

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

CRECIMIENTO INICIAL DE 18 ESPECIES FORESTALES CON DISEÑO DE ESPACIAMIENTO NELDER EN TRES LOCALIDADES DE COSTA RICA

Tesis sometida a la consideración de la Comisión del Programa Conjunto
de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales
de la Universidad de Costa Rica y el Centro Agronómico Tropical de Investigación
y Enseñanza, para optar al grado de

MAGISTER SCIENTIAE

Por Luis Fernando Ortiz Castillo

**CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA
CATIE**

**Departamento de Recursos Naturales
Renovables**

Turrialba, Costa Rica

1984

DEDICATORIA

A mi padre

Juan

A mis hermanos

Aury, Homero, Rudy

Mimi, Lolo

A mi compañera

Elia

A mis hijos

Karlo

Ana Luisa

AGRADECIMIENTOS

Dejo constancia de mi agradecimiento a las siguientes personas e instituciones:

Al Dr. Charles B. Briscoe, Profesor Consejero, por su ayuda, comprensión y estímulo en el desarrollo del presente trabajo.

Al Dr. Gerardo Budowski por su significativo aporte a mi formación profesional.

A los Dres. Rodolfo Salazar; Donald Kass e Ing. John R. Palmer por sus sugerencias y apoyo.

Al Ing. For. José J. Campos, Residente del Proyecto Leña y Fuentes Alternas de Energía en Costa Rica, por sus sugerencias e irrestricto apoyo para la realización de este trabajo.

A los Ingenieros Gilbert Canet, Emel Rodríguez y Walter Picado por su apoyo logístico en el trabajo de campo.

A los señores Max Piñar, Miguel Solano, Marcos Masís y Ovidio Campos por su amplia colaboración en los trabajos de campo.

Al Sr. Javier López por su ayuda en el procesamiento de datos.

Al Ing. César A. Castañeda y Lic. Carlos E. Reiche por su amistad, apoyo y estímulo.

A la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala y Gobierno de Holanda por el apoyo financiero brindado para la realización de mis estudios.

Al Proyecto Leña y Fuentes Alternas de Energía a través de la persona del Ing. Jan Bauer por el apoyo financiero para la realización de ésta investigación.

BIOGRAFIA

El autor nació en la Ciudad de Cobán, Alta Verapaz, Guatemala; realizó sus estudios secundarios en el Instituto Normal Mixto del Norte Emilio R. Ponce. En 1980 se graduó de Ingeniero Agrónomo en la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos. Trabajó de 1978 a 1980 como auxiliar de cátedra de los cursos de Cito-histología Vegetal, Botánica Sistemática, Biología General, y Ecología general y luego como Profesor Adjunto en los cursos de Biología General y Ecología General en la Facultad de Agronomía de la misma Universidad.

En marzo de 1982 ingresó como estudiante graduado al Departamento de Recursos Naturales Renovables del Programa Conjunto Universidad de Costa Rica y Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, en Turrialba, Costa Rica, obteniendo el grado de *Magister Scientiae* en junio de 1984.

CONTENIDO

	Página
RESUMEN.....	viii
SUMMARY.....	x
LISTA DE CUADROS.....	xii
LISTA DE FIGURAS.....	xiv
1. INTRODUCCION.....	1
2. REVISION DE LITERATURA.....	4
2.1 El efecto del espaciamiento en la producción forestal.....	4
2.1.1 Principios que regulan el espaciamiento entre plantas...	4
2.1.1.1 El espaciamiento en relación con las especies...	4
2.1.1.2 El espaciamiento en relación con la calidad del suelo.....	5
2.1.2 Efectos generales del espaciamiento.....	5
2.1.3 Espaciamiento y altura promedio.....	6
2.1.4 Espaciamiento y diámetro.....	7
2.1.5 Espaciamiento y área basal.....	7
2.1.6 Espaciamiento y desarrollo de la copa.....	7
2.1.7 Espaciamiento y producción volumétrica.....	8
2.1.8 Espaciamiento y calidad de la madera.....	9
2.1.9 Espaciamiento y relaciones hipsométricas.....	9
2.1.10 Otros efectos.....	10
2.2 Espaciamientos y objetivos de manejo.....	10
2.3 Objetivos de los ensayos de espaciamiento.....	10
2.4 Diseños para estudiar efectos de espaciamiento forestal.....	12
2.4.1 Diseños de bloques al azar.....	12
2.4.2 Experimentos de tendencia de curvas correlacionadas	12
2.4.3 Diseños sistemáticos.....	13
2.4.4 Aplicación de diseños Nelder en investigación forestal..	14
3. MATERIALES Y METODOS.....	17
3.1 Descripción del área experimental.....	17
3.1.1 Localización del estudio.....	17
3.1.2 Clima.....	17
3.1.2.1 La Libertad, Hojancha, Guanacaste.....	17
3.1.2.2 Piedades Sur, San Ramón, Alajuela.....	24
3.1.2.3 Florencia Sur, Turrialba, Cartago.....	26
3.1.3 Suelos.....	26
3.1.3.1 La Libertad, Hojancha.....	26
3.1.3.2 Piedades Sur, San Ramón.....	28
3.1.3.3 Florencia Sur, CATIE, Turrialba.....	28

