

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

ADAPTABILIDAD DE *Eucalyptus deglupta* BLUME,
EN TURRIALBA, COSTA RICA

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

Magister Scientiae

por

ESTRELLA MA. GUIER SERRANO

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
Departamento de Recursos Naturales Renovables
Turrialba, Costa Rica

1982

DEDICATORIA

A mis seres queridos

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento a las siguientes personas e instituciones que de una u otra forma hicieron posible la conclusión de esta tesis:

Al Dr. Gerardo Budowski, Consejero Principal, por su amistad, constante interés, apoyo moral y acertada guía.

Al Ing. John Palmer, del Comité Consejero, por su especial interés y eficaz orientación en el desarrollo de la presente investigación.

Al Dr. Elemer Bornemisza, Ing. Nico Gewald e Ing. Víctor Quiroga, miembros del Comité Consejero, por sus valiosas observaciones y permanente asesoría.

Al Ing. Jacob L. Whitmore y al Dr. Rodolfo Salazar, quienes colaboraron en la selección del tema e inicio de la investigación.

Al Sr. Oscar Ovares, por su ayuda en el trabajo de campo.

Al M. Sc. Luis Ugalde por sus atinadas sugerencias.

A la Lic. Carmen Villegas del IICA-CIDIA, por la revisión de la bibliografía.

Al Ing. Mario A. Boza y demás compañeros del Programa de Educación Ambiental de la Universidad Estatal a Distancia, por su amistad y constante apoyo.

A la Sra. Hilda Jiménez, por su eficiencia y prontitud en el trabajo mecanográfico.

A la Sra. Celia de Rojas, Secretaria del Departamento de Recursos Naturales por su amistad y constante colaboración.

Al Dr. Julio Henao y al Sr. Gustavo López del Centro de Cómputo del CATIE, por su valiosa ayuda.

Al personal del Centro de Cómputo del IICA, por su colaboración.

Al Dr. Marcelino Avila y al Ing. Danilo Pezo por sus valiosas sugerencias.

Al Centro Agrícola Cantonal de Turrialba por el apoyo económico brindado para la recopilación de datos de campo.

Al personal de la Biblioteca del CATIE, por su ayuda constante, y a todas aquellas personas que de una u otra forma me ofrecieron su amistad y colaboración.

BIOGRAFIA

La autora nació en San José, Costa Rica. Realizó sus estudios universitarios en la Escuela de Biología de la Universidad de Costa Rica y en la Facultad de Educación de la misma Universidad. En 1968 obtuvo los títulos de Bachiller en Biología y Profesora de Biología para Segunda Enseñanza.

Trabajó como docente a nivel secundario de 1967 a 1970 en los Colegios Saint Clare y Conservatorio Castella.

De 1972 a 1976 trabajó en el Centro Universitario Regional del Atlántico de la Universidad de Costa Rica, y de 1977 a 1979 en la Escuela de Ciencias Ambientales de la Universidad Nacional de Heredia.

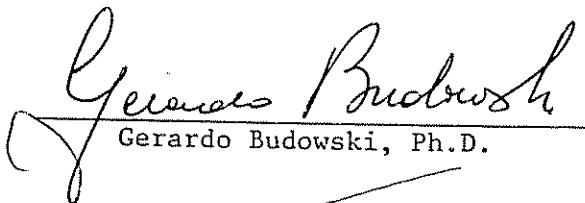
Actualmente y desde 1979 es funcionaria del Programa de Educación Ambiental de la Universidad Estatal a Distancia.

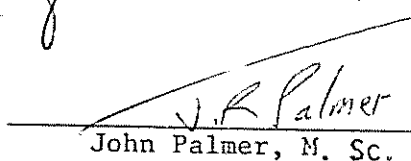
Realizó sus estudios de Posgrado en Turrialba, a través del Programa Conjunto Universidad de Costa Rica-Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (UCR-CATIE) en los años 1975-76. Cumplió con todos los requisitos para la obtención del grado de Magister Scientiae en enero de 1982.

