

EFECTO DEL ESPACIAMIENTO EN EL DESARROLLO DE UNA PLANTACION DE CUATRO ESPECIES DE PINO EN CAPACUARO, MICHOACAN

J. Jesús GARCIA MAGAÑA*

RESUMEN

En 1977 el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales (hoy Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias), estableció una plantación experimental en terrenos de la Comunidad de Capacuaro, Michoacán. Las especies ensayadas fueron: (*Pinus pseudostrobus*) Lindl., (*P. douglasiana*) Mart., (*P. montezumae*) Lamb. y (*P. leiophylla*) Schl. et Cham.; éstas fueron establecidas en 5 diferentes espaciamientos de 2.0 x 2.0; 2.5 x 2.5; 3.0 x 3.0; 3.5 x 3.5 y 4.0 x 4.0 m.

Los objetivos fueron obtener información sobre el crecimiento en diámetro, altura, área basal y volumen, así como encontrar el grado de correlación entre las variables especie, espaciamiento y número de árboles por hectárea con los valores de área basal y volumen a 5.8 años de plantación.

Los resultados mostraron que para las especies (*P. pseudostrobus* y *P. montezumae*) los valores de las alturas del espaciamiento 2.0 x 2.0 m resultaron ser significativamente mayores que los observados en los dos espaciamientos más amplios.

Al realizar la comparación entre especies el (*P. pseudostrobus* y el *P. douglasiana*) mostraron en todos los espaciamientos ensayados, un mayor índice de crecimiento en altura sobre (*P. montezumae* y *P. leiophylla*.) En relación a los valores diamétricos no se observaron diferencias significativas entre espaciamientos ni entre especies.

* Ing. Agrónomo Forestal. Investigador del Campo Experimental Uruapan, CIPAF Michoacán, INIFAP.

INTRODUCCION

SARH, en 1977 reportó que en 1976, México contaba con aproximadamente 44.3 millones de hectáreas arboladas; CNIDS en 1985 reportó 40.9 millones de hectáreas, perdiéndose anualmente un promedio de 38 mil hectáreas, lo que representa una disminución en el potencial productivo, que es necesario recuperar con plantaciones forestales de especies adecuadas, en densidades que permitan manejar la producción a objetivos específicos como: madera aserrada, chapa para triplay, madera para celulosa o una producción combinada. Para esto es necesario conocer la producción por especie y espaciamiento mediante plantaciones experimentales.

En el país se cuenta con pocas investigaciones sobre espaciamientos, de acuerdo a su importancia para el presente trabajo se plantearon los siguientes objetivos:

- Determinar el crecimiento en diámetro, altura, área basal y volumen en una plantación experimental con 4 especies de pino en 5 espaciamientos a 5.8 años de edad.

- Determinar el grado de correlación entre las variables: especie, espaciamiento y número de árboles por hectárea con los valores de área basal y volumen a 5.8 años de edad.

ANTECEDENTES

De los trabajos realizados sobre espaciamiento en el extranjero:

Hawley y Smith en 1972, consideran que el espaciamiento óptimo es el que produce el volumen mayor de producto, forma y calidad de los árboles exigidos por los objetivos trazados; cada espaciamiento tiene sus ventajas: por ejemplo, un espaciamiento amplio reduce el costo por hectárea de la reserva de vivero y de la plantación; sin embargo, para control de la erosión en que se precisa alcanzar la espesura con rapidez, el espaciamiento puede ser hasta 1 x 1 m, aunque el costo sea más alto.

Low en 1974, menciona que para las condiciones de la Gran Bretaña y hasta que se conozca más de los efectos de los espaciamientos sobre el desarrollo

subsecuente de la masa y particularmente sobre las propiedades de la madera, el espaciamiento no deberá exceder de 2.1 x 2.1 m excepto en sitios fértiles protegidos y para pinos no debe exceder de 1.8 x 1.8 m.

Balmer *et al.* en 1975, en una plantación de *Pinus taeda* de 15 años de edad establecida para observar el comportamiento de la especie en 4 diferentes espaciamientos que variaron 1.8 x 1.8 hasta 3.6 x 3.6 m, notaron que el promedio de altura en el espaciamiento de 1.8 x 1.8 m (13.53 m) fué significativamente menor que en los otros 3 espaciamientos (14.14, 15.24 y 15.24 m) el de 2.4 x 2.4 m contribuyó al mayor volumen comercial de pulpa para papel (193.48 m³/ha), aunque estadísticamente solo fué más grande que el correspondiente a 3.6 x 3.6 m. (147.70 m³/ha).

Combe y Gewald en 1979, elaboraron una guía de campo, recopilando la información de los ensayos establecidos en el CATIE ubicado en Turrialba, Costa Rica, y describen una plantación donde se estableció el *Pinus caribea* var. *hondurensis* en cuatro diferentes espaciamientos (de 2.0 x 2.0 m hasta 3.5 x 3.5 m), cuyo objetivo consistió en investigar la influencia del espaciamiento inicial de la plantación sobre el crecimiento de la especie; de los resultados obtenidos concluyen que para las condiciones de Turrialba, el espaciamiento recomendable para la especie es el de 2.5 x 2.5 m.

De los trabajos realizados sobre espaciamientos en el país.

Caballero y Prado en 1969, en una plantación de *Pinus patula* y *P. leiophylla* establecidas en 3 diferentes espaciamientos (1.5 x 1.5, 3.0 x 3.0 y 6.0 x 6.0 m), observaron que las diferencias por concepto densidad de la masa, no son considerables a las edades de 3 y 6 años (uno de vivero más 2 y 5 de plantación), las especies mostraron tener un ritmo diferente de crecimiento en altura, pero no en diámetro; el análisis estadístico reveló que desde los 3 años de edad ya había diferencias significativas entre las alturas de ambas especies: *Pinus patula* demostró ser más rápido en crecimiento que *P. leiophylla*.

Mathus en 1979, en una plantación de *Pinus caribea* var. *hondurensis* establecida en 1973 con la finalidad de producir madera para pulpa, analizó datos de la plantación a 5 años de establecida y encontró que los mejores espaciamientos en plantaciones comerciales con pinos tropicales y la especie mencionada, son las de densidades altas, en este caso, el tratamiento de 1 x 1 m rindió un volumen por hectárea de 139.987, con 27.996 m³ de incremento

corriente anual en volumen y el de 2 x 1 m con 111.226 m³/ha y un ICAV de 22.245 m³.

