

CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA
PROGRAMA DE ENSEÑANZA PARA EL DESARROLLO Y LA CONSERVACION
ESCUELA DE POSTGRADO

RECIBIDO
Turrialba, Costa Rica

**PRODUCTIVIDAD DE PROCEDENCIAS Y PROGENIES DE *Cupressus lusitanica* Y
Albizia guachapele EN DOS SITIOS DE COSTA RICA**

POR

OSCAR EDWIN SOLORZANO GONZALEZ



Turrialba, Costa Rica
1997

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA

INSTITUTO COSTARRICENSE DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
COSTA RICA - CATIE

PROGRAMA DE ENSEÑANZA

23 ENE 1998

AREA DE POSTGRADO

RECIBIDO

Turrialba, Costa Rica

// Productividad de procedencias y progenies de *Cupressus lusitanica* y *Albizia guachapele*
en dos sitios de Costa Rica.

POR

OSCAR EDWIN SOLORZANO GONZALEZ

Turrialba, Costa Rica
1997

Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma, por la Jefatura del Area de Postgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales del CATIE y aprobada por el Comité Asesor del estudiante como requisito parcial para optar al grado de:

MAGISTER SCIENTIAE

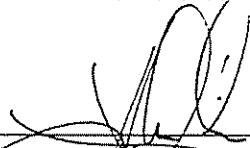
FIRMANTES:



Luis Fernando Jara
Profesor Consejero



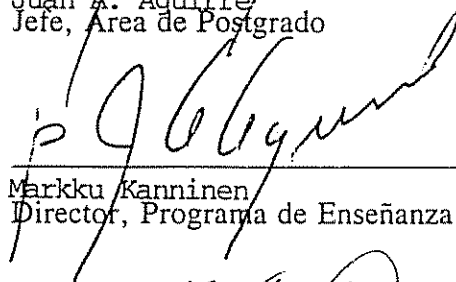
Rodolfo Salazar
Miembro Comité Asesor



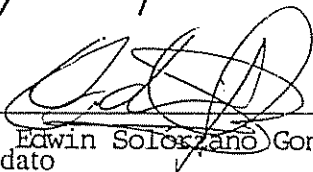
Francisco Messer
Miembro Comité Asesor



Juan A. Aguirre
Jefe, Area de Postgrado



Markku Kanninen
Director, Programa de Enseñanza



Oscar Edwin Solórzano González
Candidato

DEDICATORIA

A Daysi: mi esposa, por soportar dos años de separación y sufrimiento, en los cuales su amor, apoyo y esmero fueron pilares fundamentales para continuar y alcanzar la meta propuesta.

A Mónica Raquel: mi hija, por haber perdido dos años de su cariño y compañía.

A mis padres: Oscar y Mercedes, por su apoyo, consejos y por darme las herramientas para ser un hombre útil a la sociedad en el difícil camino de la vida.

A mis hermanos: Lorena y Hugo, por darme ánimos para continuar.

A mis Abuelos: Papanico, Mamachita (Q.D.D.G.) y Alicia, por su cariño y gran apoyo.

A mis tías: Zoila, Irma (Q.D.D.G.) y Alicia, por su contribución en el logro de mis metas.

A El Salvador: mi tierra.

AGRADECIMIENTOS.

Deseo expresar mis más sinceros agradecimientos a las siguientes personas y entidades:

A DANIDA quien a través del Proyecto de Semillas Forestales (PROSEFOR), me dio el apoyo económico para culminar mis estudios de maestría.

Al Ministerio de Agricultura y Ganadería de El Salvador y al Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA), por permitirme dar un paso más en mi superación.

A Luis Fernando Jara, M.Sc., profesor consejero, por sus buenos consejos, su apoyo en los momentos difíciles y principalmente su amistad.

A Rodolfo Salazar, Ph.D. y Francisco Mesén, Ph.D.; por sus consejos oportunos, su interés en mi aprendizaje y su amistad.

A Willian Vásquez, M.Sc., por su amistad y apoyo logístico en el trabajo de campo.

A Jhony Pérez, por su colaboración en el proceso de análisis estadístico de la información.

A Marku Kanninen, Ph.D.; por sus valiosos comentarios, sugerencias y ayuda desinteresada.

A toda la familia PROSEFOR: Amable, Edith, Alfonso, Gerardo, Luis, Alba, Mario, Antonio y Alexis, por su apoyo, colaboración y amistad.

Al personal del Proyecto Mejoramiento Genético Forestal, por su ayuda desinteresada.

A todo el personal de la Biblioteca Conmemorativa Orton, especialmente a Adi, Rigo y Juan, por toda su amabilidad, comprensión, ayuda y amistad.

A todos mis compañeros de estudio por su amistad y gratos momentos compartidos, en especial a los siguientes compañeros con los que compartimos buenos y malos momentos durante estos dos

años de sacrificio: Roberto Herasme (Dominicano), Juan Jovel Castillo(Salvadoreño), Alfonso Castillo (Nicaragüense), Elvis Olivares (Dominicano), Martín Simón (Argentino), Mario Orellana (Salvadoreño), Juan Carlos Godoy (Salvadoreño), Jorge Oviedo (Salvadoreño), Carlos Reyes (Guatemalteco), Jhonatan Láinez (Hondureño), Jorge Esquivel (Costarricense), Jaime Terán (Boliviano), Marco Elí Franco (Colombiano), Jairo Cuervo (Colombiano), Juan Vallejos (Boliviano), Roberto Valdivieso (Boliviano), Adriana Ortín (Argentina), Lissete Rodríguez (Nicaragüense), Lorena Ochoa (Honduras), Yolanda Nuñez (Costarricense) y Lilibeth Leigue (Boliviana).

Mi último agradecimiento es para todas aquellas personas que de una u otra forma contribuyeron a que alcanzara la meta propuesta.

INDICE

RESUMEN.....	xii
SUMMARY.....	xiii
1. INTRODUCCION.....	1
2. OBJETIVOS.....	3
2.1 Objetivo general.....	3
2.2 Objetivos específicos.....	3
3. HIPOTESIS.....	4
4. REVISION DE LITERATURA.....	5
4.1 Cupressus lusitanica.....	5
4.1.1 Taxonomía.....	5
4.1.2 Descripción general.....	6
4.1.3 Origen y distribución geográfica.....	6
4.1.4 Requerimientos ambientales.....	7
4.2 Albizia guachapele (H. B. K.) Dugand.....	8
4.2.1 Taxonomía.....	8
4.2.2 Descripción general.....	9
4.2.3 Origen y distribución geográfica.....	10
4.2.4 Requerimientos ambientales.....	10
4.3 Evaluación de procedencias.....	11
4.3.1 Resultados de pruebas de procedencias/progenies de <i>Cupressus lusitanica</i> y <i>Albizia guachapele</i>	13
4.3.2 Variables a evaluar en pruebas de procedencias/progenies en campo.....	14
4.4 El concepto de ideotipo en el sector forestal.....	16
4.5 Distribución de biomasa entre los componentes del árbol.....	19
4.6 Distribución de biomasa y su relación con el índice de cosecha.....	19
5. MATERIALES Y METODOS.....	23
5.1 Cupressus lusitanica.....	23
5.1.1 Descripción del área de estudio.....	23
5.1.2 Materiales experimentales.....	23
5.2 Albizia guachapele.....	27
5.2.1 Descripción del área de estudio.....	27
5.2.2 Materiales experimentales.....	27
5.2.3 Diseño experimental.....	29
5.3 Procedimientos analíticos.....	29
5.3.1 Fase I: Evaluación de las procedencias en campo.....	29
5.3.2 Fase II: Estimación de la productividad.....	31

5.4 Análisis estadístico.....	36
5.4.1 Fase I: Evaluación de procedencias.....	36
5.4.2 Fase II: Estimación de la productividad.....	37
5.4.3 Correlaciones.....	39
5.4.4 Cálculo de heredabilidad.....	39
6. RESULTADOS Y DISCUSION.....	41
6.1 FASE I: Evaluación de procedencias y familias.....	41
6.1.1 <i>Cupressus lusitanica</i>	41
6.1.2 <i>Albizia guachapele</i>	52
6.2 FASE II: Evaluación de la productividad de procedencias y familias.....	62
6.2.1 RESULTADOS: <i>Cupressus lusitanica</i>	62
6.2.2 RESULTADOS: <i>Albizia guachapele</i>	73
6.2.3 DISCUSION DE RESULTADOS: <i>Cupressus lusitanica</i>	82
6.2.4 DISCUSION DE RESULTADOS: <i>Albizia guachapele</i>	88
6.3 Correlaciones.....	93
6.3.1 <i>Cupressus lusitanica</i>	93
6.3.2 <i>Albizia guachapele</i>	95
6.4 Heredabilidad familiar.....	97
6.4.1 <i>Cupressus lusitanica</i>	97
6.4.2 <i>Albizia guachapele</i>	98
7. CONCLUSIONES.....	98
7.1 <i>Cupressus lusitanica</i>	99
7.2 <i>Albizia guachapele</i>	102
9. RECOMENDACIONES.....	105
10. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.....	106
11. ANEXOS.....	111

INDICE DE CUADROS.

CUADRO 1. Procedencias y número de familias de <i>Cupressus lusitanica</i> en Santa Cruz de Turrialba, Costa Rica.....	26
CUADRO 2. Procedencias y número de familias de <i>Albizia guachapele</i> en Lourdes, Las Juntas de Abangares, Costa Rica.....	29

ANEXOS

ANEXO 1. Procedencias y familias de <i>Cupressus lusitanica</i> en Santa Cruz, Turrialba, Costa Rica.....	114
ANEXO 2. Procedencias y familias de <i>Albizia guachapele</i> en Lourdes, Las Juntas de Abangares, Costa Rica.....	115
ANEXO 3. Formulario para recolección de datos en campo.....	116
ANEXO 4. Formulario para medición de árboles en secciones para elaborar tablas de volumen.....	117
ANEXO 5. Porcentaje de sobrevivencia de <i>C. lusitanica</i> a los seis años en Santa Cruz de Turrialba y de <i>A. guachapele</i> a los siete años en Lourdes, Las Juntas de Abangares, Costa Rica.....	118
ANEXO 6. Altura total (m) y dap (cm) promedio de 49 familias de <i>Cupressus lusitanica</i> en Santa Cruz, Turrialba, Costa Rica.....	11
ANEXO 7. Altura total (m) y dap (cm) promedio de 41 familias de <i>Albizia guachapele</i> en Lourdes, Las Juntas de Abangares, Costa Rica.....	120
ANEXO 8. Forma de fuste (% de árboles ubicados en categoría 4 y 6) y bifurcación (% de árboles ubicados en categorías 4 y 6) de <i>Cupressus lusitanica</i> a los seis años en Santa Cruz de Turrialba y de <i>Albizia guachapele</i> a los siete años en Lourdes, Las Juntas de Abangares Costa Rica.....	121
ANEXO 9. Procedencias de <i>Cupressus lusitanica</i> : promedios de las variables evaluadas en la FASE II, Santa Cruz de Turrialba, Costa Rica.....	122
ANEXO 10. Familias de <i>Cupressus lusitanica</i> : promedios de las variables evaluadas en la FASE II, Santa Cruz de Turrialba, Costa Rica.....	123
ANEXO 11. Procedencias de <i>Albizia guachapele</i> : promedios de las variables evaluadas en la FASE II, Lourdes, Las Juntas de Abangares, Costa Rica.....	124
ANEXO 12. Familias de <i>Albizia guachapele</i> : promedios de las variables evaluadas en la FASE II, en el ensayo de Lourdes, Las Juntas de Abangares, Costa Rica.....	125
ANEXO 13. Matriz de correlaciones para las variables evaluadas en la FASE II del ensayo de <i>Cupressus lusitanica</i> a los seis años de edad en Santa Cruz, Turrialba, Costa Rica.....	126

ANEXO 14. Matriz de correlaciones para las variables evaluadas en la FASE II del ensayo de Albizia guachapele a los siete años de edad en Lourdes, las Juntas de Abangares Costa Rica.....	127
--	-----

INDICE DE FIGURAS.

FIGURA 1. Ubicación de los ensayos de procedencias/progenies de <i>C. lusitanica</i> y <i>A. guachapele</i> en Costa Rica.....	24
FIGURA 2. Localización del ensayo de procedencias/progenies de <i>C. lusitanica</i> en Santa Cruz, Turrialba, Costa Rica.....	25
FIGURA 3. Localización del ensayo de procedencias/progenies de <i>A. guachapele</i> , en Lourdes, Las Juntas, Abangares, Costa Rica.....	28
FIGURA 4. Supervivencia de 12 procedencias de <i>C. lusitanica</i> a los seis años de edad en Santa Cruz, Turrialba, Costa Rica.....	41
FIGURA 5. Supervivencia de 14 familias de <i>C. lusitanica</i> a los seis años de edad en Santa Cruz, Turrialba, Costa Rica.....	42
FIGURA 6. Altura total (m) y dap (cm) de 12 procedencias de <i>C. lusitanica</i> a los seis años de edad en Santa Cruz, Turrialba, Costa Rica.....	44
FIGURA 7. Altura total (m) y dap (cm) de 14 familias de <i>C. lusitanica</i> a los seis años de edad en Santa Cruz, Turrialba, Costa Rica.....	45
FIGURA 8. Porcentaje de árboles con categoría de forma de fuste 4 y 6 de 18 familias de <i>C. lusitanica</i> a los seis años de edad en Santa Cruz, Turrialba, Costa Rica.....	49
FIGURA 9. Porcentaje de árboles con categoría de bifurcación 4 y 6 de 18 familias de <i>C. lusitanica</i> a los seis años de edad en Santa Cruz, Turrialba, Costa Rica.....	51
FIGURA 10. Porcentaje de supervivencia de tres procedencias de <i>A. guachapele</i> a los siete años de edad en Lourdes, Las Juntas, Abangares, Costa Rica.....	53
FIGURA 11. Porcentaje de supervivencia de 14 familias de <i>A. guachapele</i> a los siete años de edad en Lourdes, Las Juntas, Abangares, Costa Rica.....	54
FIGURA 12. Altura total (m) y dap (cm) de tres procedencias de <i>A. guachapele</i> a	

los siete años de edad en Lourdes, Las Juntas, Abangares, Costa Rica.....	55
FIGURA 13. Altura total (m) y dap (cm) de 14 familias de <i>A. guachapele</i> a los siete años de edad en Lourdes, Las Juntas, Abangares, Costa Rica.....	56
FIGURA 14. Porcentaje de árboles con categoría de forma de fuste 4 y 6 de 14 familias de <i>A. guachapele</i> a los siete años de edad en Lourdes, Las Juntas, Abangares, Costa Rica.....	60
FIGURA 15. Porcentaje de árboles con categoría de bifurcación 4 y 6 de 14 familias de <i>A. guachapele</i> a los siete años de edad en Lourdes, Las Juntas, Abangares, Costa Rica.....	61
FIGURA 16. Densidad específica (g/cm^3) de 14 familias de <i>C. lusitanica</i> a los seis años de edad en Santa Cruz, Turrialba, Costa Rica.....	63
FIGURA 17. Diámetro de copa (m), longitud de copa y fuste (m) de 14 familias de <i>C. lusitanica</i> a los seis años de edad en Santa Cruz, Turrialba, Costa Rica.....	64
FIGURA 18. Volumen del fuste ($\text{m}^3/\text{árbol}$) de 14 familias de <i>C. lusitanica</i> a los seis años de edad en Santa Cruz, Turrialba, Costa Rica.....	65
FIGURA 19. Biomasa de follaje, ramas fuste y total aérea ($\text{kg}/\text{árbol}$) de 14 familias de <i>C. lusitanica</i> a los seis años de edad en Santa Cruz, Turrialba, Costa Rica.....	68
FIGURA 20. Porcentaje de la biomasa total de los componentes aéreos de 14 familias de <i>C. lusitanica</i> a los seis años de edad en Santa Cruz, Turrialba, Costa Rica.....	73
FIGURA 21. Densidad específica (g/cm^3) de 14 familias de <i>A. guachapele</i> a los siete años de edad en Lourdes, Las Juntas, Abangares, Costa Rica.....	74
FIGURA 22. Diámetro de copa (m), longitud de copa y fuste (m) de 14 familias de <i>A. guachapele</i> a los siete años de edad en Lourdes, Las Juntas, Abangares, Costa Rica.....	75
FIGURA 23. Volumen del fuste ($\text{m}^3/\text{árbol}$) de 14 familias de <i>A. guachapele</i> a los siete años de edad en Lourdes, Las Juntas, Abangares, Costa Rica.....	77
FIGURA 24. Biomasa seca de follaje, ramas, fuste y total aérea ($\text{kg}/\text{árbol}$) de 14 familias de <i>A. guachapele</i> a los siete años de edad en Lourdes, Las Juntas, Abangares, Costa Rica.....	79
FIGURA 25. Porcentaje de la biomasa total de los componentes aéreos de 14 familias de <i>A. guachapele</i> a los siete años de edad en Lourdes, Las Juntas, Abangares, Costa Rica.....	82

FIGURA 26. Índice de Cosecha de 14 familias de <i>Cupressus lusitanica</i> a los seis años de edad en Santa Cruz de Turrialba, Costa Rica.....	89
FIGURA 27. Índice de Cosecha de 14 familias de <i>Albizia guachapele</i> en Lourdes, Las Juntas de Abangares, Costa Rica.....	94

SOLORZANO G., O.E. 1997. Productividad de procedencias y progenies de *Cupressus lusitanica* y *Albizia guachapele* en dos sitios de Costa Rica. Tesis Magister Scientiae. Turrialba, Costa Rica. CATIE.

RESUMEN

Palabras clave: *Cupressus lusitanica*, *Albizia guachapele*, procedencias, familias, heredabilidad, biomasa, correlaciones.

Para el presente estudio se utilizaron dos ensayos previamente establecidos por el Proyecto Mejoramiento Genético Forestal, ejecutado por CATIE con ayuda de la Organización para el Desarrollo de Ultramar (ODA). Los ensayos se encuentran en dos sitios con características climáticas diferentes: *Cupressus lusitanica* se encuentra en las faldas del volcán Turrialba; mientras *Albizia guachapele*, se encuentra en las partes bajas de Guanacaste. El ensayo de *C. lusitanica* consta de 12 procedencias y 49 familias de polinización abierta; por otro, lado el ensayo de *A. guachapele* está constituido por 3 procedencias y 41 familias. La edad de los ensayos al momento de la evaluación fue de seis años para *C. lusitanica* y siete para *A. guachapele*.

El objetivo general del trabajo fue: Estudiar la productividad e identificar el germoplasma genéticamente superior de las especies *Cupressus lusitanica* y *Albizia guachapele* en dos condiciones ambientales en Costa Rica.

El trabajo fue dividido en dos Fases: las variables de respuesta evaluadas en la fase I para cada especie fueron: sobrevivencia, altura total, dap, forma de fuste, ausencia o presencia de bifurcaciones. En la fase II se evaluaron las variables: diámetro de copa, longitud de copa y fuste, biomasa de follaje, ramas, fuste y total, densidad específica, volumen del fuste, distribución de biomasa entre componentes aéreos (follaje, ramas, fuste). Además se determinó el valor de heredabilidad familiar para las variables altura total y dap; los promedios de todas las variables se correlacionaron para determinar el grado de relación existente entre las mismas.

La procedencia de *C. lusitanica* con mayor porcentaje de sobrevivencia fue la de Paso Llano de Heredia. El análisis determinó diferencias significativas entre procedencias para el dap y la altura total; Paso Llano de Heredia fue la mejor para la altura total, mientras que Calle Lobos de Heredia mostró el mejor dap. Los testigos comerciales 4510 de Parque Prusia, Cartago; 4482 de

Santa María Dota, Cartago; 4504 de Las Chorreras de Heredia y 2452 del huerto semillero La Arcadia de Colombia presentaron resultados inferiores en crecimiento a los mostrados por las mejores familias. La familia 17 de Cipresal de Heredia presentó la sobrevivencia más alta, la 30 de Paso Llano de Heredia mostró la altura mayor, mientras que el diámetro mayor lo presentó la familia 10 de Monte de La Cruz. Al nivel de forma de fuste y bifurcaciones, el porcentaje más alto de árboles con buena forma lo presentó la familia 29 de Paso Llano, Heredia.

Para la especie *A. guachapele*, la procedencia de Las Delicias de Honduras presentó la mayor sobrevivencia. Se encontraron diferencias significativas para el dap y la altura total, la procedencia de Abangares mostró el mayor crecimiento (dap y altura total). A nivel de familias, la 34 de Las Delicias presentó la mejor sobrevivencia; en cuanto a dap y altura las familias sobresalientes fueron la 13012 y la 43 de Abangares, respectivamente. En general las familias de Abangares fueron superiores a las familias de Las Delicias de Honduras. Fue muy notorio que uno de los testigos (T1) se haya encontrado entre los mejores cinco promedios en altura y dap. La mejor forma de fuste la presentó la familia 44 de Abangares, mientras que el porcentaje más alto de árboles bifurcados a partir del tercio superior correspondió a la familia 39 de Abangares. Las procedencias sobresalientes de *C. lusitanica* para las variables biomasa de follaje, ramas, fuste, biomasa total, diámetro de copa, volumen del fuste, longitud de copa y fuste fueron Calle Lobos, Cipresal y Paso Llano, de Heredia. A excepción de la densidad específica y del Índice de Cosecha, en las cuales las procedencias de crecimientos menores (dap y altura total) presentaron los valores más altos. A nivel de familias, sobresalieron en todas las variables la 33, 16 y 10, de Heredia, a excepción también del índice de cosecha y la densidad específica.

Para *A. guachapele*, la procedencia de Abangares fue la mejor en la mayoría de variables de respuesta. Al nivel de familias, las más sobresalientes fueron la 13012 y el testigo T1 de Abangares. En general las procedencias y familias con crecimiento lento para dap, altura total, volumen y biomasa mostraron la mayor densidad específica e Índice de Cosecha.

Para *C. lusitanica* y *A. guachapele* se determinaron correlaciones de moderadas a fuertes entre las variables diámetro de copa, longitud de copa y fuste, biomasa de follaje, ramas, fuste, total y volumen del fuste. Valores altos de heredabilidad para dap y altura total fueron encontrados para las dos especies.

SOLORZANO, G., O.E. 1997. Productivity of *Cupressus lusitanica* and *Albizia guachapele* progenies and provenances in two sites of Costa Rica. Thesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE.

SUMMARY

Keywords: *Cupressus lusitanica*, *Albizia guachapele*, provenances, families, heritability, biomass, correlations

Two experiments established by the Forest Genetic Improvement Project financed by the Overseas Development Agency (ODA), executed at CATIE were utilized to conduct this research. The experiments were established in two sites with different climatic characteristics: *Cupressus lusitanica* was located at the Turrialba Volcano side while *Albizia guachapele* was at the Guanacaste lowlands. The *C. lusitanica* essay involved 12 provenances and 49 open polinization families; on the other hand, the *A. guachapele* essay included 3 provenances and 41 families. The experiment's age at evaluation time was six years for *C. lusitanica* and seven for *A. guachapele*.

The general purposes of this work were to study the experiments productivity and to identify genetically superior germplasm from *Cupressus lusitanica* and *Albizia guachapele* species in two different environmental conditions of Costa Rica.

The research was divided into two stages. Stage I involved evaluation of the following response variables for each species: survival, total height, dbh, stem shape and bifurcation absence or presence. Stage II included evaluation of the following variables: crown's diameter, crown and stem's longitude; foliage, branches, stem and total biomass; specific density, stem's volume and biomass distribution between aerial components (foliage, branches, stem). Furthermore, family heritability of total height and dbh variables was determined. The averages of all variables were correlated to estimate the relationship level among them.

The *C. lusitanica* provenance with the highest survival percentage was the Paso Llano of Heredia. The analysis conducted revealed significative differences between provenances regarding dbh and total height; the Paso Llano of Heredia showed the best total height values while the Calle Lobos of Heredia presented the best dbh. The commercial controls 4510 (Parque Prusia, Cartago); 4482 (Santa María Dota, Cartago); 4504 (Las Chorreras of Heredia) and 2452

from the La Arcadia of Colombia seedling showed inferior results regarding growth from the ones presented by the best families. The 17 family from Cipresal of Heredia showed the highest survival; the 30 family from Paso Llano of Heredia showed the highest height while the best diameter was presented by family 10 of Monte de La Cruz. Regarding stem's shape and bifurcation, family 29 from Paso Llano, Heredia showed the highest well-shaped tress percentage.

For *A. guachapele* species, Las Delicias of Honduras provenance showed the highest survival percentage. Significant differences were found regarding dbh and total height and the Abangares provenance presented the highest growth (dbh and total height). In terms of families, Las Delicias 34 showed the best survival rate; regarding dbh and height Abangares families 13012 and 43, respectively, were the most outstanding. It was very remarkable that one of the controls (T1) showed one of the best five height and dbh averages. The best stem's shape was presented by Abangares family 44, while the highest percentage of bifurcated trees starting from the superior third corresponded to Abangares family 39. The *C. lusitanica* outstanding provenances for foliage, branches and stem's biomass, total biomass, crown's diameter, stem's volume, crown and stem's longitude were Calle Lobos, Cipresal and Paso Llano of Heredia. With the exception of specific density and harvest index variables, low growth provenances (dbh and total height) showed the highest values. At family level, families 33, 16 and 10 from Heredia stood out regarding all variables excepting harvest index and specific density.

For *A. guachapele*, Abangares provenance was the best in most response variables. At family level, the more outstanding materials were 13012 and the T1 control from Abangares. In general terms, low dbh, total height, volume and biomass growth families and provenances showed the best specific density and harvest index.

Correlations from moderate to strong were estimated between the variables crown diameter, crown and stem longitude, foliage, branches, stem and total biomass, and stem volume for *C. lusitanica* and *A. guachapele*. High dbh and total height heritability values were found for both species.

1. INTRODUCCION.

Uno de los mayores problemas en América Latina es la tasa de deforestación de sus bosques naturales, pocos países podrán satisfacer en el futuro la creciente demanda de productos de origen forestal. Una alternativa de solución para satisfacer parte de la demanda y disminuir la presión sobre los recursos naturales la constituyen las plantaciones forestales; por otro lado, el fomento de plantaciones forestales en los trópicos en muchos casos ha estado dirigido principalmente a la búsqueda de especies, al desarrollo de prácticas silvícolas y en menor medida a la comercialización de los productos generados. Sin embargo, no es posible pensar en desarrollar el sector forestal dejando de lado el mejoramiento genético de las fuentes de semilla utilizadas para la reforestación.

Es por ello que el CATIE mediante el Proyecto Mejoramiento Genético Forestal, estableció en Costa Rica ensayos de procedencias de las especies prioritarias. Estos ensayos tienen como objetivo, identificar las mejores procedencias con base en características sobresalientes de crecimiento como altura, diámetro, producción, y características cualitativas como rectitud del fuste, hábito de ramificación, posición de las ramas, entre otros.

Sin embargo, pocas especies muestran todos los atributos deseables para un uso en particular; muchas características que se requiere mejorar en una especie para un propósito determinado a menudo son excluyentes. En muchos casos, los árboles que se quiere idealizar se necesitan para una gran cantidad de objetivos, por lo cual, es necesario definir en forma clara y precisa el árbol ideal o ideotipo que se requiere (Wood y Burley, 1995).

Ensayos internacionales han determinado que en la selección de los mejores árboles para la producción de madera, no han sido seleccionados aquellos considerados como superiores en una prueba de procedencias y progenies normales, sino, aquellos que han concentrado una buena proporción de su biomasa en el fuste. La proporción de fotosintatos que son destinados para la producción de madera en el fuste es variable entre procedencias y familias de una misma especie. El árbol ideal debe ser aquel que destine una gran cantidad de fotosintatos producidos hacia las partes del árbol que se quiere cosechar.

La distribución de la producción de materia seca juega un papel muy importante en la utilización de los productos de la fotosíntesis y en el flujo de material y energía en los ecosistemas forestales. La producción de fuste cosechable depende no solamente del total de producción neta, sino, también de la fracción distribuida hacia él. Consecuentemente, esos son los dos caminos para incrementar la producción del fuste: uno es incrementar la producción neta y el otro es incrementar la fracción de producción distribuida al fuste.

Velling y Tigersted (1984), citados por El Kassaby y Park (1993), indican que la distribución de la fitomasa en los diferentes órganos ha sido la mayor causa del incremento en el rendimiento de muchos cultivos agrícolas; el mejoramiento ha ocasionado en muchos casos el crecimiento alométrico de las plantas. Además, para el incremento en la producción de madera útil, sugirieron el uso del índice de cosecha o ideotipo del árbol, el cual puede ser utilizado como base para la selección de árboles destinados a plantación.

En el presente trabajo se determinó la productividad, se establecieron relaciones de crecimiento y distribución de biomasa, y se identificó las mejores procedencias y progenies con relación a la productividad de biomasa y su distribución en el árbol en dos sitios de Costa Rica de las especies *Cupressus lusitanica* y *Albizia guachapele*, establecidos por el Proyecto Mejoramiento Genético Forestal del CATIE, con el apoyo de la Administración para el Desarrollo de Ultramar (ODA), en las localidades de Abangares (Las Juntas) y Turrialba (Santa Cruz).

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL.

Estudiar la productividad e identificar el germoplasma genéticamente superior de las especies *Cupressus lusitanica* y *Albizia guachapele* en dos condiciones ambientales en Costa Rica.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.

- a- Cuantificar la productividad de biomasa al nivel de procedencias y progenies de las especies en estudio.
- b- Identificar procedencias y familias superiores dentro de procedencias.
- c- Evaluar el grado de variación de la producción de biomasa de las procedencias y familias de las especies en estudio.
- d- Identificar familias que demuestren mayor eficiencia en la producción de biomasa y sean genéticamente superiores.
- e- Establecer relaciones de crecimiento y distribución de biomasa (parte foliar, fuste, ramas).

3. HIPOTESIS.

H_{01} : No existen diferencias de productividad entre las procedencias y familias evaluadas.

H_{02} : Las procedencias locales presentan igual comportamiento que las procedencias introducidas.

H_{03} : La distribución de la biomasa en el árbol es similar entre las procedencias y familias estudiadas.

4. REVISION DE LITERATURA.

4.1 *Cupressus lusitanica*

4.1.1 Taxonomía.

Debido a su alta hibridación y variación genética, se ha creado una discusión sobre su clasificación botánica, pero para efectos prácticos se identifica como *Cupressus lusitanica* a las especies *C. lindleyi*, *C. benthamii* y *C. lusitanica* (CONIF, 1995).

En la clasificación botánica de los cipreses, los botánicos están en desacuerdo en cuanto a la uniformidad y exactitud de los nombres de las especies del género *Cupressus* y aún se discute acerca de las relaciones biológicas de muchas poblaciones esparcidas que constituyen el género (Cháves *et al.*, 1991).

La especie presenta variaciones en su configuración, posición y grosor de las ramas y el tamaño de los conos. Esto ha provocado que varios autores la identifiquen con distintos nombres; sin embargo, al no existir suficientes fundamentos para separar los diferentes ecotipos encontrados, se ha aceptado el uso generalizado de *Cupressus lusitanica* Mill., como el nombre botánico aplicado al material genético existente (Cháves *et al.*, 1991).

Los sinónimos que pueden encontrarse en la literatura son: *Cupressus lusitanica* var. *knightiana* (Knight & Perry) Rehder, *Cupressus benthamii* var. *knightiana* Masters, *Cupressus coulteri* Forbes, *Cupressus lindleyi* Klotzsch, *Cupressus glauca* Lam, *Cupressus benthamii* Endl y *Cupressus lusitanica* var. *benthamii* (Endl.) Carriere (Cháves *et al.*, 1991).

Comúnmente es conocido como ciprés, ciprés lusitánico, ciprés de Portugal, cedro de Goa, pino o cedro blanco, ciprés mexicano (Rojas, 1981; CONIF, 1995).

4.1.2 Descripción general.

Es una especie conífera, perteneciente a la familia Cupresaceae. El árbol es monóico, deciduo, resinoso y aromático, puede alcanzar alturas de aproximadamente 30 metros y diámetros de hasta un metro. Se caracteriza por una amplia copa piramidal. Su tronco es fibroso, de corteza negruzca, cuya ramificación empieza a los dos metros (Rojas, 1981; Lamprecht, 1990; Cháves *et al.*, 1991; CONIF, 1995; Ugalde, 1997).

El fuste tiende a ser recto, ligeramente acanalado en la base, con fuerte dominancia apical que se pierde con la madurez del árbol; la corteza es desprendible en bandas largas y estrechas, color café (marrón o castaño) rojizo, ligeramente fibrosa y resinosa, con algunas escamas, siendo blancuzca en la parte interna. La corteza es comúnmente delgada, de 5 mm de grosor (Cháves *et al.*, 1991).

Los frutos productores de semillas son conos o estróbilos dehiscentes, casi esféricos, de 12 a 15 mm de diámetro, constituido por 6 a 8 escamas leñosas, que al madurar toman un color café (marrón o castaño). Los conos o estróbilos masculinos son pequeños, cilíndricos, de 5 mm de largo y tres de ancho, de color verde amarillento. La fructificación se inicia a edad muy temprana (2 a 5 años) pero solamente después de 10 a 12 años, los árboles producen semilla de buena calidad. Las semillas son lisas, de color café claro (marrón), tienen de 3 a 4 mm de longitud y 1 mm de ancho, aplanadas irregularmente, con alas poco efectivas. Un kilogramo de semilla contiene entre 200,000 y 220,000 unidades (Rojas, 1981; Lamprecht, 1990; CONIF, 1995).

La madera de la albura es parda, anaranjada fuerte y el durámen anaranjado amarillento, claro. En condición seca la albura es gris amarillenta clara, con una transición entre albura y durámen. Los anillos de crecimiento son visibles, marcados por bandas claras, regulares, concéntricas, de color oscuro (Fernández, 1971 y Popenoe, 1941 citados por Cháves *et al.*, 1991).

4.1.3 Origen y distribución geográfica.

La especie es originaria de las montañas del sur de México, Guatemala, Honduras y El Salvador, entre las latitudes de 15° y 27° N, de los 2200 a 3300 msnm (Rojas, 1981; Cháves *et al.*, 1991; Ugalde, 1997).

De acuerdo al sistema de zonas de vida de Holdridge (1987), el ciprés se puede desarrollar en las zonas de bosque húmedo montano bajo, muy húmedo montano bajo y muy húmedo premontano (Chavarría y Valerio, 1993).

Fuera de su área de distribución natural el ciprés es cultivado en grandes extensiones en algunas regiones de España, Portugal, al sur y el este de Africa y en América del Sur (Lamprecht, 1990).

4.1.4 Requerimientos ambientales.

Se distribuye naturalmente entre los 1300 y los 3300 msnm. En zonas con climas periódica o constantemente húmedos. Por lo general la precipitación es de 1000 a 1500 mm, con un máximo de 2 a 3 meses de época seca (precipitación mensual menor a 40 mm), pero también crece en climas muy húmedos, con precipitaciones hasta de 4000 mm. La temperatura oscila entre 10 y 17 °C. Las nevadas esporádicas y las heladas cortas generalmente no le causan ningún daño, aunque al respecto existen considerables diferencias entre las distintas procedencias (Lamprecht, 1990).

El mejor crecimiento se produce en suelos bien drenados y ricos en bases. *C lusitanica* se desarrolla bien en suelos profundos, franco limosos, de zonas con mucho menos precipitación y a menor altitud (p. ej. el este de Africa con 900 mm a 600 msnm). También se adapta a suelos de textura franco arenosos, franco arcillosos, con pH neutros o ácidos (5.5 a 6.5), con buen contenido de materia orgánica y húmedos. Cuando existen deficiencias de boro en el suelo, su crecimiento se reprime, las yemas forman rosetas, las escamas se tornan moradas y necrosan. Asimismo, se reporta que la deficiencia de nitrógeno o el exceso de manganeso en el suelo provoca clorosis (Lamprecht, 1990; Chavarría y Valerio, 1993; CONIF, 1995).