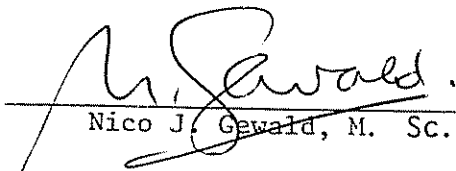
Esta tesis ha sido aceptada en su forma presente por la Comisión del Programa Conjunto de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales de la Universidad de Costa Rica y el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, como requisito parcial para optar el grado de

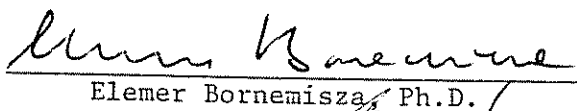
Magister Scientiae

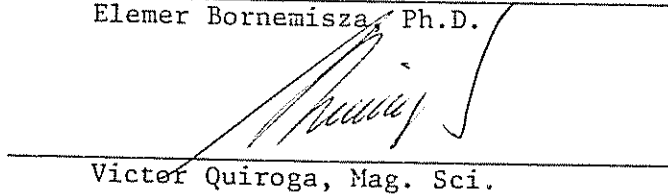
JURADO:

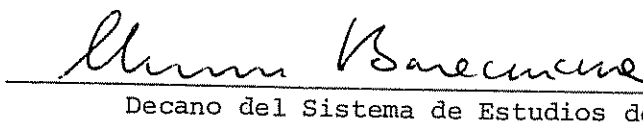

Gerardo Budowski, Ph.D. Profesor Consejero



John Palmer, M. Sc. Miembro del Comité

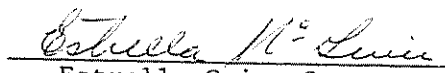

Nico J. Gewald, M. Sc. Miembro del Comité


Elemer Bornemisza, Ph.D. Miembro del Comité


Victor Quiroga, Mag. Sci. Miembro del Comité


Decano del Sistema de Estudios de Posgrado


Director del Programa de Estudios de Posgrado
en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales
(UCR-CATIE)


Estrella Guier Serrano
Candidata

CONTENIDO

	Página
RESUMEN	x
SUMMARY	xiii
LISTA DE CUADROS	xv
LISTA DE FIGURAS	xvii
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA	3
2.1 Características generales del <i>Eucalyptus deglupta</i> Blume .	3
2.1.1 Distribución natural	3
2.1.2 Dendrología	4
2.1.3 Características y usos de la madera	6
2.2 Silvicultura	8
2.2.1 Requerimientos climatológicos	8
2.2.2 Requerimientos de sitio	9
2.2.3 Manejo de plantaciones y rendimiento de la especie	10
2.2.4 Daños frecuentes en plantaciones	15
2.3 Introducción de la especie en Costa Rica	17
3. MATERIALES Y METODOS	18
3.1 Localización del área de estudio	18
3.2 Aspectos generales del clima	18
3.3 Suelos	20
3.4 Plantaciones estudiadas y sistema de muestreo	23

	Página
3.4.1 Sistema de muestreo	24
3.5 Variables consideradas en el estudio y mediciones realizadas	27
3.5.1 De los rodales	27
3.5.1.1 Edad de la parcela	27
3.5.1.2 Altura total	27
3.5.1.3 Altura comercial	27
3.5.1.4 Diámetro a la altura de pecho DAP	27
3.5.1.5 Area basal por hectárea	28
3.5.1.6 Sobrevivencia	28
3.5.1.7 Número posible de postes para cerca	28
3.5.1.8 Número posible de postes para transmisión eléctrica	29
3.5.1.9 Rectitud del fuste	29
3.5.1.10 Bifurcaciones	29
3.5.1.11 Aspectos de sanidad	29
3.5.2 Del sitio	29
3.5.2.1 Altitud en metros sobre el nivel del mar	29
3.5.2.2 Topografía	29
3.5.2.3 Suelos	29
3.6 Análisis de la información	31
3.6.1 Análisis de correlación de Pearson	31
3.6.2 Análisis de las distintas características de crecimiento de las plantaciones	31

	Página
4. RESULTADOS	32
4.1 Análisis de las variables dasométricas medidas	32
4.2 Análisis de las variables cualitativas consideradas en los rodales	35
4.3 Análisis de la producción en términos de postes para cerca y postes para transmisión	37
4.4 Relaciones DAP/altura total en cada uno de los lugares considerados	37
4.5 Análisis físicos y químicos de suelos	37
4.6 Análisis de correlación de Pearson	44
4.7 Análisis de regresión lineal múltiple	45
5. DISCUSION	56
5.1 Análisis de correlación total.....	56
5.2 Análisis de regresión lineal múltiple en pasos	60
5.3 Relaciones DAP/altura total	62
5.4 Resultados dasométricos	63
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	70
6.1 Conclusiones	70
6.2 Recomendaciones	71
7. LITERATURA CITADA	72
8. ANEXOS	80

RESUMEN

ADAPTABILIDAD DE *EUCALYPTUS DEGLUPTA* BLUME, EN TURRIALBA, COSTA RICA

El presente estudio se llevó a cabo en el Cantón de Turrialba, Costa Rica, e incluyó las plantaciones de *Eucalyptus deglupta* con edades entre 2 y 5 años, sin ralear, con el mismo origen de semillas (el llamado "híbrido" producido en Turrialba) y que habían sido plantadas a igual densidad (2.5 x 2.5 m) y sometidas a igual régimen de limpieas periódicas.