Mas *et al.* en 1983 presentaron los resultados obtenidos de plantaciones forestales en el C.E.F. "Barranca de Cupatitzio", mencionando que la especie que respondió relativamente mejor a una mayor amplitud de espaciamiento fué el *Pinus pseudostrobus* que se caracteriza por ser intolerante en grado medio; en esta especie, el espaciamiento de 2 x 2 m superó en rendimiento al de 1 x 1 m en un 23% de incremento de diámetro, después de 18.8 años de establecida la plantación; en *Pinus patula*, la diferencia de incremento en diámetro entre espaciamientos iniciales fué menor que en las otras dos especies *Pinus michoacana* y *P. pseudostrobus*. Para la especie *Pinus douglasiana* de 8.6 años, el espaciamiento que produjo mayor incremento en diámetro fué el de 2 x 2 m. (9% más que los otros espaciamientos), pero en lo que se refiere al crecimiento de altura fué un poco menor comparado con los espaciamientos de 1.5 x 1.5 m y 1 x 1 m; aunque en general las diferencias de crecimiento en diámetro y altura entre tratamientos parecen no ser significativas.

Mas *et al.* en 1984, presentaron los resultados de plantaciones de dos municipios del Estado de Michoacán en las que emplearon varias especies de coníferas en diversos espaciamientos, las edades fluctuaban entre los 8.6 a 22 años de establecimiento. Los resultados preliminares de sobrevivencia, crecimiento en diámetro, altura, así como con mayores valores de área basal y volumen mostraron que las especies que destacaron en estos índices fueron: Para el municipio de Uruapan: *Pinus douglasiana*, *P. pseudostrobus*, *P. greggii*, *P. michoacana*, *P. herrerae* y *P. patula*; y para el de Morelia: *Pinus pseudostrobus*, *P. michoacana*, *P. leiophylla* y *Cupressus lindleyi*, con espaciamientos de 1 x 1, 1.5 x 1.5, 2 x 2 y 3 x 3 m.

Antecedentes de la plantación.

La plantación fue establecida en julio de 1977 en terrenos de la comunidad de Capacúaro, Mich.

La planta de las especies ensayadas fué producida en el vivero del Campo Experimental Forestal Barranca de Cupatitzio, habiéndose recolectado la semilla de las siguientes localidades:

Especie	Procedencia
<i>Pinus pseudotrobus</i> Lindl.	San Lorenzo, Mich.
<i>Pinus douglasiana</i> Martz.	C. E. F. Barranca de Cupatitzio.
<i>Pinus montezumae</i> Lamb.	Paracho, Mich.
<i>Pinus leiophylla</i> Schl. et. Cham.	Paracho, Mich.

Las semillas de estas especies se colocaron en remojo durante 24 horas y posteriormente se sembraron en almácigos preparados dentro del invernadero ubicado en el Campo Experimental.

La germinación ocurrió a los 10-12 días y el trasplante se realizó entre los 18-20 días de siembra en macetas de polietileno negro de 10 x 23 cm que contenían un sustrato de textura "Franco".

La edad de la planta, cuando salió del vivero a plantación, era de 16 meses contando con una altura promedio de 25 cm.

La preparación del terreno consistió en eliminar primeramente algunos árboles y arbustos presentes en el área; posteriormente, se dió un paso de arado y cruza del terreno con el mismo implemento, las cepas se hicieron de 30 x 30 x 30 cm y a continuación se realizó la plantación. Una vez efectuada ésta, no se practicó ninguna labor cultural o silvícola.

La medición con la que se elaboró el presente reporte se efectuó a los 5.8 años de establecida la plantación.

MATERIALES Y METODOS

Ubicación y localización geográfica.

La plantación se encuentra ubicada a un lado de la terracería que va a los Reyes, Mich. y a 300 m de la carretera Uruapan-Paracho, su situación geográfica corresponde a los 19°31'25" de latitud norte y 102°04'30" de longitud oeste; la

elevación es de 2,200 m.s.n.m., y la pendiente varía de 5-15% (DETENAL, 1977), (Figura 1).

Suelos

Para describir el suelo se realizó un perfil, a partir de las muestras se observó que era de origen volcánico, de color café oscuro (10 YR 3/3 en seco y 10 YR 2/2 en húmedo), con textura de arena migajosa (75% arena, 26% limo y 1% arcilla); el pH fué de 5.9 y la proporción de materia orgánica de 4.4% en el horizonte A (primeros 35 cm). (Figura 2).

Clima

De acuerdo con la clasificación de Köppen, modificado por García en 1964, el clima que prevalece es el C(w2) b (i), o sea, templado subhúmedo con lluvias en verano. Tomando en cuenta el promedio de 7 años (1977-1983), de los datos observados en la caseta meteorológica del C.E.F. Barranca de Cupatitzio (la más cercana a la plantación), la temperatura de enero, el mes más frío, es de 14.4° C, el mes más caliente junio, con 19.1° C, la temperatura media anual es de 16.9° C, en el mes de mayo y una mínima externa de 2.3° C en enero; la precipitación media anual es de 1,562.5 mm. La época de lluvias abarca de mayo a septiembre (datos proporcionados en la sección Protección Forestal del CIFO). En la figura 3 se presenta con más detalle la información observada.

Vegetación

La vegetación natural en el área es bosque de pino donde se identificó la presencia de; *Pinus pseudostrobus*, *P. michoacana*, *P. douglasiana* y *P. leiophylla*; entre las hojosas se encontraron dos especies de encino (*Quercus rugosa* y *Q. crassipes*), el madroño (*Arbutus xalapensis*), la pácata (*Clethra mexicana*) y el aguacatillo (*Nectandra sp.*). Entre las especies menores más abundantes se encuentra la salvia (*Salvia mexicana*), el gordolobo (*Gnaphallium sp.*), el tabardillo (*Piqueria trinervia*), el huinare (*Sida sp.*), el érnica (*Heteroteca sp.*), el alfilerillo (*Lopezia racemosa*), la hediondilla (*Cestrum terminalis*), las cinco llagas (*Tagetes lunuloides*) y la cóngrira (*Phytolacca octandra*). (Información de la Sección de Plantaciones del CIFO).

Figura 1.- Plano de ubicación de la plantación.

