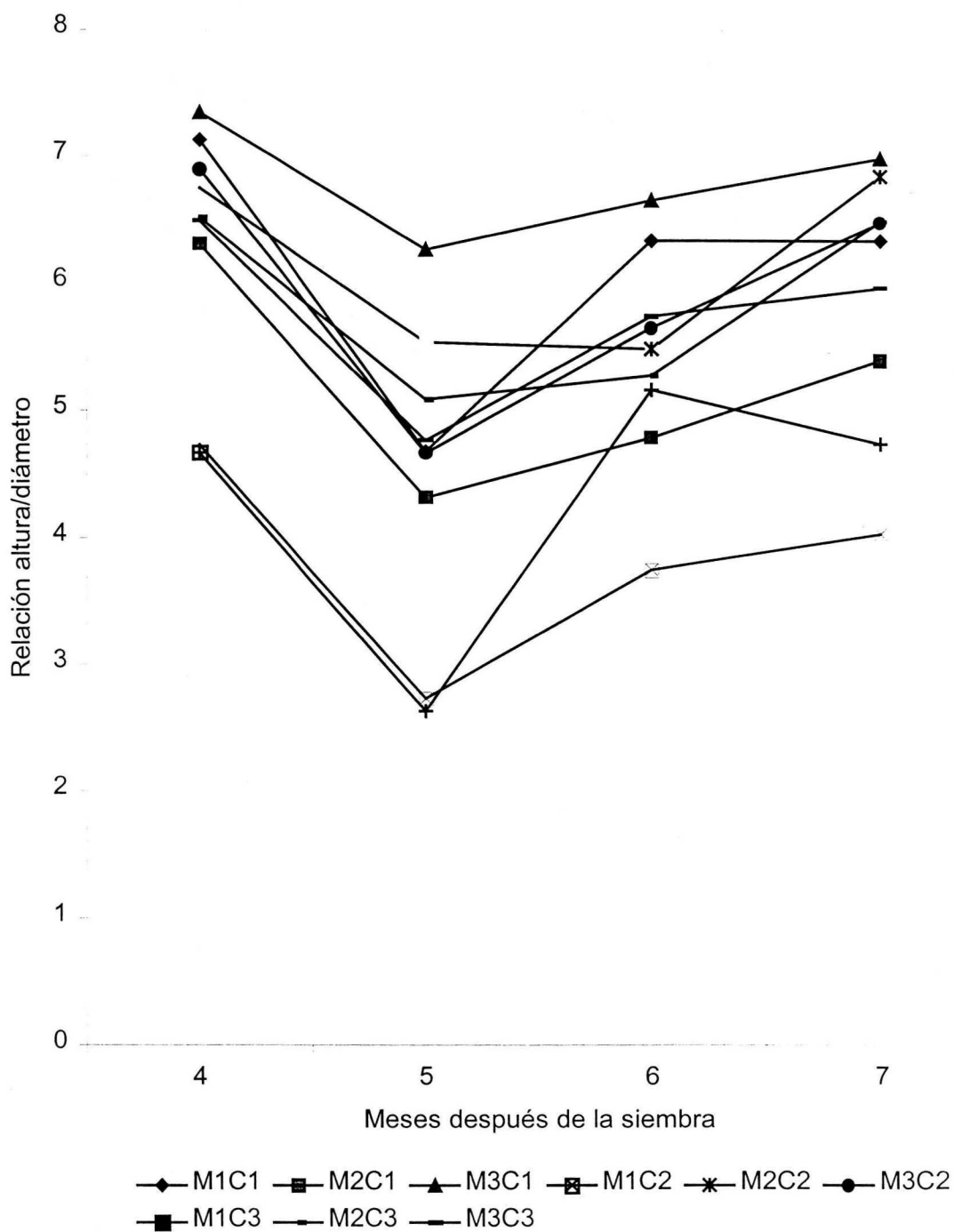


Figura 11. Comportamiento de la relación altura/diámetro de *Pinus ayacahuite* var. *veitchii* Shaw, en nueve tratamientos formados por tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

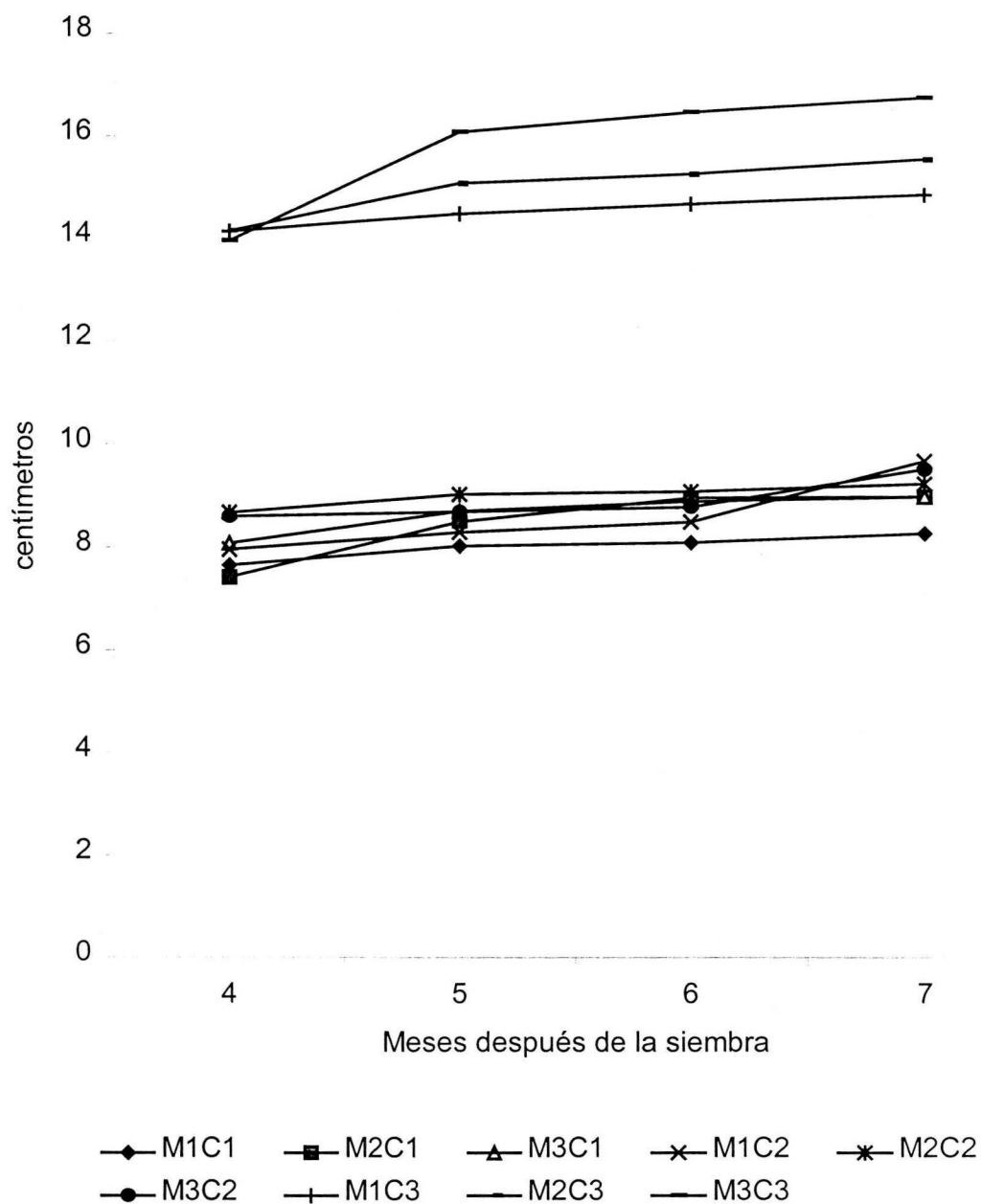


Figura 12. Comportamiento de la longitud de raíz de *Pinus ayacahuite* var. *veitchii* Shaw, en nueve tratamientos formados por tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

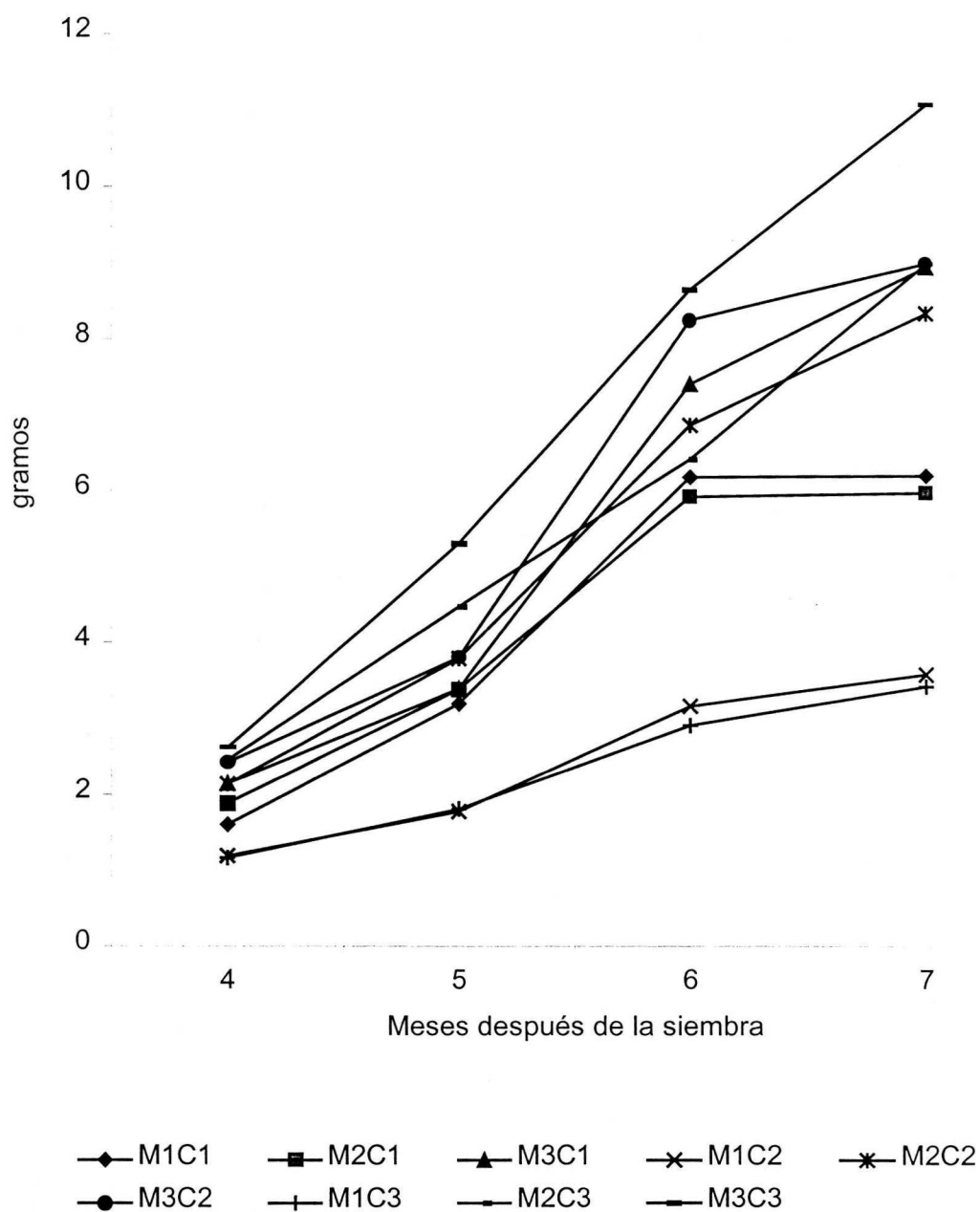


Figura 13. Comportamiento del peso fresco del tallo de *Pinus ayacahuite* var. *veitchii* Shaw, en nueve tratamientos formados por tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