Los objetivos fueron: 1) analizar las distintas características de crecimiento y producción de *E. deglupta* en diferentes sitios de la zona de Turrialba; y 2) identificar factores edáficos que resulten significativos en cuanto a las variables dasométricas de la especie.

Para las mediciones se aplicó la técnica de muestreo secuencial de Stein o muestreo en dos etapas, con lo cual se determinó el tamaño de muestra adecuado para obtener valores de los parámetros con límites de confianza razonables. La toma de la muestra definitiva se hizo en forma sistemática.

Para el muestreo de suelos se subdividieron las plantaciones en parcelas, según las diferencias de crecimiento observadas a simple vista. Se colectaron muestras compuestas para someterlas a los diferentes análisis físicos y químicos. Para la identificación de los factores edáficos significativos se realizó un análisis de correlación total incluyendo todas las variables consideradas en el estudio. A partir de este análisis se detectaron las variables de sitio más altamente correlacionadas con las

variables dasométricas y se procedió entonces a un análisis de regresión lineal múltiple en pasos, obteniéndose para cada variable dasométrica las variables de sitio significativas.

Para analizar las características de crecimiento, se estratificaron las plantaciones según su edad y se estimaron los parámetros mediante proceso de inferencia. Para cada variable se obtuvieron valores promedio, mínimo, máximo, moda y coeficiente de variación.

Los resultados obtenidos mostraron gran variación tanto dentro como entre plantaciones. No se observaron daños de consideración atribuibles a enfermedades e insectos y la sobrevivencia en la mayoría de los rodales fue bastante alta. Los rendimientos observados, con excepciones, son menores que los anotados para otros lugares del mundo. Sin embargo en los mejores sitios se obtuvieron rendimientos muy buenos con incrementos medios cercanos a los $5 \text{ m}^2/\text{ha}/\text{año}$ para área basal.

Los factores edáficos que resultaron significativos para el crecimiento de *E. deglupta* fueron: resistencia del suelo a la penetración, correlacionada negativamente; textura en términos de fracción de suelo mayor de 100 micras, correlacionada positivamente; contenido de fósforo, calcio y materia orgánica, correlacionados positivamente. En aquellos suelos donde la resistencia a la penetración es superior a $20 \text{ kg}/\text{cm}^2$ aproximadamente, y en donde los porcentajes de fracción de suelo menor de 100 micras son superiores a 70%, son aparentemente menos aptos para el establecimiento de plantaciones de *E. deglupta*.

Los suelos con niveles de fósforo superiores a 8 ppm aproximadamente

y con niveles de calcio superiores a los 5 meq/100 gramos de suelo, favorecen el crecimiento de esta especie siempre que las condiciones físicas de compactación y textura del suelo, sean favorables. Un buen contenido de materia orgánica es deseable siempre que no exceda valores sobre el 15%, pues a ese nivel puede ser limitante.

Los mejores rendimientos de plantaciones, se dieron en lugares con elevaciones inferiores a los 750 m s.n.m., lo que indica que bajo las condiciones de Turrialba conviene plantar en las zonas de menor elevación.

SUMMARY

ADAPTABILITY OF *EUCALYPTUS DEGLUPTA* BLUME IN TURRIALBA, COSTA RICA

The present study was carried out in the region of Turrialba, Costa Rica, on 12 unthinned commercial *Eucalyptus deglupta* plantations 2 to 5 years old. Seed source was the so called "Turrialba hybrid". Trees were planted at approximately 2.5 x 2.5 m and similar weeding regimes were used in each plantation.

The objectives were: 1) to analyze growth characteristics of *E. deglupta* on different sites in the Turrialba region; and 2) to identify some of the soil factors that are related to the growth of the species.

Stein's sequential or two stage sampling technique was used to determine the optimum number of trees to be measured. Trees were selected systematically row by row in subjectively determined sites within plantations. Bulked soil samples were collected for physical and chemical analysis. All soil and mensurational variables were included in a total correlation analysis. Those site variables that had a partial correlation coefficient of 0.5 or better with mensurational variables, were extracted for stepwise multiple linear regression.

To analyze growth characteristics, all plantations were stratified by age. For each mensurational variable average, minimum and maximum, mode and coefficient of variation were obtained.

The results indicated great variation within and between plantations.

Significant damage due to diseases and insects was not observed. Survival in most stands was fairly high. Yields were, in most cases, below those recorded in other parts of the world. However on the best sites very good yields were obtained with mean basal area increment close to $5 \text{ m}^2/\text{ha}/\text{year}$.