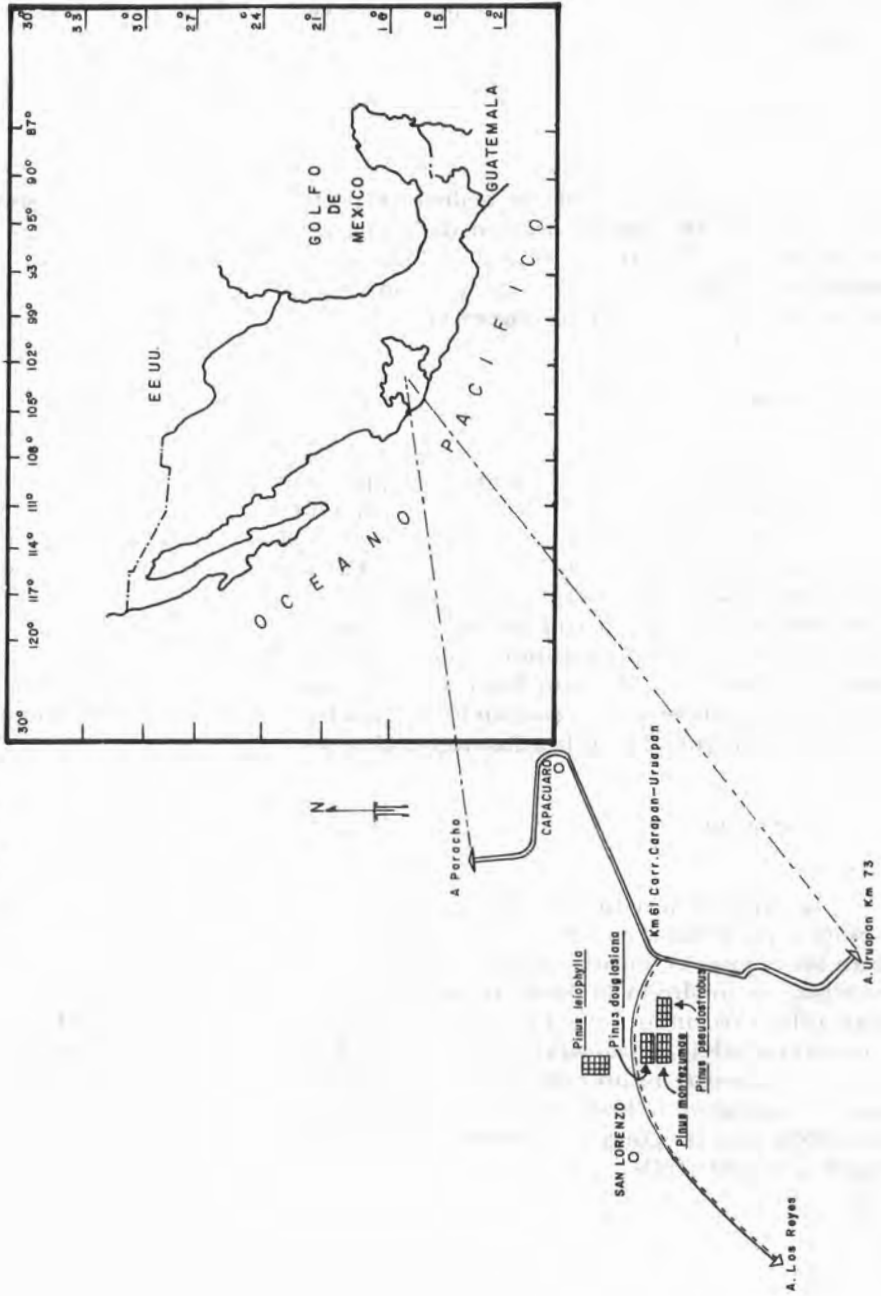


Figura 2.- Datos del perfil de suelos que se encuentra en la plantación.

Físicas

Profundidad (cm)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Denominación	C o l o r		Densidad aparente	Densidad relativa	Espacio poroso
					Seco	Húmedo			
0 - 2	72	27	1	Arena migajosa	10YR3/3	10YR2/2	0.89	2.44	63.52
2 - 35	73	26	1	Arena migajosa	10YR3/3	10YR2/2	0.99	2.50	60.40
35 - 95	76	23	1	Arena migajosa	10YR5/3	10YR2/2	0.99	2.53	60.86
95 - 145	66	30	4	Migajón arenoso	10YR5/6	7.5YR3/4	0.77	2.34	67.09

Químicas

Profundidad (cm)	pH 1:2.5 H ₂ O	Materia Orgánica (%)	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	NO ₃ (ppm)	P (ppm)	Alofanos
0 - 2	5.70	8.30	2.06	0.9	0.34	0.26	4.50	3.5	XXX
2 - 35	5.90	4.40	2.06	0.3	0.20	0.16	2.50	0.2	XXX
35 - 95	6.00	1.33	2.40	0.6	0.15	0.08	2.25	0.5	XXX
95 - 145	6.15	1.03	6.52	1.5	0.54	0.22	2.75	0.5	XXX

Figura 3.- Resumen de datos climáticos de la estación meteorológica del C.E.F. Barranca de Cupatitzio en Uruapan (1 740 m.s.n.m) Mich., durante el periodo 1977-1985.

Variable	Mes	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Temperatura media °C		14.4	14.7	15.9	17.8	19.0	19.1	18.2	18.2	17.9	17.4	15.5	14.7
Temperatura máxima extrema °C		25.0	27.2	28.5	30.4	31.1	28.9	27.3	26.5	26.5	26.4	25.7	25.7
Temperatura mínima extrema °C		2.3	2.4	2.7	4.7	5.1	9.3	9.7	10.1	9.3	7.2	4.4	3.2
Temperatura media máxima °C		21.8	23.4	25.6	27.4	27.8	25.3	23.6	23.7	23.3	23.9	22.9	22.5
Temperatura media mínima °C		7.0	5.9	6.2	8.1	10.2	12.9	12.8	12.7	12.6	10.8	8.0	6.9
Precipitación total mm		59.4	7.0	7.2	14.1	102.7	211.4	346.8	336.6	331.8	93.5	42.5	9.5
Evaporación mm		79.4	90.4	142.3	159.4	267.4	109.6	132.6	101.3	91.1	99.5	76.1	68.9

Temperatura media anual 16.9°C
 Precipitación total anual 1,562.5 mm

Fauna

Entre las especies faunísticas que se han observado en esta área y que afectan las plantaciones, están: el tlacuache (*Didelphys marsupialis*), el conejo (*Silvilagus floridanus*), el armadillo (*Dasypus novemcinctus*), el venado (*Odocoileus virginianus*), ardillas (de los géneros *Sciurus* y *Spermophyllus*) y tuzas (de los géneros *Zygoeomys* y *Pappogeomys*).*