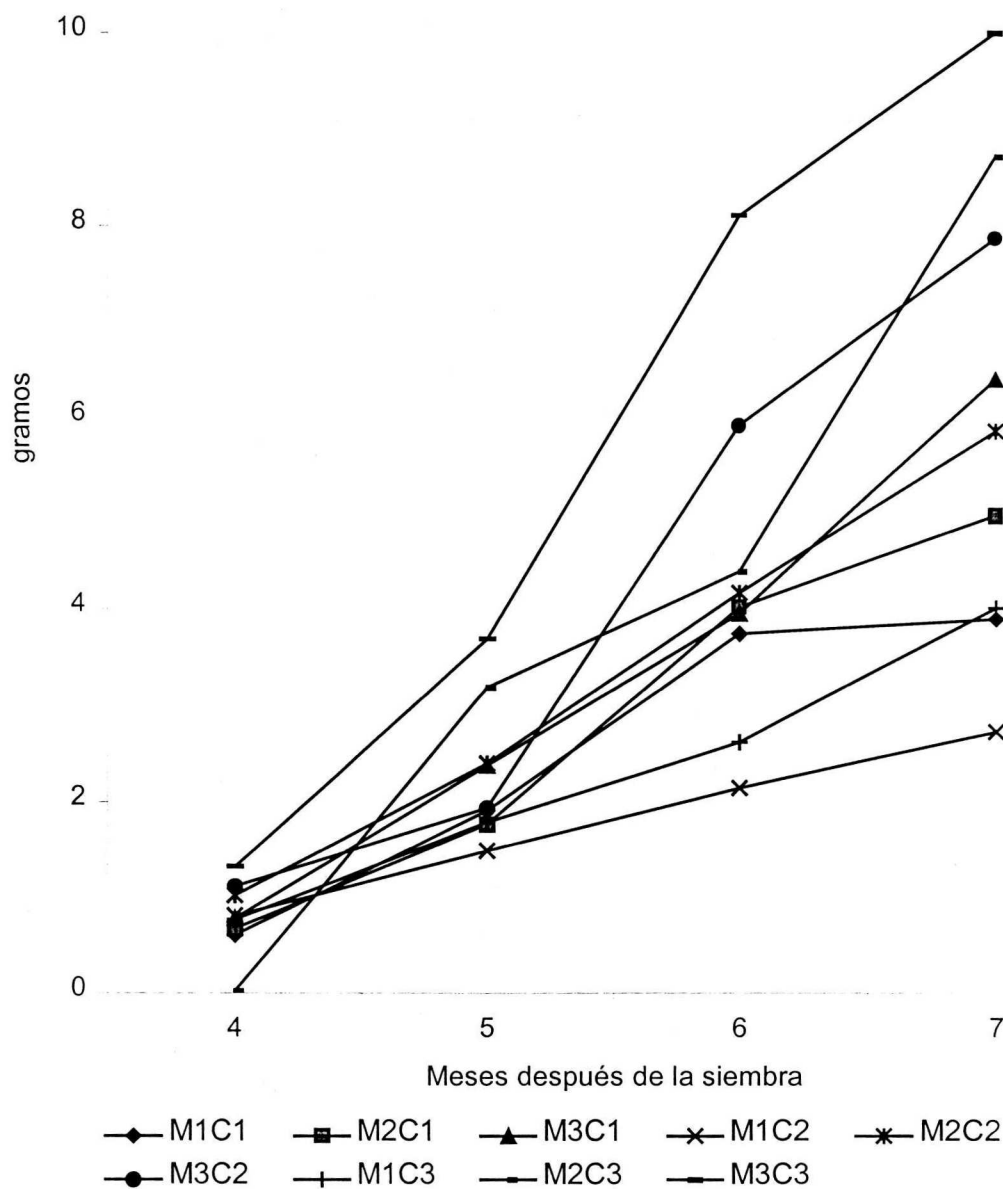


Figura 14. Comportamiento del peso fresco de la raíz de *Pinus ayacahuite* var. *veitchii* Shaw, en nueve tratamientos formados por tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

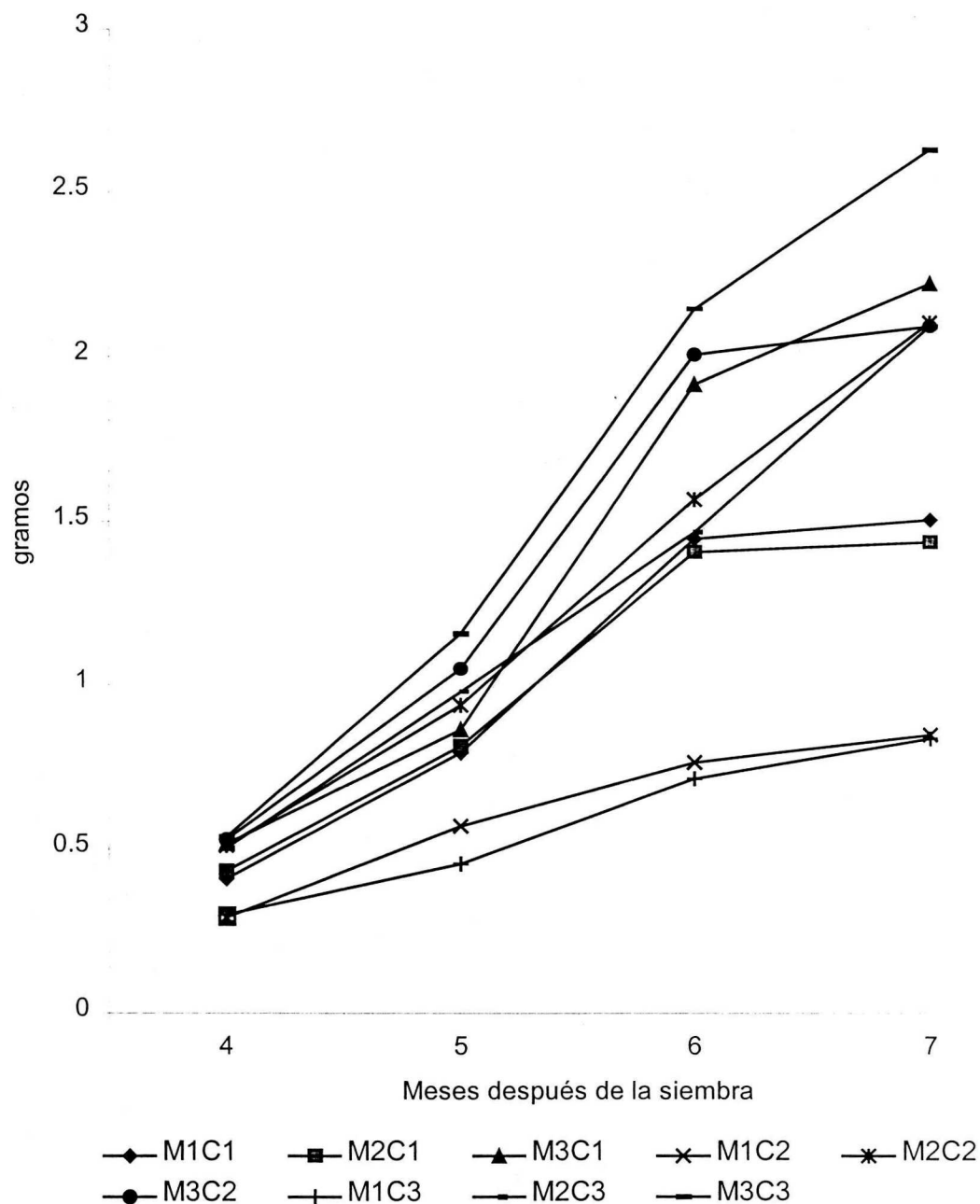


Figura 15. Comportamiento del peso seco del tallo de *Pinus ayacahuite* var. *veitchii* Shaw, en nueve tratamientos formados por tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

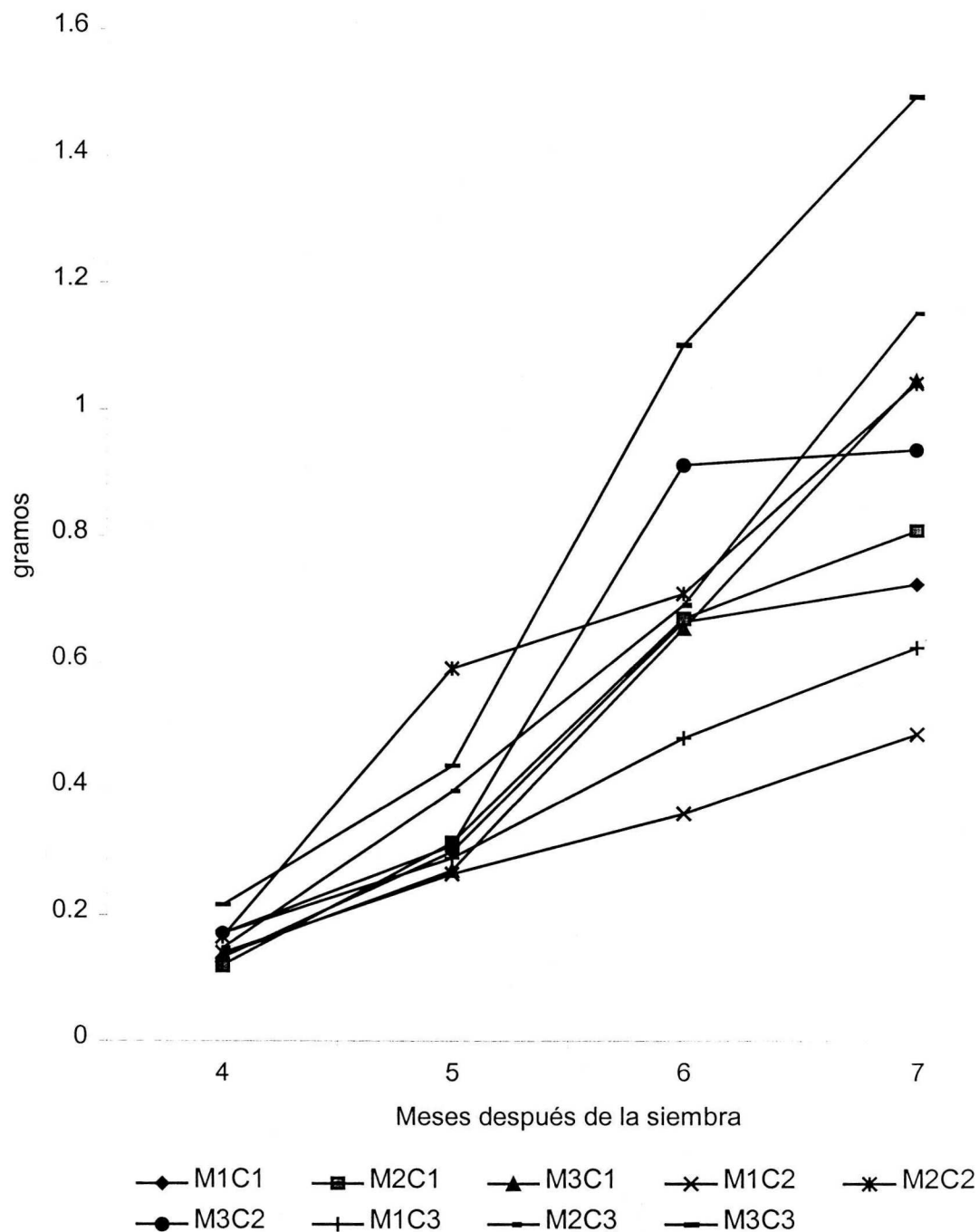


Figura 16. Comportamiento del peso seco de la raíz de *Pinus ayacahuite* var. *veitchii* Shaw, en nueve tratamientos formados por tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