Son limitantes las zonas marginales con escasa precipitación o sujetas a heladas. No tolera la competencia con gramíneas, pues parece que el sistema radicular muy desarrollado y denso de

las gramíneas afecta su crecimiento. Su crecimiento también puede ser afectado por vientos fuertes y constantes con velocidades de 15 a 20 km/hora (Chavarría y Valerio, 1993).

Se cultiva principalmente para la producción de madera de aserrió. Como cortinas rompeviento en cultivos agrícolas y ganadería, para producción de árboles de navidad y como planta ornamental (Cháves *et al.*, 1991, citado por Chavarría y Valerio, 1993).

La densidad de la madera de ciprés es de 0,44 g/cm³. Es fácil de trabajar con equipos y herramientas manuales, pero ofrece algunos problemas en el maquinado, por la presencia de nudos, producto del mal manejo de las plantaciones y del empleo de semillas de fuentes no adecuadas (CONIF, 1995).

La durabilidad natural de la madera es baja, se mancha por la acción de hongos cromógenos cuando esta verde y es susceptible al ataque de termitas. Es muy difícil tratarla con el sistema de difusión y moderadamente tratable con el sistema de vacío presión y pentaclorofenol (CONIF, 1995).

Sin embargo, esta madera ha sido utilizada en Colombia para la construcción de muebles, construcciones livianas, productos torneados, cajas para empaques, revestimiento de interiores, tablilla machihembrada, encofrados, ebanistería en general, ensambles, entarimados, pasos de escalera, cielo raso, producción de pulpa para papel y elaboración de guacales (CONIF, 1995).

Como posibles usos potenciales la madera de ciprés puede servir para crucetería, pisos y chapas decorativas (CONIF, 1995).

4.2 *Albizia guachapele* (H. B. K.) Dugand.

4.2.1 Taxonomía.

Familia: Leguminosae (Mimosaceae).

Sinónimos botánicos: *Acacia guachapele* (Kunth), *Albizia guachapele* (Kund) Little, *Pseudosamanea guachapele* (H. B. K.) Harms; *Lysiloma guachapele* (H. B. K.) Benth.; *Albizia*

longepedata (Pittier) Britt. & Rose; *Pithecellobium longepdatum* Pittier; *Pithecellobium guachapele* (H. B. K.) R. S. Cowan; *Samanea samanigua* (Witsberger *et al.*, 1982; Timyan, 1996; Albizia, 1997).

Nombres comunes: Carreto (El Salvador); cadeno, lagarto (Guatemala); carreto real, frijolillo, guachipili (Honduras); guayaquil, gavián, carreto real y genizaro macho (Costa Rica); iguaramillo, igus, iguá, tabaca, naumo, masaguaro, sanaguaro (Colombia) (Witsberger *et al.*, 1982; Timyan, 1996; Albizia, 1997).

4.2.2 Descripción general.

Es un árbol robusto, de mediano a grande, de hojas caedizas, que alcanza una altura de 27 a 30 metros y de 80 a 100 cm de diámetro (Witsberger *et al.*, 1982; Thirakul, 1991; Rivera, 1992; Albizia, 1997).

Se ramifica a baja altura y tiene una copa ancha, extendida y algo redondeada (umbelada). Follaje claro y moderadamente denso. La corteza de color pardo claro es áspera y tiene grietas profundas verticales con hendiduras horizontales, que dividen la corteza en placas grandes que se desprenden del árbol. La corteza interior es blancuzca o cafésosa con olor a papas crudas y sabor amargo. Las ramitas gruesas de color verde a pardo, tienen líneas verrugosas (lenticelas) y grietas finas longitudinales. El nuevo crecimiento está cubierto con pelillos finos cafésosos (Witsberger *et al.*, 1982; Thirakul, 1991; Albizia, 1997).

Las hojas son alternas, biparipinnadas, con raquis de 16 a 35 cm de largo y de 16 a 33 cm de ancho, pecíolos de 5 a 7 cm de largo. Las láminas de los pecíolos son de forma oblonga, de borde liso. El ápice es redondeado u obtuso, a veces provisto de una muesca muy cerca de la base, la cual es obtusa y oblicua. El haz es verde o verde oscuro, lustroso, con pelillos finos, el envés es verde claro, con pelillos finos y densos (Witsberger *et al.*, 1982; Thirakul, 1991; Albizia, 1997).

Los frutos son vainas o legumbres aplanadas, lineales, de 10 a 20 cm de largo y de 2.5 a 3.5 cm de ancho, densamente pelosas; el ápice es de punta fina, contienen de 12 a 15 semillas (Witsberger *et al.*, 1982; Thirakul, 1991; Albizia, 1997).

La albura es blancuzca y delgada, el duramen es de color café amarillo a café con un tinte dorado. La madera es pesada (peso específico 0.57 g/cm^3), de textura mediana o áspera y de veta generalmente entrelazada. Se seca al aire con relativa rapidez y puede presentar defectos debido al secado (Witsberger *et al.*, 1982; Albizia, 1997).

4.2.3 Origen y distribución geográfica.

Su distribución geográfica se extiende desde México a Colombia, Ecuador y Venezuela. Crece a pocas elevaciones, generalmente en la formación de bosque seco tropical (Benítez y Montesinos, 1988; IRENA, 1992; Albizia, 1997).

Es una especie heliófita, muy común de los bosques semi decíduos en las regiones de las tierras bajas, encontrada frecuentemente en las partes secas o en las formaciones secundarias (Thirakul, 1991; Albizia, 1997).

4.2.4 Requerimientos ambientales.

Crece en elevaciones bajas, en bosques húmedos y secos hasta los 700 msnm. La especie requiere períodos secos definidos de 4 a 5 meses, con una temperatura mínima de 22°C , un promedio de 26 a 27.5°C (Chavarría y Valerio, 1993).

Posee un amplio rango de adaptabilidad edáfica, desde suelos arcillosos hasta arenosos con un pH de 5.5 a 7.0, con buen drenaje externo e interno. Prefiere terrenos planos a ondulados con una pendiente máxima de 30% (Chavarría y Valerio, 1993; Albizia, 1997).

Es muy susceptible al viento, afectando su supervivencia, forma y crecimiento. No tolera suelos pesados con mal drenaje, ni suelos con riesgo de inundación; crece bien en suelos secos, pobres y rocosos (Chavarría y Valerio, 1993; Albizia, 1997).

Es una especie con bajo poder de rebrote, lo cual parece aumentar cuando se da sombra parcial al inicio de su establecimiento; no se recomienda plantarlo en pendientes de más del 30% (Chavarría y Valerio, 1993).

Es muy apreciado como madera para aserrío, artesonado, madera para interiores, enchapados, durmientes de ferrocarril, construcción y otras piezas finas; además, produce leña de muy buena calidad. Los productos de raleos o corta intermedia, pueden ser utilizados como, postes, artesanía y reglas para corral. La madera es difícil de aserrar y cepillar; sin embargo, pule lisamente y es fácil de labrar (Benítez y Montesinos, 1988; Rivera, 1992; IRENA, 1992; Chavarría y Valerio, 1993; Albizia, 1997).

4.3 Evaluación de procedencias.

De acuerdo a Barner, Ditlevsen y Olesen (1992); Pedersen, Olesen Y Graudal (1993); Wood Y Burley (1995); procedencia se define como el sitio geográfico o lugar en el que esta creciendo la fuente de semilla o rodal del cual se recogió el germoplasma, ésta puede ser natural o exótica.

Para determinar la magnitud de la variación genética que existe dentro de una especie se recurre a los ensayos de procedencias. En estos, el material experimental es colectado de diferentes fuentes semilleras (procedencias), que incluyen en lo posible sitios de toda la gama de distribución de la especie, los cuales se establecen bajo un diseño experimental, con varias repeticiones del mismo en los sitios potenciales de plantación de la especie; cada sitio debe ser lo más uniforme posible, de tal manera que la variación se deba única y exclusivamente a causas genéticas, sin la intervención del ambiente (Jon Llap, 1989; Barner, Ditlevsen y Olesen, 1992).

El grado de variación genética que existe dentro de una especie es la base para los programas de mejoramiento. Algunas de las especies presentan mucha variación, mientras que en otras la variación es menor, es decir, hay mayor uniformidad. Mientras más grande sea el grado de variación genética dentro de una especie, mayores serán las ganancias genéticas que se podrán obtener (Barner, Ditlevsen y Olesen, 1992).

Los ensayos de procedencias constituyen una herramienta fundamental para el abastecimiento inmediato de semilla de fuentes superiores para plantaciones, en las cuales pueden efectuarse posteriormente selecciones más avanzadas. Los ensayos de procedencias son parte importante en el progreso de las primeras etapas del mejoramiento de una especie (Barner, Ditlevsen y Olesen, 1992; Pedersen, Olesen y Graudal, 1993).

Actualmente, está bien establecido que existe variación genética entre poblaciones. Esto se refleja en la gran cantidad de ensayos de procedencias y en el uso de fuentes de semilla específica. Sin embargo, la variación genética también se da dentro de poblaciones o procedencias siendo en muchos casos muy considerable. Esta variación proporciona oportunidades para la obtención de ganancias adicionales a las logradas en los ensayos de procedencias, siempre y cuando se seleccionen los árboles con características deseables para continuar con el programa de mejoramiento (Barner, Ditlevsen y Olesen, 1992).

A partir de la población base identificada en los ensayos de procedencias, puede derivarse una subpoblación seleccionada, de individuos escogidos por su apariencia fenotípica superior para determinadas características de interés. Se supone que el valor genético de este subgrupo será superior al promedio de la población completa. Estos son conocidos como árboles plus, en esta etapa se seleccionan varias decenas de estos árboles superiores y se utilizan como progenitores (Mesén, sf).

Para comprobar si la superioridad de los árboles plus es genética, se determina su capacidad de transmitir las características deseables a su descendencia, esto se determina a través de las pruebas de progenie (Mesén, sf).

Las pruebas de progenies permiten distinguir entre los progenitores que presentan superioridad fenotípica como resultado de crecer en un buen ambiente, de aquellos que son superiores como resultado de tener un buen genotipo (Zobel y Talbert, 1988).

Roulund Y Olesen (1992), definen familia, descendencia o progenie como un grupo de individuos derivados de la misma especie por vía sexual.

Los árboles que originan una descendencia superior prueban que su apariencia superior es genética y no debida a otras causas de variación. Las pruebas en las cuales se determina que la variación existente dentro de procedencias se denomina pruebas de progenies, de descendencias o de familias. Estas se establecen bajo un diseño experimental adecuado, que garantice al mismo tiempo, que la magnitud de la variación entre descendencias es mayormente genética. Una vez que se ha determinado cuales padres son genéticamente superiores, se convierten en árboles élite, los cuales posteriormente serán utilizados para etapas más avanzadas de mejoramiento (Mesén, sf).

4.3.1 Resultados de pruebas de procedencias/progenies de *Cupressus lusitanica* y *Albizia guachapele*.

Los resultados de una evaluación previa realizada en el ensayo de *Cupressus lusitanica* ubicado en Santa Cruz de Turrialba, 28 meses después del establecimiento del ensayo, mostraron un promedio de 2.7 m de altura, 2.1 cm de diámetro y sobrevivencia del 92.3%. Se presentó una clara diferencia en el crecimiento para las distintas procedencias/familias. Se encontró que la mejor familia (Nº 30), procedente de Paso Llano, Heredia, sobrepasaba los promedios y diámetros de la peor familia (Nº 7, procedencia Monte de la Cruz, Heredia) en un 73% y 41% respectivamente. Además, se encontró que los testigos Santa María Dota (familia 4482), Las Chorreras (familia 4504) y Prusia (familia 4510), tuvieron promedios de diámetro y altura inferiores al promedio general (Cornelius y Baeza, 1995).

El lote colombiano (familia 2452, La Arcadia, Popayán) tuvo el crecimiento más lento en altura y diámetro, junto con la familia 7. En ambos casos hubo diferencias significativas con los materiales costarricenses. Esta evaluación mostró que las procedencias de Heredia y de La Lucha, exhibieron un crecimiento juvenil más rápido que los testigos comerciales (Cornelius y Baeza, 1995).

En 1977, se estableció un ensayo de procedencias/familias de *Cupressus lusitanica* en la finca La Arcadia, Popayán, Colombia, con semilla procedente de Costa Rica, Kenya, México, Italia y Portugal; como testigo se utilizó el árbol C-5 seleccionado en el seminario de Medellín

(Colombia). Cinco años después del establecimiento se hizo una evaluación. Las variables medidas fueron: altura total, diámetro a 1.3 m, grosor de la corteza de cada árbol y volumen total (Vélez, 1984).

La supervivencia fue aceptable para todas las procedencias/familias. Se presentaron diferencias altamente significativas entre las diferentes familias en cuanto a volumen se refiere; se encontró que las familias procedentes de Costa Rica, presentaron los volúmenes mayores. Tres familias procedentes de Kenia también superaron en rendimiento volumétrico a la descendencia del árbol C-5 de Colombia. Las procedencias de México, Italia y Portugal no dieron resultados satisfactorios (Vélez, 1984).

El rango de altura encontrado para este ensayo a los cinco años varió entre 4.5 m y 10.6 m; el volumen presentó una tendencia similar, las familias de Costa Rica obtuvieron los valores más altos, con un rango de 0.0041 a 0.0522 m³ por árbol (Vélez, 1984).

Este ensayo fue evaluado nuevamente a los 8 años de edad; los resultados obtenidos mostraron que la familia del árbol 106 de San José, Costa Rica, obtuvo el mayor volumen por hectárea (259 m³). Las familias procedentes de Costa Rica obtuvieron significativamente un volumen superior en 97% al de la familia C-5 de Medellín, Colombia. Sin embargo, no hubo diferencias significativas entre las familias de Costa Rica (Osorio, 1987).

El Proyecto Mejoramiento Genético Forestal de CATIE, estableció en 1991, un ensayo de procedencias/progenies de la especie *Albizia guachapele*, ubicado en Las Juntas de Abangares, Guanacaste. Se realizaron evaluaciones entre diferencias de procedencias para las variables presencia o ausencia de bifurcación y rectitud del fuste (27 meses); altura total (40 meses); diámetro a la altura del pecho (dap) a los 52 meses (Paterson, Cornelius y Baeza, 1996).

Análisis de varianza con un nivel de significancia del 1%, mostraron que las procedencias costarricenses crecieron más rápidamente que la procedencia hondureña; además, fueron significativamente superiores (5%) en cuanto a la altura de la primera bifurcación. No se encontraron diferencias significativas al 5% para las variables rectitud del fuste e incidencia de

bifurcación. Entre las procedencias costarricenses no hubo diferencias significativas para las variables evaluadas (Paterson, Cornelius y Baeza, 1996).

4.3.2 Variables a evaluar en pruebas de procedencias/progenies en campo.

Esta es la fase donde se hace el mayor esfuerzo y las evaluaciones pueden continuar por muchos años, al menos hasta la mitad del turno de rotación para la especie. Diferentes especies, objetivos y edades del ensayo afectan el tipo y la intensidad de las evaluaciones (Mesén, sf).

Las características que se pueden evaluar en un ensayo se ubican dentro de seis categorías diferentes (Commonwealth Forestry Institute 1984, citado por Mesén, sf):

- a) Características del fuste: altura total, diámetro a la altura del pecho (DAP), rectitud, bifurcaciones, grosor de la corteza, circularidad y grano espiralado.
- b) Características de las ramas: diámetro, ángulo de inserción, número y distribución.
- c) Características de la copa: diámetro, forma, simetría, longitud y profundidad.
- d) Características reproductivas: floración y fructificación.
- e) Características de la madera, como densidad básica y dimensiones de la fibra.
- f) Otras características: sobrevivencia (que se obtiene normalmente a partir de las mediciones de altura o dap), producción de resinas, efectos de la sequía, resistencia al ataque de insectos, enfermedades y animales mayores etc.

El propósito de las evaluaciones es describir eficientemente la variación de las características de importancia económica que permitan una selección de los mejores individuos y poblaciones; dichas características variarán de acuerdo con el producto esperado (Mesén, sf).

Las características mencionadas y otras posibles, difieren en importancia con la edad del árbol; el conjunto de posibles mediciones a lo largo de la vida de un ensayo es enorme. Ahí radica la importancia de realizar unas pocas evaluaciones oportunas de las características de mayor relevancia económica, que proporcionen información realmente valiosa y de utilidad práctica (Mesén, sf).

La búsqueda de árboles con mejor crecimiento se basa en la premisa de que ciertos individuos son más eficientes que otros en cuanto a producción fotosintética. Como consecuencia tiene una tasa mayor de crecimiento. La altura dominante es un índice para comparar esta variable (Quirós, 1989).

A continuación se presentan ejemplos de criterios que han sido utilizados en la selección de árboles para las dos especies estudiadas:

C. lusitanica

Esta especie es utilizada principalmente para la producción de madera para aserrío, por lo tanto, se deben seleccionar árboles de fuste recto, ausencia de bifurcaciones, sin torcedura basal del fuste, libre de sinuosidades. El fuste debe ser libre de acanaladuras y sin corteza espiralada. Es importante determinar si la madera también presenta grano espiralado. El grosor de las ramas debe ser mínimo. La autopoda es una característica deseable, aunque en ciprés no se presenta (Dyson 1969, citado por Salazar y Boshier, 1989).

A. guachapele

El árbol se bifurca a varias alturas, por lo cual, rectitud del fuste y ausencia de acanaladuras son características deseables, debe presentar buen crecimiento en diámetro (dap) y altura, vigoroso, cilíndrico, libre de plagas y enfermedades, copa bien desarrollada (Salazar y Boshier, 1989).

4.4 El concepto de ideotipo en el sector forestal.

El comportamiento relativo de las progenies de árboles son interpretadas tomando la altura media de los árboles individuales o la producción de volumen del fuste a la edad de 4-10 años después de plantado, usando para ello diseños experimentales, en los cuales las progenies están mezcladas como árboles individuales. En estas circunstancias, la clasificación de las progenies depende parcialmente de su relativa habilidad para crecer en espacios amplios o de su habilidad

para competir con las otras progenies. En otras palabras, muchas de las progenies clasificadas como superiores serán aquellas que rápidamente exploten la disponibilidad de espacio para crecer y que tienen una alta habilidad para competir a expensas de sus vecinos (Cannell, 1981).

En la década del 60, con el auge de la revolución verde, fue creciendo entre los fisiólogos de la época la idea de cómo los atributos de las plantas de cultivo pueden contribuir a incrementar el rendimiento. Esto produjo una estrecha asociación entre los fisiólogos y los mejoradores, para encontrar caminos más satisfactorios para la selección de nuevos cultivares. Los mejoradores de esa época conformaron en general dos tipos de programas de mejoramiento: la eliminación de defectos en los cultivos y la selección para incrementar el rendimiento. Donald (1968), derivó el concepto de ideotipo, definiéndolo como aquel tipo de planta con características modelo conocidas en cuanto a fotosíntesis, crecimiento y producción de frutos y semillas. Postuló, que el modelo de ideotipo de cultivo es diferente a la selección de un tipo de planta de alto rendimiento seleccionado aisladamente, considerando el ideotipo menos competitivo con relación a su tamaño y con una gran capacidad de compartir recursos ambientales en una comunidad.

Donald (1968), citado por Wood y Burley (1995) definieron tres categorías de ideotipos de plantas:

- ideotipos para aislamiento, caracterizados por poseer ramas largas, hojas anchas y otros atributos de crecimiento agresivo, que generalmente se desarrollan bastante bien como individuos aislados.
- ideotipos para competencia, los cuales crecen bien en comunidades de su misma clase y tienden a dominar a variedades menos agresivas.
- ideotipos para cultivo, los cuales poseen la capacidad para compartir recursos ambientales en una comunidad de su misma clase.

Huxley (1984) citado por Wood y Burley (1995), introdujo una cuarta categoría para los componentes agroforestales:

- ideotipos asociativos, que contribuyen a lograr los objetivos planteados para el sistema agroforestal y que maximizan el uso de recursos ambientales, tanto en espacio como en

tiempo. Estos tipos de árboles tendrían la capacidad de esencial de interactuar positivamente con cultivos.

El concepto de ideotipo fue introducido al mejoramiento genético forestal por Cannell (1979). Wood y Burley (1995), definen ideotipo como un tipo de árbol ideal en términos fisiológicos y morfológicos, que satisface un propósito particular, el cual se espera que en condiciones ambientales definidas proporcione productos de la calidad requerida.

Con mucha frecuencia, los árboles no se encuentran como un monocultivo, sino que están en asociación con árboles del mismo tipo y también con otras especies, las cuales poseen diferente comportamiento en cuanto a su morfología y fisiología, por lo cual es necesario considerar una gran cantidad de atributos y características del árbol para determinar ideotipos apropiados a la situación que se presenta (Wood y Burley, 1995).

La constitución genética de un árbol es el resultado de fuerzas evolutivas complejas que no pueden ser cambiadas en muchos casos sino es a través de la ingeniería genética. Para la descripción de un ideotipo es necesario determinar cual de las características del árbol pueden ser mejoradas mediante selección y reproducción, y cuales no pueden ser modificadas (Wood y Burley, 1995).

La descripción completa de un ideotipo, con la enumeración de las características morfológicas y de comportamiento que se necesitan, difiere para cada situación específica. Por lo tanto, el modelo de un ideotipo adecuado y la consiguiente selección del fenotipo deben centrar la atención en las características del árbol que los favorezca. Una copa redonda, con una gran superficie de exposición al sol, posiblemente incremente la producción de flores y frutos. Follaje denso y caída tardía de hojas, puede favorecer la producción de hoja para forraje durante un periodo prolongado. Fustes rectos, de por lo menos 4 m de altura favorecen la producción de postes y pilares de calidad aceptable, sin perder de vista la producción de leña como producto secundario. Fuste recto, autopoda, poca ramificación, copa estrecha pueden ser características deseables en árboles destinados a la producción de madera para aserrío (Wood y Burley, 1995).

Es muy difícil encontrar en la mayoría de especies un árbol ideal o ideotipo. Las diferentes especies presentan hábitos de crecimiento diferentes y los productos finales también suelen ser distintos.; por ejemplo, el ideotipo para melina (*Gmelina arborea*), es diferente del ideotipo para pino (*Pinus sp*), guácimo (*Guazuma ulmifolia*) y eucalipto (*Eucalyptus sp*). A continuación se presentan algunas características deseables que deben tener las especies para los distintos usos requeridos (Salazar y Boshier, 1989):

- madera para aserrío: requiere fustes rectos, cilíndricos, factor de conicidad bajo, sin bifurcaciones bajas, ni gambas, ramas delgadas y en posición horizontal.
- postes para electrificación: fustes rectos de forma cónica, sin bifurcaciones bajas, con buena autopoda y/o ramas delgadas, sin fibra espiralada.
- postes para cerca y construcción rural: fustes rectos y de preferencia sin bifurcaciones bajas. En este caso la ramificación no tiene mucha importancia.
- producción de leña: la forma del fuste y la ramificación no son muy importantes, aquí interesa el rendimiento total de biomasa y capacidad de rebrote.
- producción de forraje: no interesa la forma del árbol, es importante la capacidad de rebrote y un alto contenido de nutrientes.

4.5 Distribución de biomasa entre los componentes del árbol.

Rodin y Bazilevic (1978) citados por Young (1979), demostraron que existen considerables diferencias en la distribución de biomasa y nutrientes entre los componentes de arbustos y especies arbóreas dependiendo de la latitud, altitud, suelos, precipitación, y otros factores climáticos. Estudios de biomasa en la Universidad de Maine permitieron hacer las siguientes observaciones:

- cerca de la mitad del peso total de árboles y arbustos completos es agua.
- alrededor del 55 % del peso fresco se encuentra en el fuste del árbol, 25 % en las hojas y ramas y el remanente 20 % se encuentra en el sistema radicular.
- las hojas de árboles latifoliados constituyen cerca del 4 % del peso total, mientras que en las coníferas las hojas constituyen cerca del 11 %.

4.6 Distribución de biomasa y su relación con el índice de cosecha.

Donald (1962), citado por El Kassaby y Park (1993) introdujo el concepto de índice de cosecha, el cual se refiere a la proporción de materia seca total producida en los diferentes componentes de una planta de cultivo, relacionando la distribución de la biomasa con la parte útil o cosechable de la planta.

Velling y Tigerstedt (1984), citados por El Kassaby y Park (1993), indican que la distribución de la fitomasa en los diferentes órganos ha sido la mayor causa del incremento en el rendimiento de muchos cultivos agrícolas; el mejoramiento ha ocasionado en muchos casos el crecimiento alométrico de las plantas. Además, para el incremento en la producción de madera útil, sugirieron el uso del índice de cosecha o ideotipo de árbol, el cual puede ser utilizado como base para la selección de árboles destinados a plantación.

El Kassaby y Park (1993), estudiaron dos índices de cosecha, basados en la materia seca aérea y total, con el objetivo de valorar la disposición de materia seca como estrategia para explorar su potencial en el mejoramiento de árboles. El índice de cosecha total fue determinado por la división del peso seco del fuste entre el peso seco total (incluyendo sistema radicular) multiplicado por 100. El segundo índice de cosecha fue determinado dividiendo el peso seco del fuste entre el peso seco aéreo y multiplicado por 100.

Las diferentes correlaciones realizadas mostraron un balance entre las diferentes partes de las plántulas. Se obtuvo que plántulas grandes son usualmente caracterizadas por un largo fuste, por lo tanto, para su soporte necesitan grandes sistemas radiculares y ramas. Inversamente, plántulas pequeñas son caracterizadas por su pequeño fuste, ramas y raíces (El Kassaby y Park, 1993).

De acuerdo a los resultados obtenidos en su estudio, El Kassaby y Park (1993), sugieren utilizar el índice de cosecha como un componente para incrementar el rendimiento en programas de mejoramiento. La redistribución de los productos de la fotosíntesis hacia el fuste en detrimento de ramas y follaje, puede ser un importante factor en la productividad forestal. Aunque, los índices de cosecha estudiados, se basaron en el peso seco y no consideraron el espaciamiento. Es importante hacer notar que las prácticas silviculturales afectan la producción de biomasa. Cuando

el índice de cosecha es considerado como criterio de selección, sugieren el uso de índices de selección que incluyan características de crecimiento como diámetro y altura.

Kuuluvainen y Kanninen (1991), realizaron un estudio en el cual examinaron la variación en las características de la arquitectura de los árboles y su relación con la producción y distribución de biomasa aérea.

La proporción de materia seca localizada en hojas (A_n), ramas (A_b) y tallo (A_s), fue obtenida calculando los porcentajes de producción de hojas (P_n), ramas (P_b) y fuste (P_s) de la producción total neta de biomasa aérea ($P_t = P_n + P_b + P_s$).

Las fórmulas utilizadas fueron (Kuuluvainen y Kanninen, 1991):

$$A_n = (P_n / P_t) \times 100$$

$$A_b = (P_b / P_t) \times 100$$

$$A_s = (P_s / P_t) \times 100$$

La relación entre biomasa de hojas y ramas fue aproximadamente lineal, mientras que la relación entre biomasa de hojas + ramas y biomasa de fuste fue cóncava, sugiriendo que la biomasa de hojas + ramas se incrementa más rápidamente que la biomasa de fuste. Como resultado se obtuvo que el índice de cosecha, fue inversamente relacionado al total de biomasa aérea. Esto indica que los árboles con biomasa de fuste similar poseen diferentes cantidades de ramas y hojas, y consecuentemente, índices de cosecha muy diferentes (Kuuluvainen y Kanninen, 1991).

En este estudio se encontraron diferencias considerables entre los árboles en cuanto a disposición de la biomasa aérea en las distintas partes de los árboles. La proporción de distribución para el fuste fue de 20 a 36 %, con una media de 26 %, la proporción de ramas fue de 19 a 31 %, con un promedio de 25 %, mientras que la proporción para las hojas fue de 41 a 62 %, y un promedio de 51 %. De acuerdo a los resultados obtenidos, aproximadamente la mitad de la producción de materia seca aérea estuvo localizada en las hojas a la edad de ocho años, mientras que el fuste y las ramas recibieron cada uno, aproximadamente un cuarto de la producción. En general, se obtuvo que árboles con una alta proporción de biomasa en el fuste, fueron también los que

tuvieron una alta proporción de biomasa en ramas, pero una baja distribución de biomasa en las hojas y viceversa (Kuuluvainen y Kanninen, 1991).

En general, la distribución de biomasa en el fuste se incrementa con la edad, los árboles pequeños inicialmente acumulan más en las hojas y menos en el fuste, que los árboles de mayor edad. Estos últimos tienen hojas con índice de longevidad mayor que las hojas de árboles con baja productividad de madera. Los resultados indican que los árboles que tienen hojas con un índice de longevidad alto, distribuyen una menor proporción de biomasa a la producción de hojas, que aquellos con un bajo índice de longevidad. (Kuuluvainen y Kanninen, 1991).

Kuuluvainen y Kanninen (1991), encontraron que un alto índice de cosecha no indica una alta cantidad de producción de madera; se observó que árboles con baja y alta producción de madera resultaron con índices de cosecha altos. Además, árboles que obtuvieron un índice de cosecha alto variaron en el tamaño, específicamente la densidad de la madera fue correlacionada positivamente con el índice de cosecha. Esas relaciones indican que puede ser posible incrementar considerablemente la producción de madera por árbol seleccionando simultáneamente un alto índice de cosecha y una alta densidad específica de la madera.

Cannell *et al.* (1982), en un estudio sobre diferencias de distribución de materia seca en clones, determinó que es posible obtener una gran ganancia genética en la producción de madera por árbol, después que el dosel ha cerrado, seleccionando simultáneamente una producción rápida total de materia seca por árbol y alto índice de cosecha.

5. MATERIALES Y METODOS.

Para el presente estudio se utilizó dos ensayos previamente establecidos por el Proyecto Mejoramiento Genético Forestal, ejecutado por CATIE con ayuda de la Organización para el Desarrollo de Ultramar (ODA). Los ensayos se encuentran en dos sitios con características climáticas diferentes, *Cupressus lusitanica* se encuentra en las faldas del volcán Turrialba; mientras *Albizia guachapele*, se encuentra en las partes bajas de Guanacaste.

5.1 *Cupressus lusitanica*.

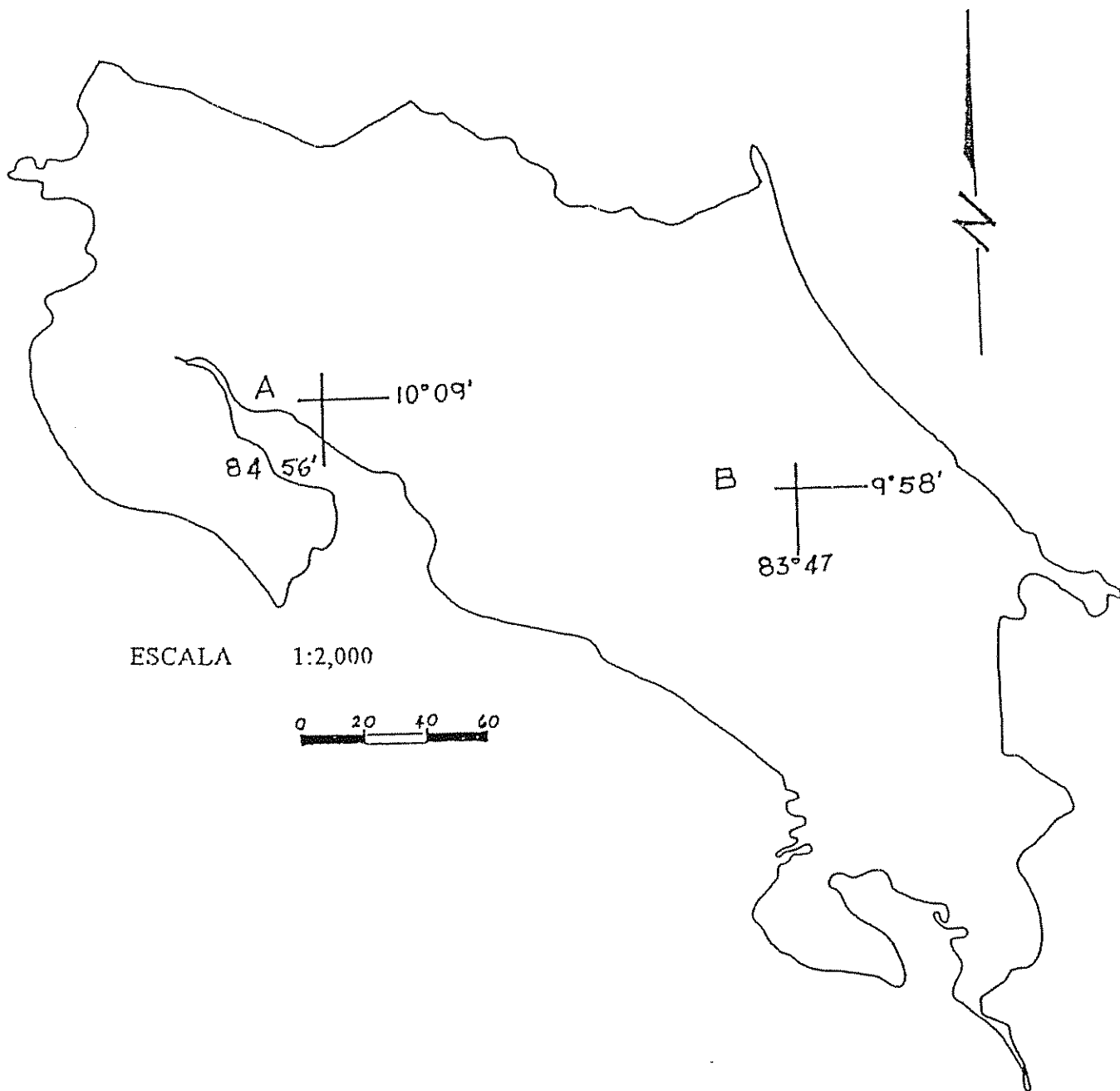
5.1.1 Descripción del área de estudio.

El ensayo se encuentra ubicado en lo que fue un potrero abandonado en las faldas del volcán Turrialba (Cordillera Central de Costa Rica) (Figura 1), entre las coordenadas 9° 58' latitud Norte y 83° 47' longitud Oeste, a 2200 msnm, en terrenos de la finca La Reunión, Santa Cruz de Turrialba, Provincia de Cartago, Costa Rica (Figura 2).

El sitio pertenece a la zona de vida de bosque pluvial montano, según la clasificación de zonas de vida de Holdridge (1987). Presenta pendientes entre 30 y 50 %. La precipitación promedio anual es de 2912 mm (en esta zona no se reporta ningún mes con precipitación menor de 80 mm) y una temperatura media anual de 13.2°C.

5.1.2 Materiales experimentales.

El total de procedencias es de 12 que representan 49 familias de polinización abierta (Anexo 1), derivadas de árboles plus ubicados al norte de las ciudades de Heredia y Alajuela y en la finca La Lucha, León Castro Cortéz, San José. Se incluyó un lote de un huerto semillero de La Arcadia, Popayán.



LEYENDA:

A: LOURDES, LAS JUNTAS DE ABANGARES.

B: FINCA LA REUNION, SANTA CRUZ DE TURRIALBA.

Figura 1. Ubicación de los ensayos de *C. lusitánica* y *A. guachapele* en Costa Rica.