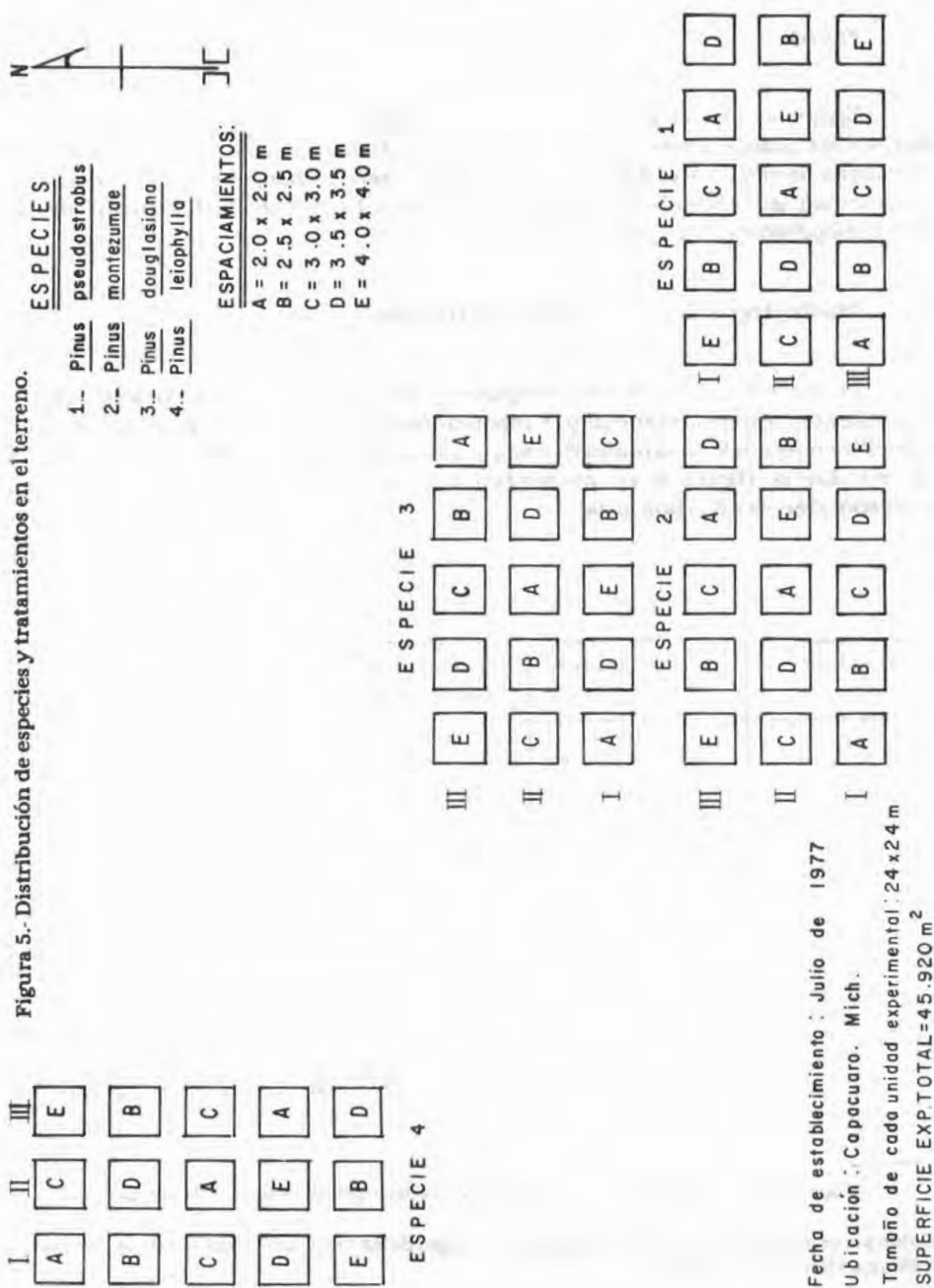
Diseño, tratamiento y unidad experimental.

El diseño experimental empleado fue el de Bloques al azar con 5 tratamientos (espaciamentos) y 3 repeticiones (bloques) para cada una de las 4 especies ensayadas. El tamaño de cada unidad experimental fué de 576 m² (24 x 24 m). En la figura 4 se presentan los espaciamentos ensayados y su correspondencia en árboles/ha.

Tratamiento	Espaciamiento	No. de plantas por unidad experimental	No. plantas por Ha.
A	2,0 x 2,0 m.	169	2 500
B	2,5 x 2,5 m.	100	1 600
C	3,0 x 3,0 m.	81	1 089
D	3,5 x 3,5 m.	49	784
E	4,0 x 4,0 m.	49	625

Figura 4.- Espaciamentos ensayados y su correspondencia en árboles/ha.

*Datos proporcionados por el biólogo. Miguel Angel Salas Páez, Investigador de la sección de Fauna Silvestre del C.I.F.O.



RESULTADOS

Comparación de especies en general.

Con el fin de aprovechar al máximo los resultados obtenidos, se consideró conveniente establecer una primera comparación entre las 4 especies este tipo de análisis permite ver las diferencias entre especies de la misma edad y dentro de la misma especie. Esta comparación se hizo tomando los valores medios de las parcelas de las 4 especies y los 5 espaciamientos en que fueron establecidas.

Sobrevivencia

La disminución del número de plantas se debió en su mayor parte al daño causado por las tuzas, observado desde el establecimiento de la plantación; además, se evaluaron plagas, enfermedades y efectos del medio. (Fig. 6), encontrando que el índice de sobrevivencia es menor en *Pinus pseudostrobus* siendo de 54 por 100 en el espaciamiento de 4 x 4 m y 43 por 100 en el espaciamiento de 2.5 x 2.5 m.

Sin embargo, aún cuando en el espaciamiento más amplio se perdió menor número de árboles, el daño se considera mayor, ya que de la población original de 784 árboles/ha, solamente sobrevivieron 407 árboles; en cambio, en el espaciamiento de 2.5 x 2.5 m de los 1 600 originales quedaron 793 árboles/ha, cantidad que permite manejar la masa con opción a obtener mejores productos de ella. Con este número de árboles y con base en experiencias de manejo de esta especie, se obtendría una determinada densidad, como lo menciona Mas *et al.* en (1983) "... plantando a 2.5 x 2.5 m para tener inicialmente 1 600 plantas/ha y reducir las gradualmente con aclareos hasta dejar un 40% del número inicial, durante los primeros 15 años de vida de la masa, con el fin de hacer después el aprovechamiento principal para material celulósico al final del turno de 20 años".

En relación con la mortandad causada por la influencia humana, el mayor daño cuantificado fué para la especie *Pinus leiophylla* en el espaciamiento de 4.0 x 4.0 m con 97 árboles/ha lo que significa un 15.5% de su población inicial.

Figura 6.- Porcentaje y correspondencia en número de árboles/ha muertos por daños de tuzas, plagas, enfermedades y efectos del medio.