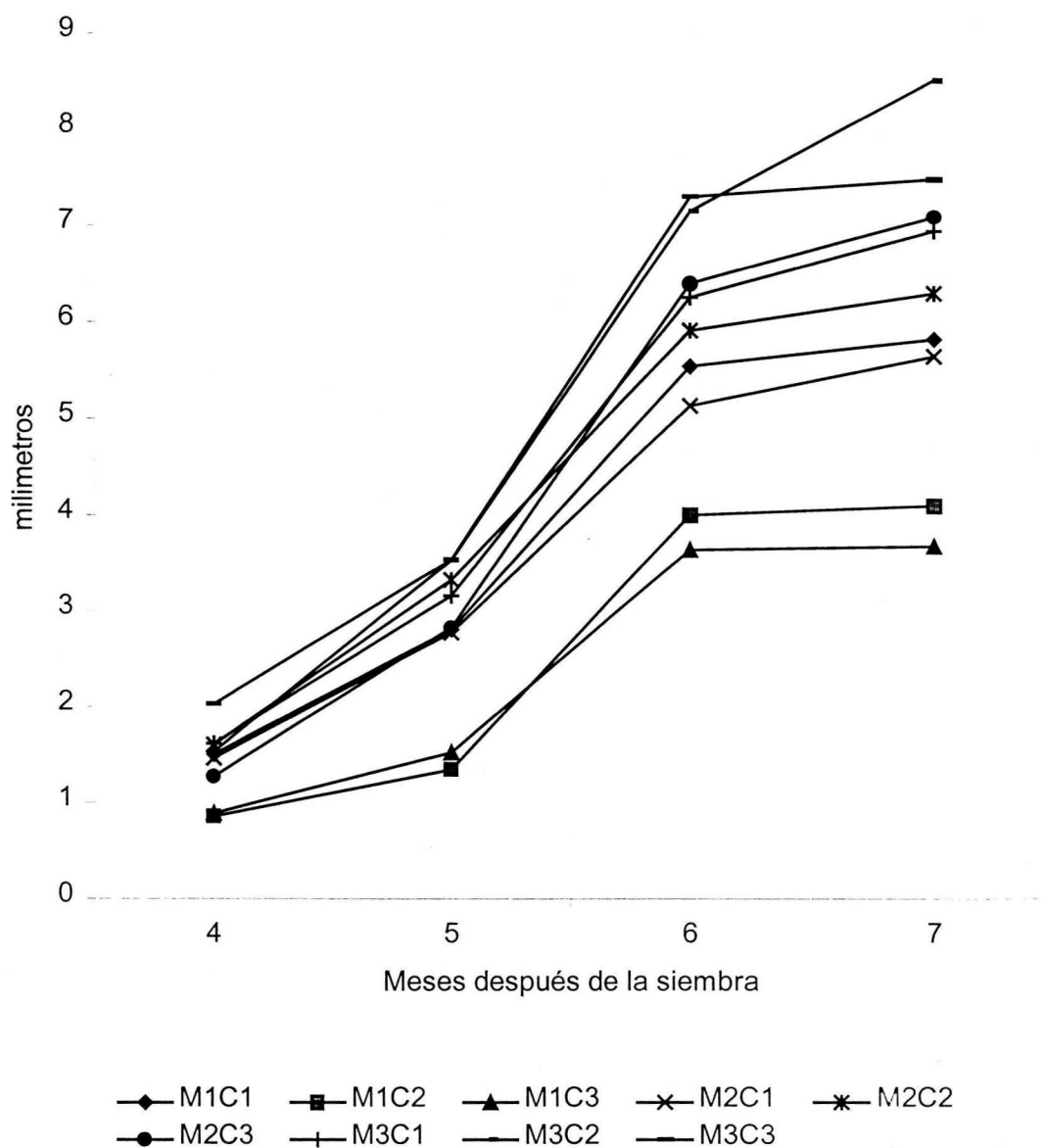


Figura 17. Comportamiento del diámetro de *Pinus montezumae* Lamb., en nueve tratamientos formados por tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

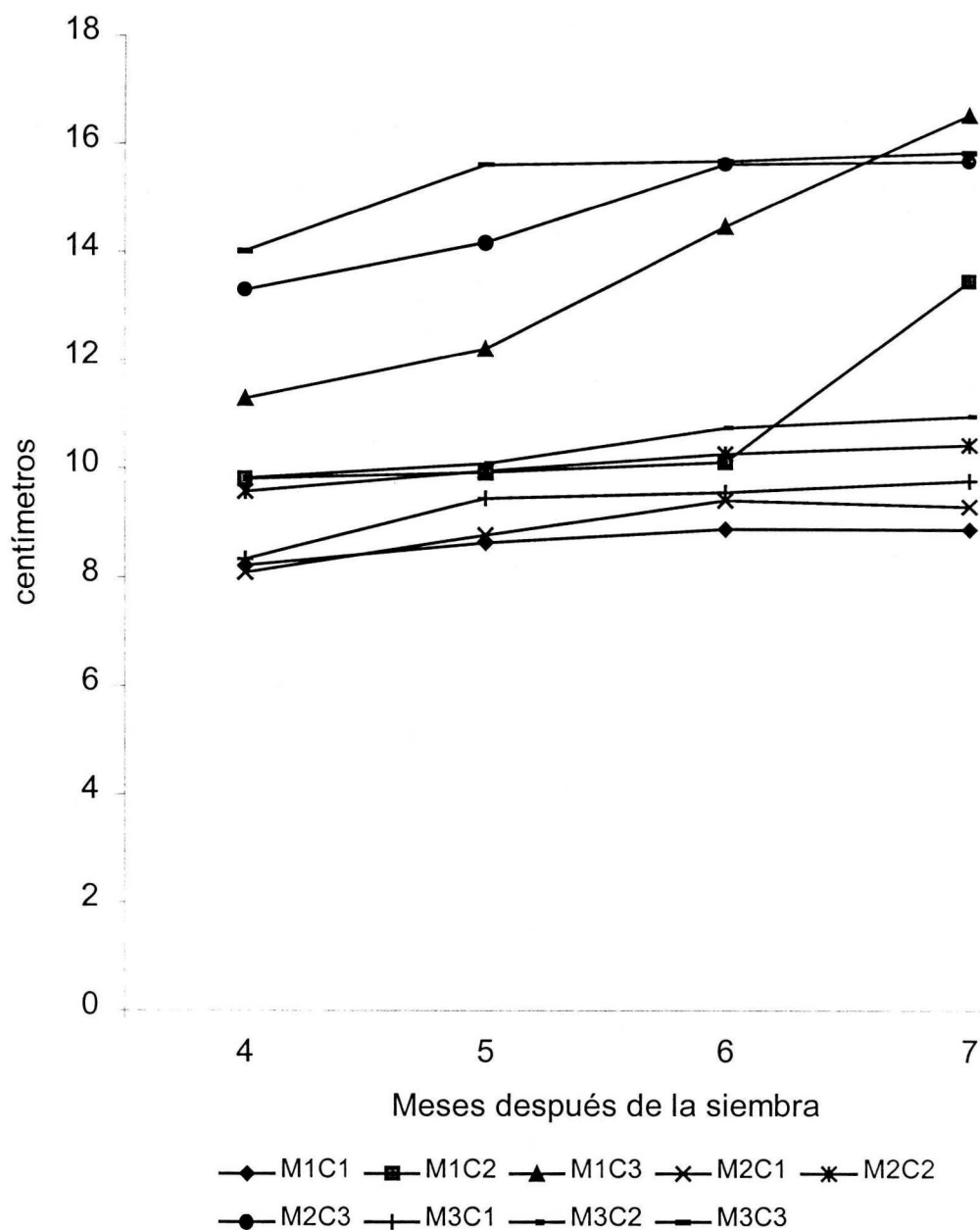


Figura 18. Comportamiento de la longitud de raíz de *Pinus montezumae* Lamb., en nueve tratamientos formados por tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

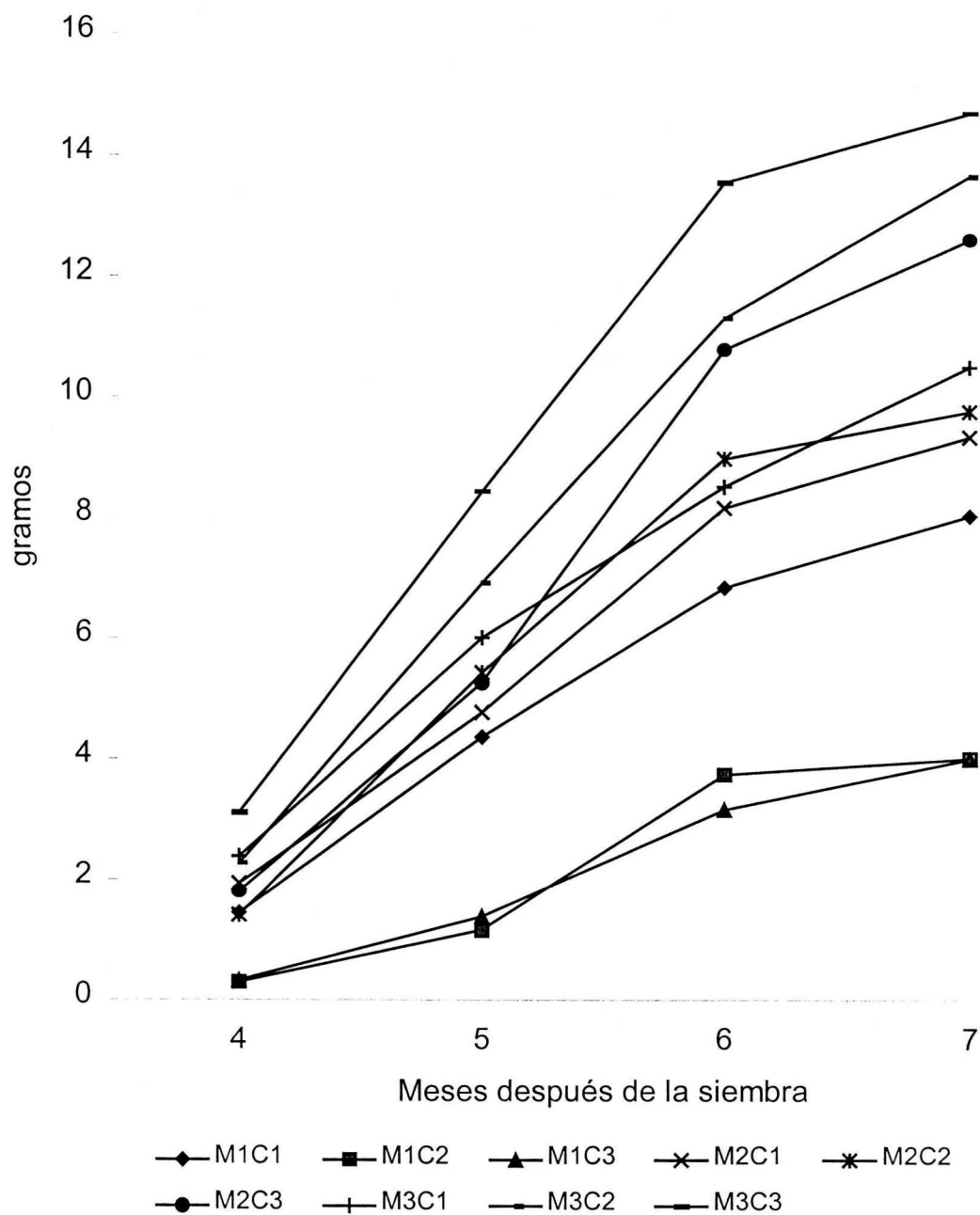


Figura 19. Comportamiento del peso fresco del tallo de *Pinus montezumae* Lamb., en nueve tratamientos formados por tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

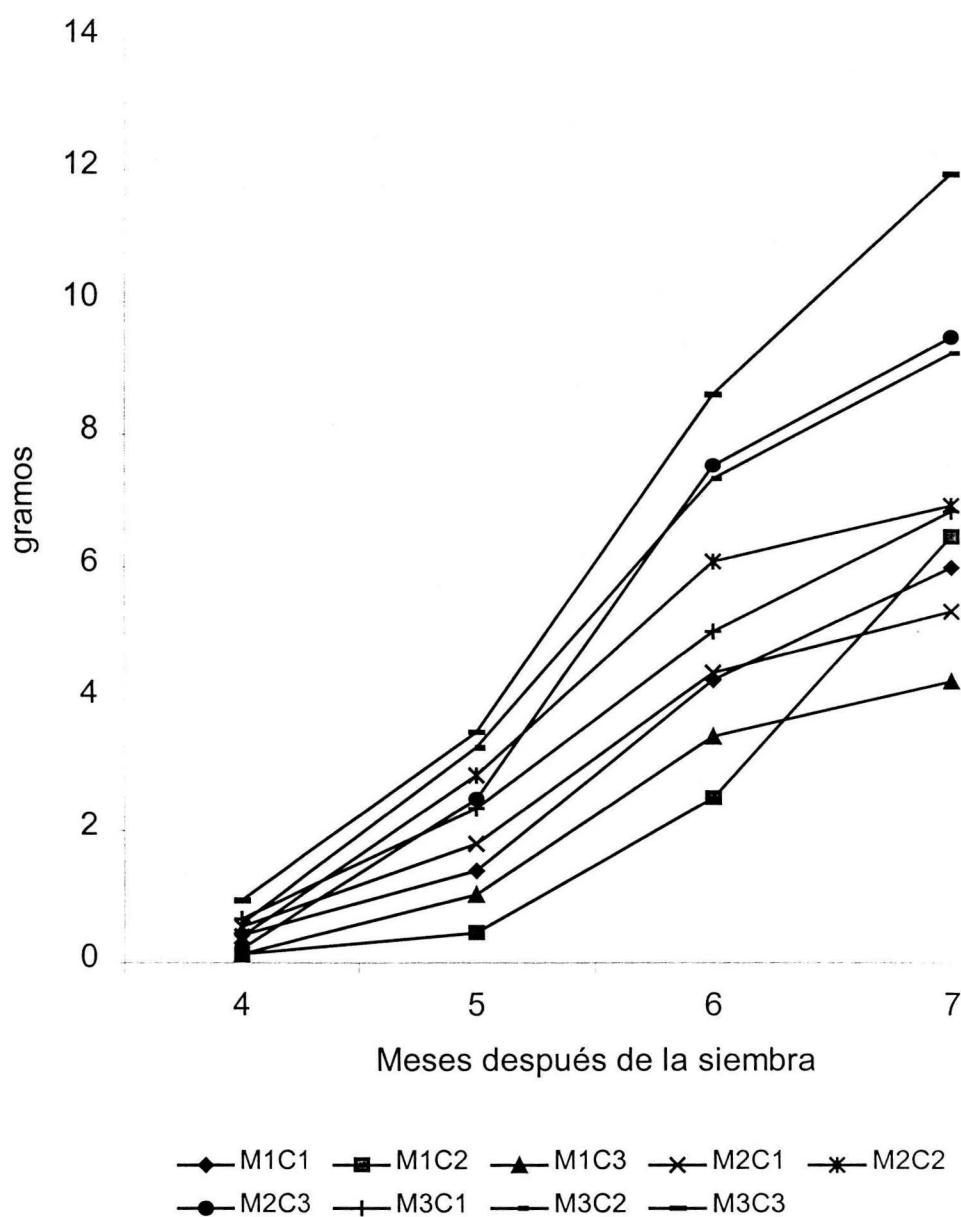


Figura 20. Comportamiento del peso fresco de la raíz de *Pinus montezumae* Lamb., en nueve tratamientos formados por tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