The most significant soil factors related to growth of *E. deglupta* were: negative correlation with resistance of soil to penetration; positive correlation with soil texture expressed by the fraction of soil particles greater than 100 micra and with phosphorus, calcium and organic matter contents. Growth was poorest on soils with resistance to penetration greater than about $20 \text{ kg}/\text{cm}^2$ and where the fraction of soil particles less than 100 micra was above 70 per cent.

Soils with phosphorus levels above approximately 8 ppm and calcium levels above 5 meq/100 grams of soil, favor the growth of *E. deglupta*, provided that physical conditions related to compaction and soil texture are favorable. High organic matter content is desirable, but not exceeding 15 per cent.

The best yields of plantations were found at elevations below 750 m above sea level indicating that under Turrialba conditions, sites at lower elevation should be selected.

LISTA DE CUADROS

<u>Cuadro No.</u>		<u>Página</u>
1	Datos de rendimientos de algunas parcelas experimentales de <i>Eucalyptus deglupta</i> Bl.....	13
2	Características de las parcelas estudiadas correspondientes a 12 plantaciones	26
3	Análisis de las variables dasométricas	33
4	Análisis de variables cualitativas	36
5	Resultados de producción de postes para cerca y postes para transmisión por lugar de estudio	38
6	Características físicas de los suelos de las parcelas consideradas	39
7	Características químicas de los suelos de las parcelas estudiadas	41
8	Resultados significativos de análisis de correlación total	46
9	Análisis de regresión lineal múltiple en pasos, para masa actual/ha. (Y_6)	50
10	Análisis de regresión lineal múltiple en pasos, para área basal/ha, m^2 /ha (Y_7)	51
11	Análisis de regresión lineal múltiple en pasos, para altura total en metros (Y_8)	51
12	Análisis de regresión lineal múltiple en pasos, para altura comercial en metros (Y_9)	52
13	Análisis de regresión lineal múltiple en pasos, para DAP (Y_{10})	52
14	Análisis de regresión lineal múltiple en pasos, para rectitud, clase 1, recto (Y_{11})	53
15	Análisis de regresión lineal múltiple en pasos, para rectitud, clase 2, ligeramente torcido (Y_{12})	53

Cuadro No.

Página

16	Análisis de regresión lineal múltiple en pasos, para rectitud, clase 5, deforme (Y_{14})	54
17	Análisis de regresión lineal múltiple en pasos, para número de postes para cerca (Y_{17})	54
18	Análisis de regresión múltiple en pasos, para número de postes para transmisión (Y_{18})	55
19	Mediciones dasométricas por parcelas agrupadas por edad	64
20	Resumen de mediciones dasométricas por lugar, agrupadas por edad	65

Anexos

1	Identificación de las variables	81
2	Matriz de correlación total	82
19	Patrones estandar de comparación	98

LISTA DE FIGURAS

<u>Figura No.</u>		<u>Página</u>
1	Distribución geográfica de las plantaciones estudiadas	19
2	Distribución de la precipitación promedio mensual en Turrialba, Costa Rica, en el período 1944-1980 ...	20
3	Asociaciones de suelos que comprende el área de estudio	21
 <u>Anexos</u>		
3	Gráfica relativa entre las variables: fracción de suelo mayor de 100 μ (0-20 cm) y altitud	84
4	Gráfica relativa entre las variables: fracción de suelo mayor de 100 μ (20-40 cm) y altitud	84
5	Gráfica relativa entre las variables: altura total (cm) y área basal/ha (m^2)	85
6	Gráfica relativa entre las variables: porcentaje de limo (0-20 cm) y topografía	85
7	Relación entre las variables diámetro y altura, (El Sauce)	86
8	Relación entre las variables diámetro y altura, (San Juan Sur)	87
9	Relación entre las variables diámetro y altura, (Pacuare)	88
10	Relación entre las variables diámetro y altura, (Atirro, entrada)	89
11	Relación entre las variables diámetro y altura, (Guayabo)	90
12	Relación entre las variables diámetro y altura, (Diques)	91
13	Relación entre las variables diámetro y altura, (Cien Manzanas)	92

<u>Figura No.</u>		<u>Página</u>
14	Relación entre las variables diámetro y altura, (Atirro, ingenio)	93
15	Relación entre las variables diámetro y altura, (Cimarrones)	94
16	Relación entre las variables diámetro y altura, (La Isabel)	95
17	Relación entre las variables diámetro y altura, (Pacayitas)	96
18	Relación entre las variables diámetro y altura, (Centro Universitario)	97