Espaciamiento (m)	Pinus douglasiana (No. árb/ha) (%)	Pinus pseudostrabus (No. árb/ha) (%)	Pinus montezumae (No. árb/ha) (%)	Pinus leiophylla (No. árb/ha) (%)
2.0 x 2.0	(419) 16.4	(897) 35.4	(385) 15.4	(630) 25.4
2.5 x 2.5	(379) 23.4	(907) 57.0	(512) 32.0	(422) 26.4
3.0 x 3.0	(159) 15.6	(504) 46.1	(116) 10.8	(200) 18.7
3.5 x 3.5	(107) 13.7	(448) 57.2	(400) 51.0	(166) 21.3
4.0 x 4.0	(156) 24.7	(287) 46.0	(215) 34.5	(113) 18.0

Porcentaje y correspondencia en número de árboles/ha. muertos debido a la influencia humana

Espaciamiento (m)	Pinus douglasiana (No. árb/ha) (%)	Pinus pseudostrabus (No. árb/ha) (%)	Pinus montezumae (No. árb/ha) (%)	Pinus leiophylla (No. árb/ha) (%)
2.0 x 2.0	(15) 0.6	(15) 0.6	(64) 2.6	(64) 2.6
2.5 x 2.5	(42) 2.6	(64) 4.0	(0) 0.0	(42) 2.6
3.0 x 3.0	(81) 7.4	(54) 4.9	(89) 8.2	(58) 5.3
3.5 x 3.5	(58) 7.3	(53) 6.8	(0) 0.0	(21) 2.7
4.0 x 4.0	(33) 5.3	(25) 4.0	(97) 15.5	(0) 0.0

Sobrevivencia y número de árboles/ha. a 5.8 años de establecida la plantación

Espaciamiento (m)	Pinus douglasiana (No. árb/ha) (%)	Pinus pseudostrabus (No. árb/ha) (%)	Pinus montezumae (No. árb/ha) (%)	Pinus leiophylla (No. árb/ha) (%)
2.0 x 2.0	(2066) 83	(1588) 64	(2061) 82	(1806) 72
2.5 x 2.5	(1179) 74	(629) 39	(1088) 68	(1136) 71
3.0 x 3.0	(849) 77	(531) 49	(884) 81	(831) 76
3.5 x 3.5	(619) 79	(263) 50	(384) 49	(597) 76
4.0 x 4.0	(436) 70	(313) 57	(313) 50	(512) 82

Alturas

En la figura 7 podemos observar que el mayor incremento medio anual en altura lo alcanzó *Pinus pseudostrobus* en el espaciamiento de 2.5 x 2.5 m con valor de 1.01 m; la misma especie en espaciamiento de 2.5 x 2.5 m logró 0.91 m valor igual al obtenido por *Pinus douglasiana* en espaciamiento de 2 x 2 m.

El *Pinus pseudostrobus* en espaciamientos de 3.5 x 3.5 y 4.0 x 4.0 m solo alcanzó el 73% del valor de incremento en alturas que logró en el espaciamiento de 2 x 2 m.

Díámetros

En la figura 8 podemos observar que el *Pinus montezumae* en espaciamientos de 2.5 x 2.5, 3 x 3 y 4 x 4 m, así como el *P. douglasiana* en espaciamientos de 2 x 2 y 3 x 3 m, y el *P. pseudostrobus* a 2 x 2 m, lograron un incremento medio anual en diámetro, de 1.2 a 1.6 cm, de IMAD; la diferencia entre el máximo y el mínimo valor observado fué de 4 mm.

Observaciones por especie

Pinus douglasiana

En general la sobrevivencia varió de 70 a 83%, como puede verse en la figura 9. Al no ser reducido muy fuertemente el número de árboles, se obtuvieron valores de área basal regulares, dependiendo del número de árboles por hectárea; en el espaciamiento de 2 x 2 m, sobrevivieron 2, 067 árboles/ha, que produjeron 14.71 m² de área basal, un volumen de 39.095 m³/ha y un incremento medio anual en volumen de 6.740 m³/ha, aún cuando del volumen total no es posible obtener productos comerciales, es importante conocer estos valores para ir cuantificando la producción por especie/espaciamiento y conociendo su tasa de productividad.

Al efectuar el análisis estadístico de los valores medios en altura y diámetro no se encontraron diferencias significativas.

E s p e c i e	Espaciam. (m)	Sobreviv. (%)	Altura media (m)	IMAA (m)	Relación (%)
<u>Pinus pseudostrobus</u>	2.0 x 2.0	63	5.84	1.01	100
<u>Pinus pseudostrobus</u>	2.5 x 2.5	39	5.29	0.91	90
<u>Pinus douglasiana</u>	2.0 x 2.0	83	5.29	0.91	90
<u>Pinus pseudostrobus</u>	3.0 x 3.0	49	5.09	0.88	87
<u>Pinus pseudostrobus</u>	3.5 x 3.5	50	4.70	0.81	80
<u>Pinus douglasiana</u>	3.5 x 3.5	79	4.64	0.80	79
<u>Pinus douglasiana</u>	3.0 x 3.0	78	4.54	0.78	77
<u>Pinus douglasiana</u>	2.5 x 2.5	74	4.52	0.78	77
<u>Pinus pseudostrobus</u>	4.0 x 4.0	57	4.52	0.78	77
<u>Pinus montezumae</u>	2.0 x 2.0	82	4.30	0.74	73
<u>Pinus leiophylla</u>	2.0 x 2.0	72	4.26	0.73	72
<u>Pinus montezumae</u>	2.5 x 2.5	92	4.25	0.73	72
<u>Pinus douglasiana</u>	4.0 x 4.0	70	4.13	0.71	70
<u>Pinus montezumae</u>	3.0 x 3.0	81	3.91	0.67	66
<u>Pinus leiophylla</u>	2.5 x 2.5	71	3.91	0.67	66
<u>Pinus leiophylla</u>	3.0 x 3.0	76	3.83	0.66	65
<u>Pinus leiophylla</u>	4.0 x 4.0	82	3.70	0.64	63
<u>Pinus montezumae</u>	4.0 x 4.0	53	3.62	0.62	62
<u>Pinus montezumae</u>	3.5 x 3.5	67	3.46	0.60	59
<u>Pinus leiophylla</u>	3.5 x 3.5	76	3.43	0.59	58

Figura 7.- Resumen de alturas medias obtenidas de las plantaciones con cuatro especies de pino.

E s p e c i e	Espaciam. (m)	Sobreviv. (%)	Diámetro medio (cm)	IMAD (cm)	Relación (%)
<u>Pinus montezumae</u>	2.5 x 2.5	92	9.6	1.6	100
<u>P. montezumae</u>	4.0 x 4.0	53	9.5	1.6	100
<u>P. douglasiana</u>	2.0 x 2.0	83	9.5	1.6	100
<u>P. douglasiana</u>	3.0 x 3.0	78	9.3	1.6	100
<u>P. pseudostrobus</u>	2.0 x 2.0	63	9.3	1.6	100
<u>P. montezumae</u>	3.0 x 3.0	81	9.2	1.6	100
<u>P. montezumae</u>	2.0 x 2.0	82	9.1	1.5	94
<u>P. douglasiana</u>	4.0 x 4.0	70	8.9	1.5	94
<u>P. leiophylla</u>	2.0 x 2.0	72	8.9	1.5	94
<u>P. leiophylla</u>	3.0 x 3.0	76	8.7	1.5	94
<u>P. douglasiana</u>	3.5 x 3.5	79	8.7	1.5	94
<u>P. pseudostrobus</u>	2.5 x 2.5	39	8.7	1.5	94
<u>P. pseudostrobus</u>	3.0 x 3.0	49	8.6	1.5	94
<u>P. leiophylla</u>	4.0 x 4.0	82	8.6	1.5	94
<u>P. douglasiana</u>	2.5 x 2.5	74	8.1	1.4	87
<u>P. montezumae</u>	3.5 x 3.5	67	8.1	1.4	87
<u>P. leiophylla</u>	2.5 x 2.5	71	8.0	1.4	87
<u>P. pseudostrobus</u>	4.0 x 4.0	57	7.5	1.3	81
<u>P. pseudostrobus</u>	3.5 x 3.5	50	7.3	1.2	74
<u>P. leiophylla</u>	3.5 x 3.5	76	6.9	1.2	74

Figura 8.- Resumen de diámetros medios obtenidos de las plantaciones con cuatro especies de pino.