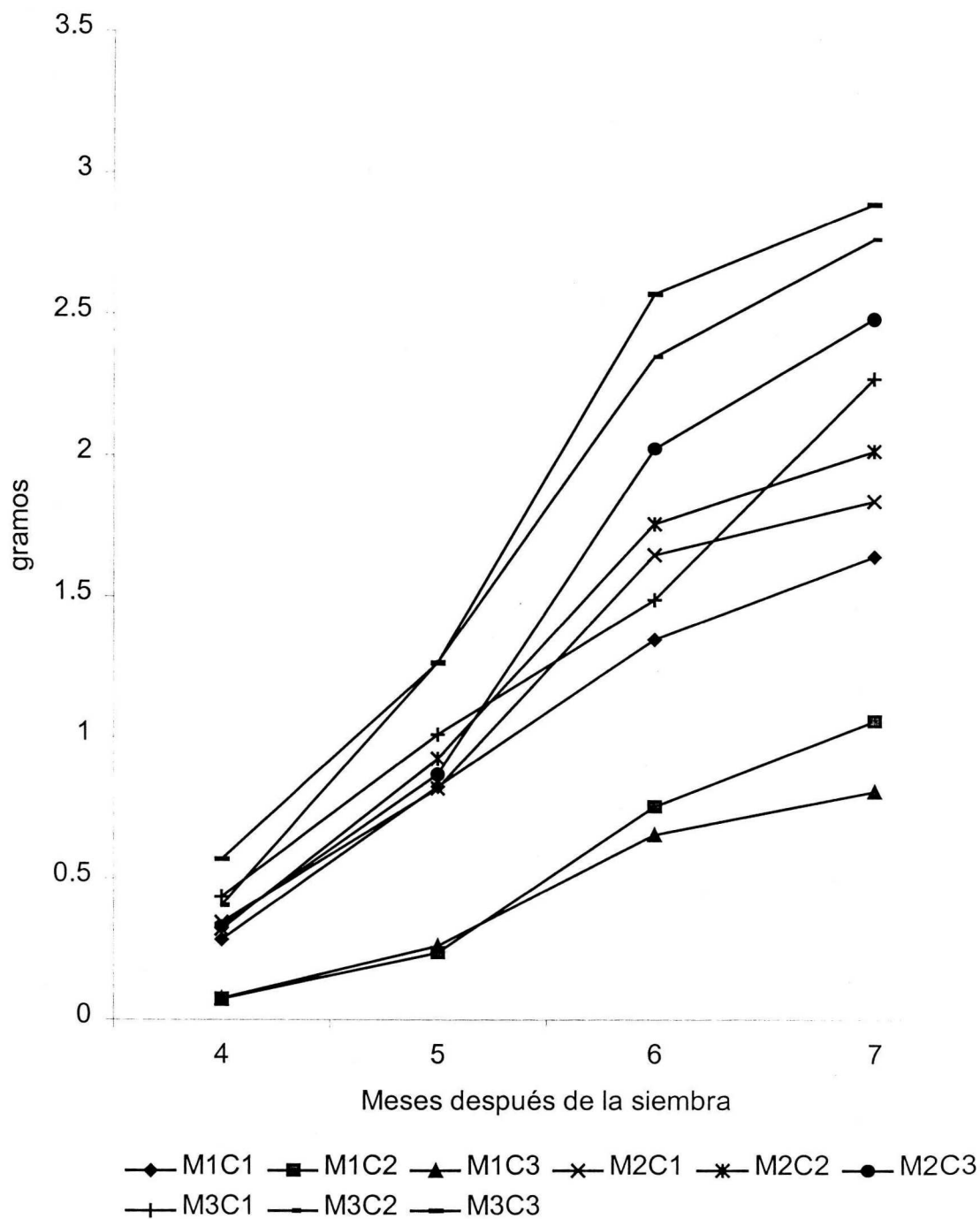


Figura 21. Comportamiento del peso seco del tallo de *Pinus montezumae* Lamb., en nueve tratamientos formados por tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

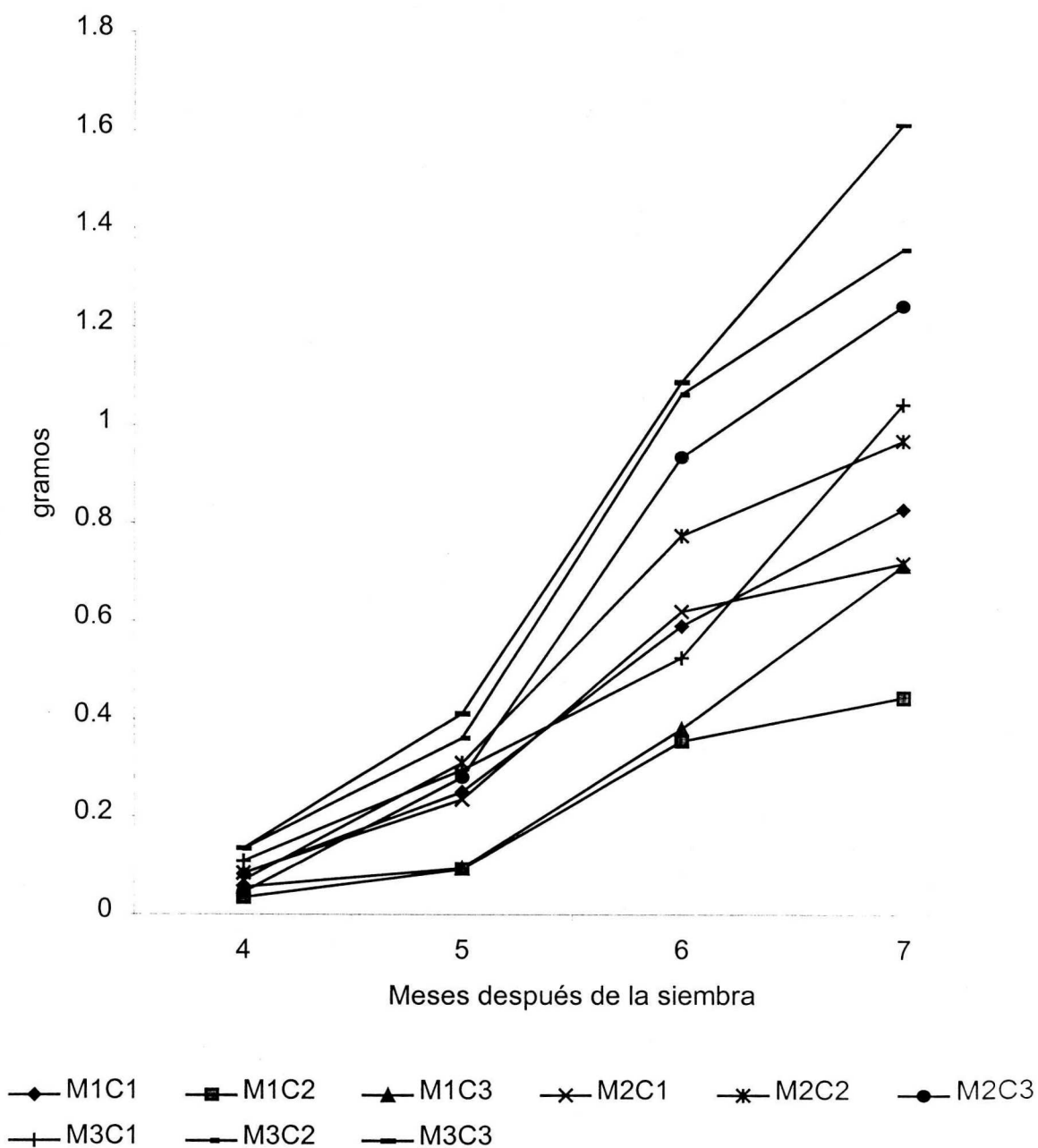


Figura 22. Comportamiento del peso seco de la raíz de *Pinus montezumae* Lamb., en nueve tratamientos formados por tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

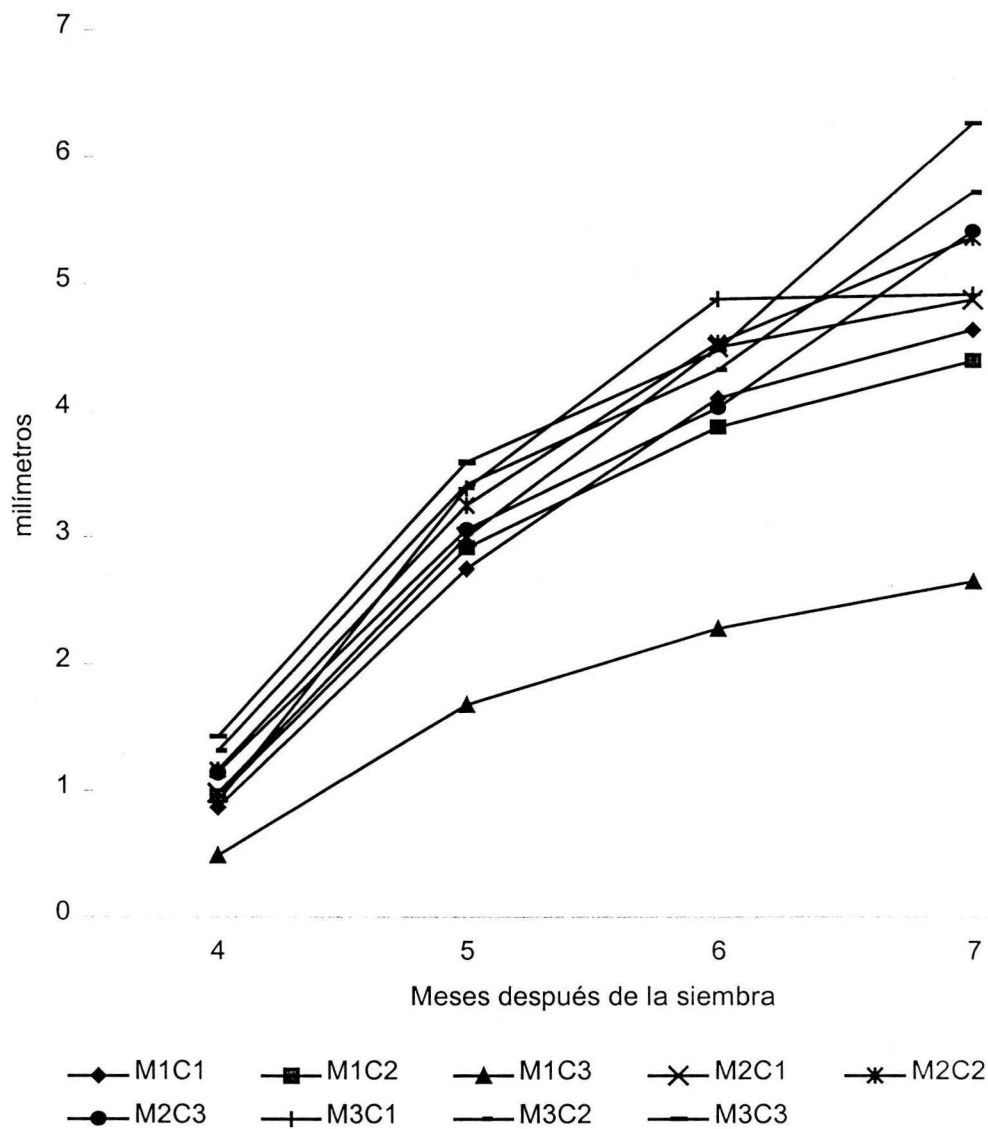


Figura 23. Comportamiento del diámetro de *Pinus hartwegii* Lindl., en nueve tratamientos formados por tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxiátemalco, Distrito Federal.