	Página
3.2 El diseño.....	29
3.3 Las especies.....	31
3.4 Distribución de las especies en el campo.....	33
3.5 Establecimiento de los experimentos.....	39
3.5.1 Uso anterior del suelo.....	39
3.5.2 Preparación del terreno.....	39
3.5.3 Plantación.....	40
3.6 Mantenimiento.....	40
3.7 Plagas y enfermedades.....	40
3.8 Replantes.....	41
3.9 Parámetros medidos.....	41
3.9.1 Sitio.....	41
3.9.2 Plantas.....	42
3.10 Procedimiento de mediciones en plantas.....	42
3.11 Análisis de la información.....	42
4. RESULTADOS.....	44
4.1 Diferencias entre repeticiones.....	44
4.2 Patrones de crecimiento.....	46
4.2.1 La altura total.....	46
4.2.2 El diámetro del tallo.....	48
4.2.3 El largo de copa.....	48
4.2.4 El ancho promedio de la copa.....	61
4.3 Comparaciones entre espaciamientos de una misma especie y las variables de altura total y diámetro del tallo.....	61
4.4 Comparaciones entre especies de cada sitio.....	69
4.5 Regresiones.....	69
4.6 Producción de volumen.....	80
5. DISCUSION.....	83
5.1 Diferencias entre repeticiones.....	83
5.2 Patrones de crecimiento.....	83
5.2.1 Altura total.....	83
5.2.2 Diámetro del tallo.....	85
5.2.3 Altura y diámetro promedio de la copa.....	85
5.3 Comparaciones de crecimiento entre especies de un mismo sitio....	86
5.4 Comparaciones de espaciamiento - especie por sitio.....	87
5.5 Regresiones.....	87
5.6 Producción de volumen.....	87
6. CONCLUSIONES.....	88
7. LITERATURA CITADA.....	91
ANEXO.....	100

RESUMEN

El ensayo fue establecido en tres localidades de Costa Rica con el objetivo de evaluar los efectos de nueve espaciamientos para cada una de nueve especies que fueron plantadas por localidad. Las especies fueron arregladas dentro de una parcela circular Nelder Ia, donde fue plantada cada especie a lo largo de cinco rayos consecutivos. Fueron establecidas dos parcelas en cada localidad. Los espaciamientos evaluados fueron: 0,14 x 0,33 m, 0,20 x 0,46 m, 0,27 x 0,62 m, 0,37 x 0,86 m, 0,51 x 1,19 m, 0,70 x 1,63 m, 0,97 x 2,5 m, 1,33 x 3,09 m y 1,83 x 4,25 m.

Las especies plantadas en la zona de vida de Bosque húmedo tropical en Guanacaste, fueron: *Bombacopsis quinata*, *Calliandra calothyrsus*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Glicicidia sepium*, *Gmelina arborea*, *Leucaena leucocephala*, *Casuarina equisetifolia*, *Guazuma udumifolia* y *Cassia siamea*; en la zona de vida de Bosque húmedo premontano en San Ramón, se evaluaron *Albizia falcataria*, *Calliandra calothyrsus*, *Cupressus lusitanica*, *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna*, *Casuarina equisetifolia*, *Acacia angustissima*, *Casuarina cunninghamiana*, y *Mimosa scabrella*; y en la zona de vida de Bosque muy húmedo premontano en Turrialba, fueron evaluadas *Acacia mangium*, *Calliandra calothyrsus*, *Cordia alliodora*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus grandis*, *Glicicidia sepium*, *Gmelina arborea*, *Casuarina equisetifolia* y *Cassia siamea*.