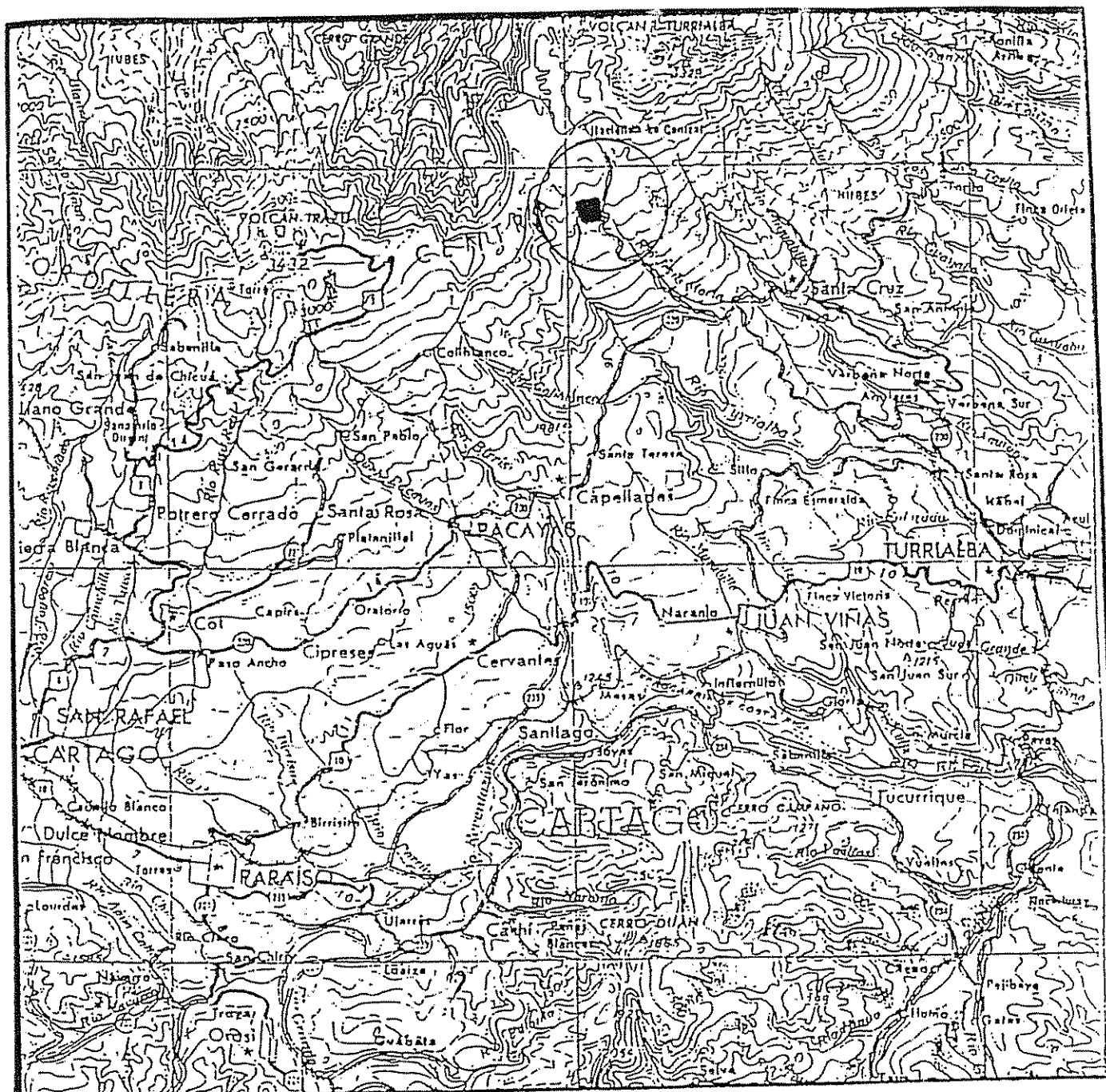


Figura 2. Localización del ensayo de procedencias/progenies de *C. lusitanica* Santa Cruz de Turrialba, Costa Rica.

(Colombia) perteneciente a Smurfit Cartón de Colombia S. A. y tres testigos comerciales costarricenses: Santa María Dota, Las Chorreras, San Rafael de Heredia y Parque Prusia, Cartago (Cornelius, 1995). Detalle de las procedencias y progenies de este ensayo se encuentra en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Procedencias y número de familias de *Cupressus lusitanica* evaluadas en Santa Cruz, Turrialba, Costa Rica.

PROCEDENCIAS	Nº FAMILIAS
Bosque de la Hoja, Heredia (BH).	8
Calle Lobos, Los Angeles, Heredia (CL).	1
Cipresal, Birri, Heredia (CB).	12
El Roble, Heredia (ER).	1
Finca La Lucha, San José (LL).	11
Fraijanes, Poas, Alajuela (FP).	2
La Arcadia, Colombia (LARC)	1
Las Chorreras, Heredia (LCHO)	1
Monte de La Cruz, Heredia (MC).	8
Parque Prusia, cartago (PPCA)	1
Paso Llano, Heredia (PL).	2
Santa María Dota (SMDO)	1
TOTAL DE FAMILIAS	49

5.1.3 Diseño experimental.

El ensayo se estableció bajo un diseño de bloques completos al azar con efecto anidado, con 24 bloques y 49 tratamientos (incluye 7 testigos comerciales). Las familias están ordenadas en parcelas de 3 árboles, con un distanciamiento entre árboles de 2.5 m x 2.5 m.

La prueba está rodeada por líneas de borde constituidas por árboles de los testigos, lotes comerciales o de las familias del experimento.

5.2 *Albizia guachapele*.

5.2.1 Descripción del área de estudio.

El ensayo se encuentra ubicado en Lourdes, Las Juntas de Abangares, Provincia de Guanacaste, Costa Rica, entre las coordenadas 10° 09' latitud Norte y 84° 56' longitud Oeste (Figura 3). El sitio pertenece a la zona de vida de bosque seco tropical (bsT) dentro de una asociación estacional según la clasificación de zonas de vida de Holdridge (1987). Está localizado a una altitud de 60 msnm, con una precipitación media anual de 2174 mm y cinco meses con menos de 80 mm, temperatura media anual de 27.9° C. El sitio presenta suelos de textura franco arcillosa y posee fertilidad media en términos forestales.

5.2.2 Materiales experimentales.

El ensayo comprende material de tres procedencias de dos zonas climáticamente semejantes: las locales de Abangares y Nicoya (Guanacaste, Costa Rica) y Las Delicias, Choluteca, localizada en el sur de Honduras (Cuadro 2), aproximadamente a 300 km al noroeste de Costa Rica; como testigo se utilizó dos lotes comerciales de Abangares.

La procedencia de Abangares comprende las zonas de bajura hasta los 360 msnm en los cantones de Abangares, Cañas (Guanacaste) y Puntarenas. La procedencia de Nicoya comprende principalmente los cantones de Nicoya y Nandayure, desde la zona de bajura hasta 200 msnm. Los árboles plus fueron seleccionados con base en su rectitud y su proporción de fuste limpio de ramas.

La procedencia de Las Delicias, Choluteca comprende una zona relativamente pequeña, donde los árboles son de muy mala calidad. No fue posible seleccionar un número apreciable de árboles de calidad genética superior en estas condiciones, por lo cual, se consideró árboles semilleros y no árboles plus. Todos los árboles se encuentran a 20 msnm (Anexo 2).

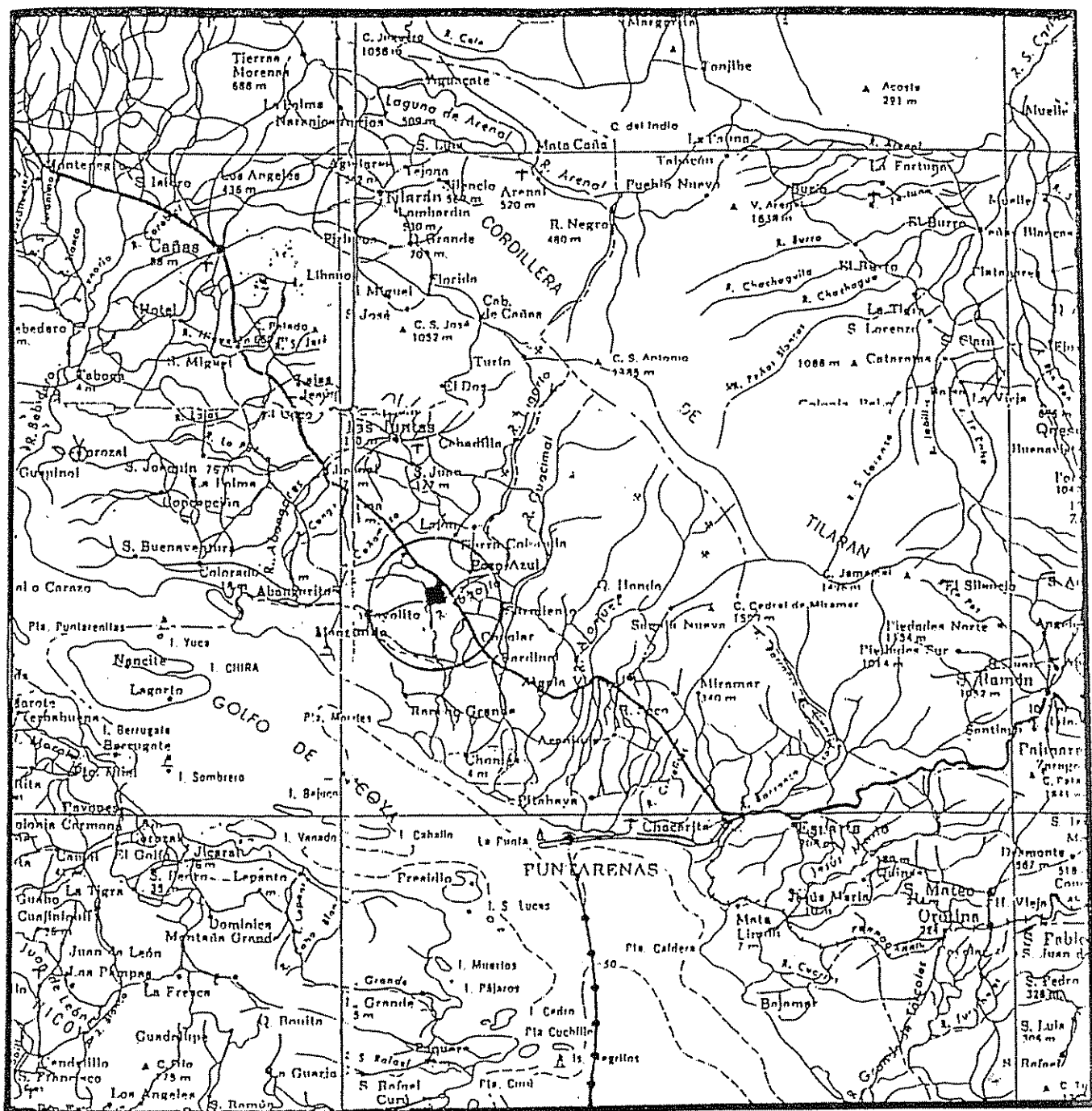


Figura 3. Localización del ensayo de procedencias/progenies de *Albizia guachapele* Lourdes, Las Juntas de Abangares, Costa Rica.

Cuadro 2. Procedencias y número de familias de *Albizia guachapele* en Lourdes, Las Juntas de Abangares, Costa Rica.

PROCEDENCIAS	N° FAMILIAS
NICOYA, COSTA RICA	3
ABANGARES, COSTA RICA	24
LAS DELICIAS, CHOLUTECA, HONDURAS	14
TOTAL DE FAMILIAS	41

5.2.3 Diseño experimental.

El ensayo fue establecido bajo un diseño de bloques completos al azar con efecto anidado (diseño jerárquico en dos etapas), con nueve bloques y 41 familias, ordenadas en parcelas de 6 árboles con un distanciamiento entre árboles de 2.5 m x 2.5 m; cada parcela constituye una repetición de cada familia.

El ensayo está rodeado por líneas de borde constituidas por una mezcla de árboles de las distintas familias del ensayo.

5.3 Procedimientos analíticos.

5.3.1 Fase I: Evaluación de las procedencias en campo.

Esta fase tuvo como propósito identificar los mejores fenotipos al nivel de procedencias y familias, desde el punto de vista de crecimiento y forma. Consistió en la evaluación normal de una prueba de progenies, en la cual se analizó la sobrevivencia (%), la altura total (m) y el diámetro (cm) a la altura del pecho (1.3 m) de las dos especies en estudio.

La información obtenida de la medición de los distintos parámetros de crecimiento, de los árboles en pie, fue registrada en formularios diseñados especialmente para tal propósito (Anexo 3). Las variables que se evaluaron en esta fase fueron:

a) Altura total: Se utilizó una vara telescópica, tomando como base el nivel medio del suelo hasta la yema apical del eje principal; la información fue tomada en metros (con aproximación al cm) para facilitar el análisis e interpretación posterior.

b) dap (diámetro a la altura del pecho): La medición se tomó a 1.3 m del suelo, utilizando para ello una cinta diamétrica; la información fue expresada en cm, con aproximación al mm más cercano.

c) Forma del fuste: Con base en las categorías definidas por Quirós (1988), citadas por Salazar y Boshier (1989), la rectitud del fuste para las dos especies en estudio se evaluó de la siguiente manera:

- Fuste recto (puntaje: 6).
- Ligeramente torcido: árboles con ligeras desviaciones causadas por curvatura basal, sinuosidad, curvatura o torceduras (puntaje: 4).
- Torcido: árboles que manifestaron de manera más severa los defectos mencionados en la categoría anterior (puntaje: 2).
- Muy torcido: árboles que presentaron severas torceduras repetidas o combinación de los defectos mencionados anteriormente (puntaje: 1).

d) Bifurcación: Esta característica se evaluó, teniéndose en consideración la ausencia o presencia de la misma, a una altura determinada:

- Ausencia de bifurcación (puntaje 6).
- Bifurcado en el 1/3 superior (puntaje 4).
- Bifurcado en el 1/3 medio (puntaje 2).
- Bifurcado en el 1/3 inferior (puntaje 1).

5.3.2 Fase II: Estimación de la productividad.

En esta fase se determinó el volumen, biomasa aérea (follaje, ramas y fuste) e índice de cosecha, el cual se obtuvo de la relación entre la biomasa del fuste y la biomasa total aérea, así como, las relaciones de eficiencia, las cuales se obtuvieron al determinar el porcentaje de copa, ramas y fuste con respecto a la biomasa total aérea.

El orden de ejecución de esta fase para cada sitio de evaluación fue el siguiente:

a) definición de las progenies o familias a evaluar: la selección de 14 familias se efectuó de acuerdo a las mediciones efectuadas en la fase I. Los criterios de selección utilizados fueron:

- Valores promedios de altura y diámetro: se eligieron tres tipos de familias, las que presentaron los valores más altos, valores intermedios y valores promedios bajos.
- Sobrevivencia de la familia en el ensayo.
- Origen de la procedencia: se escogieron aquellas procedencias y/o familias provenientes de sitios que presentaban condiciones ambientales diferentes.

b) selección al azar de tres repeticiones o bloques. Los bloques seleccionados en cada ensayo se presentan a continuación:

Cupressus lusitanica: bloques XV, XVII y XX.

Albizia guachapele: bloques I, III y V.

c) Selección al azar de un árbol de cada una de las familias evaluadas por cada repetición; haciendo un total de tres árboles seleccionados/familia y un total de 42 árboles derribados por cada sitio evaluado.

d) Identificación del árbol seleccionado en el campo: los árboles seleccionados fueron marcados e identificados con el número de familia y bloque al cual pertenecían.

Para la cuantificación de cada árbol, se tomaron las siguientes características:

a) Diámetro de copa: La medición de esta variable se realizó antes de derribar cada árbol seleccionado. Se efectuó utilizando una cinta métrica entre dos personas, extendiéndola bajo la copa del árbol en pie, sobre la proyección de la misma, realizando dos mediciones en forma de cruz con aproximación al cm. La primera medición se efectuó en sentido del diámetro mayor de la copa y la segunda medición perpendicular a la primera. Los resultados obtenidos fueron promediados para obtener el diámetro medio de copa.

Posteriormente, los árboles de las procedencias/familias seleccionadas fueron talados con motosierra, tratando de hacer el corte a nivel del suelo.

b) Longitud de copa: La longitud de la copa se midió con una cinta métrica, tomando en consideración el lugar desde donde aparece la primera rama viva (base de la copa) hasta el ápice del árbol. Esta medición se tomó con aproximación al cm.

c) Longitud del fuste: Se midió desde la base del árbol hasta la yema principal, utilizando para ello una cinta métrica; los datos fueron tomados con aproximación al centímetro.

d) Cuantificación de volumen: Cada árbol derribado fue desramado y defoliado; posteriormente el fuste o eje principal fue dividido en secciones de un metro de longitud con el fin de obtener la mayor precisión para la determinación del volumen. A cada sección se le midió el diámetro basal y el diámetro superior, la información fue ingresada en formularios para medición de árboles en secciones (Anexo 4). Para la medición se utilizó una forcípula con aproximación al mm.

La fórmula utilizada para calcular el volumen de madera fue la de Smalian (ALDER, 1981; FAO, 1980; Torres *et al.*, 1995):

$$V = \pi / 4 ((D1 + D2) / 2)^2 * L$$

DONDE :

V : volumen total por árbol.

D1 : diámetro basal de la sección

D2 : diámetro superior de la sección

L : longitud de la sección.

Π : 3.1416

El volumen de madera fue determinado para cada sección de fuste, el volumen parcial de cada sección fue sumado para obtener finalmente el volumen total de cada árbol derribado.

Se cuantificó la biomasa total aérea de cada familia seleccionada, con el fin de identificar aquellas que presentaron un alto rendimiento en volumen de madera y alta biomasa, concentrada principalmente en el fuste, en detrimento de la biomasa de ramas y follaje.

a)- Biomasa verde del eje principal: Una vez el eje principal estuvo libre de ramas, follaje, y fue seccionado, se determinó la biomasa verde de cada árbol utilizando una báscula romana, la unidad de medida utilizada fue el kg. Del fuste seccionado se tomaron dos muestras, una de las cuales fue utilizada para la determinación de la biomasa seca y la otra para determinar la densidad específica del fuste.

b)- Biomasa de ramas: Las ramas fueron cortadas y separadas de las hojas y fuste; Se seccionaron y se determinó la biomasa verde en kilogramos. Se obtuvo tres muestras de ramas por familia para ser secadas en laboratorio, para un total de 42 muestras por sitio.

c)- Biomasa verde de follaje: A cada árbol derribado se le cortó la totalidad del follaje, incluyéndose como tal, todas aquellas ramas en las cuales era evidente una falta de lignificación (diferencias en el color de las ramas) o en su defecto, todas las ramas con un diámetro menor a 0.5 cm; la biomasa verde fue expresada en kilogramos. Se tomaron muestras de follaje de cada árbol derribado con un peso aproximado de 500 g, haciendo un total de tres muestras por cada familia y un total de 42 muestras por sitio.

Para la determinación de la biomasa seca se utilizó la metodología propuesta por CATIE (1984) y Salazar (1989):

- a) De cada árbol derribado se tomó una muestra de aproximadamente 500 g de hojas desmenuzadas. Las muestras fueron colocadas en bolsas plásticas individuales debidamente identificadas con el número de la familia y bloque correspondiente.
- b) Para las ramas se tomaron muestras compuestas de secciones de 10 cm de longitud de diferente grosor, haciendo un peso aproximado de 500 g. Idéntico proceso fue realizado para las dos especies.
- c) Para el fuste, se tomó una muestra del eje (disco o galleta de 10 cm de espesor) de 500 g de peso aproximadamente, la muestra fue seccionada de manera tal que contuviera parte de la albura y duramen.

En *Albizia guachapele*, la muestra se tomó de la segunda sección del eje; mientras que para *Cupressus lusitanica*, la muestra fue tomada de la sección basal del eje.

Las muestras de cada sección fueron colocadas en bolsas de papel. Para facilitar el secado, las bolsas se perforaron y se dejaron abiertas.

En el caso de *A. guachapele*, las muestras de follaje, ramas y fuste fueron secadas en estufa eléctrica, con circulación de aire seco y una temperatura de 30 °C, por un tiempo de 10 días en el Banco de Semillas del CATIE. Para facilitar y acelerar la deshidratación, las muestras fueron divididas en secciones más pequeñas.

Las muestras de *C. lusitanica* fueron secadas en horno eléctrico a una temperatura de 105 °C, por un tiempo de 48 hr.

El peso exacto de las muestras verdes para cada sección de árbol (follaje, ramas, fuste) se determinó utilizando una balanza semi-analítica. Este proceso fue idéntico para las dos especies en estudio.

Con los valores de peso verde obtenidos en el campo y los de peso seco obtenidos en laboratorio, se procedió a determinar para cada muestra el factor de conversión (CATIE, 1984; Salazar, 1989):

$$R=PS/PV$$

Donde :

PS : peso seco de la submuestra.

PV : peso verde de la submuestra.

Para cuantificar la biomasa seca de cada árbol, se utilizó el valor promedio de la relación PS/PV de cada sección del árbol y se multiplicó por el valor de biomasa verde para cada sección de los árboles derribados. La sumatoria de las tres secciones de cada árbol proporcionó la biomasa seca total (CATIE, 1984; Salazar, 1989).

De cada árbol derribado se tomó una muestra adicional de fuste a la cual se removió la corteza, posteriormente se le determinó el volumen verde; para ello se utilizó una probeta graduada de 1000 ml. El volumen de cada muestra se obtuvo de la diferencia del volumen inicial de agua (sin muestra) y el volumen final de agua (muestra inmersa), el agua desplazada por la muestra correspondió al volumen verde de la misma, el cual fue expresado en cm^3 . Posteriormente, las muestras debidamente identificadas con su número de familia y bloque, fueron secadas en estufa a una temperatura de 80 °C por 48 hr, hasta obtener un peso constante. El mismo procedimiento fue utilizado para las dos especies.

El valor de la densidad específica se obtuvo de la división de los valores de biomasa seca de cada muestra entre el valor de volumen verde de las mismas. La fórmula utilizada para dicho cálculo fue la siguiente:

$$\text{Densidad Específica} = \text{biomasa seca (g)/volumen verde (cm}^3\text{)}$$

El índice de cosecha (PPt) se obtuvo del porcentaje de materia seca localizada en el fuste (Pt) dividido entre la materia seca total (PT= Pf + Pr + Pt), que fue la sumatoria de la biomasa acumulada en el follaje (Pf), ramas (Pr) y fuste (Pt), posteriormente se calcularon los porcentajes de follaje y ramas.

$$PPf = (Pf/PT) \times 100$$

$$PPr = (Pr/PT) \times 100$$

$$PPt = (Pt/PT) \times 100$$

5.4 Análisis estadístico.

Toda la información obtenida en campo, así como, la obtenida en laboratorio, fue almacenada en hojas electrónicas del programa MICROSOFT EXCEL 97, cada una de ellas fue posteriormente transformada en archivos con formato prn para el análisis con el programa estadístico SAS.

5.4.1 Fase I: Evaluación de procedencias.

En esta fase se identificó a las mejores procedencias y dentro de éstas, las mejores familias para las características de crecimiento. El modelo estadístico utilizado para la determinación de diferencias entre promedios de tratamientos fue:

$$X_{ij} = \mu + B_i + P_{ij} + F(j)k + E(ijk)L$$

Donde:

X_{ij} = Variables aleatorias observadas.

μ = Promedio general.

B_i = Efecto del i-ésimo bloque.

$P_{j(i)}$ = Efecto de la j-ésima procedencia en el bloque y-ésimo.

$F(ij)k$ = Efecto de la k-ésima familia dentro de la j-ésima procedencia en el bloque i-ésimo.

$E(ijk)L$ = Error experimental.

a) Evaluación de variables cuantitativas.

Las variables evaluadas en esta fase fueron:

- Altura total (m).
- Diámetro a 1.3 m (cm).
- Supervivencia (%)

Para determinar la existencia de diferencias significativas entre los valores promedios de las procedencias y las familias de cada variable de crecimiento, se utilizó el procedimiento GLM de SAS (versión 6.09). Posteriormente, se compararon las medias utilizando la prueba de comparaciones múltiples de Tukey.

b) Variables cualitativas.

- Forma de fuste (puntaje): las familias consideradas superiores fueron aquellas que presentaron el porcentaje más alto de árboles rectos y ligeramente torcidos (sumatoria de los dos porcentajes).
- Bifurcación (puntaje): las familias consideradas superiores fueron aquellas que presentaron el porcentaje mayor de árboles no bifurcados y bifurcados en el tercio superior (sumatoria de ambos porcentajes).

Se evaluaron transformando el puntaje dado en la calificación cualitativa de los árboles de cada parcela, utilizando el procedimiento PROG FREQ de SAS, este procedimiento permitió analizar dichas variables a través de la frecuencia de apariciones de cada puntaje dentro de cada procedencia y familia evaluada.

5.4.2 Fase II: Estimación de la productividad.

El modelo utilizado en la segunda fase para la determinación de diferencias entre promedios de tratamientos fue:

$$X_{ij} = \mu + B_i + P_{j(i)} + F_{(ji)k} + E_{(ijk)}$$

Donde:

X_{ij} = Variables aleatorias observadas.

μ = Promedio general.

B_i = Efecto del i -ésimo bloque.

$P_{j(i)}$ = Efecto de la j -ésima procedencia en el bloque i -ésimo.

$F_{(ij)k}$ = Efecto de la k -ésima familia dentro de la j -ésima procedencia en el bloque i -ésimo.

$E_{(ijk)}$ = Error experimental.

En esta fase se evaluaron las siguientes variables cuantitativas:

- Volumen total del fuste.
- Biomasa total aérea.
- Diámetro de copa.
- Longitud de fuste.
- Longitud de copa.
- Biomasa de follaje, ramas y fuste en forma independiente.
- Densidad específica de fuste.
- Índice de cosecha (relación biomasa de fuste/biomasa total).

Se utilizó el procedimiento PROC UNIVARIATE de SAS para determinar la distribución normal de los datos; además, se realizó la prueba de BARTLET para la determinación de homogeneidad de varianzas. Se efectuaron análisis de varianza entre los promedios de tratamientos utilizando el

PROC GLM de SAS (versión 6.09) y la prueba de Tukey para establecer diferencias entre tratamientos y agrupar aquellos de comportamiento similar.

5.4.3 Correlaciones.

Los promedios de los tratamientos fueron correlacionados para explicar el grado de relación que existe entre ellos. El procedimiento utilizado para este análisis fue el PROG CORR de SAS.

Las variables cuantitativas correlacionadas fueron: longitud de fuste y de copa, diámetro de copa, volumen de fuste, biomasa total aérea, biomasa de fuste, ramas y follaje, Índice de Cosecha y densidad específica.

5.4.4 Cálculo de heredabilidad.

Se determinó el valor de la heredabilidad familiar para las variables: altura total y dap. Los componentes de varianza se calcularon utilizando las salidas generadas por el PROC GLM de SAS (Zobel y Talbert, 1988; Vargas, 1997):

Cuadro 3. Análisis de varianza para una prueba genética de medios hermanos en un diseño de bloques completamente al azar.

FUENTE DE VARIACION	GRADOS D LIBERTAD	CUADRADOS MEDIOS	CUADRADOS ESPERADOS	MEDIO
REPETICIONES	R-1	MS ₄	$\sigma^2_W + A\sigma^2_{RF} + AF\sigma^2_R$	
FAMILIAS	F-1	MS ₃	$\sigma^2_W + A\sigma^2_{RF} + AR\sigma^2_F$	
FAMILIASxREPETICIONES	(F-1)(R-1)	MS ₂	$\sigma^2_W + A\sigma^2_{RF}$	
ARBOLES DENTRO PARCELAS	D RF(A-1)	MS ₁	σ^2_W	

Donde: F, R y A se refiere al número de familias, repeticiones y árboles por parcela repetida en cada familia. σ^2_w , σ^2_{RF} , σ^2_F , σ^2_R , son respectivamente, los componentes de varianza dentro de la parcela (w), en la repetición x familia (RF), en la familia (F) y en la repetición (R).

$$\sigma^2_{RF} = MS_2 - MS_1 / A$$

$$\sigma^2_F = MS_3 - MS_2 / AR$$

$$\sigma^2_w = MS_1$$

La heredabilidad familiar se determinó por medio de la fórmula (Zobel y Talbert, 1988):

$$h^2_F = \frac{\sigma^2_F}{\sigma^2_w + \sigma^2_{FR} + \sigma^2_F}$$

$$\frac{\quad}{AR} \quad \frac{\quad}{A}$$

h^2 : heredabilidad en sentido estricto, la proporción de la varianza fenotípica causada por variación en los valores de cruzamiento de los individuos.

6. RESULTADOS Y DISCUSION.

6.1 FASE I: EVALUACION DE PROCEDENCIAS Y FAMILIAS.

6.1.1 *Cupressus lusitanica*.

a) SOBREVIVENCIA A NIVEL DE PROCEDENCIAS.

La Figura 4, muestra los porcentajes de sobrevivencia de todas las procedencias evaluadas. Los porcentajes más altos los presentaron las procedencias de Paso Llano (93.1%), El Roble (91.7%), ambas de Heredia y Fraijanes de Alajuela (90.3%). Los porcentajes inferiores de sobrevivencia los mostraron las procedencias de Monte de La Cruz, Heredia (81.7%), La Arcadia, Colombia (80.6%) y Las Chorreras, Heredia con 79.2%.

En la Figura 4 se puede observar que la procedencia Paso Llano de Heredia, presentó la sobrevivencia mayor; sin embargo, se debe tomar en cuenta que esta procedencia solamente estuvo representada por dos familias. La procedencia El Roble, estuvo representada en la evaluación por una sola familia; similar caso presentaron las procedencias Fraijanes de Alajuela, Calle Lobos de Heredia, los testigos comerciales Santa María Dota (4482), Las Chorreras (4504), Parque Prusia (4510) y el testigo del huerto semillero La Arcadia (2452).

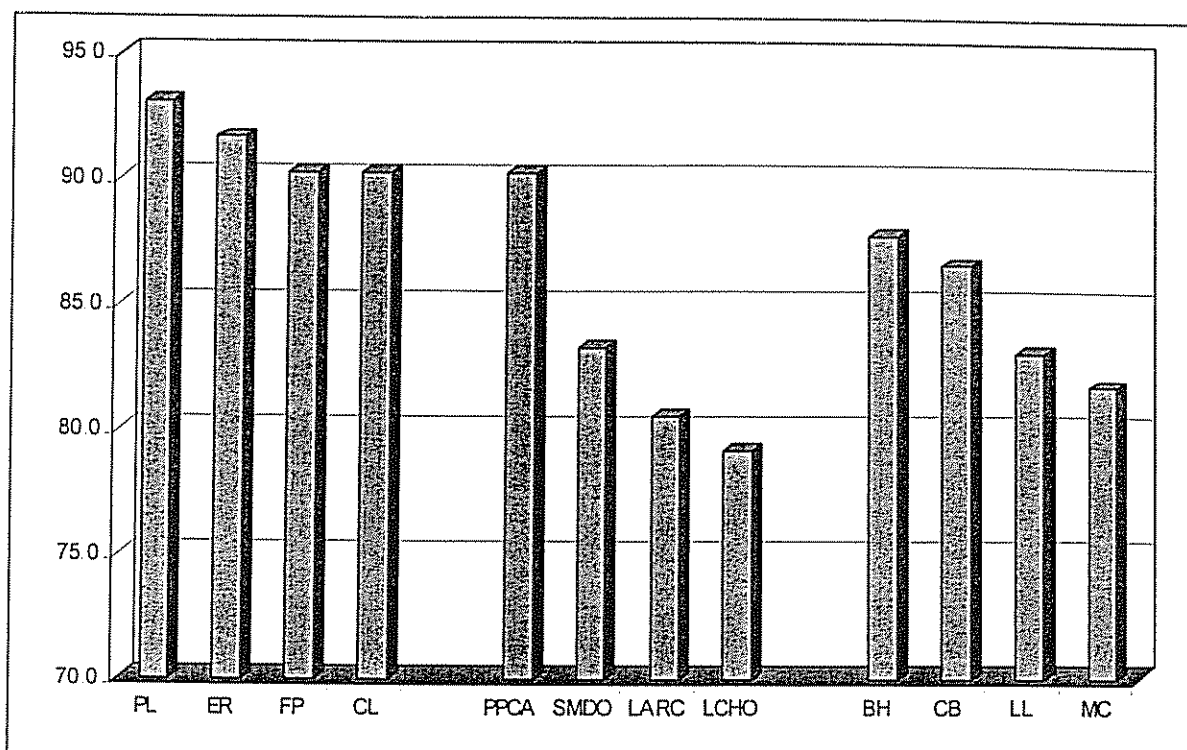


Figura 4. Sobrevivencia de 12 procedencias de *Cupressus lusitanica* a los seis años de edad en Santa Cruz de Turrialba, Costa Rica.

b) SOBREVIVENCIA A NIVEL DE FAMILIAS.

Los porcentajes mayores de sobrevivencia los presentaron las familias 17 de Cipresal (CB), 2 de Bosque de la Hoja (BH), 23 de Monte de La Cruz (MC), 29 y 30 de Paso Llano (PL), de Heredia, con valores superiores a 93%. Los porcentajes más bajos para esta variable los mostraron las familias 7 (77.3), 10 (66.7%) y 11 (72.2%) de Monte de la Cruz (Heredia) y las familias 26 (72.2%) y 44 (61.1%) de Finca La Lucha, San José (LL) (Anexo 5).

En la Figura 5 se puede observar que los valores extremos de sobrevivencia se ubicaron en el rango de 61.1% a 94.4%, la familia 44 (LL), presentó el menor porcentaje (61.1%). Contrario a esta, la familia 17 de Cipresal obtuvo el máximo valor en sobrevivencia (94.4%).

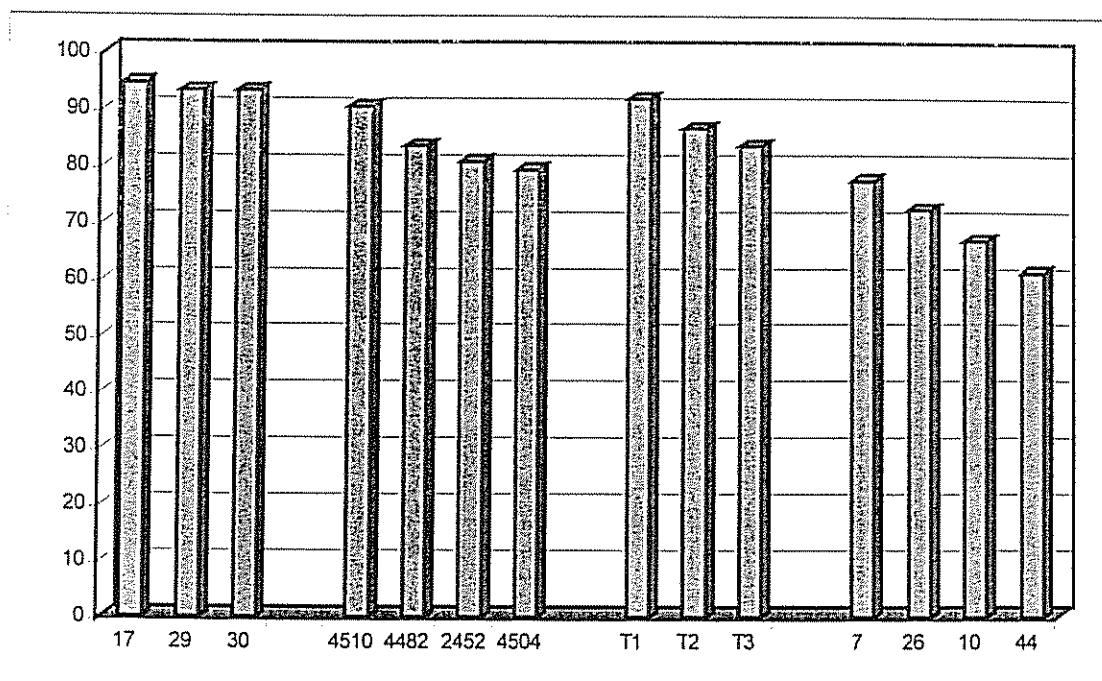


Figura 5. Sobrevivencia de 14 familias de *Cupressus lusitanica* a los seis años de edad en Santa Cruz de Turrialba, Costa Rica.

a) VARIACION DE LA ALTURA TOTAL ENTRE PROCEDENCIAS.