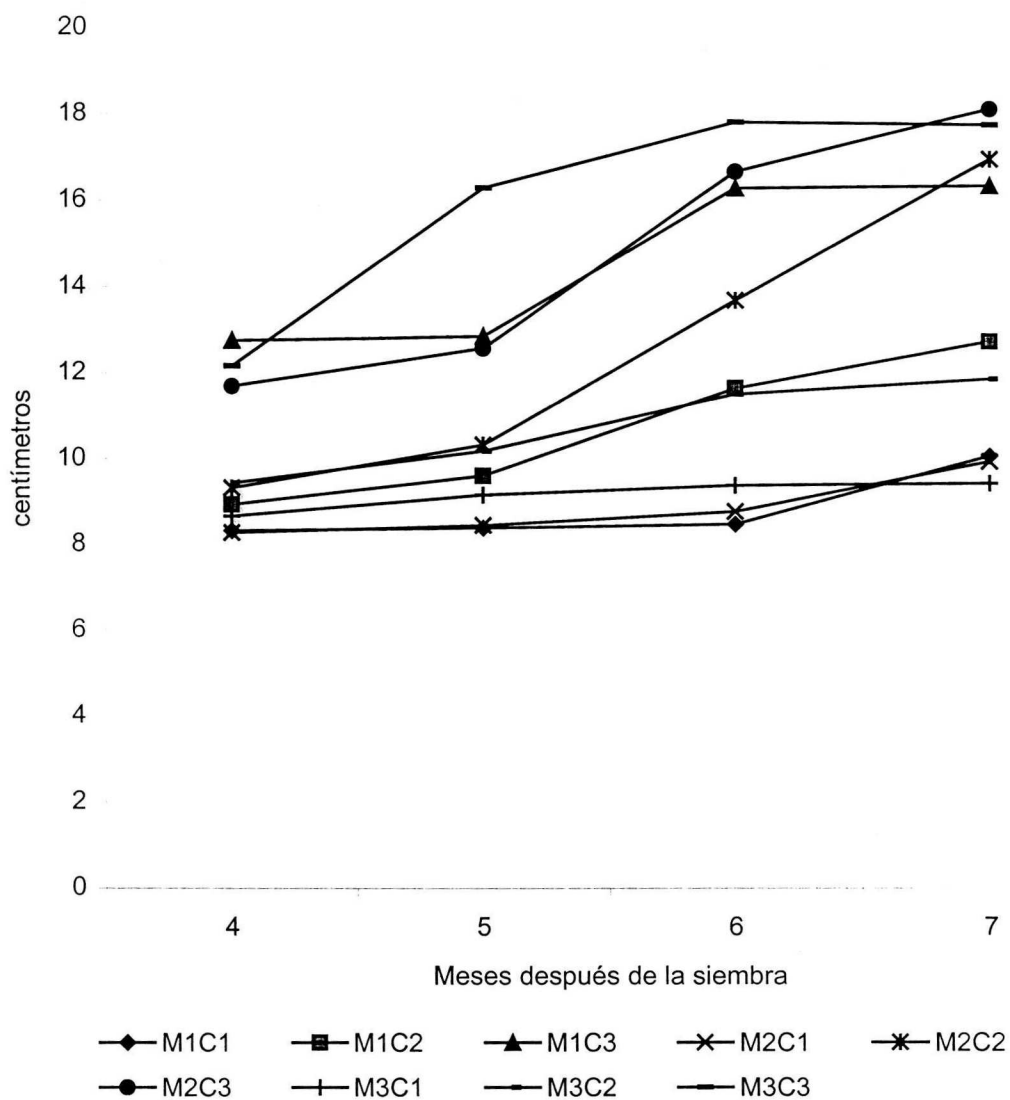


Figura 24. Comportamiento de la longitud de raíz de *Pinus hartwegii* Lindl., en nueve tratamientos formados por tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

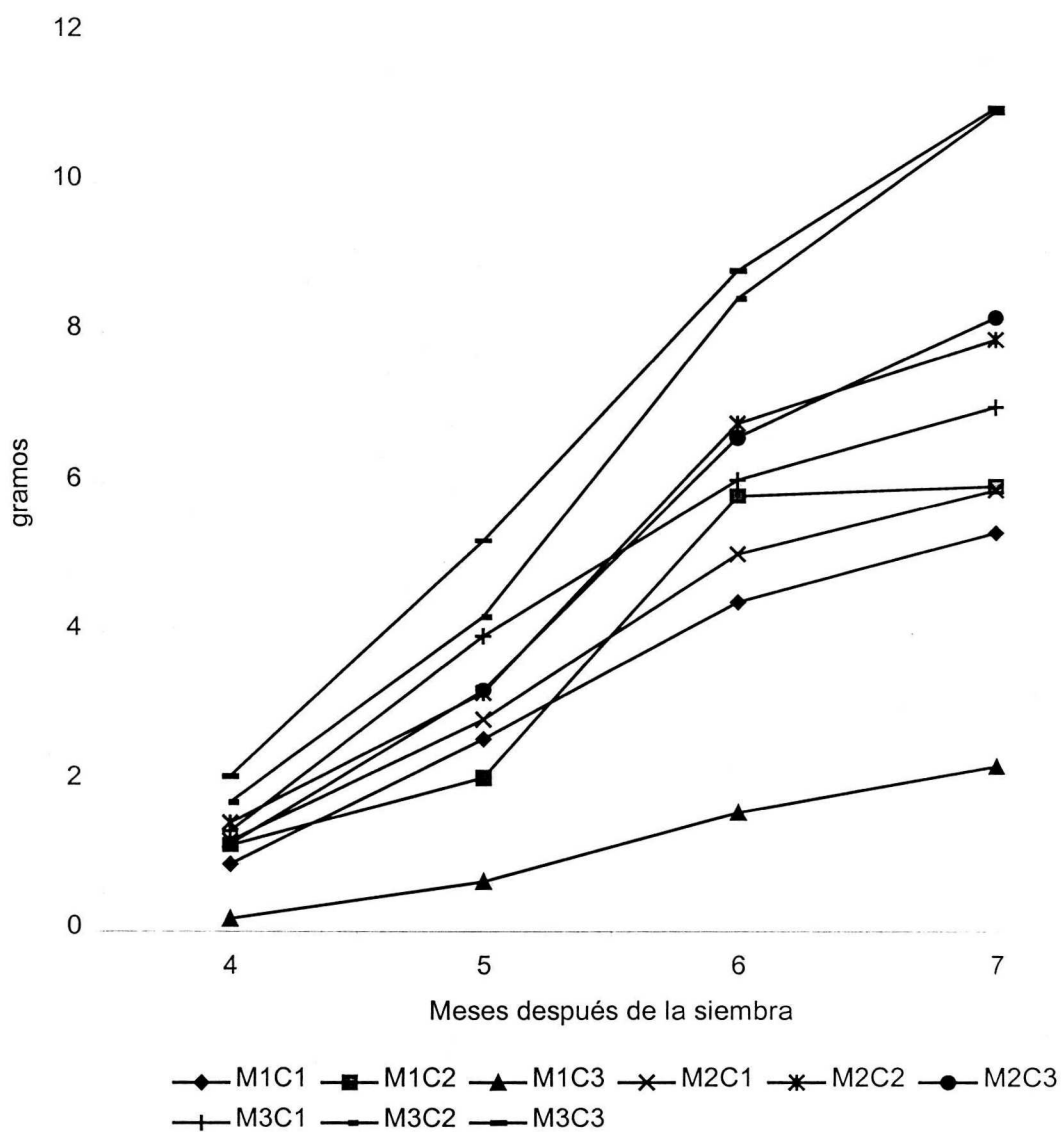


Figura 25. Comportamiento del peso fresco del tallo de *Pinus hartwegii* Lindl., en nueve tratamientos formados por tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

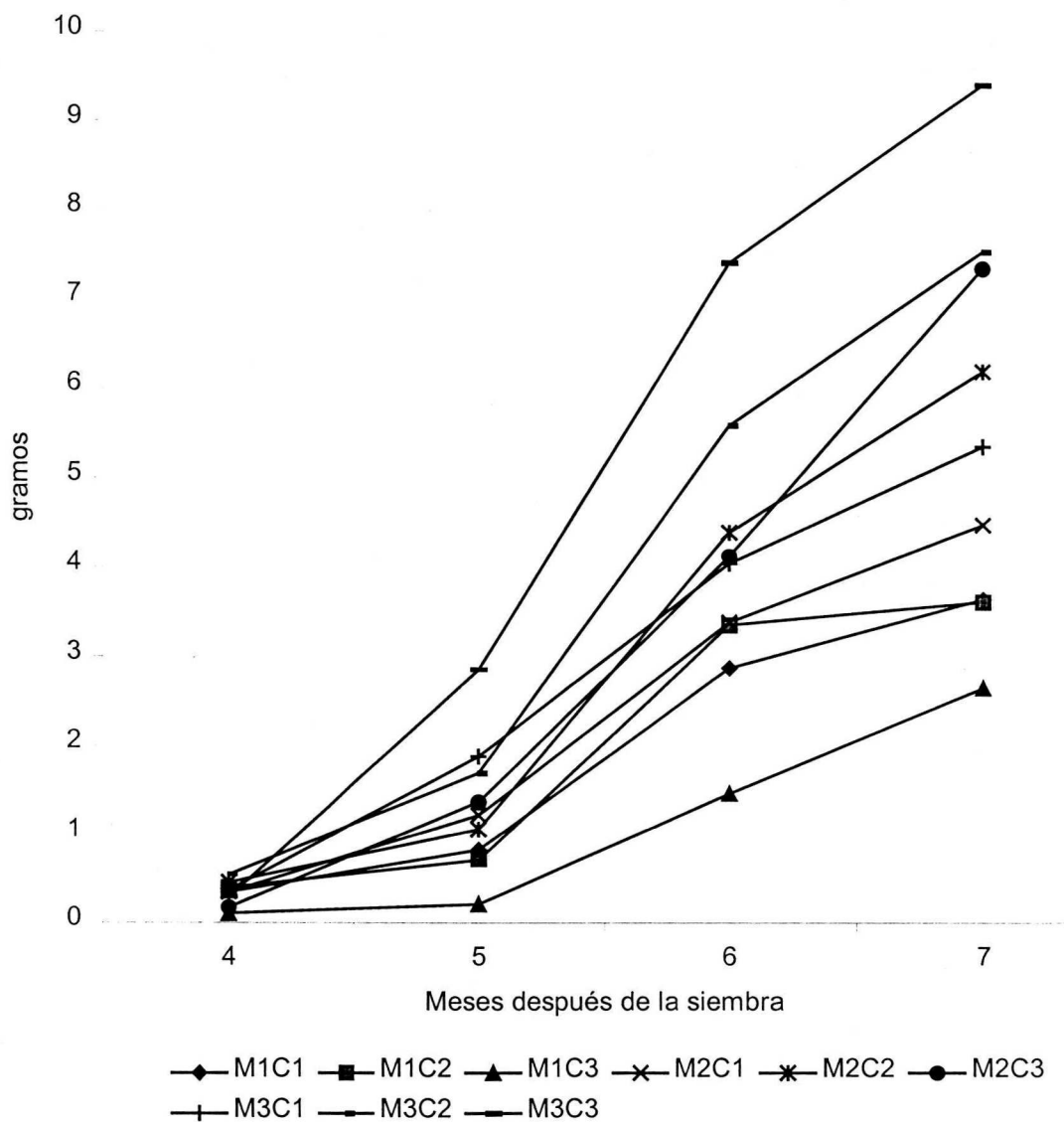


Figura 26. Comportamiento del peso fresco de la raíz de *Pinus hartwegii* Lindl., en nueve tratamientos formados por tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