1. INTRODUCCION

La escasez cada vez mayor de madera, la necesidad de buscar nuevas alternativas de uso de la tierra en aquellas áreas no aptas para la agricultura o ganadería, la necesidad de crear nuevas fuentes de trabajo y de producir materia prima en sitios cercanos a los centros de industrialización y mercadeo, así como la búsqueda de políticas y su implementación para aliviar la presión sobre los bosques naturales, son algunas de las razones por las que el Centro Agrícola Cantonal de Turrialba dentro del Programa de Diversificación Agrícola, inició en 1967 un plan para establecer plantaciones forestales con especies de rápido crecimiento. El Programa pudo aprovechar la investigación que al respecto había realizado el CATIE, en ese entonces CEI (Centro de Enseñanza e Investigación).

Entre las especies a plantar se escogió el *Eucalyptus deglupta* Bl., no sólo debido a la rapidez de su crecimiento, sino también por las propiedades físicas, mecánicas, de secado y preservación de su madera, que lo hacen prometedor para una gran variedad de usos. Una publicación aparecida en 1969 (37), basada en parte en las experiencias en la región de Turrialba así lo daba a entender.

No obstante que hasta el presente los resultados de plantaciones con esta especie han sido halagadores, existen una serie de problemas aún no resueltos y que ameritan estudio.

Se ha observado, por ejemplo, una evidente falta de uniformidad dentro y entre plantaciones en cuanto a características generales de crecimiento, lo mismo que algunos problemas sanitarios tales como ataque por

termites y por hormigas del género *Atta* (1, 73). También han habido problemas al establecer plantaciones en suelos aparentemente muy compactos, cuyo uso anterior había sido plantación de caña de azúcar o pastoreo. En general, hay la necesidad de conocer con mayor exactitud los factores que inciden en el comportamiento y la producción de esta especie en la zona húmeda de Costa Rica, con el fin de orientar adecuadamente a los productores y lograr un mejor aprovechamiento de sus inversiones y del terreno.

Con base en estas consideraciones se plantean como objetivos de esta investigación:

1. realizar un análisis de las distintas características de crecimiento y producción del *Eucalyptus deglupta* en distintos sitios de la zona de Turrialba;
2. identificar algunos factores edáficos significativos que inciden en el crecimiento y la adaptabilidad de la especie en estudio.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 Características generales del *Eucalyptus deglupta* Blume

2.1.1 Distribución natural

El *Eucalyptus deglupta* Blume es una especie propia del trópico húmedo. Se encuentra en forma natural entre las latitudes 10°N y 11°S y longitudes entre 118°E y 153°O y desde cerca del nivel del mar hasta 1800 m en algunas de las islas de Indonesia (Celebes, Ceram, Las Molucas, Nueva Guinea, Nueva Bretaña, Nueva Irlanda y Filipinas (Mindanao) (19, 27, 37, 43, 53, 59, 71, 75).

Crece muy bien cerca de los ríos formando masas puras tal como aparece en Celebes, Nueva Bretaña, Nueva Guinea y Filipinas (19, 37). Se observa también en las laderas púmicas del Volcán Monte Ulawan en Nueva Bretaña (19, 43). Según Davidson (19) los mejores rodales están en la parte este de Nueva Bretaña en sitios con altitudes menores de 150 m y con abundante lluvia.

Esta especie aparece formando asociaciones en los bosques secundarios de Ulamana en Nueva Bretaña, con especies tales como *Sarcocephalus* sp., *Hernandia peltata*, *Hernandia papuana*, *Terminalia* sp., *Macaranga* sp., *Mallotus* sp. En las pendientes altas del Monte Ulawan se encuentra asociada con *Casuarina* sp. Otras asociaciones las integra con *Octomeles sumatrana* cerca de las riberas de los ríos y con palmas en el Monte Ulawan (37).

2.1.2 Dendrología

El *Eucalyptus deglupta* pertenece a la familia Myrtaceae. Fue descrito por Blume en 1849. Son sinónimos *E. multiflora* (Rich) A. Gray, *E. naudiniana* F. Muell., *E. schlechteri* Diels (19, 52). Otros sinónimos son *E. versicolor* Blume, *E. binacag* Elmer (52). Algunos nombres comunes son: leda (Celebes); kamarere (Nueva Bretaña, Papua y Nueva Guinea) y Mindanao gum (Filipinas), entre otros (19, 57).