Las variables evaluadas periódicamente hasta los ocho meses fueron: la altura total, el diámetro al cuello del tallo, el largo de la copa y el ancho promedio de la copa.

Para todos los sitios y todas las especies sensibles al espaciamiento, la tendencia general fue que a mayor espaciamiento hubo mayores diámetros de

tallo, mayor largo de copa y mayor diámetro de copa; la altura total siguió un patrón en el que a medida que transcurrió el tiempo, las alturas mayores fueron desplazando de espaciamientos estrechos hacia espaciamientos más amplios.

El diámetro del tallo fue la variable de respuesta más consistente en relación con el espaciamiento y para la cual se encontraron mayores diferencias para diferentes espaciamientos. Cuando fue analizada esta variación por medio de regresión, fueron encontradas relaciones débiles entre la variable y el espaciamiento; se supone que este tipo de relaciones pueden ser más fuertes a medida que aumenta la edad de las plantas y que los individuos puedan definir mejor su posición social.

Las especies que tuvieron la mayor altura total y el mayor diámetro del tallo a los ocho meses de edad fueron: *G. arborea*, *E. camaldulensis* y *C. calothyrsus* en Guanacaste; *M. scabrella*, *C. cunninghamiana*, *A. falcataria* y *A. angustissima* en San Ramón; *G. arborea*, *E. camaldulensis*, *E. grandis*, *A. mangium* y *C. calothyrsus* en Turrialba.

SUMMARY

INITIAL GROWTH OF 18 TREE SPECIES IN A NELDER SPACING DESIGN AT THREE SITES IN COSTA RICA

The trial was established at three sites in Costa Rica to evaluate the effects of nine spacings on the nine species planted at each site. The trees were planted in circular Nelder Ia plots, each species being planted along five consecutive spokes. Two plots were established at each site. The spacings evaluated were: 0,14 x 0,33 m, 0,20 x 0,46 m, 0,27 x 0,62 m, 0,37 x 0,86 m, 0,51 x 1,19 m, 0,70 x 1,63 m, 0,97 x 2,25 m, 1,33 x 3,09 m y 1,83 x 4,25 m.

The species were planted in three different ecological life zones. At a site in the Guanacaste region, (humid tropical life zone) the following species were planted: *Bombacopsis quinata*, *Calliandra calothyrsus*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Gliricidia sepium*, *Gmelina arborea*, *Leucaena leucocephala*, *Casuarina equisetifolia*, *Guazuma ulmifolia* and *Cassia siamea*. At a second site in the San Ramon region (premontane humid life zone) the species were: *Albizia falcataria*, *Calliandra calothyrsus*, *Cupressus lusitanica*, *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna*, *Casuarina equisetifolia*, *Acacia angustissima*, *Casuarina cunninghamiana* and *Mimosa scabrella*. At the third site in the Turrialba region (very humid premontane life zone) the species were: *Acacia mangium*, *Calliandra calothyrsus*, *Cordia alliodora*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus grandis*, *Gliricidia sepium*, *Gmelina arborea*, *Casuarina equisetifolia* and *Cassia siamea*.

Variables evaluated periodically until the age of 8 months were: height, root collar diameter and length and mean width of the crown.

The general tendency at all sites for all species sensitive to spacing was for the trees at wide spacings to have larger root collar diameters and deeper and wider crowns; the greatest heights were initially in the narrower spacings but as time passed, were at progressively wider spacings.

The root collar diameter was found to be the variable most sensitive to spacing and for which the greatest differences between spacings was found. The calculated R^2 values for the root collar diameter spacing relationship was low, but significant. It is assumed that the relationships will be more marked as the plants mature and define their social position.