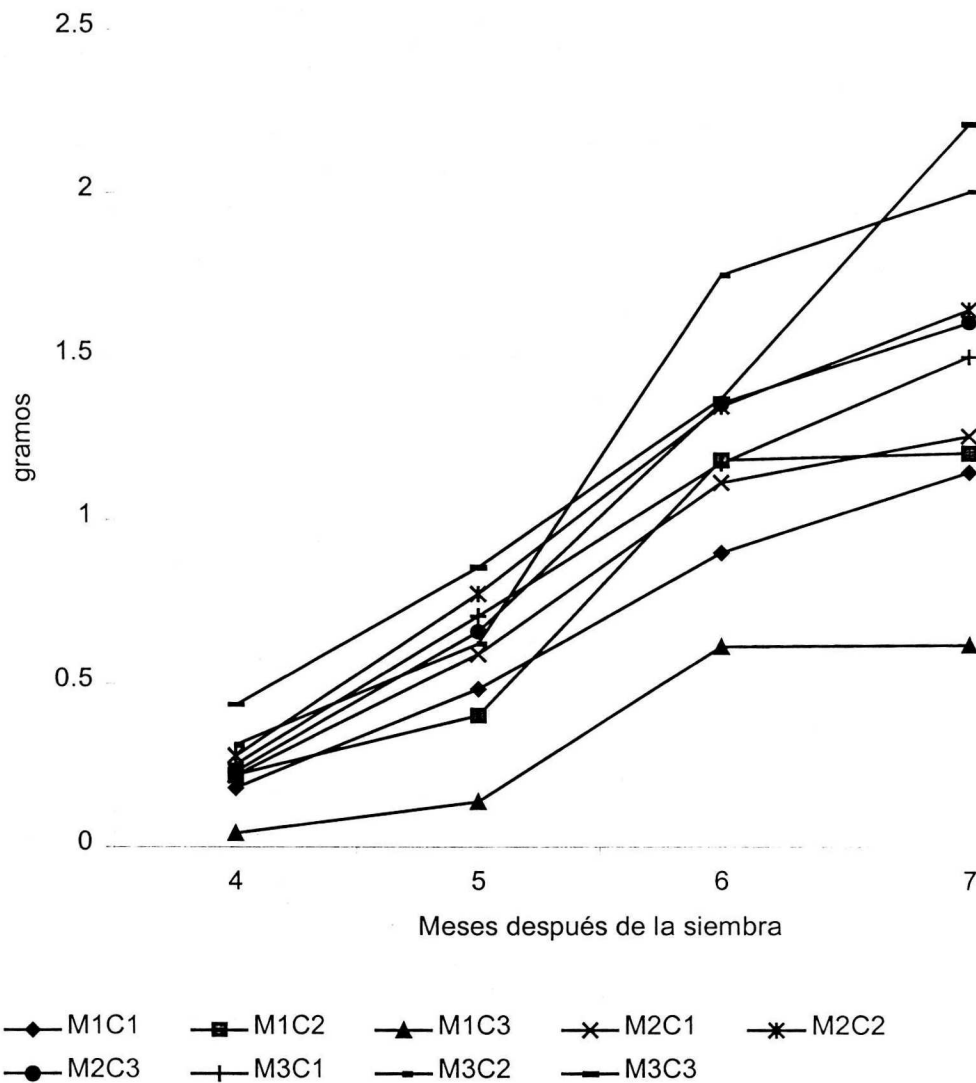


Figura 27. Comportamiento del peso seco del tallo de *Pinus hartwegii* Lindl., en nueve tratamientos formados por tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

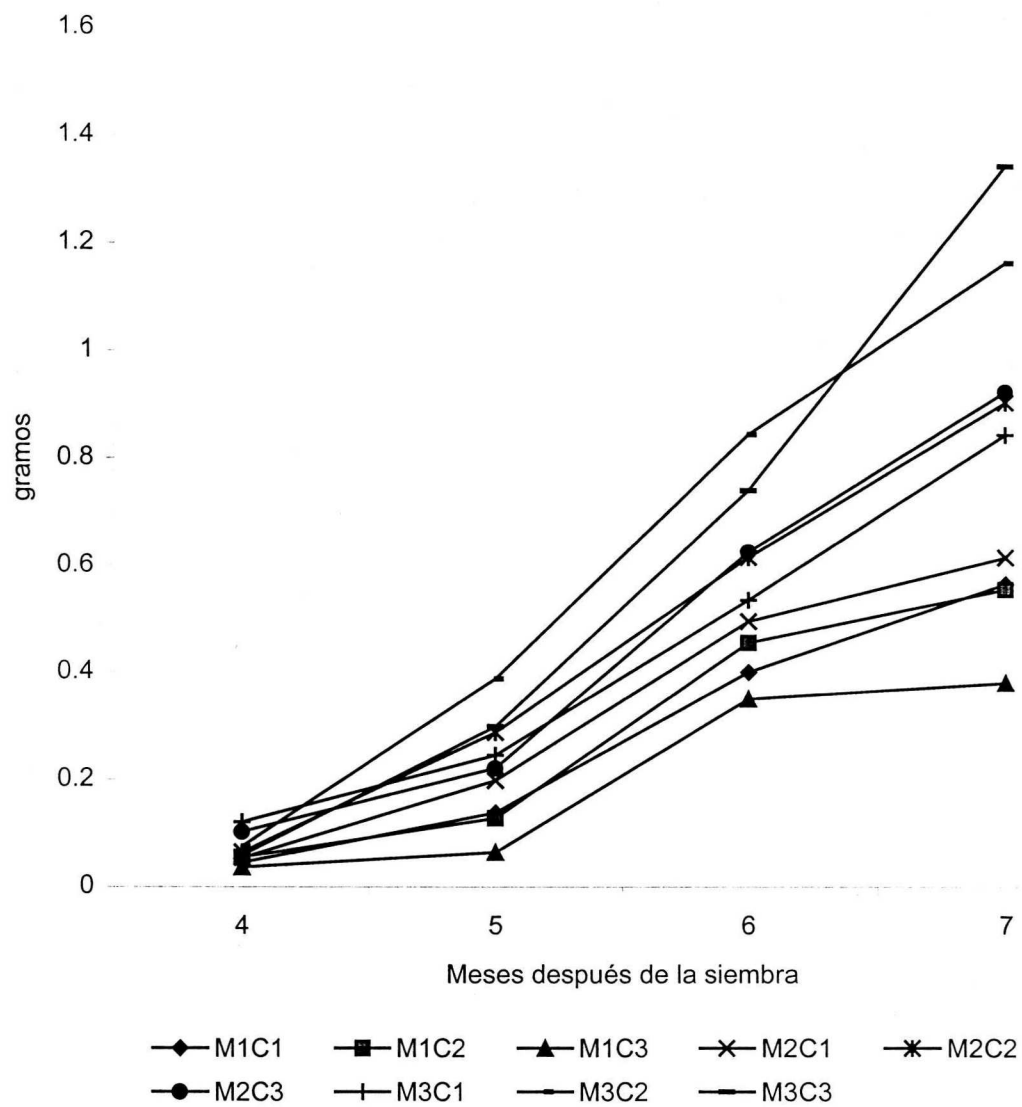


Figura 28. Comportamiento del peso seco de la raíz de *Pinus hartwegii* Lindl., en nueve tratamientos formados por tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

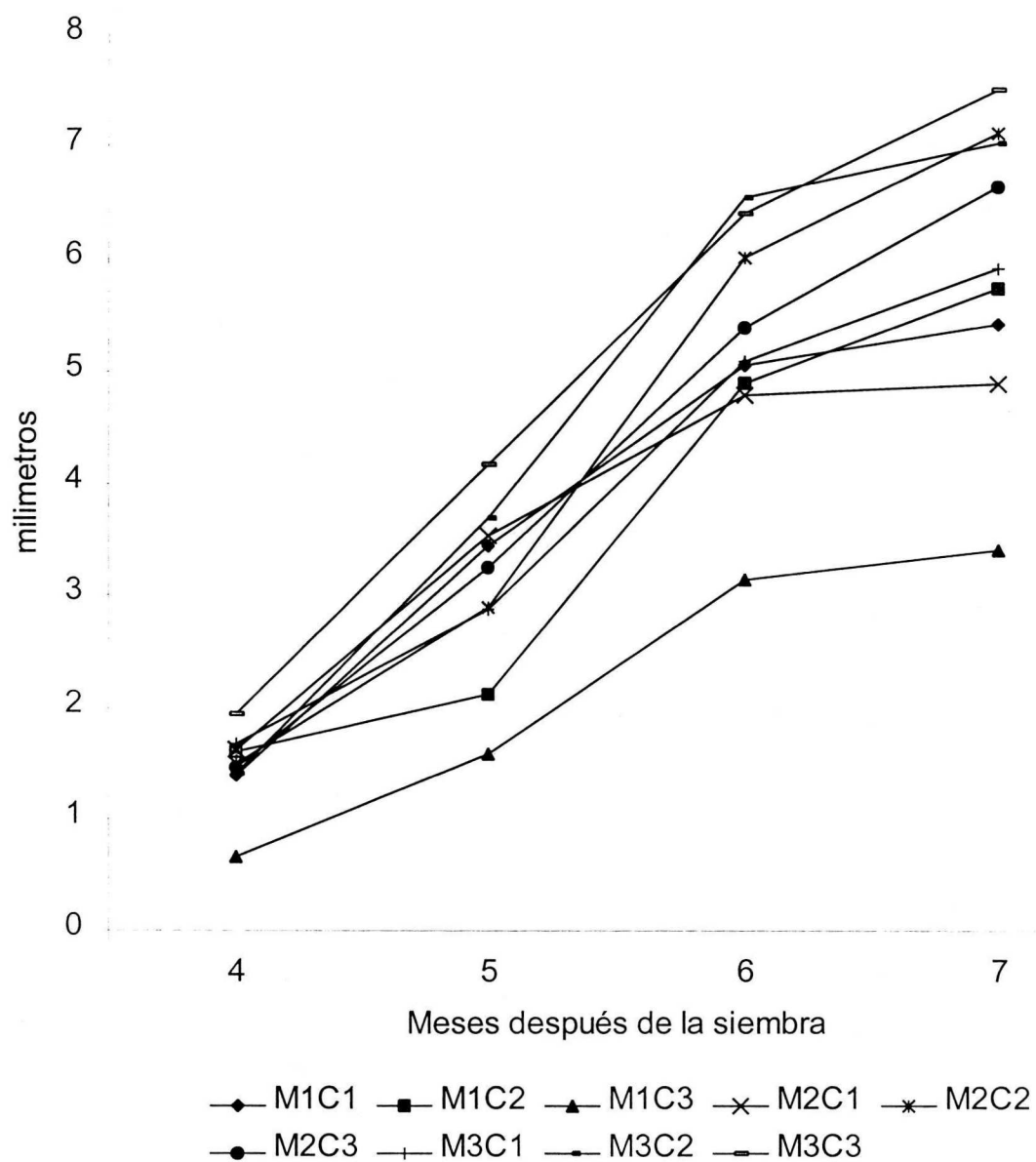


Figura 29. Comportamiento del diámetro de *Pinus leiophylla* Schl. et Cham., en nueve tratamientos formados por tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

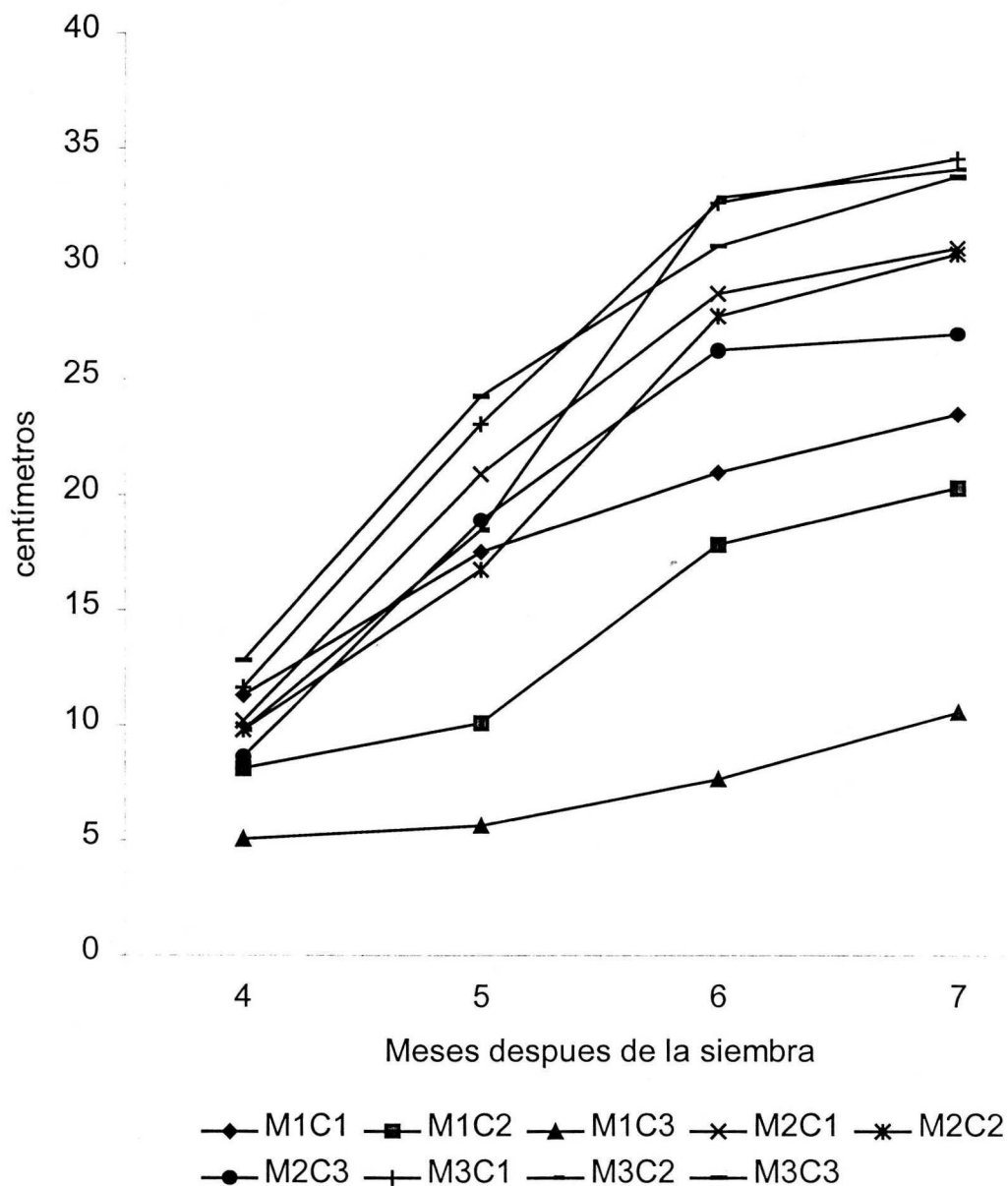


Figura 30. Comportamiento de la altura de *Pinus leiophylla* Schl. et Cham., en nueve tratamientos formados por tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxiátemalco, Distrito Federal.