Esta especie pertenece a la categoría de árboles gigantes; se han observado árboles con alturas de 80 o más metros y diámetros cercanos a los 3 metros. El tamaño común en rodales naturales es de 35 a 60 m de altura y de 0.5 a 2 m de diámetro. El fuste es generalmente recto y cilíndrico; con frecuencia presenta gambas en especímenes que crecen en suelos aluviales e inestables y éstas pueden llegar hasta unos 3 a 4 m de altura (19, 37, 43, 73). En los primeros años de crecimiento el árbol puede mostrarse acanalado debajo de las ramas, no obstante esta excentricidad se supera con el tiempo (43).

La copa en árboles jóvenes es cónica, moderadamente abierta, pero conforme se torna más viejo ésta tiende a aplanarse. El tamaño de la misma es muy variable y está condicionada en gran parte por la competencia a sus alrededores (19).

La corteza es delgada con un grosor aproximado de 3 a 8 mm. Se cae por sectores longitudinales y es de color verde tierno cuando está fresca, tornándose después verde, gris, rosado, rojo y naranja.

El sistema radicular está compuesto por una raíz pivotante perpendicular

y ramificada. Las raíces verticales, en árboles maduros, alcanzan una profundidad aproximada de una sexta parte de la altura del árbol, en tanto que las raíces horizontales se extienden a una distancia del tronco principal de un cuarto o un tercio de la altura del árbol. En términos generales el sistema radical varía según el sitio y está condicionado por factores tales como textura del suelo, competencia entre árboles y otros (19).

Las hojas son opuestas y pecioladas cuando jóvenes, pero al madurar algunas veces se vuelven alternas, ovadas, lanceoladas hasta acuminadas. Miden de 5 a 14 cm de longitud y 2 a 7 cm de ancho aproximadamente. Son membranáceas, en contraste con muchas otras especies de eucaliptos cuyas hojas son coriáceas. No tienen el olor típico de los eucaliptos.

La posición de las hojas es horizontal lo que favorece la captación de la luz (20, 37, 43).

Las flores son blancas, pequeñas y numerosas y se presentan en umbel-
las que forman panículas terminales. En relación al período de floración, Ferguson, citado por Grijpma (37) indica que ésta tiene lugar casi todo el año, probablemente con excepción de los meses más lluviosos. Heather (43), informa que en Nueva Bretaña la floración es continua entre noviembre y marzo. En Korindal algunos árboles están siempre florecidos, pero con dos períodos de mayor intensidad, junio-julio y octubre-diciembre.

El *Eucalyptus deglupta* es una de las especies de eucaliptos con floración y fructificación más temprana; se han observado floraciones a los 3 meses de edad. En Turrialba, Costa Rica, se han registrado floraciones a los 12 meses dando semillas viables (66).

El fruto es una cápsula pedicelada, ovoide o globosa con dimensiones alrededor de 4 a 5 mm (37, 43).

La semilla es muy pequeña (10.000 a 15.000 semillas por gramo), es aplanada y alada en un extremo (1, 19, 43). Según Heather (43) puede tener un porcentaje de germinación de un 40 a un 50 por ciento, cuando se guardan herméticamente con silicagel o a bajas temperaturas.

2.1.3 Características y usos de la madera

La madera tiene un grano grueso que la distingue inmediatamente de otras especies de eucaliptos. En estado natural tiene un color atractivo que varía de pardo claro a pardo oscuro, con figuras de vetas o bandas. La albura es casi blanca y tiene generalmente un grosor de 3 a 5 cm en árboles maduros. La madera no tiene canales de resina ni anillos anuales como otras especies de eucaliptos (37, 43). Según Alcántara (2), estos anillos sí están presentes y pueden verse a simple vista, están limitados por bandas claras con distancias irregulares y son excéntricos.

En comparación con la mayoría de los eucaliptos la madera es más liviana y el peso específico aumenta con la edad del árbol (43, 70). La literatura en general señala que la madera de *E. deglupta* es fácil de secar y lo hace con pocas fallas; la preservación es relativamente sencilla y alcanza altas retenciones y penetración uniforme de las sustancias, siendo además fácil de trabajar y de durabilidad buena cuando es preservado (2, 13, 34, 37, 38, 52).

Estas características definen una variedad de usos tales como carpintería general, construcciones livianas, tableros contrachapados, revestimiento

de buques, muebles de bajo costo, postes para cercas, transmisión y construcción, puntales, separadores, construcciones de interiores y exteriores para el caso de que la resistencia no sea factor esencial, cajas, duelas y pulpa para papel (2, 13, 22, 34, 37, 53, 75).

En Costa Rica han realizado estudios sobre las propiedades físicas, mecánicas, de trabajabilidad, secado al aire y preservación de la madera de *E. deglupta*, Alcántara (2), González y Kronos (34, 35) y Van der Slooten y Llach (71), quienes han utilizado muestras de árboles de las zonas de Turrialba y San Carlos. Los resultados obtenidos han sido prometedores para diversos usos, en especial para madera redonda que es como se ha usado en Costa Rica.