Los resultados del análisis de varianza indicaron que existen diferencias estadísticas significativas entre procedencias ($p=0.0001$). El promedio mayor lo presentó la procedencia de Paso Llano, Heredia (PL) con 5.95 m; este valor rebasó en 1.2% al promedio de las tres mejores procedencias Paso Llano (PL), Calle Lobos (CL) y El Roble (ER), de Heredia, las cuales tuvieron un promedio combinado de 5.88 m; asimismo, fue mayor en 9.4% al promedio general del ensayo (5.39 m) y superior en 18.5% al promedio de las tres peores procedencias Santa María Dota (SMDO), Parque Prusia (PPCA) ambas de Cartago y La Arcadia, Popayán, Colombia (LARC). El promedio más bajo lo presentó el testigo del huerto semillero La Arcadia (4.7 m), el cual fue inferior en 21% a la altura mayor (Figura 6).

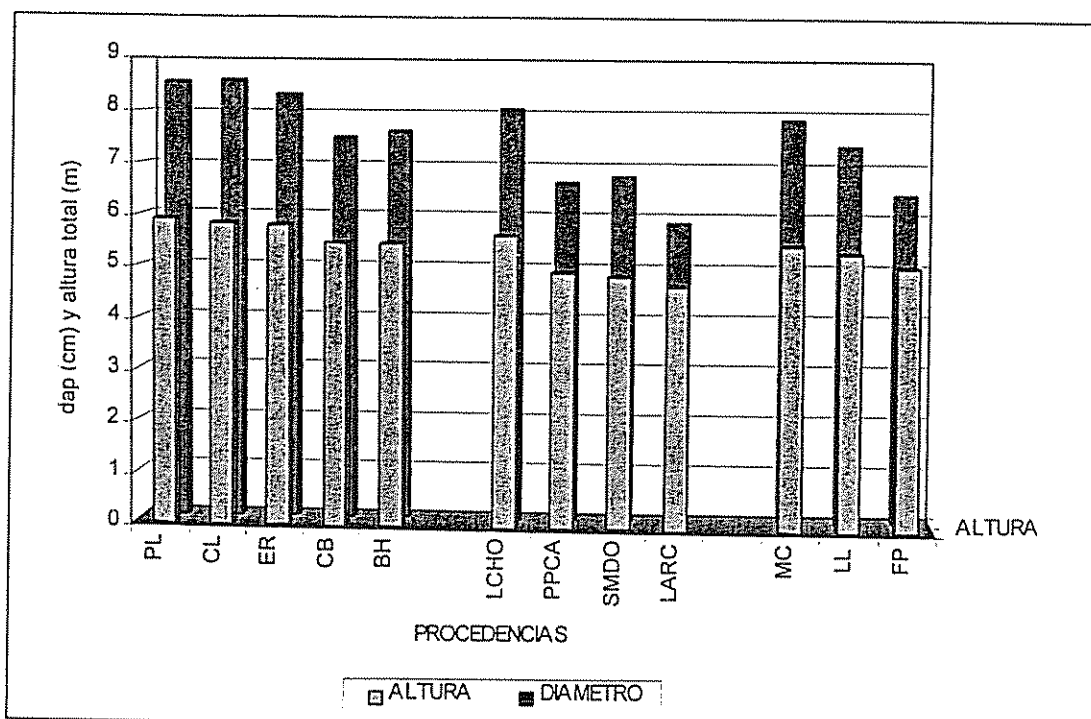


Figura 6. Altura total (m) y diámetro a 1.3 m (cm) de 12 procedencias de *Cupressus lusitanica* a los seis años de edad en Santa Cruz de Turrialba, Costa Rica.

b) VARIACION DE LA ALTURA TOTAL ENTRE FAMILIAS.

El análisis de varianza mostró la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre familias ($P=0.0001$). Los cinco promedios mejores correspondieron a las familias 30 (PL), 29 (PL), 33 (CL), 27 (ER) y 23 (MC), no se presentaron diferencias significativas entre ellas; estas mostraron un promedio de 5.88 m, el cual excedió en 7.5% a la altura media del ensayo; dichas familias provienen de árboles que se localizan en la provincia de Heredia. De la misma forma, estas cinco familias sobrepasaron en 17.7% a los cinco promedios más bajos, que correspondieron a los testigos comerciales 4482 (SMDO) y 4510 (PPCA), la familia 35 de La Lucha, San José (LL), el testigo del huerto semillero de La Arcadia, Colombia (2452) y la familia 26 de Fraijanes, Alajuela (FP), los cuales tuvieron un promedio de 4.84 m y tampoco presentaron diferencias significativas entre sí; las primeras cinco familias también superaron en 9.4% al promedio combinado de los testigos T1 y T2 de Heredia y T3 de La Lucha, San José que fue de 5.33 m. Asimismo, excedieron en 12.1% al promedio de los tres testigos comerciales: 4504 Las Chorreras, Heredia (LCHO), 4510 (PPCA) y 4482 (SMDO) de Cartago, los cuales tuvieron un promedio de 5.2 m (Figura 7 y Anexo 6).

En forma individual, la familia 30 (Paso Llano, Heredia), mostró la mayor altura promedio (6.01 m), la cual fue superior en 2.2% al promedio de las cinco mejores familias y en 19.5% al promedio de las cinco peores; con respecto a los testigos T1, T2 (Heredia) y T3 de La Lucha, San José, ésta los superó en 11.3% y en 14% a los testigos comerciales 4504 (Las Chorreras, Heredia), 4510 y 4482 (Cartago). El promedio general del ensayo fue inferior en 9.7% con respecto a esta familia. El testigo del huerto semillero La Arcadia (2452), mostró el promedio más bajo (4.7 m), el cual fue inferior a la familia 30 (Paso Llano, Heredia) en 21.8%.

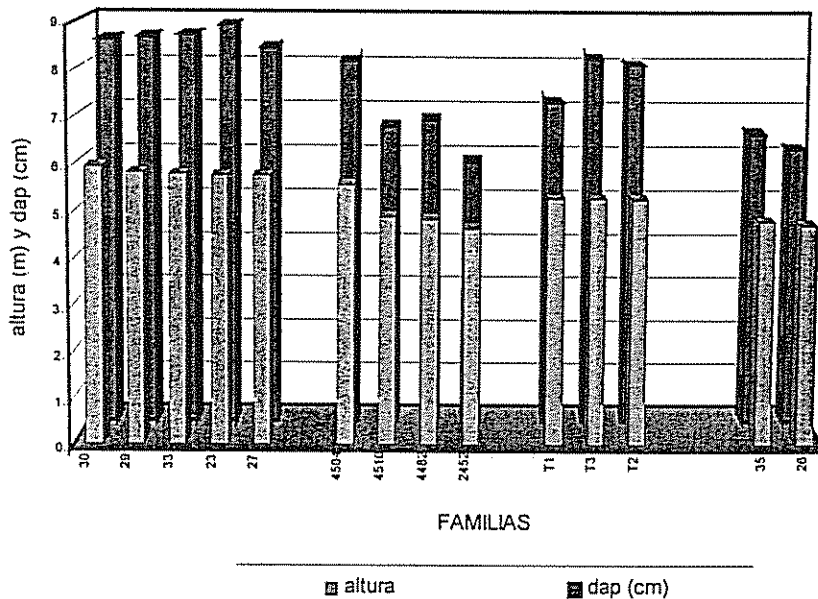


Figura 7. Altura total (m) y diámetro a 1.3 m (cm) de 14 familias de *Cupressus lusitanica* a los seis años de edad en Santa Cruz de Turrialba, Costa Rica.

Los resultados obtenidos en esta evaluación fueron similares a los reportados por Cornelius y Baeza (1995); quienes encontraron que 28 meses después del establecimiento del ensayo, la familia 30 (Paso Llano, Heredia) mostró el crecimiento mayor en altura, mientras que el testigo del huerto semillero La Arcadia (2452), presentó el valor más bajo. Este resultado obtenido constituye un claro ejemplo de la variabilidad provocada por el efecto de múltiples genes sobre ésta variable; el testigo del huerto semillero La Arcadia (2452), fue seleccionado en Colombia por la superioridad demostrada en las condiciones ambientales de Popayán; sin embargo, para las condiciones de Santa Cruz presentó una expresión fenotípica muy inferior a las demás familias.

Este huerto semillero se encuentra a una altitud de 1750 msnm, con una temperatura media anual de 17.5 °C, precipitación promedio anual de 1949 mm, lo cual difiere mucho de las condiciones ambientales de la zona del ensayo, que presenta una precipitación mayor y temperaturas más bajas; además de la altitud y condiciones edáficas diferentes, el comportamiento pobre de este testigo parece indicar que la diferencia entre las condiciones ambientales afectaron sensiblemente la expresión fenotípica del mismo.

Caso contrario ocurrió con la familia 30 de Paso Llano, la cual demostró ser genéticamente superior para esta variable en las condiciones ambientales del sitio; por lo anteriormente expuesto se asume que la selección de los mejores árboles y el cruzamiento de los mismos originará un aumento de la heredabilidad para esta característica, en este caso la variabilidad se redujo y por lo tanto se esperaría un aumento en el diferencial de selección, lo que traerá como consecuencia un aumento de la ganancia genética.

En el caso de los testigos comerciales 4510 (Parque Prusia, Cartago), 4482 (Santa María Dota, Cartago) y 4504 (Las Chorreras, San Rafael de Heredia), éstos presentaron alturas por debajo de las obtenidas por las cinco familias mejores determinadas en esta evaluación, posiblemente sea el mismo caso de La Arcadía (2452) (Figura 7).

Generalmente, la mayoría de características de importancia económica en árboles, están gobernadas por diferentes genes, los cuales interactúan entre sí; esto produce una gran variación en la expresión fenotípica de dicha característica; la enorme variabilidad observada es lo que se conoce como variación continua (CONIF, 1995). En el caso del mejoramiento para este tipo de variables, la selección deberá hacerse tomando en cuenta únicamente a aquellos individuos que han demostrado ser superiores en condiciones homogéneas de clima y desarrollo, se asume en este caso que el valor genético de estos individuos seleccionados será mayor que el promedio de la población completa.

Por otra parte, Lamprecht (1990), sostiene que *C. lusitanica* tiene muy baja capacidad competitiva frente a malezas de hoja ancha y principalmente gramíneas; tomando en consideración que el sitio en el que esta ubicado el ensayo se encuentra totalmente cubierto de

pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), se podría pensar que el pasto podría de alguna manera afectar el desarrollo de algunas familias con poca tolerancia a la competencia de esta gramínea.

a) VARIACION DEL DIAMETRO A 1.3 m (dap) ENTRE PROCEDENCIAS.

El análisis de varianza reveló la existencia de diferencias significativas entre procedencias ($p=0.0001$). La procedencia Calle Lobos (Heredia), presentó el promedio mayor para esta variable con 8.6 cm, superior en 13.3% al promedio de todas las procedencias (7.46 cm) y en 1.3% al promedio de las tres mejores procedencias: Calle Lobos, Paso Llano y El Roble, todas de Heredia. Las tres procedencias con promedio más bajo: Parque Prusia (Cartago), Fraijanes (Alajuela) y La Arcadia (Colombia) fueron inferiores en 26.7% al promedio de la mejor procedencia. La procedencia con el menor promedio: La Arcadia, Colombia, fue inferior en 32% a la procedencia de mayor dap (Figura 6).

b) VARIACION DEL DIAMETRO A 1.3 m (dap) ENTRE FAMILIAS.

El resultado del análisis de varianza para dap mostró la existencia de diferencias estadísticamente significativas ($p=0.0001$) entre familias. Los mayores diámetros los presentaron las familias 10, 23, 33, 14 y 29, de Heredia (Figura 7), las cuales no presentaron diferencias significativas entre ellas; éstas mostraron un diámetro promedio combinado de 8.78 cm, el cual fue superior en 28.4% a la media de los cinco promedios más bajos (6.29 cm), que correspondieron a la familia 35 (La Lucha, San José), testigo comercial 4510 (Parque Prusia, Cartago), familia 7 (Monte de La Cruz, Heredia), testigo del huerto semillero La Arcadia (2452) y familia 26 (Fraijanes, Alajuela); éstas últimas tampoco presentaron diferencias estadísticas entre ellas. De igual manera, el diámetro medio de las cinco mejores familias superó en 14.4% al promedio general del ensayo (7.52 cm) y en 11.7% a los testigos locales T1, T2 y T3 que tuvieron una media de 7.75 cm; el promedio de los testigos comerciales 4510, 4504 y 4482 fue inferior al promedio de dichas familias en 18.7% (7.14 cm).

El diámetro mayor lo mostró la familia 10 (Monte de La Cruz, Heredia), con un valor de 9.23 cm, la cual superó en 4.9% al promedio de las cinco mejores familias y en 18.5% al promedio

general del ensayo; con relación a los cinco promedios más bajos, éstos fueron inferiores en 31.9%. Los testigos locales T1, T2 y T3 y los testigos comerciales 4510, 4504 y 4482 fueron inferiores en 16% y 22.6% respectivamente. El menor diámetro lo presentó el testigo del huerto semillero La Arcadia (2452), con un promedio de 5.85 cm, el cual fue superado por el mejor promedio en 36.6% (Anexo 6).

Cornelius y Baeza (1995), informaron que a los 28 meses de edad la familia 30 (Paso Llano, Heredia) presentó el dap mayor, mientras que el testigo del huerto semillero La Arcadia (2452), mostró el diámetro menor. En el caso de la variable altura total, la familia 30 de Paso Llano presentó el mayor valor; sin embargo, para el dap, dicha familia no estuvo ubicada entre los mejores cinco promedios, esto es debido a que cada característica cuantitativa esta gobernada por diferentes genes que actúan independientemente; por lo que no necesariamente la familia de mayor altura es la que presentará los mayores diámetros, aunque es frecuente que exista correlación entre estas variables. Por otra parte, aunque en la presente evaluación la familia 30 no mantuvo su hegemonía sobre las demás familias, se ubicó entre las mejores diez para la variable evaluada.

El dap es una variable que se encuentra gobernada por una gran cantidad de genes lo que provoca una enorme variabilidad genética, esto en asociación con la variación ambiental producen grandes diferencias en la expresión fenotípica de los árboles; sin embargo, estas diferencias en la expresión fenotípica podrían ser explotadas por medio de la selección de árboles individuales con características sobresalientes, en este caso árboles con los diámetros mayores; siempre y cuando la selección fuera realizada en condiciones ambientales homogéneas.

FORMA DEL FUSTE.

En la Figura 8 se puede observar que las familias 29 (Paso Llano), 18 (Cipresal), 10 (Monte de la Cruz), 16 (Cipresal) de Heredia y 21 (La Lucha, San José), obtuvieron los porcentajes mayores en cuanto a árboles con buena forma de fuste (55.4, 44.2, 41.4, 38.7 y 39.7%) respectivamente. La familia 29 (Paso Llano, Heredia) fue la de mejor forma, ya que del total de árboles evaluados, un 55.4% correspondió a árboles con muy buena forma (ubicados en las categorías 4 y 6).

El porcentaje menor de árboles con buena forma lo presentaron las familias 8 (Monte de la Cruz), 3 (Bosque de la Hoja), 27 (El Roble), de Heredia, la familia 35 (La Lucha, San José) y el testigo local T2 (Monte de La Cruz, Heredia); éste último obtuvo la peor forma de fuste, con tan solo un 3.5% de árboles con buena forma. Los testigos comerciales 4510 (Parque Prusia, Cartago), 4482 (Santa María Dota, Cartago) y 4504 (Las Chorreras, San Rafael de Heredia) exhibieron una forma de fuste regular, aunque muy por debajo de las cinco familias con mejor forma de fuste; asimismo, el testigo del huerto semillero La Arcadia (2452) también presentó valores intermedios en lo que respecta a forma de fuste.

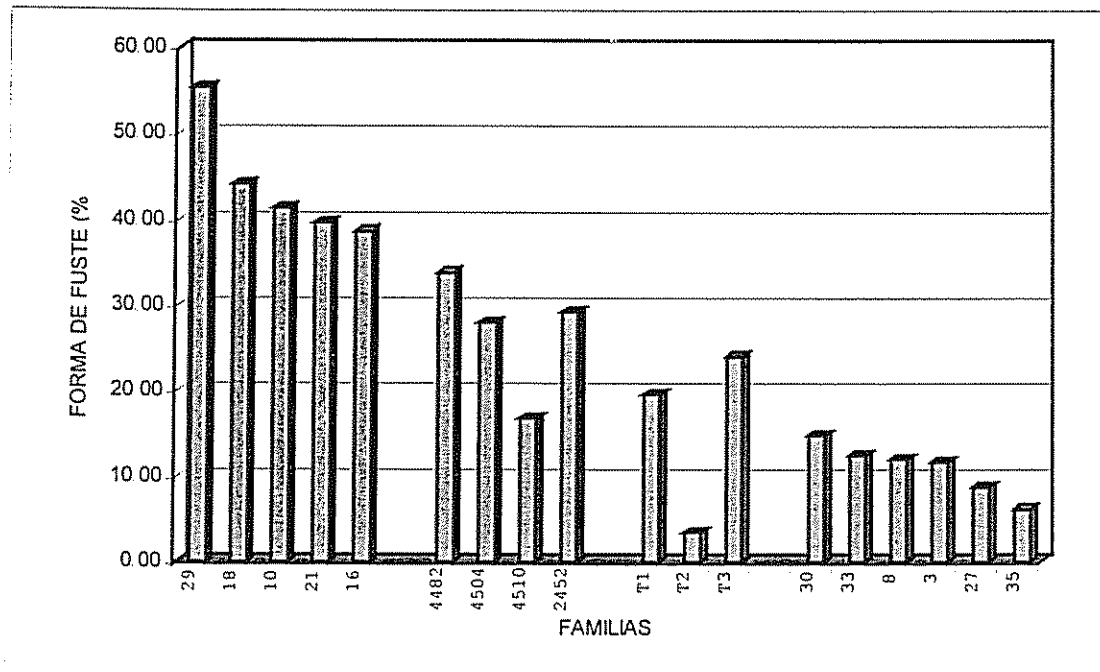


Figura 8. Porcentaje de árboles ubicados en las categorías de forma de fuste 4 y 6 de 18 familias de *Cupressus lusitanica* a los seis años de edad en Santa Cruz de Turrialba, Costa Rica.

Es conveniente resaltar que no siempre las familias que obtuvieron los mejores resultados para las variables de crecimiento, fueron las que presentaron la mejor forma; sin embargo, la familia con mejor forma de fuste (familia 29, Paso Llano, Heredia), mostró excelentes resultados para las variables dap y altura total; caso similar presentaron las familias 10 (Monte de La Cruz) y 30 (Paso Llano) de Heredia.

Dyson citado por Quirós (1988), explica que características como la forma del fuste, bifurcación y características de ramas se encuentran bajo estrecho control genético; indicando que estas características presentan valores altos de heredabilidad. Esto podría explicar el hecho que el material genético del huerto semillero La Arcadia, haya presentado resultados buenos para esta variable, ya que este material proviene de árboles que han sufrido un proceso de selección genética.

En otras palabras, la forma del fuste esta gobernada principalmente por varianza genética aditiva, por lo que no se modifica en gran proporción su fenotipo al crecer en diferentes ambientes (CONIF, 1995). Lo anterior es confirmado por Cannon (1980), quien explica que la varianza genética aditiva es la causa principal para la semejanza entre parientes y es la mayor determinante de las respuestas a la selección de las poblaciones.

En el caso de las familias 10 de Monte de la Cruz y 30 de Paso Llano, que presentaron excelentes resultados para las variables dap y altura total, tienen la ventaja de que además de haber incrementado el valor de heredabilidad de dichas características, presentaron simultáneamente muy buenos valores en cuanto a forma de fuste, la cual esta bajo mayor control genético aditivo; por lo cual, se asume que la descendencia de estas familias será superior en crecimiento y forma al promedio del ensayo.

BIFURCACIONES.

Con relación a esta variable, es importante mencionar que las cinco familias con porcentaje más alto de árboles no bifurcados fueron la 16 (Cipresal), 2 (Bosque de la Hoja), 15 (Cipresal), 30 (Paso Llano) y 26 (La Lucha), de las cuales solamente la familia 26 se localiza en San José; las demás se ubican en la provincia de Heredia (Figura 9).

Los testigos comerciales costarricenses 4510 (Parque Prusia, Cartago), 4482 (Santa María Dota, Cartago) y 4504 (Las Chorreras, San Rafael de Heredia), presentaron la misma tendencia observada en la evaluación del dap y altura total, con valores ubicados en un lugar intermedio.

En otro ámbito, las familias que presentaron los mejores crecimientos en altura y diámetro, no fueron en este caso las de menor bifurcación, aunque se debe hacer notar que la familia 30 (Paso Llano, Heredia), estuvo entre las primeras cinco; la familia 15 (Cipresal, Heredia), que aunque no está entre las primeras cinco de mejor crecimiento en diámetro y altura, obtuvo valores cercanos a los cinco promedios más bajos de bifurcación.

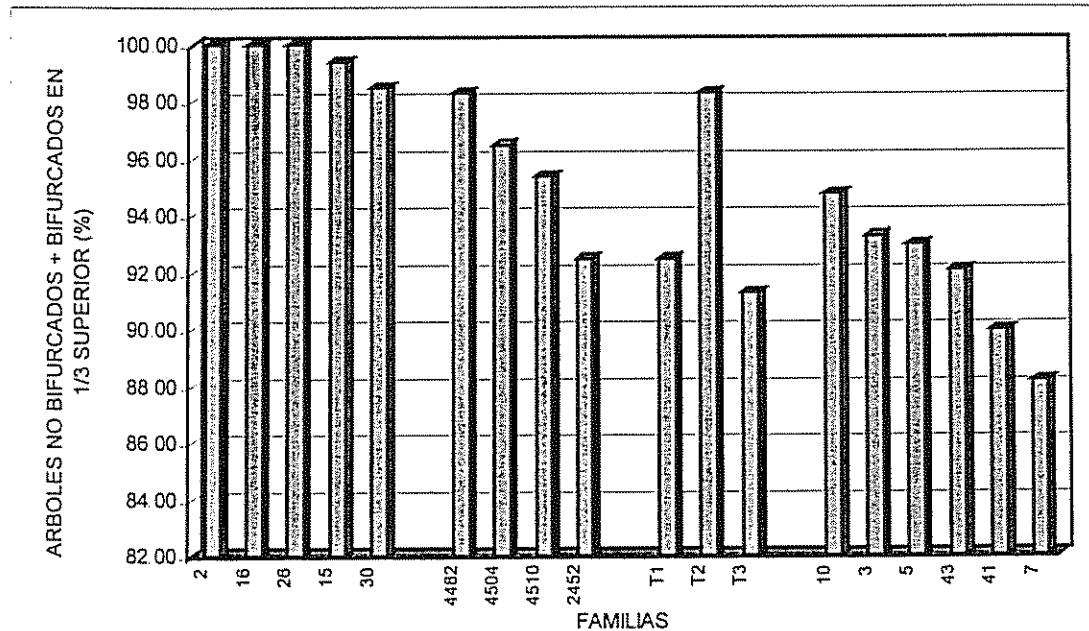


Figura 9. Porcentaje de árboles ubicados en las categorías de bifurcación 4 y 6 de 18 familias de *Cupressus lusitanica* a los seis años de edad en Santa Cruz de Turrialba, Costa Rica.

En general, todas las familias presentaron un porcentaje muy bajo de árboles bifurcados (Figura 9). Además, los resultados obtenidos por las cinco mejores familias mostraron que los árboles que bifurcaron lo hicieron principalmente en el tercio superior, lo que les proporciona una ventaja adicional sobre las otras familias, debido principalmente a que esta característica está bajo un fuerte control genético aditivo, esto significa que los genes causantes de la ausencia de bifurcación, podrán ser transmitidos a su descendencia, lo que se traducirá en trozas más largas.

En general, la tendencia a bifurcar de algunas especies es una característica no deseable en árboles maderables, ya que desde el punto de vista económico, el volumen producido se distribuye en varios ejes, por lo cual se producen trozas de menor diámetro. Además, si el árbol

se bifurca frecuentemente y a baja altura, la longitud de las posibles trozas puede ser más corta (Corea, 1989).

6.1.2 *Albizia guachapele*

SOBREVIVENCIA.

Es importante indicar que para la determinación de los porcentajes de sobrevivencia y análisis de las variables cualitativas y cuantitativas, únicamente se tomaron en cuenta seis de nueve bloques; los tres restantes fueron eliminados del análisis principalmente por problemas de mortalidad, probablemente debido a mal drenaje del sitio del ensayo.

a) NIVEL DE PROCEDENCIAS.

La Figura 10 muestra los porcentajes de sobrevivencia para las tres procedencias evaluadas. La procedencia de Las Delicias, Honduras presentó el porcentaje más alto de sobrevivencia con 83.1%, seguida de la procedencia de Nicoya con una sobrevivencia del 79.6%; el porcentaje más bajo lo obtuvo la procedencia de Abangares con 79.2%.

Como puede observarse en la Figura 10, los porcentajes de sobrevivencia al nivel de procedencias las diferencias fueron relativamente mínimas.

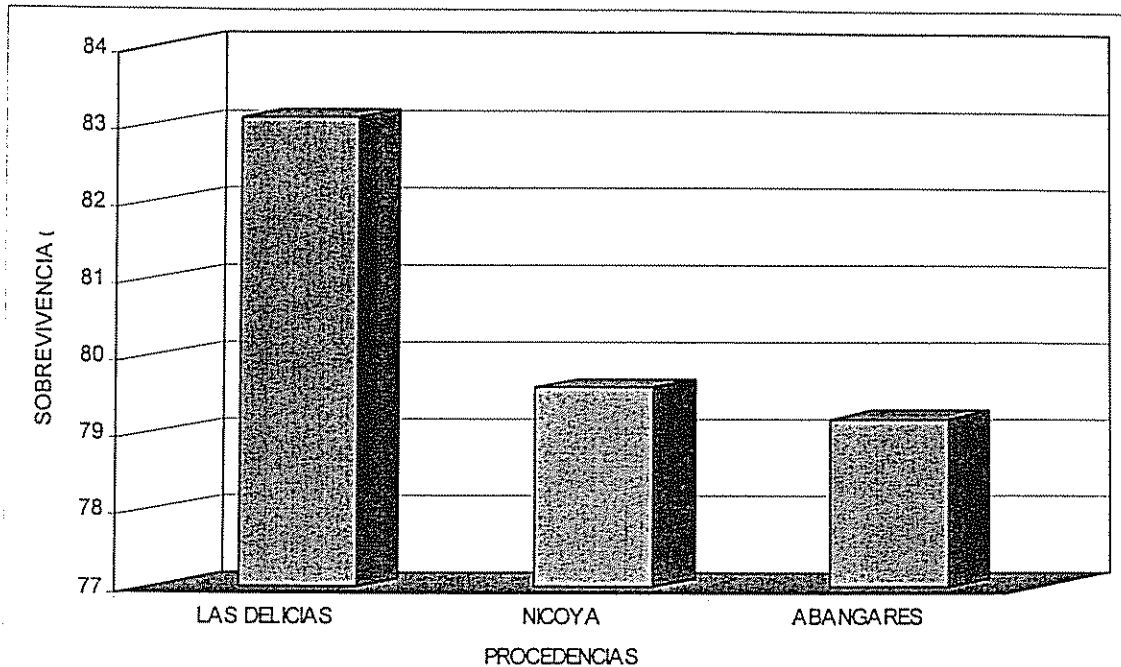


Figura 10. Sobrevivencia de tres procedencias de *Albizia guachapele* a los siete años de edad en Lourdes, Las Juntas de Abangares, Costa Rica.

b) NIVEL DE FAMILIAS.

Los porcentajes más altos de sobrevivencia los mostraron las familias 34 (100%), 24 (97.2%), 21 (94.4%), 25 (94.4%) y 44 (97.25), las cuatro primeras de Las Delicias y la última de Abangares. Los porcentajes más bajos fueron para las familias 39 (66.7%), 13025 (62.5%), 13039 (58.3%), 40 (52.8%) y 13001 (63.9%), las primeras cuatro de Abangares y la última de Nicoya (Figura 11). Como generalidad, puede decirse que los mejores porcentajes de sobrevivencia los obtuvieron las familias de la procedencia Las Delicias. Los valores extremos para este ensayo fueron 52.8% y 100%, para las familias 40 y 34 respectivamente (Anexo 5).

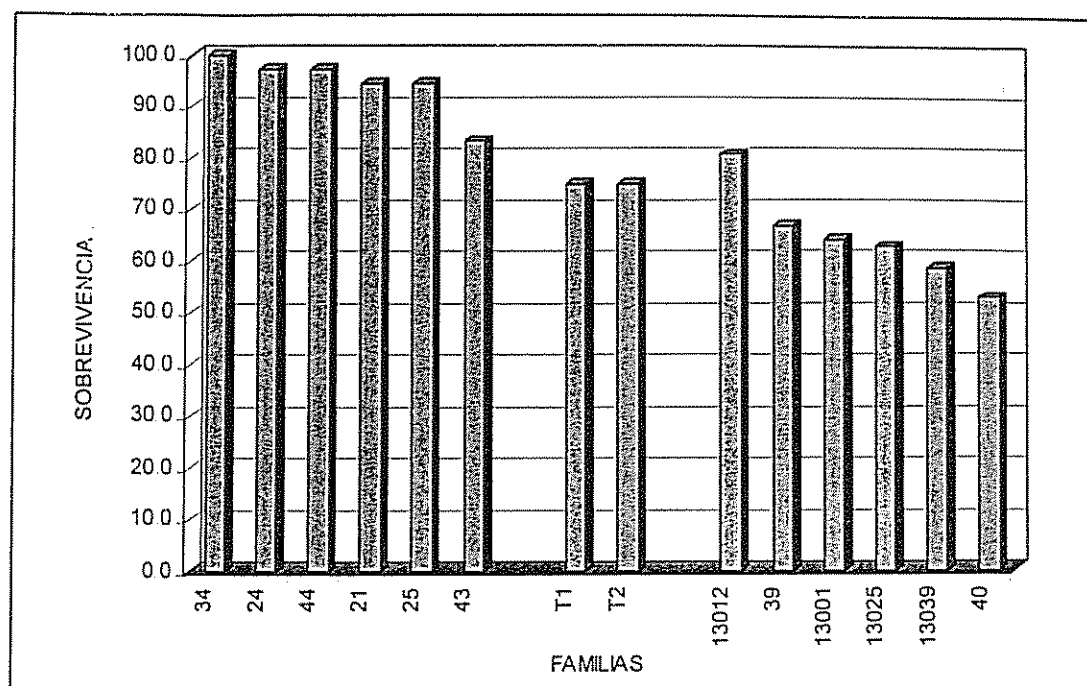


Figura 11. Supervivencia de 14 familias de *Albizia guachapele* a los siete años de edad en Lourdes, Las Juntas de Abangares, Costa Rica.

a) VARIACION DE LA ALTURA TOTAL ENTRE PROCEDENCIAS.

Los resultados del análisis de varianza mostraron la presencia de diferencias estadísticamente significativas entre procedencias ($p=0.0001$). De las tres procedencias evaluadas la de Abangares presentó el promedio más alto con 5.89 m; esta altura media superó en 13.2% al promedio de la procedencia Nicoya (5.11 m) y en 20.9% al promedio de la procedencia Las Delicias de Honduras que fue de 4.66 m (Figura 12). Estos resultados coinciden con la evaluación realizada a los 40 meses por Paterson *et al.* (1996), quien determinó que la procedencia de Abangares, fue superior en altura a las procedencias Nicoya y Las Delicias, por lo tanto, el patrón de crecimiento entre procedencias no presentó cambios.

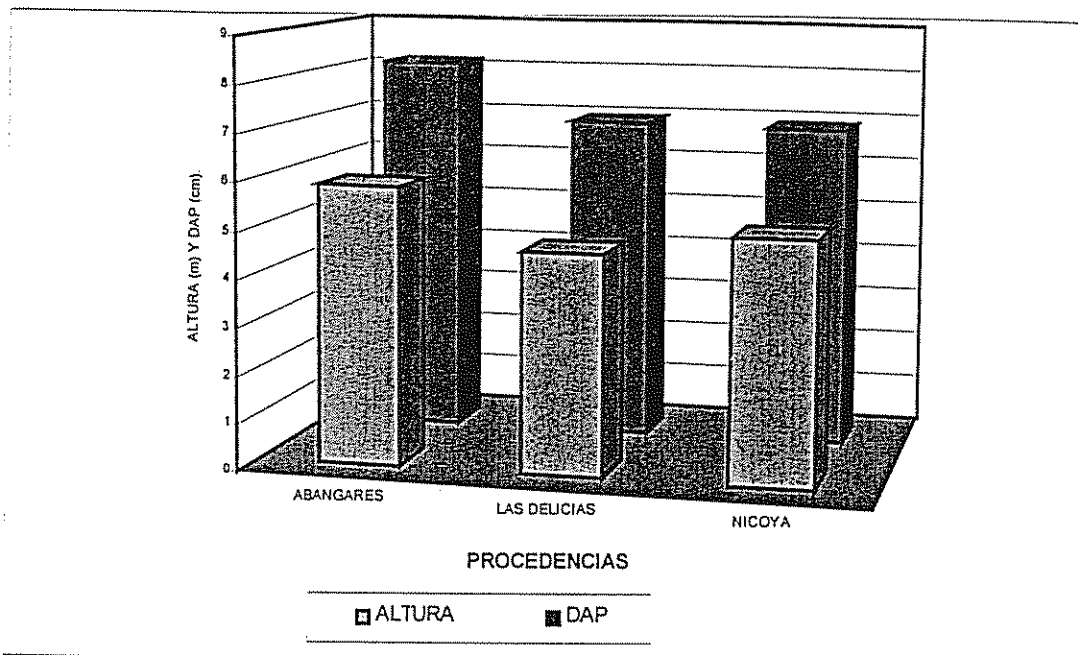


Figura 12. Altura total (m) y diámetro a 1.3 m (cm) de tres procedencias de *Albizia guachapele* a los siete años de edad en Lourdes, Las Juntas de Abangares, Costa Rica.

b) VARIACION DE LA ALTURA TOTAL ENTRE FAMILIAS.

Los análisis de varianza mostraron la existencia de diferencias estadísticamente significativas al nivel de familias ($P=0.0001$). Las mejores cinco alturas promedio las obtuvieron las familias 43, 13012, 44, 13014 y el testigo T1 de Abangares (Figura 13), las cuales presentaron un promedio combinado de 6.8 m, que excedió en 20.1% a la altura media del ensayo (5.4 m). De igual manera, éstas familias sobrepasaron en 37.2% al promedio de las cinco familias de menor altura: 25, 31, 24, 26 y 28 (4.25 m), todas de la procedencia Las Delicias de Honduras (Figura 9); las primeras cinco familias también sobrepasaron en 8.6% al promedio combinado de los testigos T1 (Las Juntas, Abangares) y T2 (Colorado, Abangares), que fue de 6.19 m (Anexo 7).