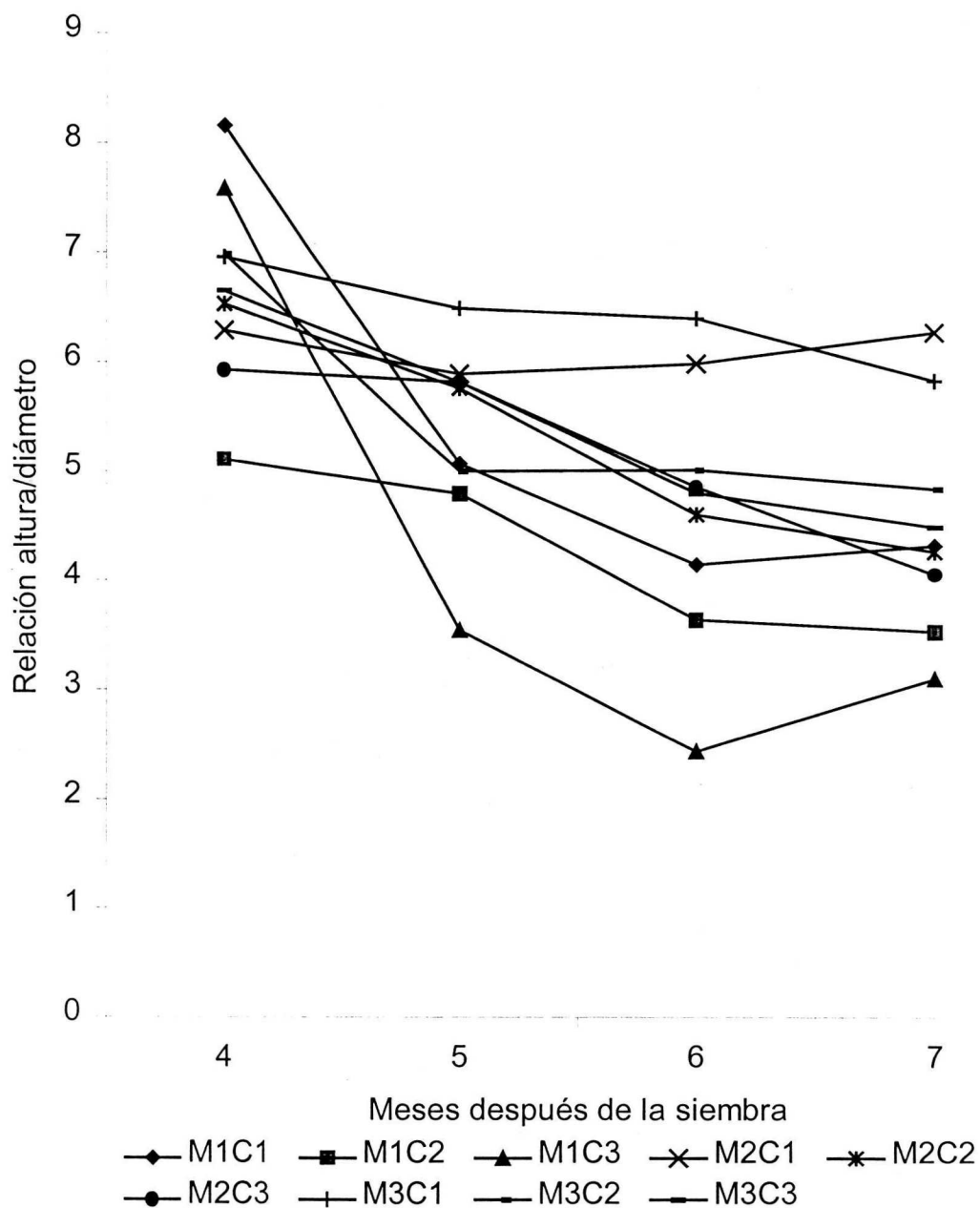


Figura 31. Comportamiento de la relación altura/diámetro de *Pinus leiophylla* Schl. et Cham., en nueve tratamientos formados por tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

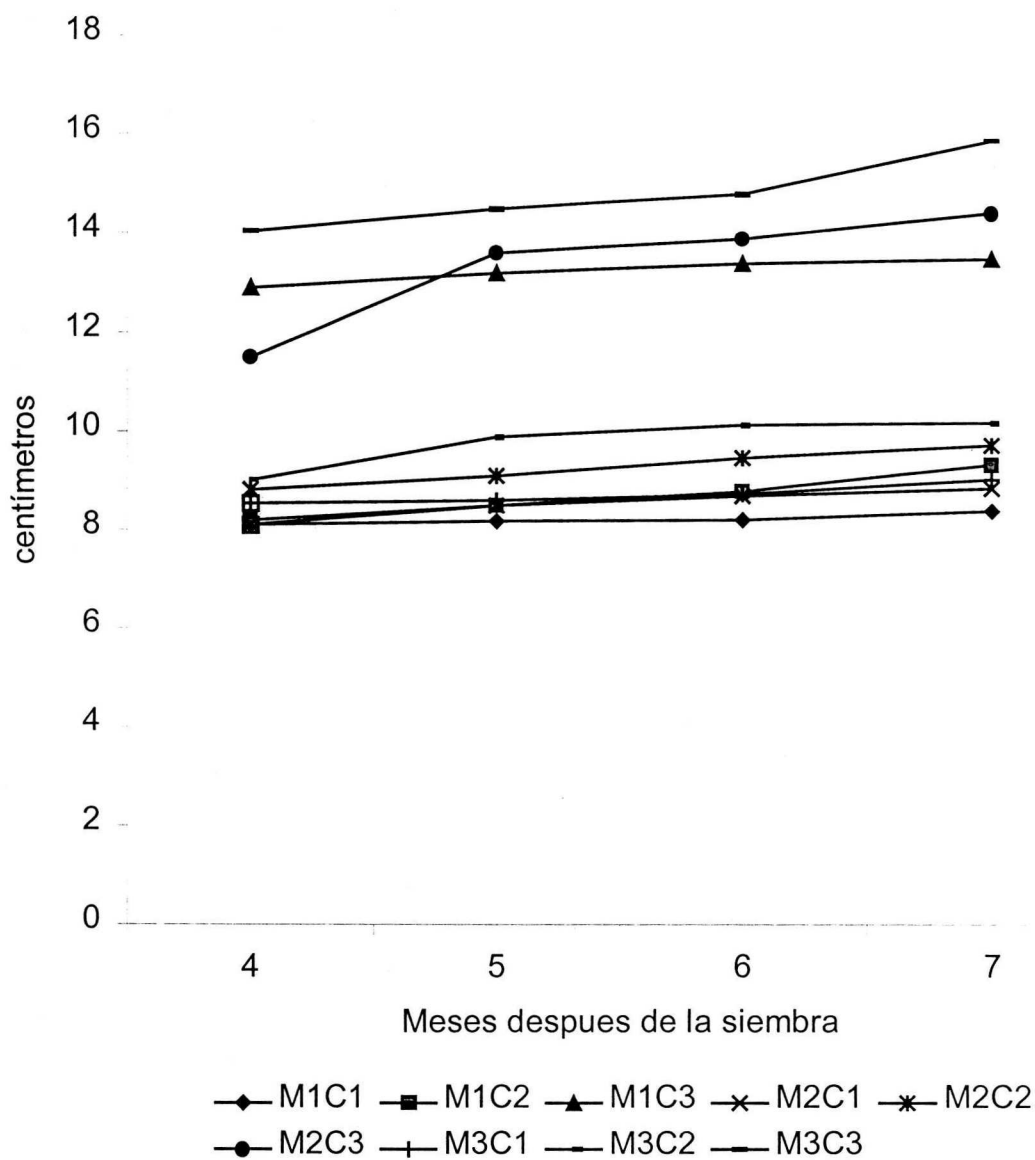


Figura 32. Comportamiento de la longitud de raíz de *Pinus leiophylla* Schl. et Cham., en nueve tratamientos formados por tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

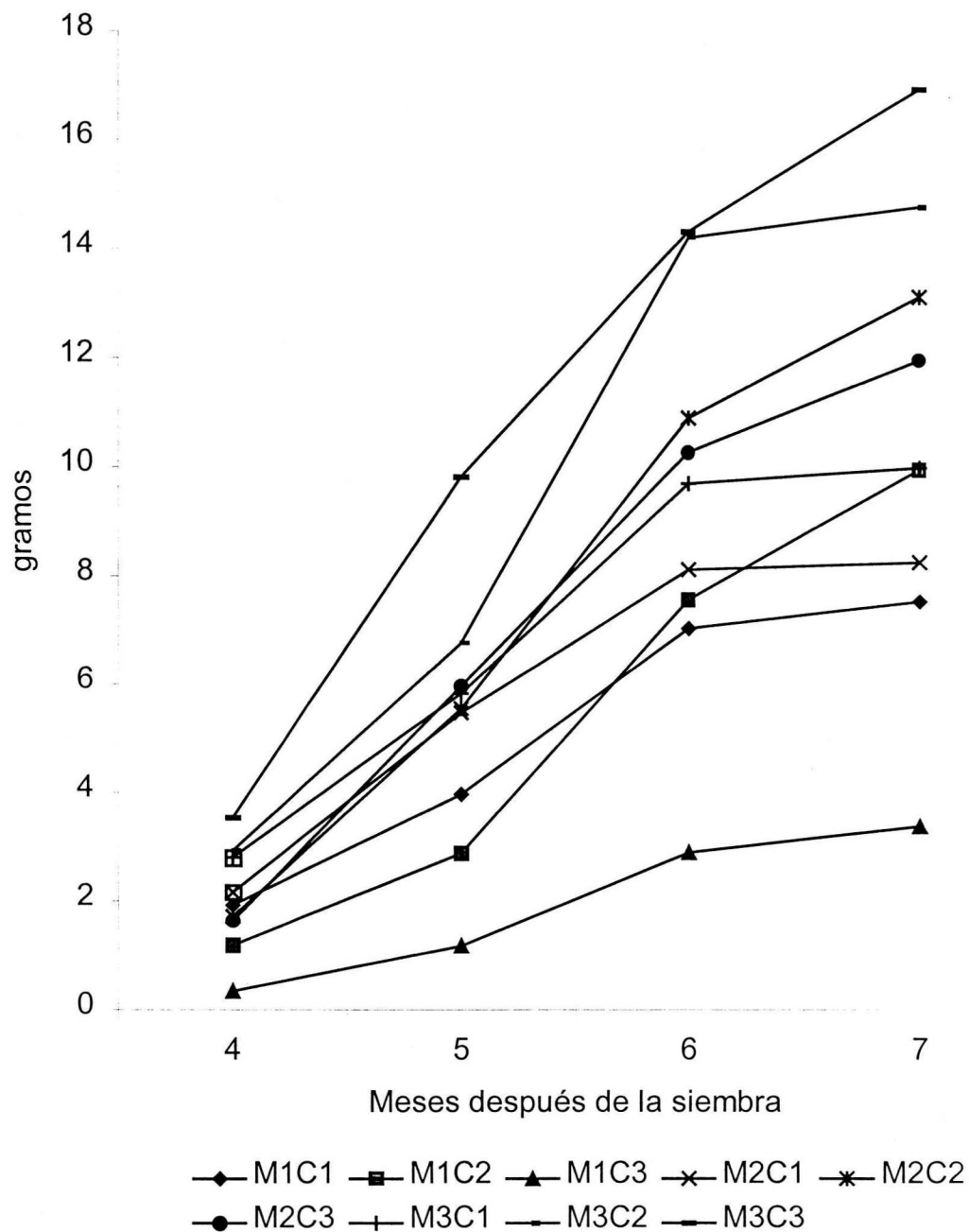


Figura 33. Comportamiento del peso fresco del tallo de *Pinus leiophylla* Schl. et Cham., en nueve tratamientos formados por tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