González (36), analizó la industria de preservación de la madera y el mercado potencial de la misma y recomendó al Centro Agrícola Cantonal de Turrialba la instalación de una planta de impregnación a presión con capacidad de 20 m³. Este autor estimó una demanda anual de 150.000 postes para cerca y 10.000 postes para transmisión.

Shand (69) recomendó también el montaje de esta planta, por considerar que puede mantenerse económicamente siempre que se planifique en forma adecuada el manejo de las plantaciones. Según este autor, la demanda de postes tratados para cerca en Costa Rica está en el orden de los 3.6 millones por año y la de postes para transmisión en 11.000 por año, lo cual rebasaría la capacidad de producción del CACTU que podría llegar hasta unos 3 millones de postes para cercas por año. Afirma Shand, que el CACTU podría obtener en el primer raleo del *E. deglupta*, que se realiza a los tres años de edad, rendimientos entre 3.000 y 4.000 postes para cerca por hectárea,

y en el segundo raleo a los 4-6 años de edad, de 200 a 300 postes para transmisión por hectárea. Para satisfacer esta demanda debe incrementarse el área de plantaciones, la cual hasta 1979 llegaba a las 350 has aproximadamente.

2.2 Silvicultura

2.2.1 Requerimientos climatológicos

Según Davidson (19) la precipitación parece ser el factor dominante en el patrón de distribución del *E. deglupta*. La mayoría de los rodales naturales aparecen en áreas con una precipitación promedio anual que oscila entre 2.500 y 3.500 mm. No obstante en algunos sitios la precipitación alcanza los 5.000 mm. La distribución anual de las lluvias varía lógicamente según los lugares, pero en términos generales no aparece *E. deglupta* en localidades con una estación seca prolongada.

Heather (43) indica que la especie se presenta en forma natural en regiones cuya precipitación va de 3.800 a 5.100 mm, aunque podría darse en sitios con menor pluviosidad. Este autor menciona que se requieren por lo menos 2.000 mm bien distribuídos. Morel (59), señala que en Keravat, Nueva Bretaña, donde la precipitación no desciende de 150 mm por mes y con una media anual de 2870 mm los resultados de plantaciones son extraordinarios. En Lancetilla, Honduras, donde la precipitación oscila entre 2.300 y 3.300 mm, se ha introducido con éxito (17).

No obstante, Groulez (38) indica que en el Congo Brazzaville, se han obtenido buenos resultados con *E. deglupta* en dos localidades, a pesar de que ambas presentan una estación seca bien marcada.

En cuanto a temperatura óptima para el crecimiento de *E. deglupta*, en las áreas de distribución natural predominan las temperaturas altas y uniformes. En Keravat, la temperatura máxima promedio anual es de 32°C y la mínima de 23°C; en Papua, Nueva Guinea, la temperatura máxima promedio es de 30.1°C y la mínima de 24°C (59). En zonas donde se ha introducido, se consignan temperaturas menores: en El Salvador (12), de 27°C como máxima a 15°C como mínima, y en Turrialba, Costa Rica, temperaturas de 27°C como máxima y 17°C como promedio de mínima anual (14).

En lo que a humedad relativa se refiere, en las zonas de distribución natural se dan porcentajes entre 75 a 90 % (58).

2.2.2 Requerimientos de sitio

Según la literatura, en términos generales el género *Eucalyptus* es exigente de suelos, principalmente en lo que a características físicas y mecánicas se refiere, más que a las propiedades químicas o de fertilidad (7, 16, 38, 51, 64, 66, 75, 76). Terrenos profundos, húmedos pero bien drenados, de mediana textura y del tipo areno-humífero a humífero, son los más adecuados para un buen crecimiento (16). Los suelos pesados, arcillosos, aunque sean muy fértiles están en segundo término con relación a los livianos. Los impermeables son desechados por los bajos rendimientos y mala calidad de las plantaciones, según afirma Ferguson citado por Grijpma (37).

En las áreas de distribución natural, crece en suelos aluviales tal y como aparece en Filipinas y Celebes (43). Se encuentra también en suelos coluviales y de cenizas volcánicas (41, 43).

Shimizu (70), anota que la regeneración natural de esta especie se restringe a áreas perturbadas por deslizamientos de tierra, devastadas por volcanes, corrientes de ríos o abandonadas por agricultura nómada. Ahí se forman rodales puros que luego son invadidos por otras especies tales como *Pometia pinnata*. Resalta este autor, la importancia del drenaje.