Pinus leophylla.

En el espaciamiento 2 x 2 m, quedaron 1 606 árboles/ha, que produjeron 11.34 m²/ha de área basal, un volumen de 24.201 m³/ha y un incremento medio anual en volumen de 4.172 m³/ha.

Al realizar el análisis de las alturas medias, se observó que los espaciamientos de 2 x 2 (4.26 m), 2.5 x 2.5 (3.91 m), 3 x 3 (3.83 m), 4 x 4 (3.70 m), y 3.4 x 3.5 (3.43 m), resultaron no ser significativamente diferentes entre sí. (Fig. 12).

En relación con el análisis estadístico de los valores de los diámetros medios, tampoco se reportaron diferencias significativas.

Relación entre indicadores del crecimiento en las 4 especies de pino a 5.8 años de plantación.

Con el propósito de conocer la relación entre el espaciamiento inicial, número de árboles y el área basal con los valores de incremento, se realizó un análisis de correlación y regresión por medio de la microcomputadora Apple-II Plus que se encuentra en el Centro de Investigaciones Forestales de Occidente. Para esto se utilizó un programa de cálculo elaborado por el ingeniero Gerardo A. Gallardo Osegura y modificado por el técnico Idelfonso Mora Guerrero, que permite seleccionar de seis modelos diferentes, entre los que se encuentran varios lineales, algunos logarítmicos y la combinación de ambos, el modelo de ajuste de datos más adecuados.

Relación entre el espaciamiento y el área basal por hectárea.

La correlación más alta se encontró para la especie *Pinus montezumae* con valor de R=0.94 (R²=0.89); para las especies *P. pseudostrobus* y *P. douglasiana* el valor de R fue de 0.92 (R²=0.85) y para el *P. leiophylla* de 0.87 (R²=0.76) (Fig. 13).

Figura. 11. Resumen de resultados promedio del *Pinus montezumae* a los 5.8 años de plantación.

Espaciamiento (m) Inicial Actual	No. árbs/ha Inicial Actual	Sobrevi- vencia (%)	Altura media (m)	Diámetro medio (cm)	Area basal (m ² /ha)	Volumen (m ³ /ha)	IMAV (m ³)
2.0 x 2.0	2500	82	4.30	9.1	13.37	28.992	4.999
2.5 x 2.5	1600	92	4.26	9.5	10.16	21.656	3.734
3.0 x 3.0	1089	81	3.91	9.2	6.16	12.293	2.119
3.5 x 3.5	784	67	3.46	8.1	2.83	5.070	0.874
4.0 x 4.0	625	56	3.62	9.5	3.17	5.775	0.996

Figura. 12. Resumen de resultados promedio del *Pinus leiophylla* a los 5.8 años de plantación.

Espaciamiento (m) Inicial Actual	No. árbs/ha Inicial Actual	Sobrevi- vencia (%)	Altura media (m)	Diámetro medio (cm)	Area basal (m ² /ha)	Volumen (m ³ /ha)	IMAV (m ³)
2.0 x 2.0	2500	72	4.26	8.9	11.34	24.201	4.172
2.5 x 2.5	1600	71	3.91	8.0	5.87	11.724	2.021
3.0 x 3.0	1089	76	3.83	8.7	5.18	10.082	1.738
3.5 x 3.5	784	76	3.43	6.9	2.45	4.449	0.767
4.0 x 4.0	625	82	3.70	8.6	3.34	6.662	1.149

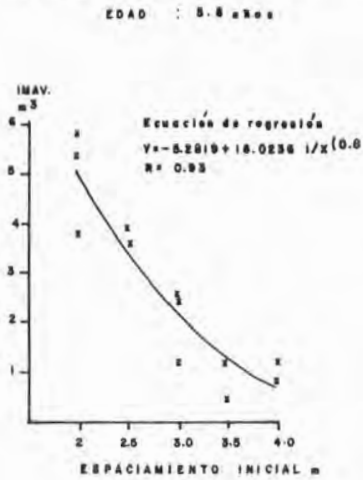
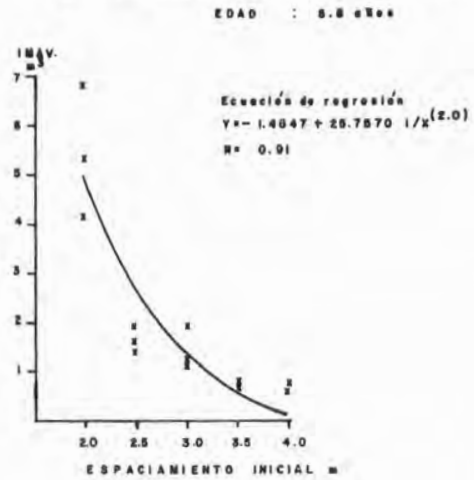
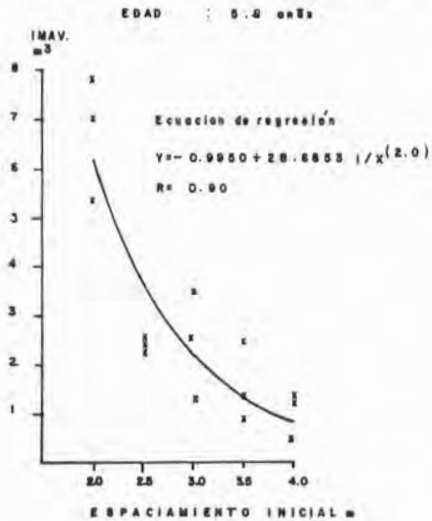
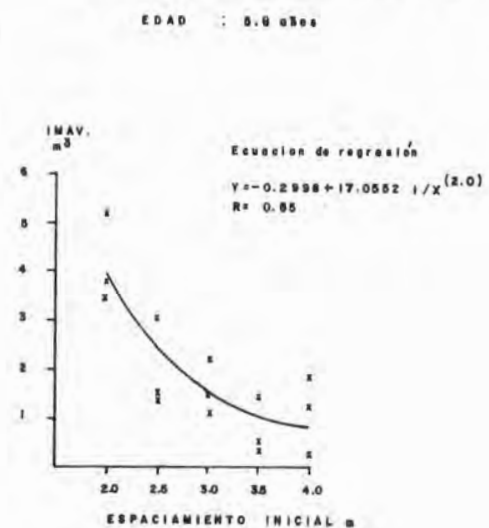
Figura 17.- ESPECIE: *Pinus montezumae*Figura 18.- ESPECIE: *Pinus pseudostrobus*Figura 19.- ESPECIE: *Pinus douglasiana*Figura 20.- ESPECIE: *Pinus leiophylla*