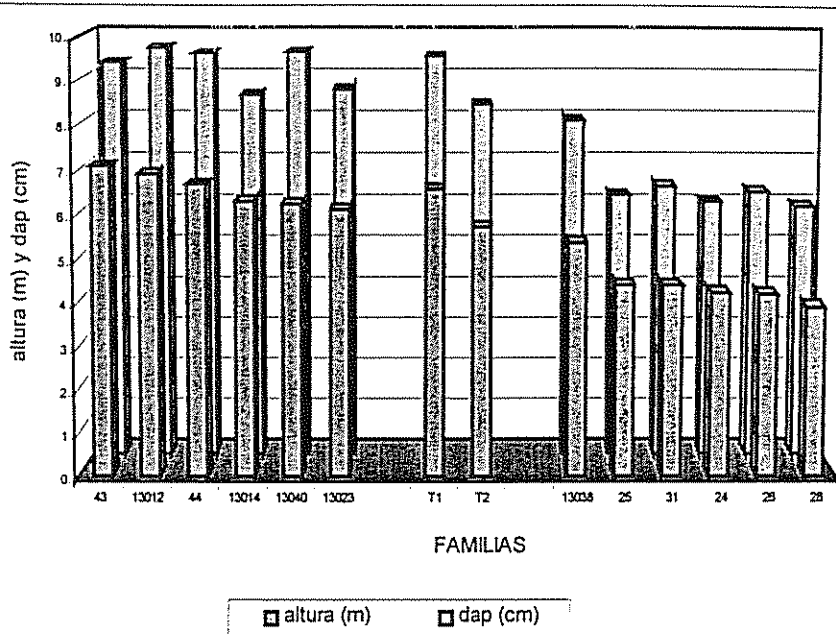


Figura 13. Altura total (m) y diámetro a 1.3 m (cm) de 14 familias de *Albizia guachapele* a los siete años de edad en Lourdes, Las Juntas de Abangares, Costa Rica.

La familia 43 (Abangares) presentó el mejor promedio (7.14 m), el cual superó en 5.2% al promedio de las cinco familias mejores y en 40.5% al promedio de las cinco peores; con respecto a los testigos T1 y T2 de Abangares, ésta los sobrepasó en 13.3%. El promedio general del ensayo fue inferior en 24.2% a dicha familia. El promedio menor en altura lo obtuvo la familia 28 (Las Delicias) con 3.93 m, el cual fue superado por la familia 43 en 45%.

Es importante puntualizar que en general, los resultados más bajos para las variables dap y altura total correspondieron a las familias de la procedencia Las Delicias (Honduras); mientras que los mejores promedios para dichas variables los presentaron las familias de la procedencia Abangares; las familias de la procedencia Nicoya presentaron valores intermedios (Figura 13).

Con base en los resultados obtenidos en esta evaluación, los comentarios de Paterson *et al.* (1996), son todavía válidos, en el sentido de que el comportamiento de las familias de la procedencia Las Delicias fue inferior a las familias de las procedencias costarricenses, especialmente a las de Abangares. Aunque las zonas muestran condiciones climáticas parecidas, es posible que las condiciones edáficas sean el factor determinante de los resultados inferiores obtenidos por la procedencia Las Delicias, ya que los suelos presentan marcada diferencia con la

zona del ensayo. Un buen porcentaje de los suelos de Choluteca presentan características líticas, mientras que en Abangares el sitio presenta cualidades edáficas diferentes, debido a que anteriormente fue utilizado como potrero. En estos casos, cuando un genotipo superior se contrasta con un genotipo inferior en condiciones adecuadas para el desarrollo, el mejor genotipo tendrá mucha mayor capacidad de respuesta a las condiciones ambientales que el genotipo inferior y por lo tanto, las diferencias entre ambos serán mayores. Por lo que, asumiendo que a nivel del ensayo no existen diferencias microclimáticas, se podría decir que las diferencias encontradas para las familias y procedencias evaluadas son principalmente genéticas. Un aspecto que pudo haber influido sobre la inferioridad genética mostrada por la procedencia Las Delicias, es que la semilla se recolectó de árboles con características fenotípicas no deseables, principalmente debido a la dificultad para ubicar árboles plus como fuente de semilla; de ahí los malos resultados presentados por esta procedencia.

Con frecuencia las procedencias locales presentan el comportamiento mejor. Esto es debido a la evolución natural de la población para adaptarse a las características específicas del sitio; esto podría explicar el hecho de que las familias de la procedencia Abangares presentaran mejores rendimientos que las procedencias de Las Delicias y Nicoya; es importante puntualizar que, aunque las familias de la procedencia Nicoya provienen de sitios climáticamente similares y relativamente cercanos a la procedencia de Abangares, no presentaron muy buenos resultados. Por las consideraciones anteriores, se podría asumir que la superioridad de las familias de la procedencia Abangares sobre las familias de las procedencias Las Delicias y Nicoya se debe única y exclusivamente a diferencias genéticas entre ellas.

a) VARIACION DEL DIAMETRO A 1.3 m (dap) ENTRE PROCEDENCIAS.

El análisis de varianza no mostró la existencia de diferencias significativas entre procedencias ($p=0.0001$). A pesar de lo cual, el promedio mejor correspondió a la procedencia Abangares con 8.14 cm (Figura 12), que excedió en 15.6% al promedio de la procedencia Nicoya (6.87 cm) y en 15.0% a la media de la procedencia Las Delicias, Honduras (6.92 m).

Es interesante observar que, a pesar que la procedencia Abangares demostró ser superior estadísticamente para la variable altura total, en el caso del dap no mostró una clara superioridad

estadística sobre las procedencias Abangares y Las Delicias. Esto es debido posiblemente a que normalmente en este tipo de características la variabilidad genética expresada como la respuesta fenotípica de los árboles de una procedencia a las condiciones ambientales del sitio es grande. La procedencia de Abangares tiene en este caso la ventaja de haber adaptado su constitución genética a las condiciones ambientales de la zona; es por ello que con mucha frecuencia la procedencia local es superior intrínsecamente. Sin embargo, no todos los individuos que conforman la procedencia de Abangares tendrán un fenotipo sobresaliente, esto es debido a la variabilidad genotípica; aún dentro de procedencias superiores, será posible identificar individuos con características fenotípicas sobresalientes y otros con características no adecuadas. En el caso de la variable dap al nivel de procedencias, la variabilidad genética determinada estadísticamente no fue claramente superior al genotipo de las otras dos procedencias; sin embargo, la estrecha diferencia encontrada en condiciones mínimas de varianza ambiental y de desarrollo, sugiere que las diferencias encontradas son genéticas y favorables para la procedencia de Abangares.

b) VARIACION DEL DIAMETRO A 1.3m (dap) ENTRE FAMILIAS.

El análisis de varianza mostró la existencia de diferencias estadísticamente significativas ($p=0.0001$) entre familias para la variable dap. Los crecimientos mejores en diámetro los presentaron las familias 13012, 13040, 44, 43 y el testigo T1, Abangares, con un promedio combinado de 9.49 cm (Figura 12), el cual fue mayor en 36.6% al promedio de las cinco familias con menor dap: 25, 26, 24, 28 (Abangares) y 13017 (Nicoya), que fue de 6.1 cm; de igual manera, aventajaron en 19.6% al promedio general del ensayo (7.6 cm) y en 6.3% a los testigos T1 y T2 que presentaron una media de 8.89 cm (Anexo 7).

El promedio mayor en dap correspondió a la familia 13012 (Abangares), con un valor de 9.63 cm, el cual sobrepasó en 1.5% al valor medio de las cinco mejores familias y en 20.8% al promedio general del ensayo; con relación a las cinco peores familias, éstas fueron inferiores en 36.6%. Los testigos T1 y T2 fueron inferiores a esta familia en 7.7%. La familia con menor dap fue la 28 (Las Delicias), con un diámetro medio de 5.93 cm, el cual fue superado en 38.4% por el mejor promedio.

En este caso es importante puntualizar que cuatro de las cinco familias con mejor diámetro, también fueron las que presentaron los mejores promedios de altura. También es notorio que uno de los testigos (T1) se encontró entre los mejores cinco promedios en altura y diámetro (Figura 13). Con mucha frecuencia las variables dap y altura total se encuentran muy correlacionados, a medida que el árbol crece en altura, el dap se incrementa en forma proporcional; es muy posible que en el caso de estas dos variables exista una correlación fuerte, que en el caso del mejoramiento genético es de gran importancia; de manera indirecta el mejoramiento de una de ellas significará una mejor respuesta fenotípica de la otra.

El buen fenotipo presentado para las variables dap y altura total del testigo comercial T1 de Abangares probablemente se deba a su adaptación a la zona, en la cual ha desarrollado su genotipo; además de lo anteriormente expuesto, este genotipo se deriva de árboles que han recibido algún tipo de selección para su mejoramiento.

FORMA DEL FUSTE.

Los mejores cinco valores en cuanto a forma de fuste, los presentaron las familias 44 (60%), 38 (44.8%), 41 (37.5%), 30 (45.2%) y 34 (38.9%); Las tres primeras de Abangares y las dos últimas de Las Delicias, Honduras (Figura 14).

Los porcentajes más bajos los obtuvieron las familias 31 (12.9%), 27 (12.5%), 25 (11.8%), 29 (10.3%) y 35 (10.3%), las cuatro primeras familias de Las Delicias (Honduras) y la última de Abangares (Figura 10). También es válido resaltar aquí que no todas las familias con buen crecimiento fueron las de mejor forma; sin embargo, las familias 44 y 13012, de Abangares, además de un buen crecimiento presentaron una buena forma. En este caso también se puede citar como ejemplo al testigo comercial T1 de Abangares, el cual obtuvo excelentes resultados para las variables dap y altura; sin embargo, presentó un porcentaje bajo de árboles con buena forma, ya que esta característica tiende a ser heredada en mayor grado que las variables cuantitativas por estar bajo mayor control genético aditivo; por lo anterior es probable que el testigo comercial (T1) sea descartado en la selección de árboles productores de semilla (Anexo 8).

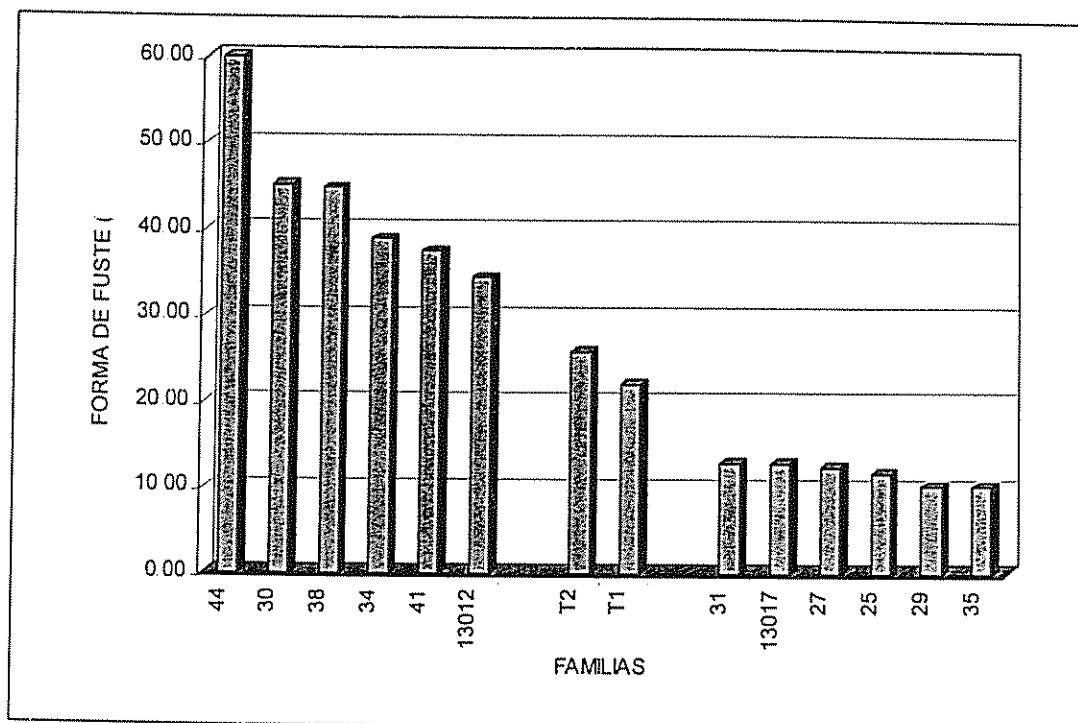


Figura 14. Porcentaje de árboles ubicados en las categorías de Forma de fuste 4 y 6 de 14 familias de *Albizia guachapele* a los siete años de edad en Lourdes, Las Juntas de Abangares, Costa Rica.

Al nivel de familias, fue difícil encontrar individuos con características deseables; ésta especie tiende mucho a bifurcarse a baja altura y ampliar su copa en su etapa juvenil; sin embargo, algunas familias presentaron árboles con características favorables o superiores al promedio para ser seleccionados como árboles productores de semilla o para el establecimiento de un huerto semillero; además, si bien es cierto no se encontró un árbol con fuste totalmente recto, algunos fenotipos exhibieron fustes con cierto grado de rectitud y buen crecimiento.

Por otra parte, el mejoramiento simultáneo de dos características es a veces difícil, a menos que exista cierto grado de correlación entre ellas, de manera que el mejoramiento de una influya en el mejoramiento de la otra; es posible en este caso seleccionar aquellas familias que presentaron un buen crecimiento para las variables dap y altura total y al mismo tiempo seleccionar entre las mejores para dichas variables aquellas que presentaron el mejor porcentaje de árboles con buena forma de fuste.

El porcentaje más alto de árboles bifurcados en el tercio superior lo presentaron las familias 39 (47.8%), 40 (38.1%), 31 (35.5%), 13036 (32.3%) y 24 (32.3%), las cuatro primeras de Abangares y la última de Las Delicias. En este porcentaje fueron incluidos aquellos árboles con ramificación en el tercio superior y aquellos libres de bifurcaciones, que para el caso de esta especie fueron muy escasos y la mayoría de muy mala forma (Figura 15).

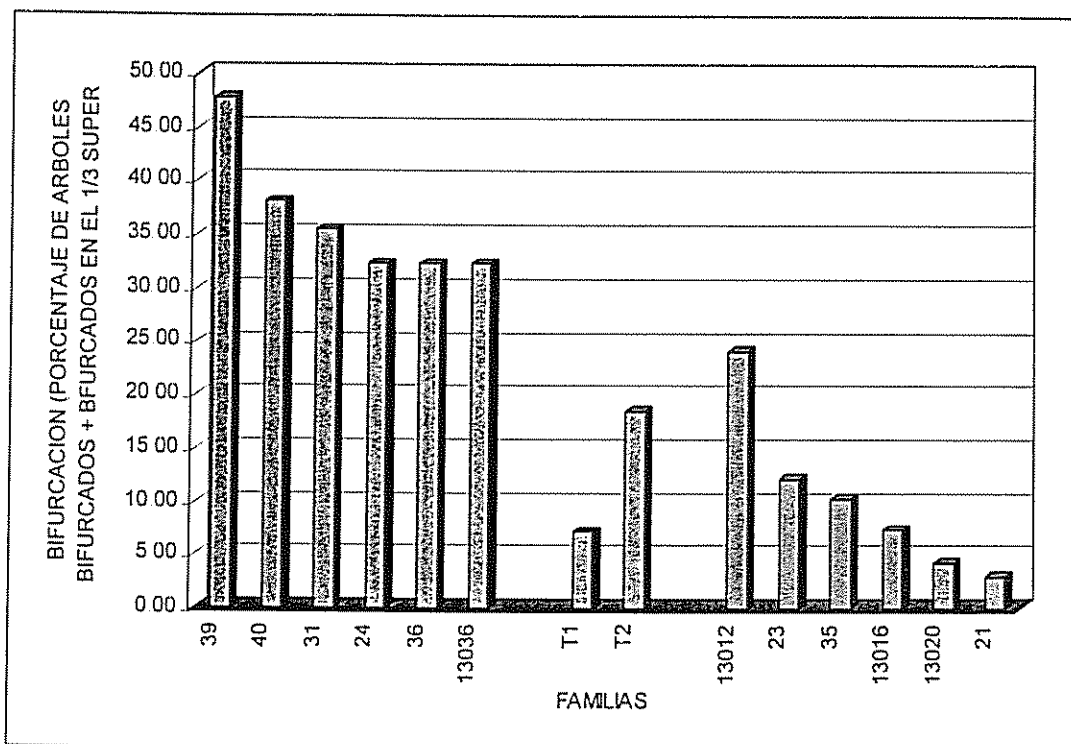


Figura 15. Porcentaje de árboles ubicados en las categorías de bifurcación 4 y 6 de 14 familias de *Albizia guachapele* a los siete años de edad en Lourdes, Las Juntas de Abangares, Costa Rica.

Como generalidad, se puede indicar que todas las familias presentaron porcentajes muy altos de ramificación o tendencia a bifurcar desde la parte baja o media del fuste. Aunque, algunos fenotipos mostraron bifurcaciones a nivel del tercio medio o superior.

La situación de esta variable es similar a la anterior, es decir los genes que gobiernan a esta variable presentan una alta heredabilidad. En este sentido el mejoramiento de esta característica deberá dirigirse a la selección de aquellos individuos que presentaron una ausencia total de bifurcación o que la presentaron en el tercio superior, de esta forma se estará mejorando la

longitud de las trozas para aserrío, que es uno de los objetivos principales para esta especie comercial. Dada la variabilidad existente entre los genotipos de las diferentes familias, es posible determinar dentro de la gama de expresiones fenotípicas encontradas algunas familias que presenten condiciones para ser seleccionadas posteriormente como árboles productores de semilla.

6.2 FASE II: EVALUACION DE LA PRODUCTIVIDAD DE PROCEDENCIAS Y FAMILIAS.

6.2.1 *Cupressus lusitanica*.

DENSIDAD ESPECIFICA.

a) PROCEDENCIAS.

El análisis de varianza no presentó diferencias estadísticamente significativas al nivel de procedencias. Sin embargo, la procedencia del huerto semillero La Arcadia, Colombia y el testigo comercial de Parque Prusia, Cartago (4510) mostraron los valores mas altos para esta variable (0.38 g/cm^3). Las procedencias de Paso Llano y Calle Lobos de Heredia, presentaron los valores más bajos (0.33 y 0.31 g/cm^3), respectivamente (Anexo 9).

b) FAMILIAS.

El análisis de varianza tampoco presentó diferencias estadísticamente significativas para la variable densidad específica al nivel de familias. La familia 10 (Monte de la Cruz, Heredia), el testigo comercial 4510 (Parque Prusia, Cartago) y el testigo del huerto semillero La Arcadia (2452), mostraron respectivamente las densidades mayores de madera con valores de 0.4 , 0.38 y 0.38 g/cm^3 . Las familias 30 (Paso Llano), 14 (Cipresal) y 33 (Calle Lobos), de Heredia, presentaron valores respectivos de 0.33 , 0.32 y 0.30 g/cm^3 , que fueron los más bajos obtenidos para esta variable (Figura 16).

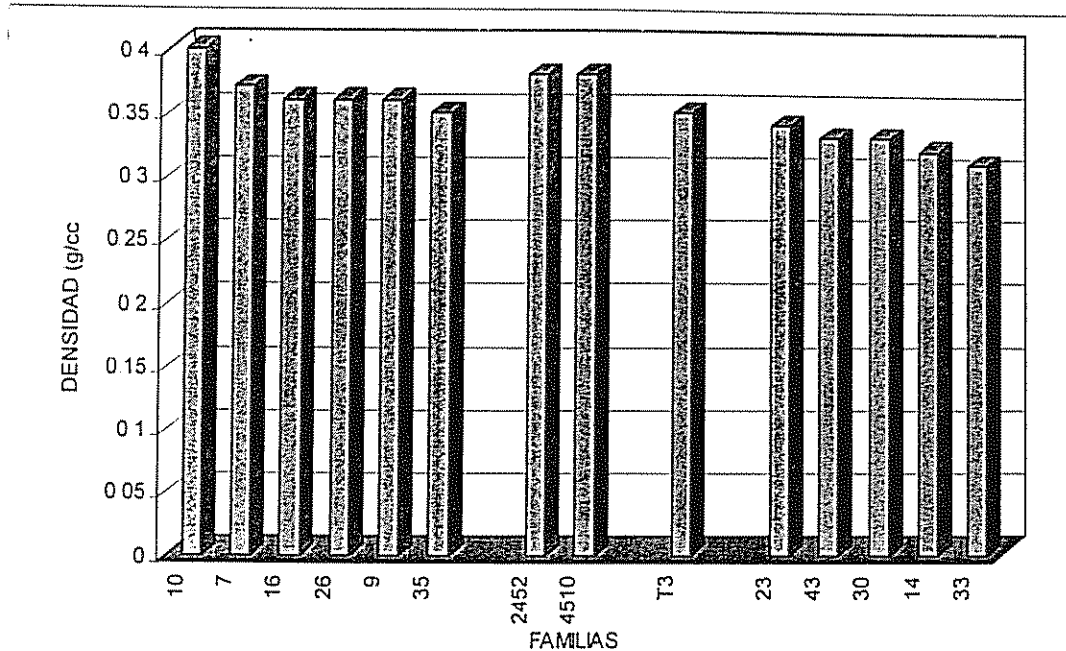


Figura 16. Densidad específica (g/cm^3) de 14 familias de *Cupressus lusitanica* a los seis años de edad en Santa Cruz, Turrialba, Costa Rica.

DIAMETRO DE COPA.

a) PROCEDENCIAS

El análisis de varianza determinó la existencia de diferencias significativas entre procedencias. La mayor amplitud de copa la presentaron las procedencias de Calle Lobos (4.07 m) y Cipresal (3.82 m), de Heredia, el promedio combinado de estas procedencias fue inferior en 2.9% al promedio mayor. Los diámetros menores de copa los presentaron las procedencias de Parque Prusia, Cartago (2.87 m) y La Lucha, San José (2.83 m), la media combinada de estas dos procedencias fue superada por el mejor promedio en 29.9%. El promedio general fue inferior en 17.7% a la mejor procedencia.

b) FAMILIAS.

El análisis de varianza no mostró diferencias significativas entre familias dentro de procedencias. Las familias que presentaron las amplitudes de copa mayores fueron la 16 (Cipresal) con 4.18 m,

33 (Calle Lobos) con un valor de 4.09 m y la familia 23 (Monte de La cruz), de Heredia, con 3.87 m. Las familias con menor diámetro de copa fueron: 7 y 9 de Monte de La Cruz, Heredia (2.7 y 2.59 m) respectivamente y la familia 26 de La Lucha, San José (1.9 m). El testigo 4510 (Santa María Dota) y el testigo del huerto semillero de La Arcadia (2452), se ubicaron entre los promedios más bajos (Figura 17).

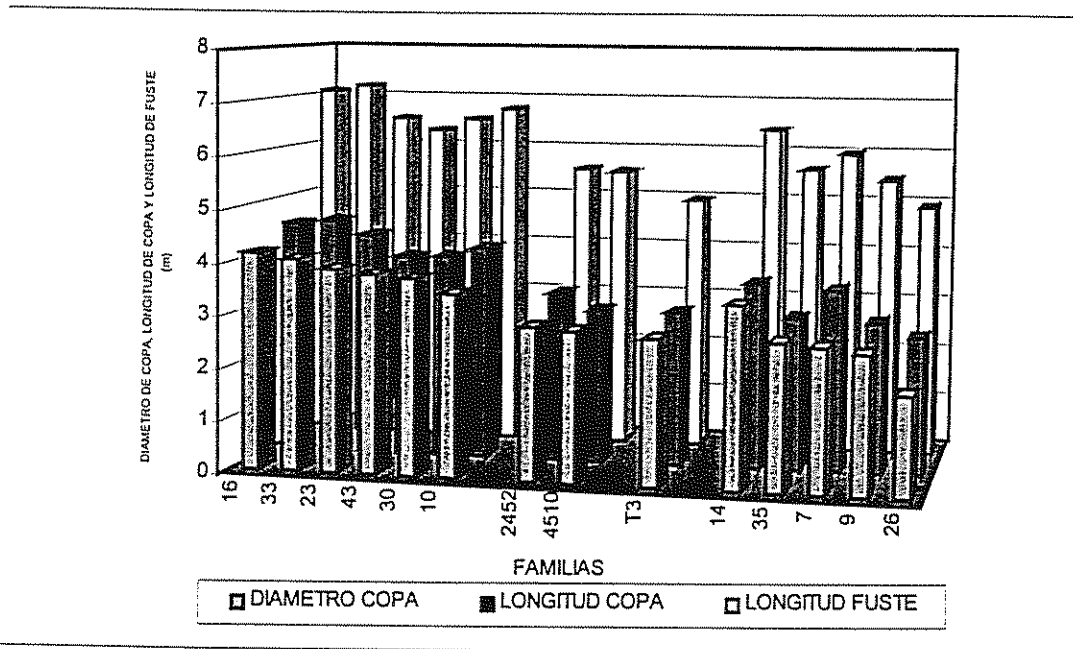


Figura 17. Diámetro de copa (m), longitud de copa y fuste (m) de 14 familias de *Cupressus lusitanica* a los seis años de edad en Santa Cruz, Turrialba, Costa Rica.

VOLUMEN DEL FUSTE.

a) PROCEDENCIAS.

Los resultados obtenidos del análisis de varianza mostraron que el volumen presentó un comportamiento similar al diámetro de copa, se determinaron diferencias significativas entre procedencias. Las procedencias Calle Lobos y Paso Llano de Heredia, mostraron volúmenes de 0.037 y 0.033 m³/árbol, respectivamente, el promedio de estas dos procedencia fue inferior en 5.7% al mejor promedio. Se determinó que la media de la mejor procedencia (Calle Lobos) superó a la combinación de los valores más bajos en 60.8%, que correspondieron a las

procedencias Parque Prusia de Cartago ($0.015 \text{ m}^3/\text{árbol}$) y La Lucha de San José ($0.014 \text{ m}^3/\text{árbol}$). La Procedencia Calle Lobos, superó al promedio general en 35.9%.

Los resultados obtenidos por las distintas procedencias, mostraron la existencia de gran variabilidad entre los valores extremos. De las procedencias evaluadas sobresalen las de Calle Lobos, Paso Llano y Cipresal, reafirmando la superioridad sobre las procedencias de La Arcadia, La Lucha y Parque Prusia.

b) FAMILIAS.

Al nivel de familias no se encontraron diferencias estadísticamente significativas. El mejor promedio de volumen por árbol lo presentaron las familias: 16 de Cipresal (0.0393 m^3), 33 de Calle Lobos (0.0373 m^3) y 30 de Paso Llano (0.033 m^3), de Heredia. Mientras que los menores volúmenes los obtuvieron las familias 9 de Monte de La Cruz, Heredia (0.01 m^3), 26 (0.0063 m^3) y el testigo local T3 (0.0137 m^3), estos dos últimos de La Lucha, San José (Figura 18).

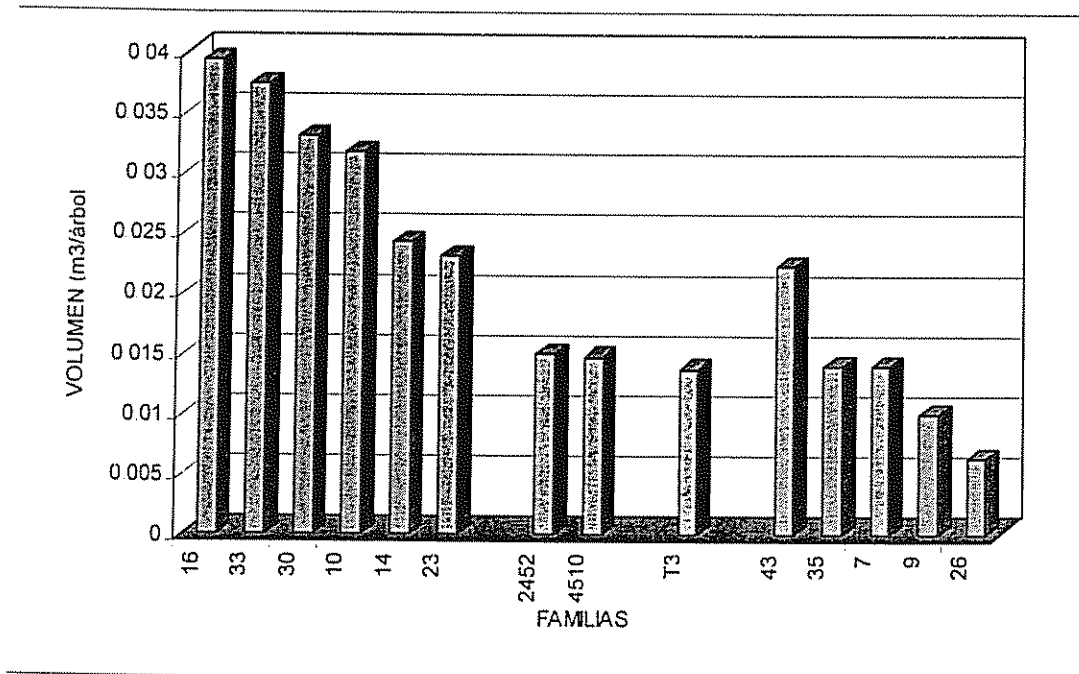


Figura 18. Volumen del fuste ($\text{m}^3/\text{árbol}$) de 14 familias de *Cupressus lusitanica* a los seis años de edad en Santa Cruz, Turrialba, Costa Rica.

LONGITUD DE COPA.

a) PROCEDENCIAS.

El análisis de varianza no detectó la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre procedencias. Es importante mencionar, que las procedencias con longitud de copa mayor fueron Calle Lobos (4.6 m) y Cipresal (4.07 m) de Heredia. Las menores longitudes de copa las presentaron las procedencias de La Lucha, San José (3.12 m) y Parque Prusia, Cartago (2.98 m).

Para esta variable, las procedencias Calle Lobos, Cipresal y Paso Llano tuvieron un comportamiento superior al de las otras procedencias; manteniendo una estabilidad en la mayoría de las variables; de la misma forma, las procedencias de La Arcadia, La Lucha y Parque Prusia, presentaron un comportamiento inferior. Los resultados presentados por esta variable, sugieren la existencia de algún grado de correlación entre ésta y las variables dap y altura total.

b) FAMILIAS.

Al nivel de familias dentro de procedencias tampoco fueron encontradas diferencias estadísticamente significativas. Las familias que presentaron las mayores longitudes de copa fueron: 33 (Calle Lobos), 16 (Cipresal) y 23 Monte de la cruz, de Heredia, los valores obtenidos por dichas familias fueron 4.6 m, 4.53 m y 4.33 m, respectivamente. Por el contrario, las familias 35 (2.95 m) y 26 (2.63 m) de La Lucha, San José y la familia 9 de Monte de La Cruz, Heredia (2.9 m) mostraron los valores más bajos (Figura 17).

LONGITUD DE FUSTE.

a) PROCEDENCIAS.

Los resultados obtenidos a través del análisis de varianza, evidenciaron diferencias significativas entre procedencias. Las procedencias Calle Lobos y Cipresal de Heredia presentaron longitudes de fuste de 7.18 m y 6.74 m, respectivamente; el promedio combinado de estas procedencias fue inferior en 3.06% al mejor promedio. La mejor media fue superior en 23.5% a la combinación de

los dos promedios más bajos, que correspondieron a las procedencias Parque Prusia de Cartago (5.52 m) y La Lucha de San José (5.45 m). La procedencia Calle Lobos fue superior en 16.2% al promedio general.

Las procedencias Calle Lobos, Cipresal y Paso Llano mostraron un comportamiento sobresaliente para esta variable, manteniéndose estables y superiores a las otras procedencias; en el otro extremo, las procedencias La Arcadia, La Lucha y Parque Prusia mantuvieron su inferioridad;

b) FAMILIAS.

Al nivel de familias no hubo diferencias significativas. Las familias 33 (Calle Lobos), 16 (Cipresal) y 10 (Monte de La Cruz), de Heredia presentaron los fustes más largos, con medidas de 7.18, 7.07 y 6.75 m, respectivamente. Los fustes más cortos los mostraron las familias 9 de Monte de La Cruz, Heredia (5.45 m), la 26 (4.92 m) y el testigo local T3 (4.97 m), de La Lucha, San José. Esta variable se encontró muy relacionada con la longitud de copa y el diámetro de copa (Figura 17).

BIOMASA SECA DE FOLLAJE.

a) PROCEDENCIAS.

Los resultados del análisis de varianza, mostraron la existencia de diferencias significativas entre procedencias. Las procedencias Calle Lobos y Cipresal de Heredia, presentaron la mayor cantidad de biomasa seca de follaje (9.97 y 6.2 kg); sin embargo, en forma combinada fueron inferiores en 18.9% al mejor promedio. Los promedios más bajos correspondieron a las procedencias La Lucha, San José (3.42 kg) y Parque Prusia, Cartago (2.8 kg), que en forma combinada fueron superados por la procedencia Calle Lobos en 68.8%; esta última sobrepasó al promedio general en 48.4%

b) FAMILIAS.

El análisis de varianza no mostró la existencia de diferencias estadísticamente significativas al nivel de familias dentro de procedencias. En la Figura 19 se observa que las tres familias con mayor cantidad de biomasa seca de follaje fueron: 33 de Calle Lobos (9.97 kg), 16 de Cipresal (7.99 kg), ambas de Heredia y la familia 43 de La Lucha, San José (6.35 kg). Las menores cantidades de biomasa de follaje correspondieron al testigo local T3 (2.76 kg), la familia 26 (1.39 kg) de La Lucha, San José y la familia 9 de Monte de La Cruz, Heredia (2.58 kg).

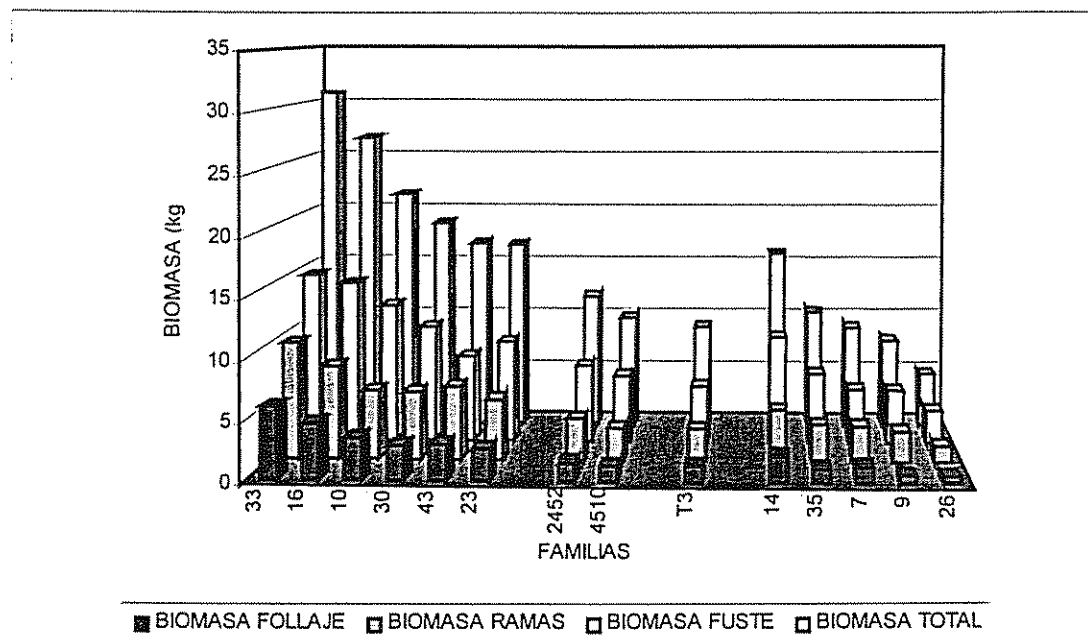


Figura 19. Biomasa de follaje, ramas, fuste y total aérea (kg/árbol) de 14 familias de *Cupressus lusitanica* a los seis años de edad en Santa Cruz, Turrialba, Costa Rica.

BIOMASA SECA DE RAMAS.

a) PROCEDENCIAS.