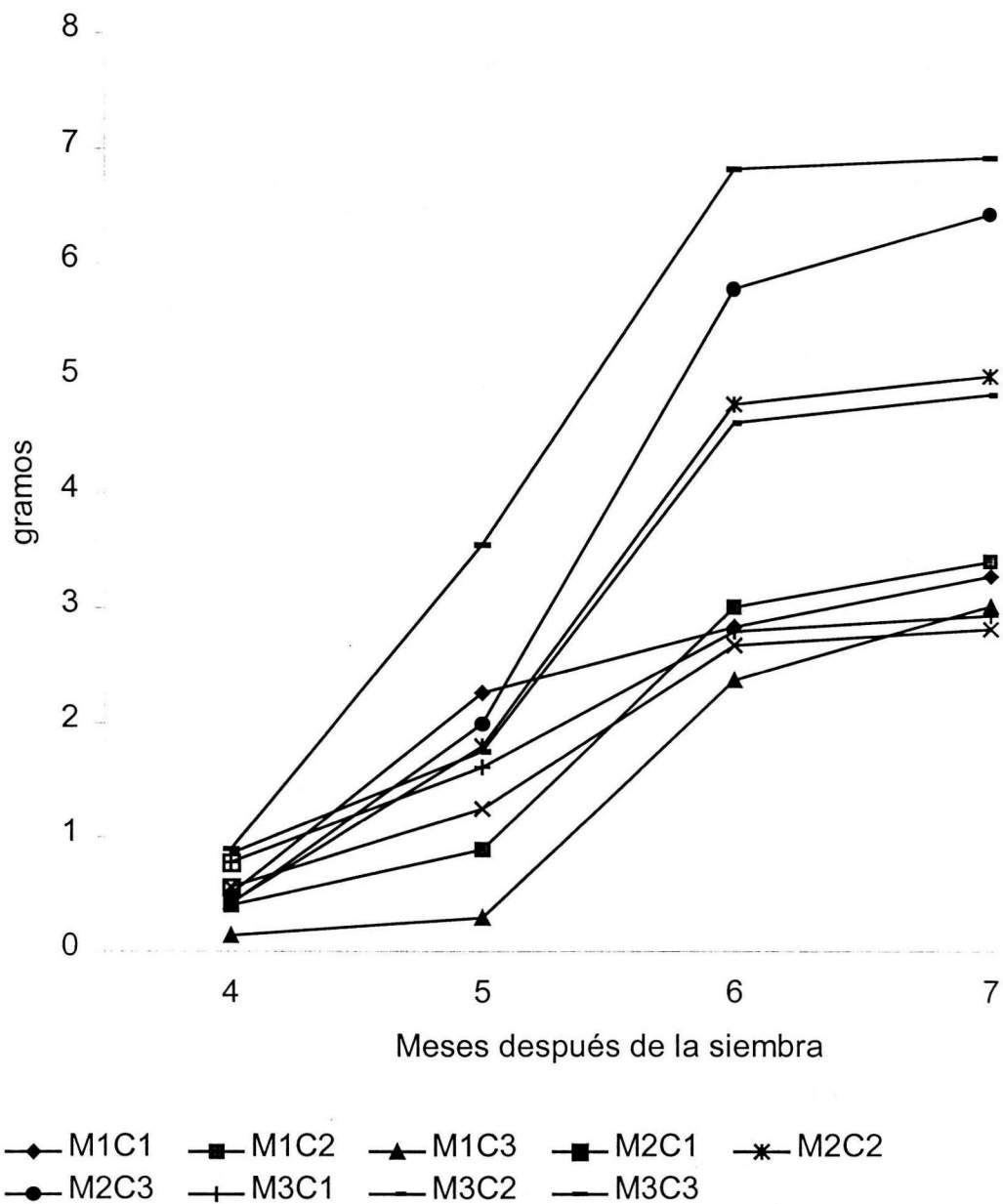


Figura 34. Comportamiento del peso fresco de la raíz de *Pinus leiophylla* Schl. et Cham., en nueve tratamientos formados por tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxiataltemalco, Distrito Federal.

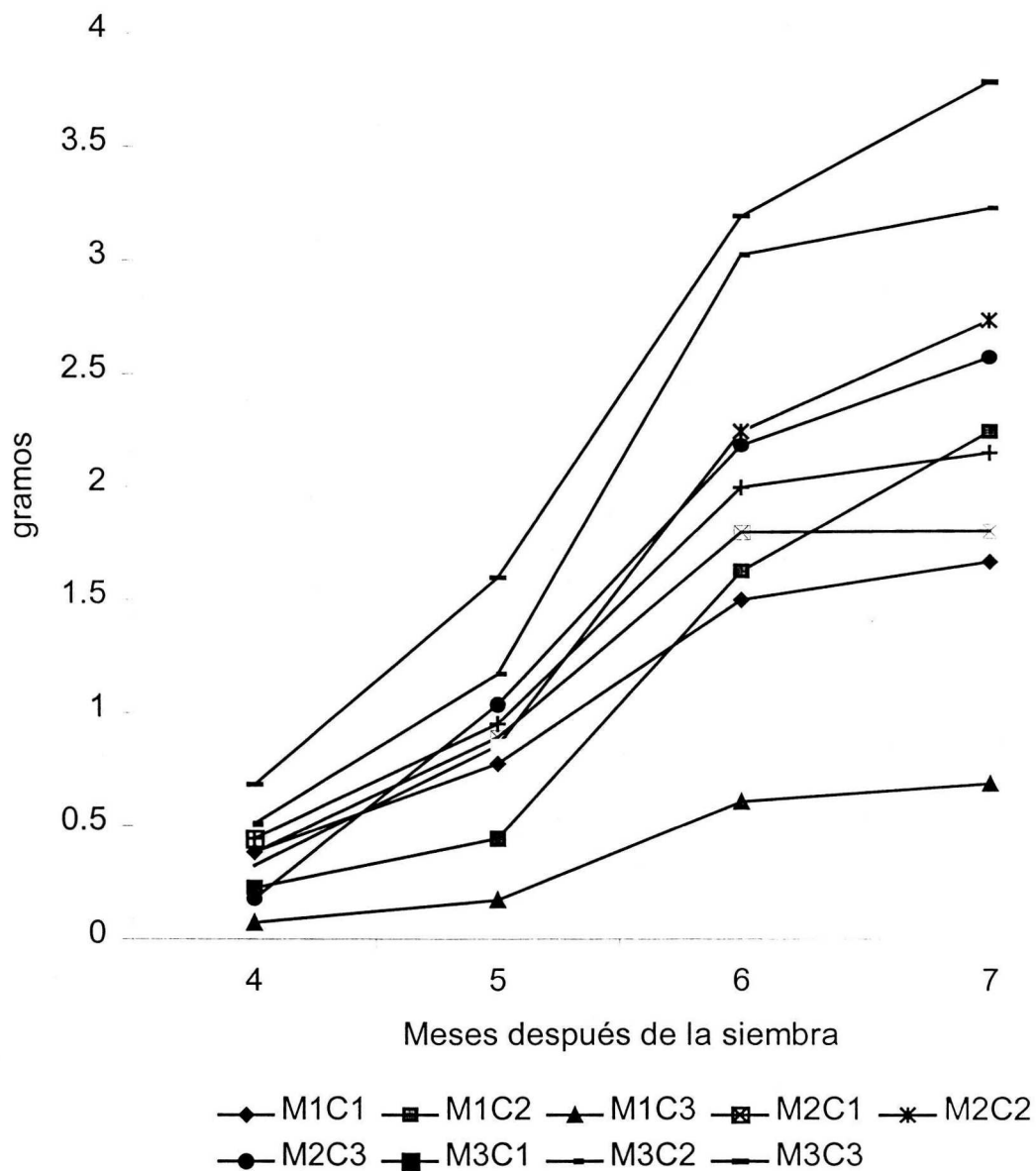


Figura 35. Comportamiento del peso seco del tallo de *Pinus leiophylla* Schl. et Cham., en nueve tratamientos formados por tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

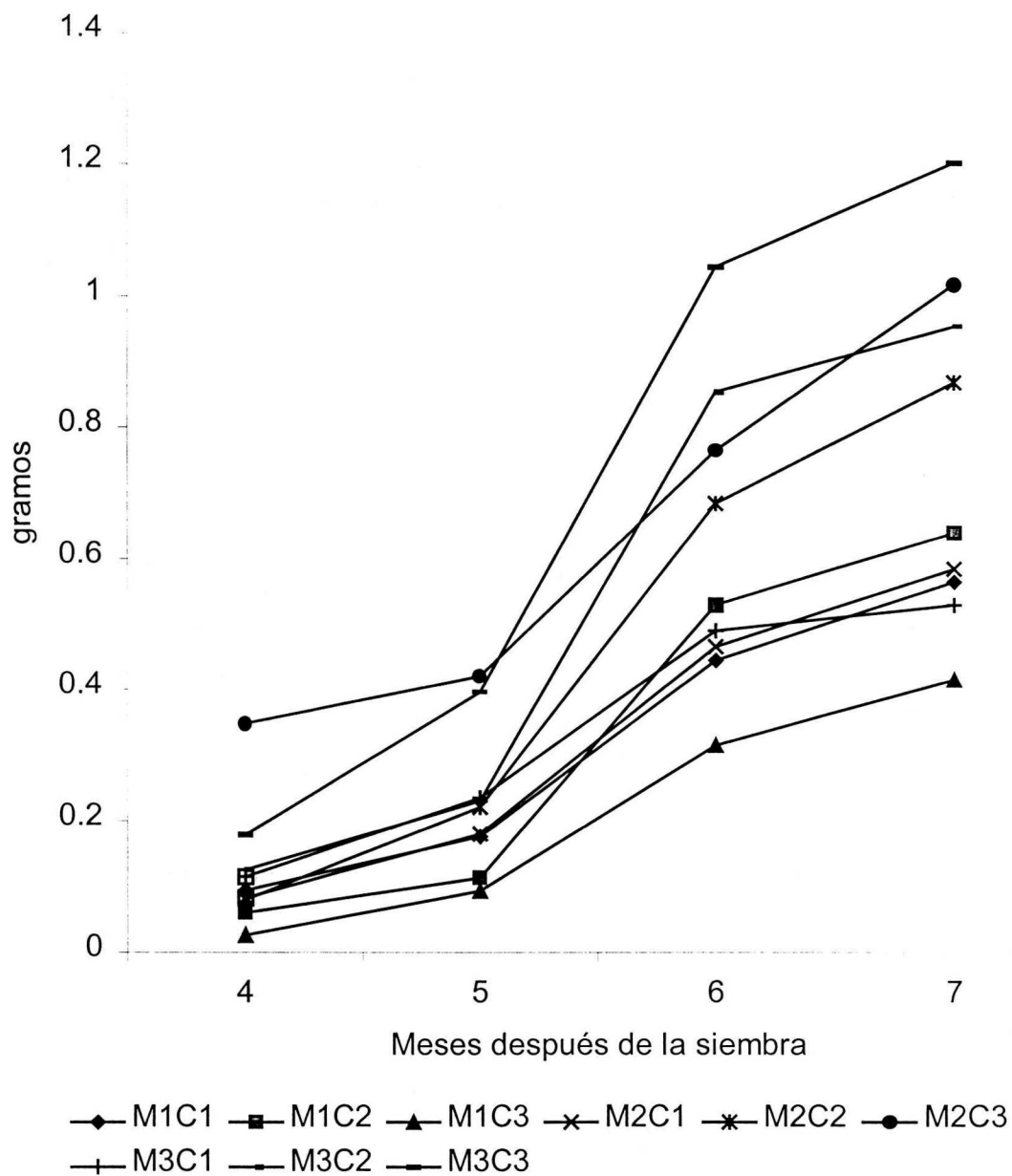


Figura 36. Comportamiento del peso seco de la raíz de *Pinus leiophylla* Schl. et Cham., en nueve tratamientos formados por tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor a los siete meses después de la siembra, en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal.

BIBLIOTECA CENTRAL U. A. CH

1. 10. 1971 10. 10. 1971
10. 10. 1971 10. 10. 1971