Figura 21.- ESPECIE: *Pinus montezumae*

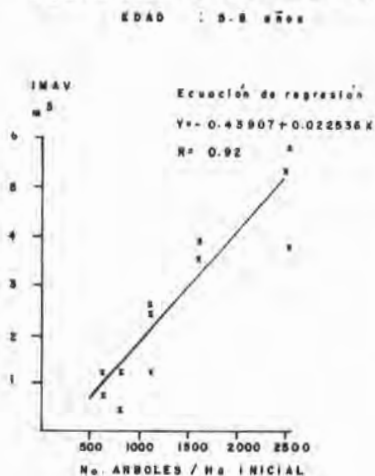


Figura 22.- ESPECIE: *Pinus pseudostrobus*

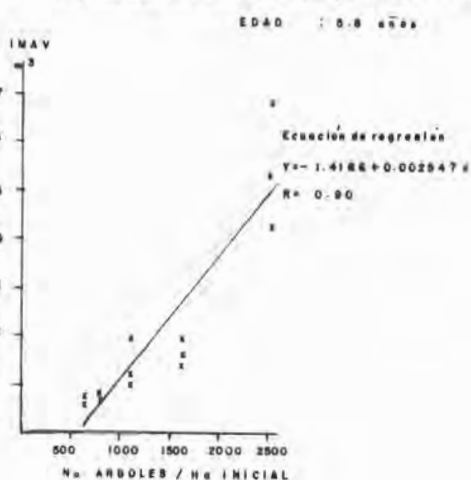


Figura 23.- ESPECIE: *Pinus douglasiana*

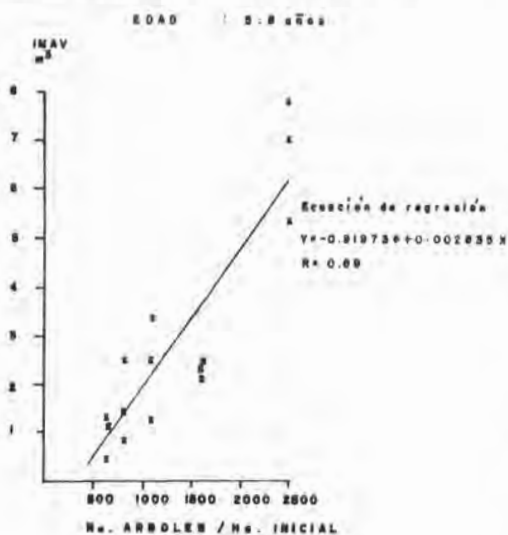


Figura 24.- ESPECIE: *Pinus leiophylla*

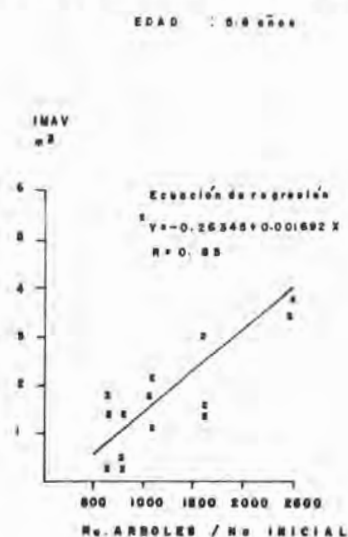


Figura 33.- Efecto del espaciamiento en una plantación de cuatro especies de pino.

Relación entre el espaciamiento inicial (variable X) y el área basal por hectárea (variable Y)
 Edad 5.8 años
 Modelo $Y = a + b 1/X^k$

ESTADÍSTICOS	Pinus montezumae	Pinus pseudostrobus	Pinus douglasiana	Pinus leicophylla
Número de observaciones	12	13	15	15
Media de (X)	0.401883	0.142431	0.133049	0.133049
Media de (Y)	7.5775	4.59923	6.68133	5.63933
Varianza de (X)	0.00888	0.004896	0.0048227	0.004822
Varianza de (Y)	20.1472	13.4904	20.7356	12.9206
Desviación standard (X)	0.0942447	0.0699719	0.0694457	0.0694457
Desviación standard (Y)	4.48856	3.67293	4.55363	3.59453
Coefficiente de regresión (X,Y)	44.9927	48.5715	60.2421	44.8888
Correlación (X,Y)	0.94	0.92	0.92	0.87
Coefficiente de determinación (X,Y)	0.89	0.85	0.85	0.76
Ecuación de regresión	$Y = -10.5043 + 44.9927 1/X^{(0.9)}$	$Y = -2.31885 + 48.5715 1/X^{(2.0)}$	$Y = -1.3338 + 60.2421 1/X^{(2.0)}$	$Y = -0.333068 + 48.8888 1/X^{(2.0)}$

NOTA: El número de observaciones se refiere al número de unidades experimentales o "parcelas"

Figura 34.- Efecto del espaciamiento en una plantación de cuatro especies de pino.

Relación entre el espaciamiento inicial (variable X) y el volumen por hectárea (variable Y)
 Edad 5,8 años
 Modelo $Y = a + b \frac{1}{X^k}$

ESTADÍSTICOS	Pinus montezumae	Pinus pseudostrobus	Pinus douglasiana	Pinus leleophylla
Número de observaciones	12	13	15	15
Media de (X)	0.40188	0.142431	0.161023	0.161023
Media de (Y)	15.738	12.6676	16.3387	11.4237
Varianza de (X)	0.008882	0.004896	0.0057255	0.0057255
Varianza de (Y)	108.791	132.184	164.038	64.6888
Desviación standard (X)	0.094244	0.069972	0.0756675	0.07566
Desviación standard (Y)	10.4303	11.4971	12.8077	8.04293
Coefficiente de regresión (X,Y)	102.549	149.4	151.377	90.4656
Correlación (X,Y)	0.93	0.91	0.89	0.85
Coefficiente de determinación (X,Y)	0.86	0.83	0.79	0.72
Ecuación de regresión	$Y = -25.4747 +$ 102.549 $\frac{1}{X^{(0.9)}}$	$Y = -8.61153$ 149.4 $\frac{1}{X^{(2.0)}}$	$Y = -8.03649 +$ 151.3770 $\frac{1}{X^{(1.8)}}$	$Y = -3.1433$ 90.4656 $\frac{1}{X^{(1.9)}}$

NOTA: El número de observaciones se refiere al número de unidades experimentales o "parcelas"

Figura 37.- Efecto del espaciamiento en una plantación de cuatro especies de pino.