Esta variable presentó similar comportamiento al de la biomasa seca de follaje, el análisis de varianza mostró diferencias significativas entre procedencias. Los valores superiores correspondieron a las procedencias de Calle Lobos (6.01 kg) y Cipresal (3.42 kg). Los valores

más bajos de biomasa de ramas los presentaron las procedencias de La Lucha, San José (1.5 kg) y Parque Prusia, Cartago (1.29 kg). La procedencia Calle Lobos superó en 21.5% a los promedios mejores (Calle Lobos y Cipresal) y en 76.7% a los dos promedios más bajos. El promedio general fue inferior a la procedencia Calle lobos en 55.9%.

b) FAMILIAS.

Diferencias no significativas fueron encontradas por medio del análisis de varianza para esta variable al nivel de familias. La familia 33 (Calle Lobos) presentó la mayor acumulación de biomasa seca en las ramas con 6.01 kg, seguida de las familias 16 (Cipresal) con un valor de 4.62 kg y 10 (Monte de La Cruz) con un peso de 3.41 kg. Caso contrario fue el de las familias 9 (Monte de La Cruz, Heredia) y las familias 35 y 26 de La Lucha, San José, que presentaron los promedios más bajos (0.65, 1.17 y 0.54 kg/árbol) respectivamente (Figura 19).

BIOMASA SECA DE FUSTE.

a) PROCEDENCIAS.

La biomasa seca de fuste presentó una tendencia igual a las dos variables anteriores, con diferencias estadísticas significativas entre procedencias. La procedencia Calle Lobos presentó el mejor promedio, el cual fue superior en 10.33%, a la media de las dos procedencias con mayor biomasa acumulada en el fuste: Calle Lobos (14.81 kg) y Cipresal (11.75 kg) de Heredia. Caso contrario presentaron las procedencias de Parque Prusia, Cartago y de La Lucha, San José que mostraron los valores más bajos (5.91 y 5.4 kg) respectivamente; estas procedencias fueron inferiores en 61.8% a la procedencia Calle Lobos, mientras que la media general lo fue en 45.7%

Los resultados de esta evaluación no presentaron variación en el patrón de comportamiento de las procedencias: Calle Lobos, Cipresal y Paso Llano, de Heredia siguieron siendo las mejores; mientras que La Arcadia, La Lucha y Parque Prusia, continuaron obteniendo resultados inferiores.

b) FAMILIAS.

Los resultados del análisis de varianza determinaron la ausencia de diferencias estadísticamente significativas entre familias. La mayor acumulación de biomasa seca en el fuste la presentaron las familias 33 de Calle Lobos (14.81 kg/árbol), 16 de Cipresal (14.09 kg/árbol) y 10 de Monte de La Cruz (12.14 kg/árbol), de Heredia. Mientras que los valores inferiores para esta variable correspondieron a las familias 7 y 9 de Monte de La Cruz, Heredia y 26 de La Lucha, San José, con valores de 4.73, 4.69 y 2.85 kg/árbol, respectivamente (Figura 19).

BIOMASA SECA TOTAL.

a) PROCEDENCIAS.

El análisis de varianza realizado para esta variable mostró diferencias estadísticas significativas al nivel de procedencias. Las procedencias Calle Lobos y Cipresal de Heredia, presentaron los promedios más altos de biomasa total/árbol con valores de 30.79 y 21.36 kg, respectivamente, la media combinada de estos valores fue inferior en 15.3% al promedio mejor. Las cantidades menores de biomasa total/árbol las presentaron las procedencias de La Lucha, San José (10.33 kg) y Parque Prusia, Cartago (10 kg), el promedio combinado de éstas fue superado por la procedencia Calle Lobos en 66.9%. El promedio general fue inferior a esta última en 45.7%.

Para esta variable, los resultados fueron lógicos y esperados; es notoria la enorme variabilidad existente entre procedencias y los resultados sobresalientes de la procedencia Calle Lobos.

b) FAMILIAS.

No se detectaron diferencias estadísticamente significativas para familias dentro de procedencias. Las familias que presentaron las cantidades mayores de biomasa total/árbol fueron la 33 de Calle Lobos (30.79 kg), la 16 de Cipresal que presentó un valor de 26.69 kg de biomasa total/árbol y la familia 10 (Monte de La Cruz) con biomasa total de 21.44 kg/árbol (Figura 19). Las menores cantidades de biomasa las presentaron las familias 7 (9.08 kg/árbol) y 9 (7.92 kg/árbol) de Monte de La Cruz, Heredia y la familia 26 de La Lucha, San José (4.77 kg/árbol).

PORCENTAJE DE FOLLAJE CON RESPECTO A LA BIOMASA TOTAL AEREA.

a) PROCEDENCIAS.

Las procedencias que presentaron los porcentajes mayores de acumulación de biomasa en el follaje fueron: Calle Lobos, Heredia (32.04%) y La Lucha (31.84%). Mientras que los porcentajes más bajos los mostraron las procedencias de Cipresal de Heredia (28.7%) y Parque Prusia de Cartago (28.38%).

b) FAMILIAS.

El porcentaje más alto de biomasa de follaje lo obtuvo la familia 43 de La Lucha, San José (37.71%), el segundo lugar correspondió a las familias 7 y 9 de Monte de La Cruz de Heredia, las cuales acumularon respectivamente 33.13 y 32.58% de su biomasa total en el follaje. El testigo comercial 4510 de Parque Prusia, Cartago y las familias 10 de Monte de La Cruz y 14 de Cipresal de Heredia, mostraron los porcentajes menores (28.38, 28.01 y 27.43%), respectivamente (Figura 20).

PORCENTAJE DE RAMAS CON RESPECTO A LA BIOMASA TOTAL AEREA.

a) PROCEDENCIAS.

Las procedencias que mostraron el porcentaje mayor de biomasa alojada en las ramas fueron Calle Lobos (19.68%) y Paso Llano (14.69%) de Heredia. La concentración menor de biomasa en las ramas correspondió a las procedencias La Arcadía de Colombia (12.37%) y Parque Prusia de Cartago (12.34%).

En este caso, los resultados obtenidos fueron muy interesantes, dado que los porcentajes entre las diferentes procedencias fueron similares, a excepción de Calle Lobos que destacó entre todas; en general, no hubo gran variabilidad entre los porcentajes.

b) FAMILIAS.

Las familias 33 (Calle Lobos), 16 (Cipresal), de Heredia y 43 de La Lucha, San José mostraron las acumulaciones mayores de biomasa en las ramas con porcentajes de 19.68, 16.61 y 16.4%, respectivamente. Los porcentajes menores los mostraron el testigo comercial 4510 de Parque Prusia, Cartago (12.34%) y las familias 35 de La Lucha, San José (11.63%) y 9 de Monte de La Cruz, Heredia con 7.7% (Figura 20).

Estos resultados son similares a los obtenidos al nivel de procedencias, las familias fotosintéticamente más eficientes, fueron aquellas con acumulación menor de biomasa en ramas y follaje (Figura 17), las cuales no fueron precisamente las familias que presentaron altura y dap mayores, sino las que obtuvieron en dichas evaluaciones los promedios más bajos.

INDICE DE COSECHA.

a) PROCEDENCIAS.

Al nivel de procedencias no se encontraron diferencias significativas. Por otra parte, los resultados obtenidos fueron sorprendentes, las procedencias que a lo largo de la evaluación mostraron comportamientos inferiores en dap, altura total, volumen y biomasa (Parque Prusia, Cartago y La Arcadia, Colombia), fueron en este caso las que obtuvieron los índices de cosecha más altos (59.3% y 58.2%), respectivamente; en el otro extremo quedaron las procedencias La Lucha de San José (54.21%) y Calle Lobos de Heredia (48.27%); aunque las diferencias no fueron significativas.

b) FAMILIAS.

La familia 14 de Cipresal, Heredia mostró el mayor índice de cosecha (59.97%), mientras que la familia 9 de Monte de La Cruz también de Heredia, presentó un valor cercano al mostrado por la mejor familia (59.72%), el testigo comercial 4510 (Parque Prusia, Cartago) fue el tercero en acumulación de biomasa en el fuste con un porcentaje de 59.28%. Las familias 23 de Monte de La Cruz, 33 de Calle Lobos, de Heredia y la familia 43 de La Lucha, San José, presentaron los

porcentajes menores de acumulación de biomasa en el fuste con 52.63, 48.27 y 45.89% de la biomasa total, respectivamente (Figura 20).

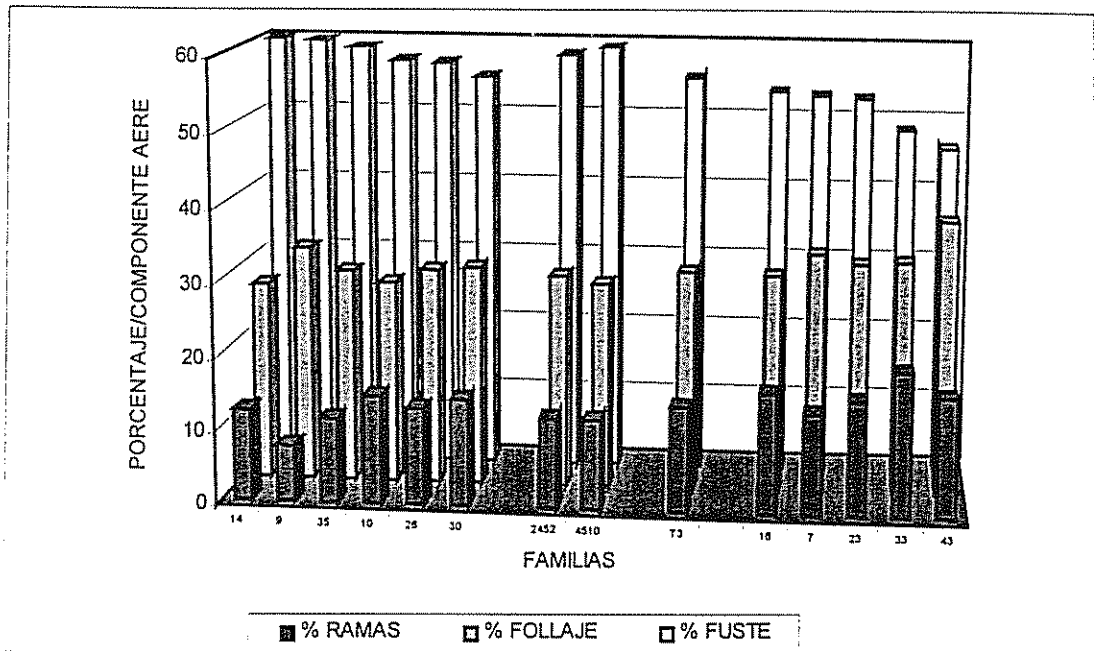


Figura 20. Porcentaje por componente aéreo de la biomasa total de 14 familias de *Cupressus lusitanica* a los seis años de edad en Santa Cruz, Turrialba, Costa Rica.

6.2.2 RESULTADOS: *Albizia guachapele*.

DENSIDAD ESPECIFICA.

a) PROCEDENCIAS.

El análisis de varianza realizado presentó diferencias estadísticamente significativas al nivel de procedencias. El valor más alto para esta variable lo obtuvo la procedencia Las Delicias (0.55 g/cm^3), seguida de la procedencia de Nicoya (0.51 g/cm^3). La menor densidad correspondió en este caso a la procedencia de Abangares (0.49 g/cm^3).

Para este caso, las procedencias que mostraron malos resultados para dap y altura total fueron las que presentaron las densidades más altas, mientras que la procedencia mejor presentó densidad baja (Anexo 10).

a) FAMILIAS.

Los resultados del análisis de varianza no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre familias. Sin embargo, las familias 21 y 24 de Las Delicias y la familia 13036 de Abangares, obtuvieron respectivamente las densidades mayores de la madera (0.59, 0.58 y 0.56 g/cc). Las familias 13012 (Nicoya), 13019 y 13040, de Abangares, presentaron valores respectivos de 0.48, 0.48 y 0.46 g/cc (Figura 21 y Anexo 11).

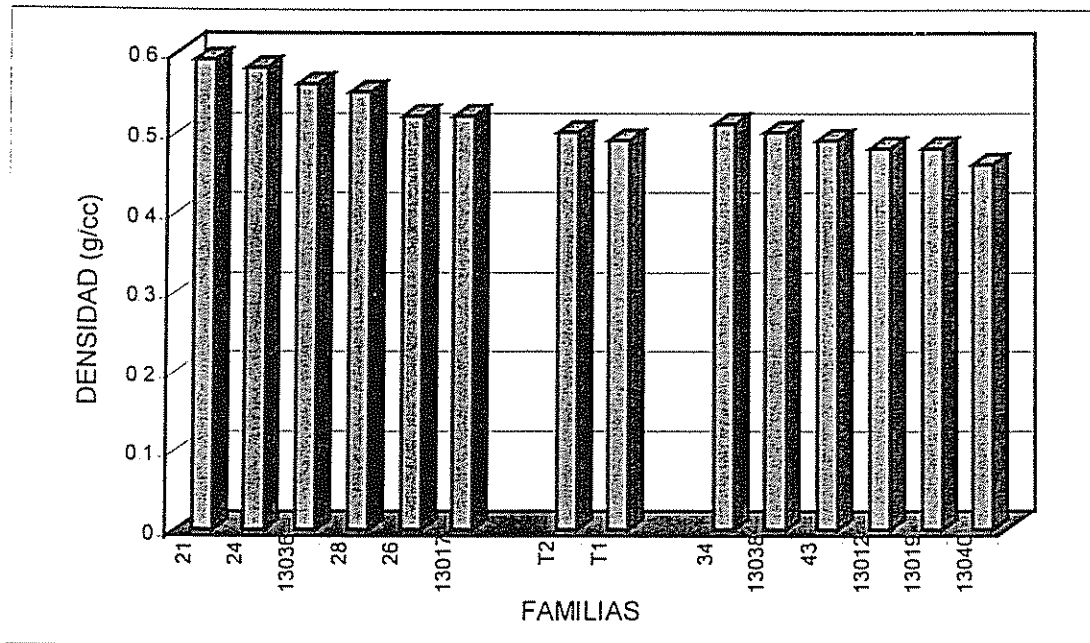


Figura 21. Densidad específica (g/cm^3) de 14 familias de *Albizia guachapele* a los siete años de edad en Lourdes, Las Juntas de Abangares, Costa Rica.

DIAMETRO DE COPA.

a) PROCEDENCIAS.

Esta variable, de acuerdo al análisis de varianza no presentó diferencias significativas entre procedencias. La máxima amplitud de copa la presentó la procedencia de Abangares (4.51 m), la procedencia de Nicoya obtuvo un valor cercano al primero (4.47 m) y el valor más bajo correspondió a Las Delicias (3.78 m). Los resultados siguieron sin presentar ninguna alteración

en el orden de importancia de las procedencias evaluadas, la procedencia Abangares mantuvo la superioridad sobre las otras procedencias.

b) FAMILIAS.

Las familias que presentaron el mayor diámetro de copa fueron la 13012 (6.67 m), 43 (5.47 m), de Abangares y la familia 13038 (4.91 m), de Nicoya. El diámetro menor de copa lo obtuvieron las familias 34 (3.52 m) y 28 (3.4 m) de Las Delicias y la familia 13036 (2.53 m) de Abangares. Los resultados de esta evaluación siguieron el mismo patrón detectado al nivel de procedencias, las familias de Abangares fueron superiores a las familias de las otras procedencias (Figura 22).

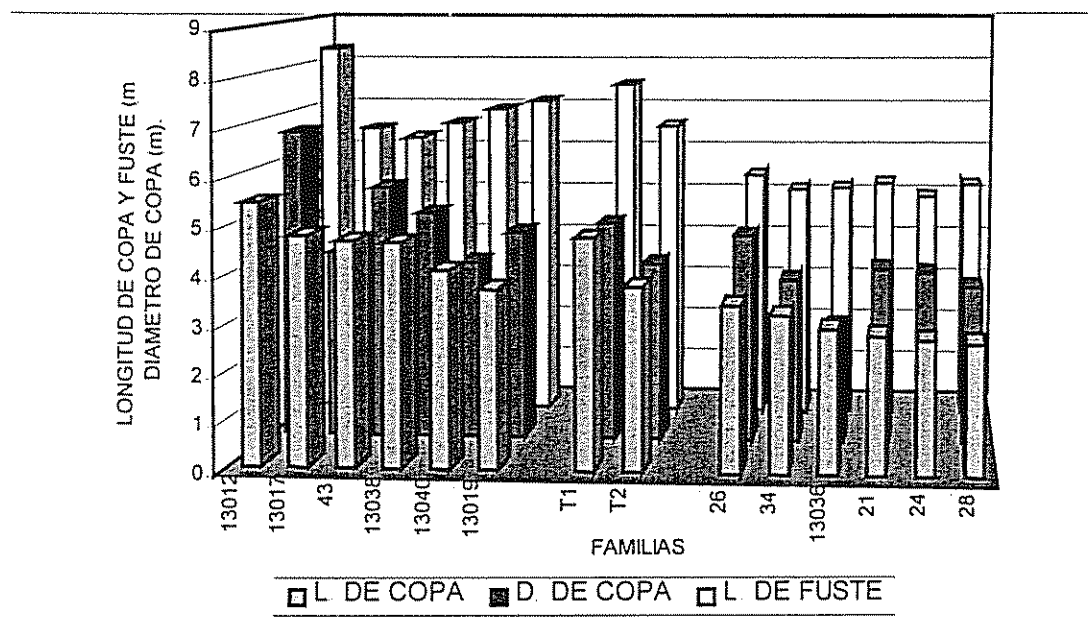


Figura 22. Diámetro de copa (m), Longitud de copa y fuste de 14 familias de *Albizia guachapele* a los siete años de edad en Lourdes, Las Juntas de Abangares, Costa Rica.

VOLUMEN DEL FUSTE.

a) PROCEDENCIAS.

Los resultados obtenidos del análisis de varianza no mostraron diferencias significativas entre procedencias. El máximo volumen lo presentó la procedencia de Abangares con $0.0353 \text{ m}^3/\text{árbol}$, la procedencia Nicoya mostró un valor intermedio ($0.0267 \text{ m}^3/\text{árbol}$) y el volumen menor fue para la procedencia de Las Delicias ($0.0177 \text{ m}^3/\text{árbol}$)

b) FAMILIAS.

Al nivel de familias dentro de procedencias no se determinaron diferencias estadísticamente significativas. Los mejores volúmenes los presentaron las familias: 13012 ($0.069 \text{ m}^3/\text{árbol}$), 13040 ($0.041 \text{ m}^3/\text{árbol}$) y el testigo T1 ($0.046 \text{ m}^3/\text{árbol}$) de Abangares (Figura 23). Por el contrario, los más bajos rendimientos en volumen los presentaron las familias 21 (0.015 m^3) y 24 (0.014 m^3) de Las Delicias y la 13036 de Abangares (0.009 m^3).

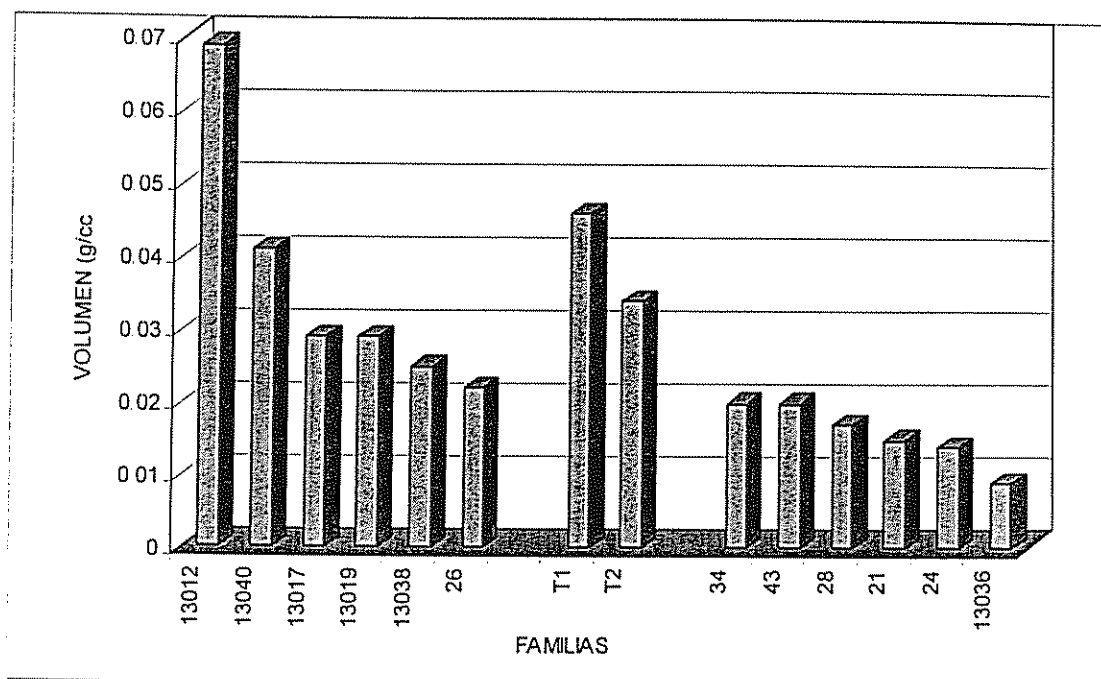


Figura 23. Volumen del fuste ($m^3/\text{árbol}$) de 14 familias de *Albizia guachapele* a los siete años de edad en Lourdes, Las Juntas de Abangares, Costa Rica.

LONGITUD DE COPA.

a) PROCEDENCIAS.

Los resultados del análisis de varianza presentaron un comportamiento similar al de la variable anterior, se encontraron diferencias estadísticamente significativas al nivel de procedencias. El promedio mayor lo presentó la procedencia de Nicoya (4.77 m), seguida de Abangares (4.25 m), el valor menor para esta variable lo presentó la procedencia de Las Delicias (3.03 m).

b) FAMILIAS.

Al nivel de familias no hubo diferencias significativas para esta variable. Las familias que presentaron las longitudes de copa mayores fueron la 13012 (5.5 m), 13017 (4.83 m) y el testigo T1 (4.83 m) de Abangares. Por otro lado, las familias 21, 24 y 28, de Las Delicias presentaron las longitudes de copa menores, con valores de 2.87, 2.78 y 2.73 m, respectivamente (Figura 22).

LONGITUD DE FUSTE.

a) PROCEDENCIAS.

Los resultados del análisis de varianza evidenciaron diferencias significativas entre procedencias. El valor más alto correspondió a la procedencia Abangares (6.84 m), las procedencias Nicoya y Las Delicias obtuvieron valores de 6.54 y 5.21 m, respectivamente.

b) FAMILIAS.

Al nivel de familias dentro de procedencias, no se detectaron diferencias estadísticamente significativas. Los fustes más largos los presentaron las familias 13012 (8.33 m), 13019 (7.13 m) y el testigo T1 (7.52 m), todos de Abangares. Los fustes de menor longitud correspondieron respectivamente a las familias 13036 (Abangares), 34 y 24 de Las Delicias, con 5.17, 5.12 y 4.97 m (Figura 22).

BIOMASA SECA DE FOLLAJE.

a) PROCEDENCIAS.

Los resultados del análisis de varianza no determinaron la existencia de diferencias significativas entre procedencias. La cantidad más alta de biomasa en el follaje la presentó la procedencia de Abangares (2.42 kg/árbol), mientras que las procedencias Nicoya y Las Delicias presentaron valores respectivos de 2.35 y 1.97 kg/árbol.

b) FAMILIAS.

Diferencias estadísticamente no significativas entre familias fueron determinadas por medio del análisis de varianza. Las familias con mayor cantidad de biomasa seca acumulada en el follaje fueron la 13012 (4.32 kg) de Abangares, la 13017 (2.47 kg) de Nicoya y el testigo T1 (5.03 kg), también de Abangares. Las familias con menos cantidad de biomasa seca acumulada en el follaje fueron la 13019 (1.3 kg), 43 (1.29 kg) y la 13036 (0.8 kg) de Abangares (Figura 24).

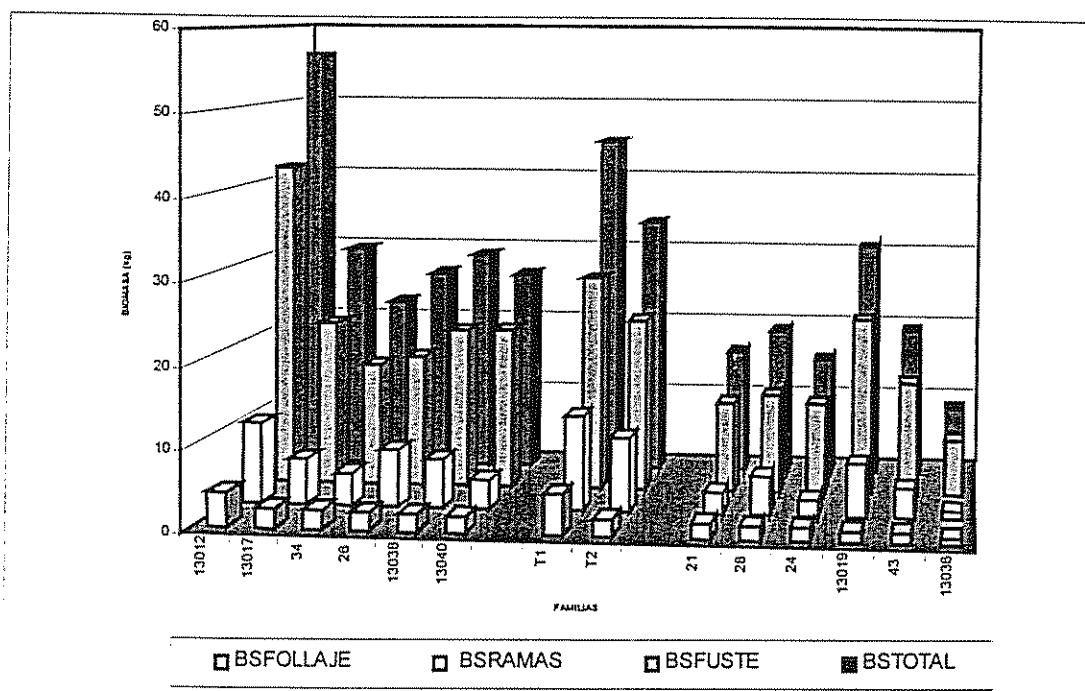


Figura 24. Biomasa seca de follaje, ramas, fuste y total aérea (kg/árbol) de 14 familias de *Albizia guachapele* a los siete años de edad en Lourdes, Las Juntas de Abangares, Costa Rica.

En general, las familias sobresalientes fueron las mismas para la mayoría de variables, es muy notorio que uno de los testigos locales se haya encontrado presente entre los mejores resultados, como ya se dijo anteriormente su adaptabilidad a la zona, posiblemente constituya en gran parte la causa de los buenos resultados presentados hasta el momento.

BIOMASA SECA DE RAMAS.

a) PROCEDENCIAS.

El análisis de varianza no presentó diferencias significativas entre procedencias. Para esta variable el máximo valor lo mostró la procedencia de Abangares con 6.65 kg, la procedencia de Nicoya obtuvo una biomasa de 5.99 kg, el valor inferior correspondió a la procedencia de Las Delicias (4.19 kg).

b) FAMILIAS.

Al nivel de familias, el análisis de varianza tampoco detectó diferencias significativas. Los testigos T1, T2 y la familia 13012 de Abangares, presentaron la mayor cantidad de biomasa seca acumulada en las ramas, los valores respectivos fueron 11.95, 10.29 y 9.36 kg. Caso contrario, fue el de las familias 21, 24 (Las Delicias) y 13036 (Abangares), las cuales presentaron los promedios más bajos de biomasa seca en las ramas (2.72, 2.06 y 0.95 kg/árbol) respectivamente (Figura 24).

BIOMASA SECA DE FUSTE.

a) PROCEDENCIAS.

El análisis de varianza no presentó diferencias significativas entre procedencias. La cantidad mayor de biomasa en el fuste la mostró la procedencia de Abangares (22.37 kg), las procedencias de Nicoya y Las Delicias mostraron una biomasa de 20.93 kg y 13.74 kg, respectivamente. Este resultado era esperado y valida el mejor comportamiento de la procedencia Abangares en la zona del ensayo.

a) FAMILIAS.

Al nivel de familias no se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre familias. Las familias 13012, 13019 y el testigo T1 de Abangares, presentaron la acumulación mayor de biomasa seca en el fuste, los valores respectivos fueron 41.66, 22.71 y 27.68 kg. Mientras que los valores más bajos de biomasa en el fuste correspondieron a las familias 24 (11.66 kg), 21 (11.56 kg) de Las Delicias y la familia 13036 (7.12 kg) de Abangares (Figura 24). A este nivel también se siguieron manteniendo los resultados, las familias de Abangares han demostrado superioridad en la mayoría de variables sobre las familias de las procedencias de Nicoya y Las Delicias.

BIOMASA SECA TOTAL.

a) PROCEDENCIAS.

Los resultados del análisis de varianza realizado para esta variable no mostraron diferencias significativas entre procedencias. El valor más alto de biomasa total correspondió a la procedencia de Abangares (31.43 kg), la procedencia de Nicoya le precedió con 29.27 kg de biomasa total, mientras que la procedencia de Las Delicias presentó una biomasa de 19.9 kg.

b) FAMILIAS.

Diferencias no significativas entre familias, fueron determinadas por el análisis de varianza. La familia 13012 de Abangares, presentó la cantidad más alta de biomasa total con 56.27 kg, los testigos T1 y T2 de Abangares, le siguieron con 44.66 y 33.73 kg, respectivamente. Los valores inferiores de biomasa total los presentaron las familias 21 (16.17 kg), 24 (15.34 kg) de Las Delicias y 13036 (8.87 kg) de Abangares. Estos resultados presentaron un comportamiento similar al obtenido entre procedencias, las familias mejores pertenecen a la procedencia de Abangares.

PORCENTAJE DE FOLLAJE CON RESPECTO A LA BIOMASA TOTAL AEREA.

a) PROCEDENCIAS.

Al nivel de procedencias, el porcentaje máximo de follaje lo presentó Las Delicias (9.72%), el segundo lugar correspondió a la procedencia de Nicoya con un porcentaje de 7.95%, mientras que Abangares tuvo un valor de 7.92%.

b) FAMILIAS.

El porcentaje más alto de follaje lo presentó el testigo T1 de Abangares (13.7%), el segundo y tercer lugar correspondieron a las familias 21(Las Delicias) y 13036 (Abangares), las cuales acumularon respectivamente 12.5 y 10.03% de la biomasa total. El testigo T2 (Las Delicias) y

las familias 43 y 13019 de Abangares, mostraron el porcentaje menor de biomasa seca en el follaje, con valores de 6.62, 6.28 y 4.33%, respectivamente (Figura 25).

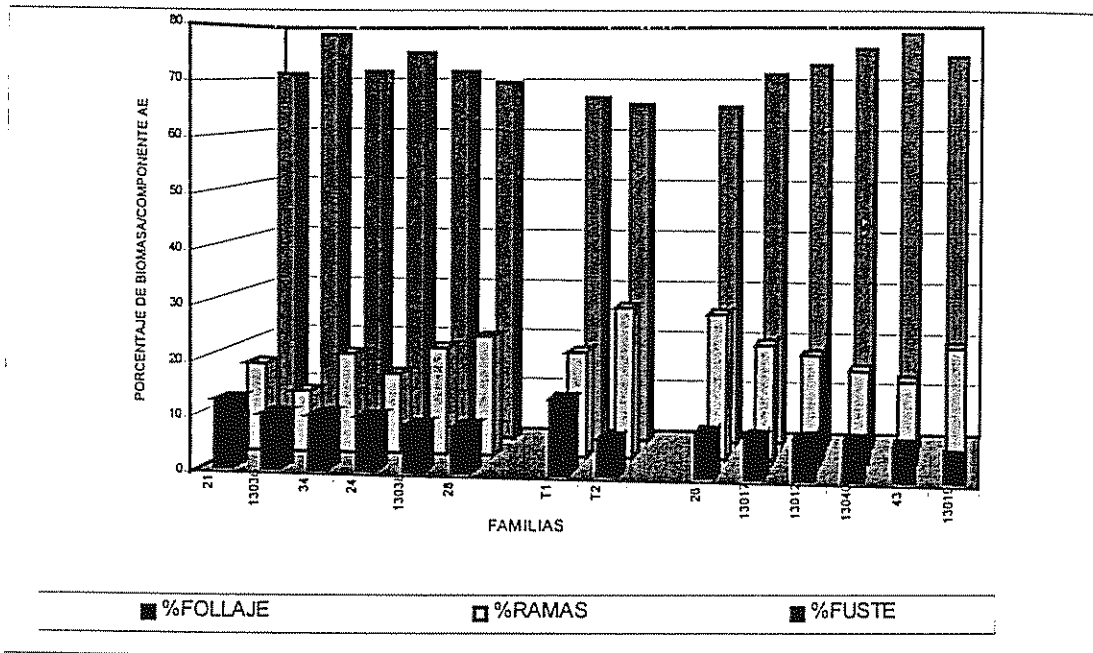


Figura 25. Porcentaje por componente aéreo de la biomasa total de 14 familias de *Albizia guachapele* a los siete años en Lourdes, Las Juntas de Abangares, Costa Rica.

PORCENTAJE DE RAMAS CON RESPECTO A LA BIOMASA TOTAL AEREA.

a) PROCEDENCIAS.

La procedencia de Nicoya fue en este caso la que presentó el porcentaje máximo de biomasa contenida en las ramas (20.8%), mientras que las procedencias de Las Delicias y Abangares, presentaron porcentajes de 19.96 y 18.89%, respectivamente.

b) FAMILIAS.

Los mayores porcentajes de acumulación de biomasa en las ramas las presentaron el testigo T2 (Abangares) y las familias 26 y 28 de Las Delicias, con proporciones de 28.14, 27.14 y 22.37%, respectivamente. Los porcentajes más bajos los mostraron las familias 24 (Las Delicias), 43 y

13036 de Abangares, los porcentajes respectivos para estas familias fueron 15.03, 15.0 y 11.42% (Figura 25).

INDICE DE COSECHA.

a) PROCEDENCIAS.

La procedencia de Abangares acumuló el porcentaje mayor de biomasa en el fuste (73.19%), mientras que las procedencias de Nicoya y Las Delicias acumularon respectivamente 71.26 y 70.33%. La mejor procedencia (Abangares) presentó el mayor índice de cosecha, mientras que Nicoya y Las Delicias mostraron un índice inferior.

b) FAMILIAS.

Las familias 43, 13036 y 13040 de Abangares, presentaron el mayor porcentaje de acumulación de biomasa en el fuste con porcentajes de 78.73, 78.55 y 75.96%. Los testigos T1 y T2 de Abangares y la familia 26 de Las Delicias, obtuvieron respectivamente porcentajes de 66.56, 65.24 y 64.77%, que fueron los más bajos para esta variable (Figura 25).

6.2.3 DISCUSION DE RESULTADOS: *Cupressus lusitanica*.

VOLUMEN DEL FUSTE.

a) PROCEDENCIAS

Estos resultados podrían considerarse lógicos, debido a que esta variable por ser poligénica (Wellendorf y Ditlevsen, 1995), es influenciada por las condiciones ambientales, las cuales afectan mucho la respuesta fenotípica del material genético; razón por la cual, esta variable no tiende a presentar alta heredabilidad. Este es un punto importante, la correcta selección de la (s) procedencias para un determinado sitio es de vital importancia para asegurar el éxito de las plantaciones. De las procedencias evaluadas sobresalen las de Calle Lobos, Paso Llano y

Cipresal, las cuales provienen de sitios que presentan condiciones climáticas similares, reafirmando de esta manera la superioridad sobre las procedencias de La Arcadia, La Lucha y Parque Prusia.

b) FAMILIAS.