The species which showed the greatest height and root collar diameter at eight months in Guenacaste were: *G. arborea*, *E. camaldulensis*, and *C. calothyrsus*; in San Ramon *M. scabrella*, *C. cunninghamiana*, *A. falcataria* and *A. angustissima*; and in Turrialba *G. arborea*, *E. camaldulensis*, *E. grandis*, *A. mangium* and *C. calothyrsus*.

LISTA DE CUADROS

Cuadro N° En el texto		Página
1	Localización de los sitios de estudio.....	22
2	Especificaciones del experimento.....	32
3	Algunos datos de vivero de especies plantadas.....	34
4	Distribución de especies en el campo.....	38
5	VARIABLES significativamente diferentes cuando fueron com- paradas las repeticiones de la misma especie.....	45
6	Dimensiones promedio a los ocho meses en Hojancha.....	70
7	Dimensiones promedio a los ocho meses en San Ramón.....	71
8	Dimensiones promedio a los ocho meses en Turrialba.....	73
9	Comparaciones entre especies por sitio.....	75
10	Modelos de regresión del diámetro del tallo en Hojancha....	77
11	Modelos de regresión del diámetro del tallo en San Ramón...	78
12	Modelos de regresión del diámetro del tallo en Turrialba...	79
13	Producción volumétrica de especies en Hojancha.....	81
14	Producción volumétrica de especies en San Ramón.....	81
15	Producción volumétrica de especies en Turrialba.....	82
 En el anexo		
16A	Especies utilizadas en el ensayo en cada localidad.....	103
17A	Requerimientos ambientales de las especies plantadas en el experimento.....	109
18A	Usos, capacidad de rebrote y producción de especies usadas en ensayos.....	110
19A	Distribución de las especies en cada repetición.....	129
20A	Especies con las que se iniciaron las mediciones en cada localidad.....	132

Cuadro N°		Página
21A	Plantas replantadas.....	133
22A	Resultados del análisis físico y químico del suelo en Hojancha.....	134
23A	Resultados del análisis físico y químico del suelo en San Ramón.....	135
24A	Resultados del análisis físico y químico del suelo en Turrialba.....	136

LISTA DE FIGURAS

Figura N° En el texto		Página
1	Localización de los sitios.....	18
2	Mapa de la zona de Hojancha.....	19
3	Mapa de la zona de Piedadas Sur.....	20
4	Mapa de la zona de Turrialba.....	21
5	Promedios de temperatura y precipitación, Nicoya.....	23
6	Promedios de temperatura y precipitación, Palmares.....	25
7	Promedios de temperatura y precipitación, CATIE.....	27
8.	Forma básica del diseño.....	30
9	Ubicación del experimento. La Libertad.....	35
10	Ubicación del experimento. Piedadas Sur.....	36
11	Ubicación del experimento. Florencia Sur.....	37
12-14	Altura promedio de todas las especies. Hojancha, San Ramon, Turrialba.....	47
15-19	Altura de especies individuales en Hojancha.....	49
20-24	Altura de especies individuales en San Ramón.....	50
25-34	Altura de especies individuales en Turrialba.....	52
35-37	Diámetro de todas las especies, Hojancha, San Ramón y Turrialba.....	56
38-41	Diámetro de especies individuales, Hojancha.....	57
42-45	Diámetro de especies individuales, San Ramón.....	58
46-49	Diámetro de especies individuales, Turrialba.....	59½
50-52	Largo de copa de todas las especies, Hojancha, San Ramón y Turrialba.....	60
53-56	Largo de copa de especies individuales, Hojancha.....	62
57-60	Largo de copa de especies individuales, San Ramón.....	63

Figura N°		Página
61-64	Largo de copa de especies individuales, Turrialba.....	64
65-67	Diámetro promedio de copa de todas las especies, Hojancha, San Ramón, Turrialba.....	65
68-71	Diámetro promedio de copa de especies individuales, Hojancha.....	66
72-75	Diámetro promedio de copa de especies individuales, San Ramón.....	67
76-79	Diámetro promedio de copa de especies individuales, Turrialba.....	68
 En el anexo		
80A	Esquema de trazado del diseño en el campo.....	107
81A	Humedad registrada en el suelo.....	138