Relación entre el área basal por hectárea (variable X) y el incremento medio anual en volumen (Variable Y)

Edad: 5.8 años

Modelo $Y = a + bx$

ESTADÍSTICOS	Pinus montezumae	Pinus pseudostrobus	Pinus douglasiana	Pinus leiophylla
Número de observaciones	12	13	15	15
Media de (X)	7.5775	4.59923	6.68133	5.63933
Media de (Y)	2.71317	2.18385	2.82147	1.9694
Varianza de (X)	20.1472	13.4904	20.7356	12.9206
Varianza de (Y)	3.2314	3.92889	4.92531	1.92285
Desviación standard (X)	4.48856	3.67293	4.55363	3.59453
Desviación standard (Y)	1.79837	1.98214	2.2193	1.38667
Coefficiente de regresión	0.39917	0.53830	0.48555	0.38527
Correlación (X Y)	0.99	0.99	0.99	0.99
Coefficiente de determinación (X,Y)	0.98	0.98	0.98	0.98
Ecuación de regresión	$Y = -0.31159 + 0.39917 X$	$Y = -0.29192 + 0.53830 X$	$Y = -0.4227 + 0.48555 X$	$Y = -0.20328 + 0.38527 X$

Sobre el índice de sobrevivencia obtenido.

En general la sobrevivencia fue aceptable, con lo que se obtuvo una muestra que da consistencia a las observaciones de diámetro y altura obtenidas. El índice promedio para todo el ensayo fue de 70%. Los indicadores de sobrevivencia para cada especie pueden ser usados para definir las densidades de plantación a emplear en la zona.

Sobre el efecto del espaciamiento.

A los 5.8 años de plantación las especies *Pinus pseudostrobus* y *P. douglasiana* mostraron en todos los espaciamientos ensayados un mayor índice de crecimiento en altura sobre las especies *P. montezumae* y *P. leiophylla*; las diferencias extremas fueron de 27% al comparar el crecimiento a un mismo espaciamiento.

Para las especies *P. pseudostrobus* y *P. montezumae*. Los análisis estadísticos de las alturas medias mostraron que los valores obtenidos en el espaciamiento 2 x 2 m, resultaron ser significativamente superiores hasta 23 y 16% respectivamente, a las observadas en los espaciamientos de 3.5 x 3.5 y 4. x 4 m, no ocurriendo así con *Pinus douglasiana* y con *P. leiophylla* donde las diferencias resultaron mínimas entre los 5 espaciamientos ensayados.

En relación a los diámetros no se observaron diferencias significativas entre espaciamientos ni entre especies.

Sobre la densidad de plantación.

En general cuando la comparación se realiza intraespecie, las diferencias en densidad de masa empiezan a ser de consideración sobre los parámetros de área basal y volumen. La diferencia en volumen entre la mayor y menor densidad ensayada (2500 y 625 árboles/ha) fueron: para *P. douglasiana* 33.169 m³/ha, para *P. pseudostrobus* 27.630 m³/ha, en *P. montezumae* fue de 23.217 m³/ha, para *P. leiophylla* de 17.539 m³/ha.

Sobre la factibilidad de establecer plantaciones comerciales.

Debido a la edad del material experimental, aun no es posible concluir sobre la factibilidad del establecimiento de plantaciones comerciales extensivas en las condiciones del ensayo, por lo que es necesario seguir de cerca el desarrollo de esta plantación experimental y con base en la información obtenida en futuras remediciones, efectuar los análisis correspondientes para tener información que nos provea de elementos para programar y manejar adecuadamente las plantaciones con las especies ensayadas.

Sobre las relaciones entre indicadores del crecimiento.

Los resultados obtenidos de las 4 especies demuestran que a esta edad existen amplias relaciones entre el espaciamiento inicial y el área basal por hectárea (rangos de R entre 0.94 a 0.87); entre el espaciamiento inicial y el volumen por hectárea (R=0.93 a 0.85) entre el espaciamiento inicial y el incremento medio anual en volumen (R=0.93 a 0.85); entre el número de árboles por hectárea y el incremento medio anual en volumen (R=0.92 a 0.85) y entre el área basal por hectárea y el incremento medio anual en volumen (R=0.99).

En todos los casos se observó un alto coeficiente de correlación que nos indica un buen grado de asociación entre las variables estudiadas.

BIBLIOGRAFIA

- Balmer, W.E., Owens, E.G. and Jorgensen, J.R. 1975. Effects of various spacings on Loblolly pine growth 15 years after planting. USDA. For. Ser. Res. Note SE-211. USA. p. 7.
- Caballero D., M. y Prado, O.A. 1969. Observaciones preliminares en una plantación experimental de *Pinus patula* y *P. leiophylla*. SAG, SFF. INF. Bol. Téc. No. 28 México. 20 p.
- Cámara Nacional de Industrias Derivadas de la Silvicultura (CNIDS). 1985. Memoria Económica de 1984. México. p.11.
- Combe J. y Gewald No. 1979. Guía de campo de los ensayos forestales del CATIE en Turrialba. IICA Turrialba, C. Rica. p. 118-121.

-
- DETENAL. 1977 Carta topográfica. Secretaría de Programación y Presupuesto. México. Carta E13B29.
- Diosdado R.,E. 1978. Evaluación de una plantación de *P. patula* del estado de México. Memoria de la Reunión Nacional de Plantaciones Forestales. SARH. SFF. INIF. Pub. Esp. No. 14 México. p. 338-350.
- Hawley, R.C. y Smith, D.M. 1972 Silvicultura práctica. Ed. Omega, S.A. Barcelona p. 265-268.
- Low, A.J. 1974. Initial spacing in relation to establishment and early growth of conifers plantations. For Com. Res. and Dev. Paper No. 110. Great Britain. 14 p.
- Mas P.,J., García M.,J. y Prado O.,A. 1983. Ensayos de plantaciones forestales en el Campo Experimental Forestal "Barranca de Cupatitzio" SARH, SFF, INIF. México. 63 p. (en impresión).
- Mas P.,J., Naranjo Ch, G., Muñoz F., H. J., y Alonso T., J. C. 1985. Evaluación de Plantaciones Forestales para la Proyección del Manejo Silvícola, III Reunión sobre Plantaciones Forestales. Pub. Esp. No. 48 I.N.I.F., S.A.R.H., México, D.F. 823-842.
- Mathus M.,A. 1979. Ensayo de espaciamientos con *Pinus caribaea* var. *hondurensis* de Guatemala. Memoria de la. Reunión sobre la Investigación Forestal en las Unidades Forestales y Organismos Descentralizados. INIF, SFF, SARH. México. p. 102-106.
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 1977. Anuario de la Producción Forestal en México año 1976. S .F.F. México. 342 p.