Las familias 16 y 30 de Cipresal y la 33 de Calle Lobos, presentaron resultados excelentes en la evaluación de las variables dap y altura total, a excepción de la familia 16, que aunque no mostró buenos resultados en la evaluación de las variables dap y altura total presentó buen porcentaje de árboles con buena forma de fuste; la variación existente entre familias de sitios ambientalmente similares confirma el hecho de que la intervención del ambiente modifica la respuesta fenotípica del material genético. Los resultados presentados al nivel de familias fueron congruentes con la evaluación realizada para dap y altura: las familias con mayor crecimiento mostraron resultados similares en volumen de fuste.

DENSIDAD ESPECIFICA.

b) PROCEDENCIAS.

Las procedencias de La Arcadia y Parque Prusia, estuvieron entre las de menor dap y altura; sin embargo, para esta variable que tiene gran importancia desde el punto de vista industrial presentaron los valores más altos; las procedencias que mostraron comportamiento deseable para dap y altura total (Calle Lobos, Cipresal y Paso Llano) presentaron las densidades más bajas. La densidad específica es una variable que está gobernada por muchos genes, sin embargo es una característica que tiene buena probabilidad de transmitirse a la descendencia. La dificultad se presenta en los casos en que la densidad se correlaciona en forma negativa con alguna variable como dap o altura.

b) FAMILIAS.

Ladrach (1986), evaluó la densidad específica de la madera de *Cupressus lusitanica* a los ocho años de edad en tres sitios de Colombia. Los resultados obtenidos mostraron que no hubo

variación de la densidad específica debida a la gradiente altitudinal; el valor promedio obtenido en los tres sitios fue de 0.38 g/cc; por lo anterior, se determinó la ausencia de interacción genotipo ambiente para dicha variable. Además, se realizó un pequeño estudio para determinar la variación en la densidad específica debida a la edad, los resultados mostraron una correlación débil entre la edad y la densidad. De lo anterior, se asumió que la densidad de la madera de *Cupressus* es bastante uniforme, no importando la edad ni el sitio en el que crece.

Los resultados obtenidos en esta evaluación para la variable densidad específica, podría decirse que fueron similares a los obtenidos por Ladrach (1986); la media general del ensayo para esta variable fue de 0.35 g/cc. La diferencia con los valores determinados en Colombia fue mínima, por lo tanto se puede aseverar que esta característica es de poca variabilidad entre familias o sea estable, se esperaría que las variaciones fueran mínimas al plantar material en otros sitios de Costa Rica. Los resultados obtenidos mostraron que est carácter tiende ser controlado principalmente por el componente genético, ya que el ambiental no influye sobre su comportamiento.

DIAMETRO DE COPA, LONGITUD DE COPA Y LONGITUD DE FUSTE.

a) PROCEDENCIAS

Con base en los resultados obtenidos en la evaluación de las variables dap y altura total, es posible asumir la existencia de cierto grado de correlación con las variables diámetro de copa, longitud de copa y longitud de fuste. Las procedencias mejores para estas variables también presentaron resultados sobresalientes en la evaluación del dap y la altura total; resultados similares fueron presentados por las procedencias que han mostrado resultados inferiores para dichas variables.

En el caso de algunas de estas variables, es necesario tomar en cuenta que la información obtenida pudo ser influenciada por la densidad de la plantación; la longitud de la copa puede ser más grande en condiciones de aislamiento, mientras que las condiciones de competencia en un rodal pueden ocasionar recesión de la copa, por el efecto del sombreado de los árboles adyacentes. El diámetro de copa también pudo haber presentado resultados similares a los

anteriores, los árboles con menor competencia pudieron presentar un diámetro de copa mayor en condiciones de menor competencia y viceversa; En general, la variable longitud de fuste que corresponde a la altura del árbol, es teóricamente la variable menos afectada por la densidad del rodal.

Es necesario aclarar que la información obtenida para las variables diámetro de copa y longitud de copa, fue muy influenciada por la ejecución de prácticas silviculturales (poda) en el sitio del ensayo; por lo cual, los resultados presentados para estas variables podrían considerarse como preliminares y sesgados por la intervención humana.

b) FAMILIAS.

Las familias sobresalientes en cuanto a diámetro y longitud de copa fueron la 33 de Calle Lobos, 23 de Monte de La Cruz y la 16 de Cipresal, de Heredia. Por otra parte, las familias mejores para la variable longitud de fuste fueron la 33 de Calle Lobos, la 16 de Cipresal, de Heredia y la 10 de Monte de La Cruz; con base en los resultados obtenidos para estas variables fue posible inferir cierto grado de correlación entre las tres variables. En otras palabras, árboles de mayor longitud de copa, presentaron diámetros de copa grandes y buena longitud de fuste; esto significa que existen pocas opciones para seleccionar árboles más eficientes en la producción de biomasa o volumen de madera, ya que no fue posible identificar árboles de copa pequeña y corta que presentaran al mismo tiempo una buena producción de biomasa.

BIOMASA SECA DE FOLLAJE, RAMAS FUSTE Y TOTAL.

a) PROCEDENCIAS.

Los resultados obtenidos en esta evaluación mostraron que las procedencias de *C. lusitanica*, presentaron una gran variabilidad. Basados en las observaciones anteriores los resultados obtenidos, fueron considerados fisiológicamente muy lógicos, las procedencias que demostraron ser superiores para las variables dap, altura total, diámetro de copa, longitud de copa y longitud de fuste, también presentaron mayor acumulación de biomasa en el follaje, ramas, fuste y biomasa total. El patrón de comportamiento de las procedencias siguió inalterado, las

procedencias de Calle Lobos, Cipresal y Paso Llano fueron superiores a las procedencias de La Arcadía, La Lucha y Parque Prusia. Fue posible identificar con base en los resultados obtenidos una relación lineal entre las variables de productividad: una mayor cantidad de biomasa en follaje implica una acumulación de biomasa en las ramas para el sostén de la copa y mayor biomasa de fuste (Ver numeral 6.3).

Los resultados obtenidos para el Índice de Cosecha fueron sorprendidos, las procedencias que mostraron comportamientos inferiores para las variables dap y altura total, fueron en este caso las que obtuvieron los Índices de Cosecha más altos (Parque Prusia y La Arcadía), en el otro extremo quedaron las procedencias de comportamiento superior en la mayoría de variables evaluadas (Calle Lobos y Paso Llano); sin embargo, las diferencias no fueron significativas.

En el caso del Índice de Cosecha, los resultados obtenidos fueron muy interesantes, los porcentajes entre procedencias fueron muy similares, a excepción de Calle Lobos que se destacó entre todas.

b) FAMILIAS.

Con base en los resultados obtenidos se asume que las familias con mayor acumulación de biomasa seca en el follaje, fueron fotosintéticamente más productivas por presentar una mayor superficie de exposición foliar, lo que les permitió producir una mayor cantidad de fotosintatos y distribuirlos posteriormente en ramas y fuste; proporcionalmente a la capacidad fotosintetizadora, árboles grandes tuvieron mayor biomasa de follaje, ramas y fuste.

Es importante distinguir entre las familias de alta producción de biomasa, de aquellas fotosintéticamente más eficientes. Los resultados determinados en esta evaluación siguieron el mismo patrón de comportamiento: las familias que mostraron los valores más altos en la evaluación de las variables cuantitativas (dap, altura total, biomasa de follaje, ramas y fuste, volumen), mostraron una biomasa total mayor, resultado normal y esperado. Sin embargo, no necesariamente fueron las más eficientes en la conversión de fotosintatos a madera útil.

Estos resultados fueron similares a los obtenidos a nivel de procedencias. Las familias fotosintéticamente más eficientes, fueron aquellas con porcentajes menores de acumulación de biomasa en ramas y follaje y porcentajes mayores de acumulación de biomasa en el fuste, las cuales no fueron precisamente las familias con mayor altura y dap, sino las que obtuvieron en dichas evaluaciones los peores resultados. Por otra parte, es deseable al nivel de identificación de ideotipos encontrar especies que además de ser eficientes fotosintéticamente, sean altamente productivas.

Los resultados obtenidos mostraron que el índice de cosecha fue independiente del tamaño del árbol; se determinó que árboles pequeños y grandes presentaron igual Índice de Cosecha, aunque las diferencias entre la biomasa de uno y otro fueran significativas. Lo anterior concuerda con los resultados obtenidos por Kuuluvainen y Kanninen (1991), quienes trabajando con *Pinus sylvestris* L. determinaron que el Índice de Cosecha se correlacionó negativamente con la biomasa de ramas y follaje, no hubo ninguna correlación con la biomasa del fuste. En esa evaluación determinaron que el Índice de Cosecha se correlacionó positivamente con la densidad específica. De los resultados obtenidos concluyeron que el Índice de Cosecha no indicaba de ningún modo una alta producción de biomasa en el fuste, árboles de diferente tamaño tuvieron altos índices de cosecha. Por lo anterior y con base en los resultados obtenidos en esta evaluación, se puede asumir que el Índice de Cosecha solamente podría ser útil en la selección de árboles cuando exista una fuerte correlación con otras variables.

En términos de eficiencia fotosintética y redistribución de fotosintatos, las familias que fueron catalogadas como inferiores para las variables dap y altura total, presentaron los porcentajes mayores de biomasa alojada en el fuste (relación biomasa de fuste/biomasa total aérea), mientras que las familias consideradas superiores en la evaluación de dichas variables tuvieron un Índice de Cosecha más bajo (Figura 26). Estos resultados son similares a los obtenidos por Kuuluvainen y Kanninen en 1991, con *Pinus sylvestris*; esto significa que los árboles más grandes no fueron los mejores en términos de eficiencia fotosintética.

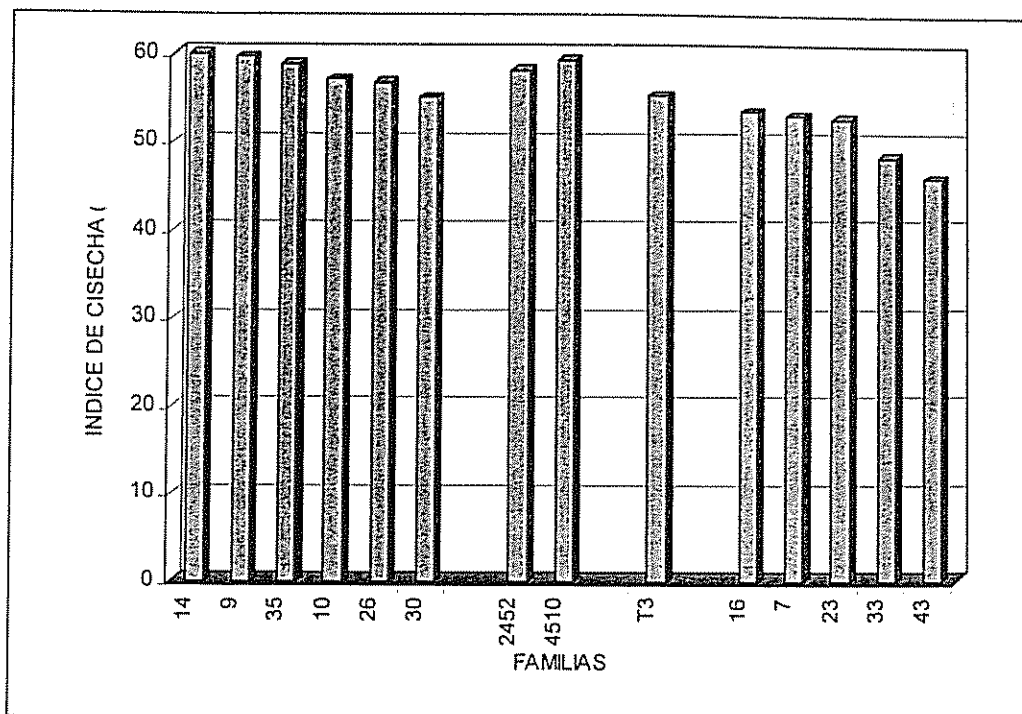


Figura 26. Índice de Cosecha (%) de 14 familias de *Cupressus lusitanica* a los seis años de edad en Santa Cruz de Turrialba, Costa Rica.

2.4 DISCUSION DE RESULTADOS: *Albizia guachapele*.

DENSIDAD ESPECIFICA.

a) PROCEDENCIAS.

La procedencia de Las Delicias que se caracterizó por presentar lento crecimiento (dap y altura total), mostró la densidad más alta, mientras que la procedencia Abangares que presentó la densidad específica más baja; sin embargo, las diferencias entre los valores de densidad encontrados no fueron significativas. Es posible que exista algún grado de correlación negativa entre las variables de crecimiento (dap y altura total) con la densidad específica; sin embargo, en el presente estudio no fue posible determinar el grado de relación existente entre dichas variables.

b) FAMILIAS.

La media general del ensayo fue de 0.52 g/cc, este valor se acerca bastante a lo reportado por Timyan (1996), quien menciona que la densidad específica de la madera de *Albizia guachapele* se encuentra en el rango de 0.55 a 0.6 g/cc. En este caso, las densidades específicas más altas las presentaron familias que mostraron lento crecimiento (dap y altura total), mientras que las familias con mayor crecimiento mostraron los valores más bajos. Es posible que exista cierto grado de correlación negativa; por lo cual, el mejoramiento simultáneo para la selección de árboles con buena producción de biomasa y alta densidad específica podría ser más difícil, debe tomarse en cuenta que las diferencias en la densidad de la madera no fueron significativas.

VOLUMEN DEL FUSTE.

a) PROCEDENCIAS.

La procedencia Abangares ha demostrado superioridad en la mayoría de variables poligénicas, para las condiciones de Abangares; por lo cual, se asume que dicha superioridad es debida principalmente a la evolución y adaptación de su genotipo a las condiciones ambientales del sitio del ensayo. De ahí que la selección de la procedencia local como fuente de germoplasma forestal para proyectos de reforestación en la zona constituya la mejor alternativa para incrementar la ganancia genética, con la ventaja de su adaptación genética a las condiciones ambientales del sitio.

b) FAMILIAS.

El aspecto más importante de esta evaluación es el resultado sobresaliente obtenido por el testigo T1 de Abangares, el cual se ubicó entre los mejores promedios para las variables dap y altura total. Estos resultados obtenidos podrían atribuirse a su adaptabilidad y evolución genética dentro de la zona de evaluación y al hecho de haber sido sometido a algún grado de mejoramiento; sin embargo, los resultados inferiores presentados al nivel de las variables cualitativas (forma de fuste y presencia de bifurcaciones) la podrían marginar como productora de semilla, ya que estas características están bajo un mayor control genético aditivo (Mesén,

1995); en otras palabras, aunque el crecimiento del testigo comercial fue excelente, la alta heredabilidad de las variables forma de fuste y bifurcación no permitirían seleccionarlo, debido a los resultados inferiores presentados en la evaluación de dichas variables.

DIAMETRO DE COPA, LONGITUD DE COPA, LONGITUD DE FUSTE.

a) PROCEDENCIAS.

Los resultados obtenidos mostraron que la procedencia Abangares fue superior a Las Delicias y Nicoya para las variables diámetro de copa y longitud de fuste. En el caso de la longitud de copa los resultados obtenidos mostraron que la procedencia de Abangares fue desplazada por la procedencia de Nicoya; no obstante, la procedencia de Abangares presentó los resultados más sobresalientes, pues a pesar de presentar una copa más corta que la procedencia de Nicoya los resultados obtenidos en la evaluación de las variables dap, altura total y volumen fueron muy superiores a los presentados por las otras procedencias, lo que podría favorecer la identificación de familias o árboles de copa pequeña y gran producción de volumen o biomasa.

b) FAMILIAS.

Las familias de la procedencia de Abangares fueron superiores a las de las otras procedencias, sobresaliendo la familia 13012; por otro lado, las familias de la procedencia de Las Delicias mostraron en general fenotipos inferiores. Asumiendo que las condiciones ambientales son homogéneas en toda el área del ensayo podría decirse que la superioridad mostrada por las familias de la procedencia de Abangares fue principalmente genética y no debida a efectos de micrositio. No fue posible encontrar en esta evaluación el ideotipo de árbol de copa corta, diámetro de copa pequeño y gran longitud de fuste.

a) PROCEDENCIAS.

Los resultados obtenidos en el caso de la biomasa de follaje, indicaron que la procedencia Abangares justificó su expresión fenotípica superior en el hecho de tener copa más corta, pero diametralmente más amplia, que le permitió fotosintetizar y producir mayor cantidad de volumen y biomasa total, que la presentada por las otras procedencias. La biomasa de ramas se encontró muy relacionada con la variable anterior: árboles con mayor cantidad de follaje presentaron mayor cantidad de ramas, que aquellos de biomasa de follaje inferior. A nivel de biomasa de fuste, la procedencia de Abangares presentó la mayor cantidad de biomasa; este resultado era esperado y valida el mejor comportamiento de la procedencia Abangares en la zona del ensayo.

En general, la procedencia de Abangares presentó un comportamiento superior para estas variables que el mostrado por las procedencias de Las Delicias y Nicoya; estos resultados, como se dijo anteriormente se deben posiblemente a una mayor adaptación de su genotipo a las condiciones ambientales imperantes en la zona de estudio.

Es importante puntualizar, que la procedencia que obtuvo los resultados mejores en la mayoría de variables cuantitativas (Abangares), presentó un menor porcentaje de biomasa acumulada en <Zel follaje, mientras que las procedencias con resultados inferiores para las mismas variables mostraron un porcentaje mayor de follaje; sin embargo, las diferencias entre los porcentajes no fueron significativas. Los mayores porcentajes de acumulación de biomasa en ramas los presentaron las procedencias que obtuvieron en general inferiores resultados para las variables dap y altura total; la procedencia de Abangares acumuló el porcentaje mayor de biomasa en el fuste (73.19%), mientras que las procedencias Nicoya y Las Delicias acumularon porcentajes respectivamente de 71.26 y 70.33%.

En general, estos porcentajes mostraron que la procedencia de Abangares; además de presentar los mejores fenotipos en la mayoría de variables cuantitativas, mostró una alta eficiencia fotosintética al distribuir un mayor porcentaje de su biomasa total al fuste (mayor Índice de

cosecha), mientras que Nicoya y Las Delicias mostraron resultados muy inferiores para las mismas variables en igualdad de condiciones.

Con base en los resultados presentados, se asume que la procedencia de Abangares en las condiciones de Lourdes (Abangares), es genéticamente superior a las procedencias de Nicoya y Las Delicias en cuanto a producción de biomasa total, su adaptación a la zona la convierte en la mejor alternativa de producción de biomasa y volumen; además, de haber demostrado superioridad sobre las otras procedencias en la mayoría de variables cuantitativas.

b) FAMILIAS.

Es muy notorio que los testigos T1 y T2 de Abangares, hayan presentado resultados muy buenos de producción de biomasa en el fuste, como se mencionó anteriormente su adaptabilidad a la zona, posiblemente constituya en gran parte la causa de los buenos resultados mostrados. La familia 13012 sobresalió por su alta producción de biomasa de fuste. Se asume que las familias de la procedencia de Abangares fueron superiores en cuanto a producción de biomasa de follaje, ramas y fuste a las familias de la procedencia de Las Delicias, en las condiciones del sitio del ensayo.

Los resultados de esta evaluación presentaron un comportamiento similar al obtenido entre procedencias; las mejores familias pertenecen a la procedencia de Abangares. Sobresale la familia 13012 y los testigos T1 y T2, por su alta producción de biomasa total.

Al nivel de familias se presenta un patrón de comportamiento similar al encontrado para las procedencias, las familias con menor crecimiento fueron las que presentaron una mayor cantidad de biomasa en el follaje y viceversa. Esto nos indica, que existen familias más eficientes que otras en la producción y distribución de los fotosintatos hacia los distintos componentes.

El follaje presentó un porcentaje promedio de 9% del total de la biomasa seca aérea, las ramas presentaron un porcentaje de 20%, mientras que el fuste acumuló un 71% del total de biomasa seca aérea. Los resultados obtenidos mostraron que esta especie destina una buena parte de sus fotosintatos hacia el fuste, distribuyendo un porcentaje bajo hacia el follaje y ramas.

Por otra parte, los resultados presentados por *A. guachapele* son muy satisfactorios en el sentido que una buena parte de los productos de la fotosíntesis son almacenados en el fuste, eso lo refleja la alta densidad específica encontrada en el estudio.

Sin embargo, los resultados encontrados mostraron que el Índice de Cosecha no indica de ninguna manera si se está en presencia de un árbol grande o de uno pequeño, pues ambos podrían tener el mismo valor, solamente indica el porcentaje de biomasa seca del fuste con relación a la biomasa total.

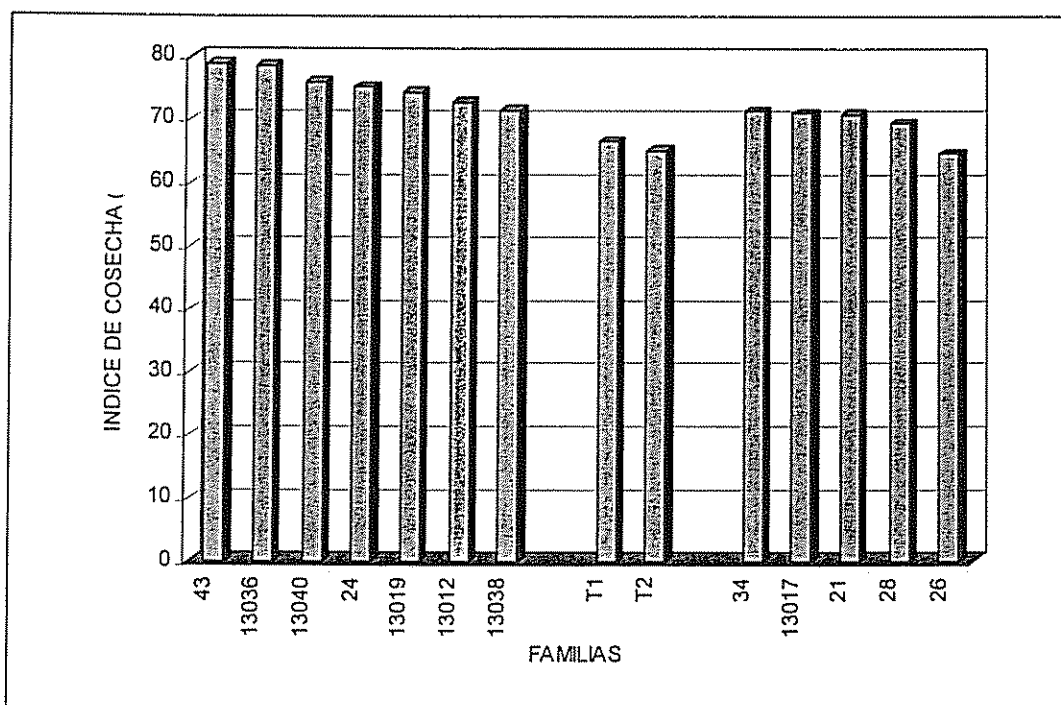


Figura 27. Índice de Cosecha de 14 familias de *Albizia guachapele* a los seis años de edad en Santa Cruz de Turrialba, Costa Rica.

6.3 Correlaciones.

6.3.1 *Cupressus lusitanica*.

DENSIDAD ESPECIFICA.

En general, se puede decir que la densidad específica tuvo una correlación muy baja con todas las variables de crecimiento. Con excepción del Índice de Cosecha ($r=0.24$), todas las variables se correlacionaron negativamente pero en forma muy débil. Esto significa que independientemente del tamaño del árbol o del volumen de madera contenido en el fuste, la densidad específica no sufrirá mayores variaciones (Anexo 12).

DIAMETRO DE COPA, LONGITUD DE COPA Y FUSTE.

El diámetro de copa presentó correlaciones positivas significativas con las variables volumen ($r=0.84$), longitud de copa ($r=0.78$) y longitud de fuste ($r=0.79$). Estos resultados podrían considerarse lógicos, e indican que en general no existió mayor variación en la forma de los individuos, árboles grandes presentaron una copa diametralmente amplia y longitudinalmente más grande y viceversa. No hubo variación entre los componentes aéreos que permitieran seleccionar árboles con características deseables o ideales.

VOLUMEN.

El volumen se correlacionó muy bien con las variables diámetro de copa ($r=0.84$), longitud de copa ($R=0.81$) y longitud de fuste ($r=0.84$). El rendimiento volumétrico está muy ligado con la longitud del fuste, fustes más largos presentaron en general una mayor cantidad de volumen. Por otro lado, una copa amplia y longitudinalmente grande, será capaz de sintetizar una mayor cantidad de fotosintatos y distribuirlos hacia los diferentes componentes del árbol, que una copa pequeña.

El volumen también se correlacionó fuertemente con las variables biomasa de follaje ($r=0.87$), ramas ($r=0.87$), fuste ($r=0.96$) y biomasa total ($r=0.95$). Estos resultados también son

considerados muy evidentes y esperados: mayor acumulación de biomasa en el follaje significó una mayor capacidad de síntesis de fotosintatos; por lo que árboles grandes tuvieron un porcentaje mayor de ramas que árboles pequeños y normalmente una mayor acumulación de biomasa seca en el fuste; obviamente, el volumen de madera producido fue mayor.

BIOMASA SECA DE FOLLAJE, RAMAS, FUSTE Y TOTAL.

En general, las variables de productividad se correlacionaron fuertemente entre ellas. La variable biomasa seca de follaje se correlacionó estrechamente con las variables biomasa de ramas ($r=0.8$), biomasa de fuste ($r=0.89$) y biomasa total ($r=0.94$). Además, se presentó una fuerte correlación positiva con las variables diámetro de copa ($r=0.8$), longitud de copa ($r=0.73$) y longitud de fuste ($r=0.74$).

La variable biomasa de ramas se correlacionó muy bien con la biomasa seca de fuste ($r=0.88$) y con la biomasa total ($r=0.92$). Por otra parte, esta variable se correlacionó muy bien con el diámetro de copa ($r=0.8$), la longitud de copa ($r=0.72$) y la longitud de fuste ($r=0.71$).

La biomasa seca del fuste tuvo una fuerte correlación con la biomasa total ($r=0.98$). También esta variable se correlacionó fuertemente con el diámetro de copa ($r=0.86$), longitud de copa ($r=0.82$) y longitud de fuste ($r=0.86$). La biomasa seca total se correlacionó muy bien con las variables diámetro de copa ($r=0.87$), longitud de copa ($r=0.81$) y longitud de fuste ($r=0.83$).

Normalmente, la biomasa del follaje se incrementará a medida que el árbol crece, esto producirá una copa bastante amplia y de buen desarrollo; capaz de satisfacer los cada vez mayores requerimientos energéticos y estructurales del árbol a medida que este crece, por lo que todos sus componentes aumentaran en forma lineal; con base en los resultados obtenidos del análisis de correlación, árboles grandes presentaron mayor biomasa contenida en todos sus componentes aéreos, que árboles de menor talla.

En general, el Índice de Cosecha se correlacionó negativamente con todas las variables, con una excepción mencionada anteriormente: densidad específica. Correlaciones moderadamente altas se presentaron con la biomasa seca de follaje ($r=-0.56$).

Generalizando, se puede afirmar con base en los resultados obtenidos, que el índice de cosecha no indica si el árbol posee un volumen grande o pequeño, pues ambos podrían tener el mismo índice; lo único que nos podría indicar el Índice de Cosecha es la eficiencia de un árbol en términos de producción y distribución de los fotosintatos hacia las partes cosechables y por consiguiente, no fue factible utilizarlo como parámetro de selección de familias.

6.3.2 *Albizia guachapele*.

DENSIDAD ESPECIFICA.

La densidad específica presentó correlaciones negativas con la mayoría variables, en general estas correlaciones fueron moderadamente significativas, con valores de r entre -0.47 y -0.61 , el máximo valor de correlación correspondió al volumen del fuste. La moderada correlación entre la densidad específica y el volumen del fuste, muestra que la densidad tiende a disminuir a medida que el volumen del fuste se incrementa. Este resultado fue previsto en los análisis de varianza entre procedencias y familias realizados para esta variable. Los resultados mostraron que las familias y procedencias con mejores resultados para dap y altura total presentaron las densidades más bajas, mientras que las que obtuvieron menores crecimientos para dichas variables, presentaron una alta densidad específica (Anexo 13).

VOLUMEN DEL FUSTE.

El volumen presentó correlaciones de moderada a fuerte con las variables diámetro de copa ($r=0.67$), longitud de copa ($r= 0.7$), longitud de fuste ($r= 0.79$), biomasa de follaje ($r= 0.87$), biomasa de ramas ($r= 0.75$), biomasa de fuste ($r= 0.98$) y biomasa total aérea ($r= 0.97$). Estos resultados indican de manera sencilla que el volumen se incrementó proporcionalmente al crecimiento de todos los componentes del árbol. Árboles grandes presentaron mucho mayor volumen y biomasa seca que árboles pequeños.

DIAMETRO DE COPA, LONGITUD DE COPA Y FUSTE.

El diámetro de copa mostró valores altos de correlación con las variables longitud de copa ($r=0.74$), longitud de fuste ($r=0.73$), biomasa de fuste ($r=0.7$) y biomasa total aérea ($r=0.72$); además, de correlaciones moderadas con las variables biomasa de follaje ($r=0.56$) y biomasa de ramas ($r=0.67$).

La variable longitud de copa se correlacionó positivamente con las variables longitud de fuste ($r=0.85$), biomasa de fuste ($r=0.73$) y biomasa total aérea ($r=0.72$); correlaciones moderadas se establecieron con las variables biomasa de follaje ($r=0.63$) y de ramas ($r=0.58$). Correlaciones positivas se dieron entre la longitud de fuste y las variables biomasa de fuste ($r=0.82$) y biomasa total aérea ($r=0.8$). Correlaciones moderadas fueron mostradas con las variables biomasa de follaje ($r=0.63$) y biomasa de ramas ($r=0.64$).

BIOMASA DE FOLLAJE, RAMAS, FUSTE Y TOTAL.

Las variables de productividad (biomasa de follaje, ramas, fuste y total) se correlacionaron muy fuertemente entre sí, la biomasa de follaje y fuste se correlacionaron estrechamente con un $r=0.71$; la biomasa de fuste se correlacionó excelentemente con la biomasa de follaje ($r=0.85$) y de ramas ($r=0.78$). La biomasa total tuvo una estrecha correlación con las variables biomasa de follaje ($r=0.87$), de ramas ($r=0.88$) y de fuste ($r=0.98$).

En general, los resultados anteriores presentaron un incremento lineal en todos los componentes aéreos del árbol; a medida que uno de ellos sufrió cambios, los otros también lo hicieron en forma proporcional.

El Índice de Cosecha se correlacionó únicamente con la proporción de ramas, pero en forma negativa ($r=-0.86$), esto indica que a medida que el índice de cosecha fue mayor, la proporción de ramas en el árbol disminuyó. No fue posible inferir la talla o el volumen de un árbol a través del Índice de Cosecha.

6.4 HEREDABILIDAD FAMILIAR.

6.4.1 *Cupressus lusitanica*.

Este parámetro fue determinado para las variables altura total y dap (1.3 m), en las dos especies evaluadas. En el caso de *C. lusitanica* los valores de heredabilidad encontrados para dichas variables podrían considerarse altos ($h^2_{\text{f}} = 0.50$ y $h^2_{\text{f}} = 0.44$) respectivamente. Cornelius y Baeza (1995), determinaron la heredabilidad para las variables altura y diámetro del ensayo de *C. lusitanica*, localizado en Santa Cruz de Turrialba, en Costa Rica a los 28 meses después del establecimiento. Los valores de heredabilidad encontrados para dichas variables fueron 0.21 y 0.12, respectivamente. Estos valores corresponden a la heredabilidad en sentido estricto de árboles individuales; de ahí la enorme diferencia con los valores determinados en esta evaluación.

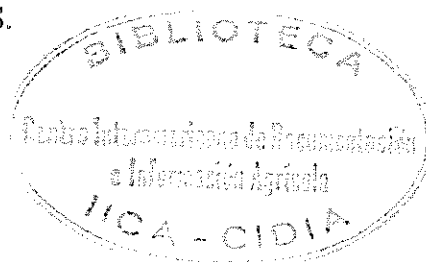
6.4.2 *Albizia guachapele*.

En el caso de *A. guachapele*, los valores de heredabilidad obtenidos fueron también bastante altos, en este caso se determinó para la variable altura total un valor de heredabilidad de 0.81, mientras que para dap la heredabilidad fue de 0.69; generalmente, la heredabilidad familiar presenta valores mucho más altos que la heredabilidad al nivel de árbol individual debido principalmente a que los promedios estimados son influenciados por muchas familias o progenies, con lo cual se consigue una reducción importante del componente del efecto del medio ambiente; esto explicaría los altos valores obtenidos para las variables evaluadas (Ditlevsen 1980, Zobel y Talbert, 1988; Cornelius, sf). Zeaser (1995), sostiene que la gran diferencia existente entre los valores de heredabilidad a nivel de árbol individual y heredabilidad familiar radica en que en el primer caso se aplica un diferencial de selección más alto.

Normalmente, se espera que las variables cuantitativas presenten heredabilidades bajas, mientras que las cualitativas muestran heredabilidades bastante altas; en el presente caso, los valores de heredabilidad para las variables dap y altura total son considerados muy altos, esto también podría deberse a alguna sobrestimación de algún componente de varianza o lo que se supone son

familias de medios hermanos, en realidad se encuentren más emparentados genéticamente. Bridgwater y Stonecypher (1978) citados por Vargas (1997), sostienen que cuando la interacción genotipo ambiente es significativa y el ensayo se establece en un solo sitio, estos efectos puede confundirse con los efectos genéticos, ocasionando una sobreestimación de la heredabilidad y sesgos en la estimación de correlaciones genéticas y valores promedio de las familias. De ahí que los valores de heredabilidad obtenidos en esta investigación deben ser tomados como preliminares y sometidos a una nueva evaluación.

7.1 *Cupressus lusitanica*.



FASE I.

- Las procedencias Paso Llano, El Roble de Heredia y Fraijanes de Alajuela, presentaron los mayores porcentajes de sobrevivencia. La mayor mortalidad correspondió a las procedencias de La Arcadia de Colombia y Las Chorreras de Heredia.
- A nivel de familias dentro de procedencias la sobrevivencia más alta la mostraron las familias 17 de Cipresal, 2 de Bosque de la Hoja y el testigo local T1 de Cipresal de Heredia. Las familias con menor sobrevivencia fueron la 10 de Monte de La Cruz (Heredia) y 44 de La Lucha (San José).
- La variabilidad encontrada a este nivel permitió identificar a las procedencias Paso Llano, Calle Lobos y El Roble de Heredia, como las mejores en cuanto a dap y altura total. Estas procedencias solamente estuvieron representadas por una o a lo sumo dos familias. Entre las procedencias que tuvieron una buena representatividad (mas de cinco familias) y que presentaron resultados similares para las variables mencionadas, se encuentran Cipresal y Monte de La Cruz de Heredia.
- Las familias 29 y 30 de Paso Llano, 33 de Calle Lobos, 23 de Monte de La Cruz y 27 de El roble de Heredia, fueron las más sobresalientes en la evaluación del dap y altura total, superando en 18% los testigos comerciales 4482 de Santa María Dota, 4504 de Las Chorreras, 4510 de Parque Prusia y al testigo del huerto semillero La Arcadia; los testigos locales de Cipresal, Monte de La Cruz y La Lucha, también presentaron bajos valores en dap y altura total.

- En cuanto a forma de fuste y ausencia de bifurcaciones, las familias 16 de Cipresal, Heredia y 21 de La Lucha, San José, fueron las más sobresalientes. No siempre las familias que presentaron el mejor crecimiento fueron las de mejor forma. Los testigos comerciales 4482 de Santa María Dota, 4504 de Las Chorreras, 4510 de Parque Prusia y al testigo del huerto semillero La Arcadia presentaron forma de fuste intermedia; los testigos locales de Cipresal, de Monte de La Cruz y de La Lucha, no mostraron calidad de fuste adecuada.
- En general, las procedencias de Heredia mostraron los mejores fenotipos en cuanto a dap y altura total, superando a los testigos comerciales 4482 de Parque Prusia (Cartago), 4504 Las (Chorreras, Heredia) y 4510 Santa María Dota (Cartago), que se ubicaron entre los fenotipos inferiores para la zona de evaluación. Por otro lado, la procedencia del huerto semillero La Arcadia, Colombia, presentó resultados muy inferiores a los mostrados por las procedencias de Heredia, confirmando de esta manera el peligro de introducir semilla no evaluada de sitios que presentan condiciones ambientales diferentes al lugar de plantación.

FASE II.

- En general se observó gran variación en cuanto a la producción de biomasa entre las 14 familias evaluadas. En cuanto a biomasa total aérea sobresalieron las familias 33 de Calle Lobos, 16 de Cipresal, 10 de Monte de La Cruz y 30 de Paso Llano, Heredia; las cuales también demostraron ser superiores para las variables dap y altura total.
- Las familias sobresalientes por presentar Indices de Cosecha mayores fueron la 14 de Cipresal, 9 y 10 de Monte de La Cruz y el testigo comercial 4510 de Parque Prusia, Cartago. Estas familias se caracterizaron por presentar resultados inferiores de biomasa total, dap y altura total, a excepción de la familia 10 que presentó resultados excelentes con dichas variables. Las anteriores familias se encuentran entre las de mayor eficiencia fotosintética, ya que destinaron una mayor parte de los fotosintatos producidos hacia el fuste; sin embargo, la mala expresión fenotípica en la zona del ensayo las margina para ser seleccionadas posteriormente como árboles deseables.
- Diferencias entre procedencias fueron determinadas, sobresaliendo por la cantidad total de biomasa producida las de Calle Lobos, Cipresal y Paso Llano; sin embargo, a nivel de

eficiencia en la distribución de los fotosintatos producidos, ocurrió el mismo fenómeno presentado en la evaluación de las familias, las procedencias que mostraron un lento crecimiento (dap y altura total), exhibieron los mayores índices de cosecha (La Arcadia, Colombia y Parque Prusia, Cartago).

- La densidad específica no mostró gran variabilidad entre procedencias ni entre familias; se determinó que las procedencias de mayor crecimiento en cuanto a dap y altura total fueron las de menor densidad específica (Calle Lobos, Cipresal y Paso Llano) y las procedencias y familias con menor dap y altura presentaron las densidades mayores. Sin embargo, la variable densidad específica no presentó correlación con ninguna variable.
- El Índice de Cosecha no puede ser utilizado como criterio de selección de árboles deseables en *Cupressus lusitanica*. Ya que únicamente indica el porcentaje de biomasa acumulada en el fuste, independientemente si el árbol es grande o pequeño.
- Las mejores familias en cuanto a volumen de fuste fueron la 16 de Cipresal, 30 de Paso Llano, 33 de Calle Lobos y 10 de Monte de La Cruz, muy superiores a los resultados obtenidos por los testigos 2452 de La Arcadia, 4510 de Parque Prusia y el testigo local T3 de La Lucha. El menor valor fue para la familia 26 de La Lucha.
- El Índice de Cosecha no se correlacionó con ninguna variable, sin embargo, las procedencias y familias con mayor crecimiento fueron menos eficientes en la distribución de biomasa hacia el fuste que las de crecimiento lento.
- Los valores de heredabilidad familiar determinados en este ensayo son preliminares e indican la factibilidad de seleccionar familias con base en dap y altura total.

FASE I.

- El porcentaje más alto de sobrevivencia lo presentó la procedencia de Las Delicias de Honduras y el más bajo la procedencia de Abangares, aunque no hubo gran variabilidad entre las procedencias.
- La mayor sobrevivencia la presentaron las familias 34 y 24 de Las Delicias y la familia 44 de Abangares. El porcentaje más bajo fue para las familias 13025, 13039 y 40 de Abangares.
- Se observaron diferencias entre procedencias, siendo la mejor en cuanto a dap y altura total la de Abangares y la de menor crecimiento Las Delicias (Honduras).
- Al nivel de familias, se determinó la existencia de diferencias en dap y altura total. Sobresalieron las familias 44, 13012, 43 y el testigo T1 de Abangares, demostrando de esta manera la superioridad de los genotipos de la procedencia local Abangares.
- En cuanto a forma de fuste y menor bifurcación sobresalieron las familias 44, 40, 43, 36, 13012 y 13036, de Abangares. Se determinó que tres de las mejores familias en dap y altura total también presentaron mejor forma de fuste y menor bifurcación (44, 13012 y 43). En general, los testigos T1 y T2 de Abangares, presentaron una respuesta fenotípica inferior para estas variables.
- La determinación de diferencias en el comportamiento genotípico de las procedencias, proporcionó argumentos válidos para considerar el riesgo de importar semilla de fuentes no evaluadas en la zona de plantación; el caso de la procedencia de Las Delicias de Honduras, demostró ser muy inferior al genotipo local de Abangares.

FASE II.

- A nivel de procedencias no se presentó gran variabilidad; la mayor densidad la presentó la procedencia de Las Delicias y el valor más bajo fue para Abangares.
- Entre familias tampoco hubo mucha variabilidad para la densidad específica, las más altas fueron para las familias 21, 24 de Las Delicias y 13036 de Abangares; los valores más bajos correspondieron a las familias 13012, 13019 y 13040 de Abangares.
- Las procedencias presentaron mucha variabilidad en cuanto a producción de biomasa total; sin embargo, en este caso no existe duda alguna en que la procedencia local de Abangares mostró los fenotipos más sobresalientes para la producción de biomasa, los de menor biomasa correspondieron en general a la procedencia de Las Delicias.
- Las familias presentaron gran variabilidad en cuanto a productividad de biomasa; la predominante fue la familia 13012 y el testigo local (T1) de Abangares. Sin embargo, al nivel de distribución de la biomasa entre los componentes aéreos sobresalieron las familias 43, 13036 y 13040 de Abangares, las cuales mostraron rápido crecimiento (dap y la altura total).
- Se determinó que el Índice de Cosecha tampoco puede ser utilizado como parámetro de selección, ya que solamente indica la proporción de biomasa contenida en el fuste.
- Las familias 13012, 13040 y el testigo T1 de Abangares mostraron los volúmenes mas altos; el menor volumen lo presentó la familia 13019 de Abangares.
- En general, las familias con mayor producción de biomasa total presentaron Indices de Cosecha menores a los presentados por las familias de menor biomasa total.
- Los altos valores de heredabilidad familiar, mostraron que es posible incrementar la ganancia genética de familias seleccionando a partir de las variables dap y altura total.

CONCLUSIONES GENERALES.

- Al nivel de especies, *Albizia guachapele* resultó más eficiente que *Cupressus lusitanica* en la distribución de productos de la fotosíntesis hacia los componentes aéreos; acumulando un mayor porcentaje de los fotosintatos en el fuste, con un promedio de 72% de la biomasa total; mientras que *Cupressus* solamente destina un promedio de 55% de la biomasa total hacia el fuste.
- En esta evaluación se pudo determinar que el Índice de Cosecha, no puede ser utilizado como parámetro de selección, puesto que solamente indica el porcentaje de acumulación de biomasa en el fuste; sin embargo, podría ser utilizado como un parámetro secundario, ya que teniendo varias familias de alta productividad pueden ser seleccionada aquellas que presenten una mayor eficiencia en la distribución de los fotosintatos.
- No es conveniente el uso de semilla proveniente de lugares con características ambientales muy diferentes, aun y cuando la semilla provenga de un huerto semillero, como la procedencia 2452 del Huerto semillero La Arcadia, Colombia; o la procedencia Las Delicias de Honduras (*Albizia*), para las cuales el genotipo no respondió en forma deseable a las condiciones de Abangares.

- Es necesario realizar un aclareo genético en ambos ensayos, eliminando los fenotipos indeseables en cuanto a crecimiento y forma, el aclareo debería hacerse tanto al nivel de procedencias y familias dentro de procedencias que han sido evaluadas y catalogadas como inferiores.
- Continuar las evaluaciones del ensayo, tomando en cuenta para un próximo estudio las variables: floración, resistencia al ataque de plagas o enfermedades, forma de copa, grosor de ramas, corteza espiralada (*Cupressus*), grosor de corteza, anillo de albura, ángulo de inserción de ramas y arquitectura de copa (*Albizia*).
- En el caso de *Albizia guachapele*, sería recomendable realizar un estudio de resistencia, tolerancia o susceptibilidad de algunas familias o procedencias al ataque de termitas,, dado que se encontraron muchos fustes perforados a nivel del duramen, lo que puede llegar a disminuir la calidad de la madera, o destruirla totalmente.
- En el caso de realizar una nueva estimación de la producción de biomasa en los ensayos, es necesario que como mínimo se derriben dos árboles por familia/bloque y que se aumente el número de repeticiones, con la finalidad de obtener mayor representatividad y confiabilidad en los resultados obtenidos, estimar componentes de varianza y parámetros genéticos como heredabilidad.

10. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.

- ALBIZIA GUACHAPELE Lam. 1997. Nota Técnica sobre manejo de semillas forestales N° 5. 2 p.
- ALDER, D. 1981. Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento. FAO. Estudio Montes 22/2. Roma. 80 p.
- BARNER, H.; DITLEVSEN, B; OLESEN, K. 1995. Introducción al mejoramiento genético forestal. Ed. Luis Fernando Jara. Turrialba, Costa Rica. CATIE/DANIDA. P. 19-42 (Serie Técnica, Manual Técnico N° 14).
- BENITEZ R, R.; MONTESINOS L., J.L. 1988. Catálogo de cien especies forestales de Honduras: distribución, propiedades y usos. Siguatepeque, Honduras, ACDI/COHDEFOR/ESNACIFOR. 286 p.
- CANNELL M., G.R. 1982. Crop isolation ideotypes: evidence for progeny differences in nursery-grown *Picea sitchensis*. *Silvae Genetica*. 31 (2-3): 60-65.
- CANNON, P. 1980. Bases para un programa de mejoramiento genético, variaciones fenotípicas y genotípicas y maneras de medir la heredabilidad. *In* Quinta reunión anual de investigación forestal. Cartón de Colombia. Popayán. 165 p.
- CATIE. 1984. Especies para leña: arbustos y árboles para la producción de energía. Trad. Vera de Fernández. Turrialba, Costa Rica, National Academic of Sciences/CATIE. 343 p.
- _____ 1984. Normas para la investigación silvicultural de especies para leña. CATIE (C.R.). Serie Técnica. Manual Técnico N° 1. 115 p.
- COREA A., E. 1989. Evaluación de procedencias de *Pinus oocarpa*-*Pinus patula* ssp. *tecunumanii* en cuatro sitios de Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 179 p.

- CORNELIUS, J.; BAEZA, O. 1995. Familias superiores de *Cupressus lusitanica* en Costa Rica. Boletín Mejoramiento Genético y Semillas Forestales. N° 11: 7-10.
- CORPORACION NACIONAL DE INVESTIGACION Y FOMENTO FORESTAL. 1995. Coníferas. Santafé de Bogotá, Colombia, Departamento Nacional de Planeación. 50 p.
- _____. 1995. Identificación, selección y manejo de fuentes semilleras. Santafé de Bogotá, Colombia. 50 p. (Serie Técnica N° 32).
- CHAVARRIA E., M.I.; VALERIO V., R. 1993. Guía preliminar de parámetros silviculturales para apoyar los proyectos de reforestación en Costa Rica. San José, Costa Rica, Dirección General Forestal. 202 p.
- CHAVEZ, E; FONSECA, W. 1991. Ciprés: *Cupressus lusitanica*, especie de árbol de uso múltiple en América Central. CATIE (C.R.). Serie Técnica. Informe Técnico N° 168. 66p.
- EL-KASSABY, Y.A.; PARK, Y.S. 1993. Genetic variation and correlation in growth, biomass and phenology of douglas-fir diallel progeny at different spacings. *Silvae Genetica*. 42(6): 289-297.
- FAO. 1980. Mejora genética de árboles forestales. *In* Informe sobre el curso de capacitación FAO/DANIDA sobre la mejora genética de árboles forestales. FAO. Estudio Montes N° 20. 340 p.
- HOLDRIDGE, L. 1987. Ecología basada en zonas de vida. Trad. Ximénez Saa. San José, Costa Rica, IICA. 216 p.
- INSTITUTO NICARAGUENSE DE RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE. 1992. Árboles forestales útiles para su propagación. Managua, Nicaragua, Servicio Forestal Nacional. 262 p.

- JON LLAP, R. 1989. Ensayo de procedencias y familias de *Gliricidia sepium* (JACQ) STEUD, de México, América Central y Panamá. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 128 p.
- KUULUVAINEN, T.; KANNINEN, M. 1991. Patterns in aboveground carbon allocation and tree architecture that favor stem growth in young scots pine from high latitudes. *Tree Physiology* 10: 69-80.
- LADRACH, W.E. 1986. Control de las propiedades de la madera en plantaciones de especies nativas. Cartón de Colombia. Informe de Investigación N° 106. 10 p.
- LAMPRECHT, H. 1990. Silvicultura en los trópicos: los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas, posibilidades y métodos para aprovechamiento sostenido. Trad. Antonio Carrillo. Eschborn, República Federal de Alemania, GTZ. 335p.
- MESÉN, F. s.f. Ensayos de procedencias en especies forestales: establecimiento, manejo, evaluación y análisis. In Cornelius, J.P.; Mesén, F.; Corea, E., Eds. Manual sobre sobre mejoramiento genético forestal con referencia especial a América Central. Turrialba, Costa Rica, CATIE. Pp. 11-23.
- OSORIO, G. 1987. Crecimiento de 20 familias de *Cupressus* de Costa Rica, Kenia y Europa a los ocho años. Cartón de Colombia. Informe de Investigación N° 113. sp.
- PATERSON, R.; CORNELIUS, J.; BAEZA, O. 1996. Comportamiento de procedencias de *Albizia guachapele* y *Bombacopsis quinata* en Costa Rica. Boletín Mejoramiento Genético y Semillas Forestales N° 13: 18-21.
- PEDERSEN, A.P.; OLESEN, K.; GRAUDAL, L. 1995. Mejoramiento forestal a nivel de especies y procedencias. In Jara, L.F., Ed. Mejoramiento forestal y conservación de recursos genéticos forestales. Turrialba, Costa Rica, CATIE/DANIDA. p 57-94. (Serie Técnica, Manual Técnico N° 14).

- QUIROS, R. 1988. Selección de rodales semilleros de ciprés (*Cupressus lusitanica* Mill). Tesis Lic. Ciencias Forestales. Heredia, C.R., UNA, Escuela de Ciencias Ambientales. 46 p.
- RIVERA, J. C. 1992. Monografía de algunas especies forestales nativas y su uso tradicional en la zona sur de Honduras. Choluteca, Honduras, COHDEFOR/COHASA. 60 p.
- ROJAS R., F.E. 1981. Especies forestales más utilizadas en los proyectos de reforestación en Costa Rica. Cartago, Costa Rica. Instituto Tecnológico de Costa Rica. 131 p.
- ROULUND, H.; OLESEN, K. 1995. Propagación masiva de material mejorado. In Jara, L.F., Ed. Mejoramiento forestal y conservación de recursos genéticos forestales. Turrialba, Costa Rica, CATIE/DANIDA. p 1-19. (Serie Técnica, Manual Técnico N° 14).
- SALAZAR, R. 1989. Guía para la investigación silvicultural de especies de uso múltiple. CATIE (C.R.). Serie Técnica. Boletín Técnico N° 20. 194 p.
- _____; BOSHIER, D. 1989. Establecimiento y manejo de rodales semilleros de especies forestales prioritarias en América Central. CATIE (C.R.). Serie Técnica. Informe Técnico N° 148. 77p.
- THIRAKUL, S. 1991. Manual de dendrología del bosque latifoliado. Trad. J.L. Montesinos Lagos. Honduras. COHDEFOR/Agencia Canadiense para el Desarrollo Internacional. 485 p.
- TIMYAN, J. 1996. BWA YO: important trees of Haiti. Washington D.C. South-East Consortium for International Development. 418 p.
- TORRES C., G.; LUJAN F., R.; PINEDA V., M. 1995. Diagnóstico técnico del proceso de producción forestal en plantaciones de pequeña escala en Costa Rica. Cartago, Costa Rica, Instituto Tecnológico de Costa Rica. 105 p.

- UGALDE A., L. A. ed. 1997. Resultados de 10 años de investigación silvicultural del proyecto MADELEÑA en Costa Rica. Turrialba, Costa Rica. CATIE/DGF-MIRENEM. 162 p. (Serie Técnica. Informe Técnico N° 290).
- VARGAS H., J. J.; BERMEJO V., B.; LEDIG, T. F. eds. 1997. Manejo de recursos genéticos forestales. México D.F. Colegio de Postgraduados, Universidad Autónoma de Chapingo. 252 p.
- VELEZ B., E. 1984. Desarrollo de 20 familias de *Cupressus* procedentes de Kenia, Costa Rica, México y Europa al finalizar el quinto año. Cartón de Colombia. Informe de investigación N° 91. 5 p.
- WITSBERGER, D.; CURRENT, D.; ARCHER, E. 1982. Árboles del parque Deininger. San Salvador, Dirección de Publicaciones del Ministerio de Educación. 336 p.
- WOOD, P.J.; BURLEY, J. 1995. Un árbol para todo propósito: introducción y evaluación de árboles de uso múltiple para agroforestería. Trad. Guillermina Garza de Palomares. IICA (C.R.). Colección: Investigación y Desarrollo. N° 27. 180 p.
- YOUNG, H.E. 1979. Forest biomass as renewable source of energy: inventory, productivity and availability. Maine, EE.UU., University of Maine. 18 p.
- ZEASER, D. 1995. Comportamiento temprano de familias de progenies de melina (*Gmelina arborea*) producido por polinización abierta entre clones de arboles "+" en un huerto semillero. In Taller Nacional de Investigación Forestal y Agroforestal. (3, 1995, Cañas, Costa Rica). Memoria. Cañas, Comisión Regional de Investigación Forestal Región Occidental/CATIE. 238 p.
- ZOBEL, B., TALBERT, J. 1988. Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales. Trad. Manuel Guzmán O. México, LIMUSA. 545p.

11. ANEXOS.

ANEXO 1. Procedencias y familias de *Cupressus lusitanica* en Santa Cruz, Turrialba, Costa Rica

FAMILIAS DE CUPRESSUS LUSITANICA		REP/TRAT	ELEV/msnm
2452	Testigo huerto semillero La Arcadia, Colombia (LARC)	X	ND
4462	Testigo comercial Santa María Dota (SMDO)	X	ND
4504	Testigo comercial Las Chorreras, Heredia (LCHO)	X	ND
4510	Testigo comercial Parque Prusia, cartago (PPCA)	X	ND
T1	Testigo local de Cipresal, Birri, Heredia (CB).	X	1810
T2	Testigo local de Monta de La Cruz, Heredia (MC).	X	1830
T3	Testigo local de Finca La Lucha, San José (LL).	X	1585
29	Paso Llano, Heredia (PL).	X	1800
30	PL	X	1800
28	PL	A	2000
7	Monta de La Cruz, Heredia (MC).	X	1800
8	MC	X	1845
9	MC	X	1810
10	MC	X	1785
11	MC	X	1805
23	MC	X	1840
34	MC	X	1745
35	Finca La Lucha, San José	X	1840
36	LL	X	1810
37	LL	X	1810
38	LL	X	1710
39	LL	X	1745
40	LL	X	1760
41	LL	X	1745
42	LL	X	1810
43	LL	X	1810
44	LL	X	1815
21	Fraijanes, Poas, Alajuela (FP).	X	1690
22	FP	A	1690
26	FP	X	1550
27	El Robla, Heredia (ER).	X	1740
12	Cipresal Birri, Heredia	X	1630
13	CB	X	1840
14	CB	X	1650
15	CB	X	1630
16	CB	X	1620
17	CB	X	1620
18	CB	X	1630
19	CB	X	1655
20	CB	X	1670
24	CB	X	1630
25	CB	X	1635
33	Calle Lobos, Los Angeles, Heredia (CL).	X	ND
1	Bosque de la Hoja, Heredia (BH).	X	1730
2	BH	X	1690
3	BH	X	1700
4	BH	X	1740
5	BH	X	1735
6	BH	X	1750
31	BH	X	1710
32	BH	X	1710
	X = PRESENTE		
	A= AUSENTE		
	ND= NO DISPONIBLE		

ANEXO 2. Procedencias y familias de *Albizia guachapele* en Lourdes, Las Junta de Abangares, Costa rica.

FAMILIAS DE ALBIZIA GUACHAPELE.	FAMILIAS	Lat. (N)	Long. (O)	ELEV/msnm
Nicoya, Costa Rica.				
	13001	10°08'	85°21'	50
	13017	10°03'	85°16'	20
	13038	10°14'	85°30'	200
Abangares, Costa Rica.				
	13012	10°11'	85°03'	40
	13014	10°04'	84°55'	10
	13016	10°11'	84°56'	120
	13019	10°13'	84°54'	330
	13020	10°04'	85°02'	40
	13021	10°04'	85°02'	40
	13023	10°11'	85°02'	10
	13025	10°11'	85°02'	100
	13035	10°11'	84°55'	120
	13036	10°12'	84°54'	340
	13039	10°17'	85°02'	100
	13040	10°15'	85°00'	70
	35	10°13'	85°20'	15
	36	10°14'	85°08'	70
	37	10°16'	85°01'	80
	38	10°04'	85°12'	80
	39	10°14'	85°12'	80
	40	10°04'	85°12'	80
	41	10°14'	85°12'	80
	42	10°14'	85°02'	60
	43	10°14'	85°02'	60
	44	10°17'	85°06'	15
	TESTIGO 2	00°00'	00°00'	0
Las Delicias, Choluteca, Honduras.				
	21	13°11'	87°18'	20
	22	13°11'	87°18'	20
	23	13°11'	87°18'	20
	24	13°11'	87°18'	20
	25	13°11'	87°18'	20
	26	13°11'	87°18'	20
	27	13°11'	87°18'	20
	28	13°11'	87°18'	20
	29	13°11'	87°18'	20
	30	13°11'	87°18'	20
	31	13°11'	87°18'	20
	32	13°11'	87°18'	20
	33	13°11'	87°18'	20
	34	13°11'	87°18'	20

ANEXO 5. Porcentaje de sobrevivencia de *Cupressus lusitanica* a los seis años en Santa cruz de Turrialba y de *Albizia guachapele* a los siete años en Lourdes, Las Juntas de Abangares Costa Rica.

	<i>Cupressus lusitanica</i>			<i>Albizia guachapele</i>	
	FAMILIAS	% SOBREVIVENCIA		FAMILIAS	% SOBREVIVENCIA
1	1	90.3		21	94.44
2	2	93.1		22	91.67
3	3	83.3		23	91.67
4	4	84.7		24	97.22
5	5	82.8		25	94.44
6	6	87.5		26	86.11
7	7	77.3		27	88.89
8	8	91.7		28	77.78
9	9	84.7		29	83.33
10	10	86.7		30	86.11
11	11	72.2		31	86.11
12	12	83.3		32	80.58
13	13	90.3		33	88.89
14	14	84.7		34	100.00
15	15	84.7		35	80.58
18	18	88.9		38	86.11
17	17	94.4		37	75.00
18	18	87.5		38	80.58
19	19	88.1		39	66.67
20	20	77.8		40	52.78
21	21	90.3		41	88.89
22	23	93.1		42	91.67
23	24	87.5		43	83.33
24	25	81.9		44	97.22
25	26	72.2		13001	63.89
26	27	91.7		13012	80.56
27	29	93.1		13014	91.67
28	30	93.1		13016	77.78
29	31	88.9		13017	83.33
30	32	91.7		13019	83.33
31	33	90.3		13020	73.33
32	34	81.9		13021	86.11
33	35	90.3		13023	83.33
34	38	93.1		13025	62.50
35	37	91.7		13035	75.00
36	38	87.5		13036	86.11
37	39	91.3		13038	91.67
38	40	77.8		13039	58.33
39	41	83.3		13040	88.89
40	42	77.8		T1	75.00
41	43	87.5		T2	75.00
42	44	61.1			
43	2452	80.8			
44	4482	83.3			
45	4504	79.2			
46	4510	90.3			
47	T1	91.7			
48	T2	86.4			
49	T3	83.3			

ANEXO 6. Altura total (m) y dap (cm) promedio de 49 familias de *Cupressus lusitanica* en Santa Cruz, Turrialba, Costa Rica.

FAMILIAS	ALTURA	DIAMETRO
1	5.44	8.07
2	5.84	7.49
3	5.75	7.81
4	5.21	7.07
5	5.38	7.09
6	5.59	7.58
7	5.12	6.50
8	5.15	6.81
9	5.58	7.62
10	5.85	9.14
11	5.75	8.23
12	5.71	8.07
13	5.38	6.98
14	5.75	8.50
15	5.78	7.68
16	5.35	6.79
17	5.63	7.63
18	5.52	7.81
19	5.30	7.31
20	5.48	7.36
21	5.34	6.81
23	5.81	8.81
24	5.46	7.34
25	5.57	6.81
26	4.74	6.05
27	5.82	8.25
29	5.90	8.51
30	6.01	8.54
31	5.48	7.66
32	5.50	7.57
33	5.86	8.68
34	5.63	8.22
35	4.86	6.53
36	5.26	7.78
37	5.38	7.47
38	5.24	7.21
39	5.59	7.55
40	5.54	7.79
41	5.72	7.76
42	5.21	6.87
43	5.17	7.08
44	5.85	6.91
2452	4.78	6.02
4482	4.94	6.88
4504	5.73	8.24
4510	4.92	6.50
T1	5.36	7.25
T2	5.35	8.03
T3	5.36	8.01
ALTURA= ALTURA TOTAL (m)		
DIAMETRO= DIAMETRO A 1.3 m (cm)		

ANEXO 8. Forma de fuste (% de árboles ligeramente torcidos y rectos) y bifurcación (% de árboles no bifurcados y bifurcados en el tercio superior) de *Cupressus lusitanica* a los seis años en Santa cruz de Turrialba y de *Albizia guachapele* a los siete años en Lourdes, Las Juntas de Abangares Costa Rica.

<i>Cupressus lusitanica</i>			<i>Albizia guachapele</i>		
FAMILIA	FFUSTE (%)	BIFURC (%)	FAMILIAS	FFUSTE (%)	BIFURC (%)
1	31.70	95.30	21	24.20	3.00
2	20.90	100.00	22	21.20	22.80
3	11.70	93.30	23	27.30	12.20
4	16.70	95.10	24	23.50	32.30
5	24.60	93.00	25	11.80	23.50
6	38.10	96.90	26	19.40	25.80
7	17.60	88.20	27	12.50	25.00
8	12.10	94.00	28	25.00	25.00
9	28.30	96.60	29	10.30	23.30
10	41.40	94.80	30	45.20	18.10
11	17.70	95.20	31	12.90	35.50
12	13.30	95.00	32	24.10	17.20
13	27.70	96.90	33	21.90	22.60
14	33.40	96.60	34	38.90	16.60
15	19.70	98.40	35	10.30	10.30
16	38.70	100.00	36	25.80	32.30
17	35.30	97.10	37	18.50	22.20
18	44.20	96.70	38	44.80	27.50
19	15.90	96.80	39	31.80	47.80
20	12.50	94.60	40	31.60	38.10
21	39.70	98.40	41	37.50	21.90
23	25.40	95.50	42	33.30	27.30
24	30.20	93.60	43	26.70	26.70
25	22.00	98.30	44	60.00	28.60
26	32.00	100.00	13001	13.00	18.10
27	8.80	95.60	13012	34.50	24.10
29	55.40	96.90	13014	30.30	27.20
30	14.90	98.50	13016	21.40	7.40
31	34.40	95.30	13017	12.90	23.30
32	24.20	96.70	13019	13.30	23.40
33	12.50	95.40	13020	17.40	4.30
34	15.30	94.90	13021	22.60	18.70
35	6.20	98.50	13023	16.70	16.70
36	37.90	95.50	13025	13.30	25.10
37	34.90	95.20	13035	26.90	29.60
38	28.60	93.70	13036	23.30	32.30
39	27.00	96.80	13038	18.20	18.70
40	37.00	98.20	13039	19.00	30.00
41	30.00	90.00	13040	25.00	24.20
42	25.00	98.20	T1	22.20	7.20
43	17.50	92.10	T2	25.90	18.50
44	31.80	95.40			
2452	29.30	92.50			
4482	33.90	98.30			
4504	28.10	96.50			
4510	18.90	95.40			
T1	19.70	92.50			
T2	3.50	98.30			
T3	24.10	91.30			

FFUSTE= FORMA DE FUSTE (% DE ARBOLES CON FUSTE RECTO O LIGERAMENTE TORCIDO.

BIFURC= ARBOLES LIBRES DE BIFURCACION O BIFURCADOS EN EL TERCIO SUPERIOR (%)

ANEXO 9. Procedencias de *Cupressus lusitánica*: promedios de las variables evaluadas en la FASE II, en el ensayo de Santa Cruz de Turrialba, Costa Rica.

PROCED	DENSIDAD	DCOP	VOL	LCOP	LFUS	BFOLL
PPCA	0.38	2.85	0.02	2.98	5.52	3.18
CB	0.34	3.81	0.03	4.07	6.74	5.19
LARC	0.38	2.93	0.02	3.30	5.58	2.89
CL	0.31	4.09	0.04	4.60	7.18	8.76
FP	0.36	1.90	0.01	2.63	4.92	2.71
LL	0.34	3.21	0.02	3.34	5.67	4.28
MC	0.37	3.17	0.02	3.72	6.17	4.54
PL	0.33	3.76	0.03	3.95	6.53	4.43
PROCED	BRAM	BFUS	BTOT	%FOLL	%RAM	ICOS
PPCA	1.35	6.72	11.24	28.26	11.95	59.79
CB	2.64	9.37	17.20	30.16	13.82	56.03
LARC	1.19	6.20	10.09	27.24	11.77	60.99
CL	5.08	13.15	26.99	32.45	18.41	49.14
FP	1.05	5.27	9.02	31.58	11.33	57.09
LL	1.71	6.38	12.37	33.69	12.97	53.34
MC	1.92	8.15	14.61	32.06	11.64	56.29
PL	1.84	7.59	13.86	31.83	12.90	55.46
DENSIDAD	DENSIDAD ESPECIFICA (g/cc)					
VOL	VOLUMEN DEL FUSTE (m ³ /árbol)					
DCOP	DIAMETRO DE COPA (m)					
LCOP	LONGITUD DE COPA (m)					
LFUS	LONGITUD DE FUSTE (m)					
BFOLL	BIOMASA SECA DE FOLLAJE (kg/árbol)					
BRAM	BIOMASA SECA DE RAMAS (kg/árbol)					
BFUS	BIOMASA SECA DE FUSTE (kg/árbol)					
BTOT	BIOMASA TOTAL (kg/árbol)					
%FOLL	PORCENTAJE DE FOLLAJE CON RELACION A LA BIOMASA TOTAL AEREA					
%RAM	PORCENTAJE DE RAMAS CON RELACION A LA BIOMASA TOTAL AEREA					
ICOS	INDICE DE COSECHA					

ANEXO 11. Procedencias de *Albizia guachapele*: promedios de las variables evaluadas en la FASE II, en el ensayo de Lourdes, Las Juntas de Abangares, Costa Rica.

PROCED	DENSIDAD	DCOP	LCOP	LFUS	BFOLL	VOL
ABANGARES	0.49	4.51	4.25	6.85	2.42	0.036
LAS DELICIAS	0.55	3.78	3.03	5.21	1.97	0.018
NICOYA	0.51	4.47	4.77	6.54	2.35	0.027
PROCED	BRAM	BFUS	BTOT	%FOLL	%RAM	ICOS
ABANGARES	6.85	22.37	31.43	7.92	18.89	73.18
LAS DELICIAS	4.19	13.74	19.90	9.71	19.96	70.33
NICOYA	5.99	20.92	29.27	7.94	20.80	71.25
DENSIDAD	DENSIDAD ESPECIFICA (g/cc)					
VOL	VOLUMEN DEL FUSTE (m ³ /árbol)					
DCOP	DIAMETRO DE COPA (m)					
LCOP	LONGITUD DE COPA (m)					
LFUS	LONGITUD DE FUSTE (m)					
BFOLL	BIOMASA SECA DE FOLLAJE (kg/árbol)					
BRAM	BIOMASA SECA DE RAMAS (kg/árbol)					
BFUS	BIOMASA SECA DE FUSTE (kg/árbol)					
BTOT	BIOMASA TOTAL (kg/árbol)					
%FOLL	PORCENTAJE DE FOLLAJE CON RELACION A LA BIOMASA TOTAL AEREA					
%RAM	PORCENTAJE DE RAMAS CON RELACION A LA BIOMASA TOTAL AEREA					
ICOS	INDICE DE COSECHA					

ANEXO 12. Familias de *Albizia guachapele*: promedios de las variables evaluadas en la FASE II, en el ensayo de Lourdes, Las Juntas de Abangares, Costa Rica.

ALBIZIA	DENS	VOL	DCOP	LCOPA	LFUS	BSFOLL	BSRAMAS	BSFUSTE	BSTOTAL	%FOLL	%RAMAS	ICOSECHA
21	0.59	0.02	3.78	2.87	5.28	1.89	2.72	11.56	16.17	12.50	16.56	70.93
24	0.58	0.01	3.70	2.78	4.97	1.62	2.06	11.66	15.34	9.77	15.03	75.20
26	0.52	0.02	4.48	3.47	5.45	2.24	7.21	16.98	26.43	8.09	27.14	64.77
28	0.55	0.02	3.40	2.73	5.25	1.67	4.88	12.67	19.22	8.25	22.37	69.39
34	0.51	0.02	3.52	3.28	5.12	2.42	4.08	15.85	22.36	9.97	18.69	71.35
43	0.49	0.02	5.47	4.72	6.27	1.29	3.68	14.49	19.46	6.28	15.00	78.73
13012	0.48	0.07	6.67	5.50	8.33	4.32	10.29	41.66	56.27	7.39	19.75	72.86
13017	0.52	0.03	4.03	4.83	6.47	2.47	5.80	21.27	29.54	7.51	21.48	71.01
13019	0.48	0.03	4.50	3.75	7.13	1.30	6.84	22.71	30.65	4.33	21.27	74.40
13036	0.56	0.01	2.53	3.00	5.17	0.80	0.95	7.12	8.87	10.03	11.42	78.55
13038	0.50	0.03	4.91	4.70	6.62	2.22	6.19	20.59	29.00	8.38	20.12	71.50
13040	0.46	0.04	3.85	4.13	6.95	2.04	3.66	20.69	26.39	7.10	16.94	75.96
T1	0.49	0.05	4.72	4.83	7.52	5.03	11.95	27.68	44.66	13.70	19.73	66.56
T2	0.50	0.03	3.84	3.83	6.57	2.16	9.36	22.22	33.73	6.62	28.14	65.24
DENS=DENSIDAD ESPECIFICA (g/cc)												
VOL= VOLUMEN DEL FUSTE (kg/árbol)												
DCOP= DIAMETRO DE COPA (m)												
LCOPA= LONGITUD DE COPA (m)												
LFUS= LONGITUD DE FUSTE (m)												
BSFOLL= BIOMASA SECA DE FOLLAJE (kg/árbol)												
BSRAM= BIOMASA SECA DE RAMAS (kg/árbol)												
BSFUSTE= BIOMASA SECA DE FUSTE (kg/árbol)												
BSTOTAL= BIOMASA SECA TOTAL (kg/árbol)												
%FOLL= PORCENTAJE DE BIOMASA CONTENIDA EN EL FOLLAJE (kg/árbol)												
%RAMAS= PORCENTAJE DE BIOMASA CONTENIDA EN LAS RAMAS (kg/árbol)												
ICOSECHA= INDICE DE COSECHA												