Salazar (66), indica la selección del sitio como factor primordial para el establecimiento de plantaciones, si se quieren obtener resultados económicos y aceptables, antes que pensar en fertilizaciones. Este autor señala como óptimos los suelos que no hayan sido usados recientemente o que provengan de bosques, ya que estimulan el crecimiento inicial, siempre y cuando reunan buenas condiciones físicas. Whitmore y Macía (76), también destacan la importancia de utilizar sitios recientemente perturbados.

2.2.3 Manejo de plantaciones y rendimiento de la especie

Cuando las plantas alcanzan en el vivero entre 25 y 30 cm de altura, lo cual se logra en un término aproximado de 2 a 3 meses, están listas para pasarse al campo (37).

Como el *E. deglupta* es exigente de luz, (43), debe eliminarse toda vegetación existente en el terreno a plantarse. Esto se hace generalmente por corta a matarrasa, frecuentemente seguido por quema, o bien por aplicación de herbicidas (43, 21).

En cuanto a la distancia de siembra, como se trata de una especie de rápido crecimiento, conviene usar un distanciamiento amplio si no está previsto utilizar los productos de raleo.

Con el propósito de bajar los costos de mantenimiento y obtener mejor provecho del terreno, algunos autores sugieren sembrar el *E. deglupta* a un espaciamiento amplio pero cubriendo el suelo con otras especies tales como *Leucaena glauca*, un abono verde arbustivo, como lo recomienda Ferguson citado por Grijpma (37), o con otras especies forestales de crecimiento más lento (28), o bien asociado con cultivos agrícolas perennes (43) o temporales bajo el sistema conocido como taungya (11).

En todo caso, el espaciamiento dependerá en gran parte de los fines de la plantación (68). Por ejemplo, en la zona Atlántica de Costa Rica se plantó *E. deglupta* a 1 por 1.25 m; 1.25 por 1.50 m y 1.50 por 1.75 m, con el propósito de producir puntales para plantas de banano. A los 9 meses las plantas alcanzaron una altura total de 6.0, 5.8 y 5.6 m respectivamente, según lo consigna Nanne, citado por Aguirre (1).

Si el objetivo inmediato es la obtención de postes de cerca y el final postes de transmisión, Cozzo (16) recomienda sembrar en densidades de 1.200 a 1.600 árboles por hectárea, tal y como se ha sembrado en Turrialba, Costa Rica.

En Lancetilla, Honduras, Chable (17) menciona que *E. deglupta* a los 3 años de edad alcanzó 15.8 m de altura y 15 cm de diámetro como promedio, en una plantación con un espaciamiento de 4.5 por 4.5 m. Esa plantación produjo 134 estéreos/ha (m^3 de madera apilada de leña), pero se calcula que si se reduce el espaciamiento a 3.6 por 3.6 m es posible obtener un mínimo de 172.9 estéreos/ha.

En Papua, Nueva Guinea en el sitio Bakú, Valle Gogol, se hicieron ensayos de espaciamientos a 1.80 por 1.80; 2.40 por 2.40; 3 por 3 y 3.60 por

3.60 m. A los 5 años resultó que en las dos primeras distancias hubo alta mortalidad, lo cual no sucedió a 3 por 3 y 3.60 por 3.60 que dieron volúmenes de 250 y 150 m³/ha respectivamente (51).

En Colombia, Departamento de Nariño se hicieron ensayos con *E. deglupta* procedente de Filipinas y se obtuvieron los siguientes crecimientos acumulados en altura hasta el cuarto año: 1.20; 2.00; 3.10 y 5.80 m. En esta zona la precipitación oscila entre 2.800 y 4.500 mm y la temperatura media es de 25°C (61).

Es común obtener un crecimiento promedio de 3 m de altura por año durante los primeros 10 años. En diámetro el promedio de crecimiento por año es de 2.5 cm aproximadamente (30).

Ugalde (73) en Florencia Sur, Turrialba, Costa Rica, obtuvo a la edad de 3.5 años un diámetro promedio de 10 cm y un incremento medio anual para DAP de 2.8 cm y para altura total un promedio de 13.4 cm con un IMA de 3.8 m, en sitio clasificado como clase 1 según la metodología de Jadán (48). El área basal alcanzó valores promedio de 11.3 m²/ha, con un IMA de 3.2 m²/ha/año. En volumen se obtuvo un promedio de 89.1 m³/ha con un IMA de 25.5 m³/ha/año, esto en una plantación de 3.5 años de edad y a una distancia de siembra de 2.75 por 2.75 aproximadamente.

En el Cuadro 1, tomado de Ugalde (73) pueden observarse datos de rendimiento de algunas parcelas experimentales de *E. deglupta* en diferentes lugares. Otros datos de rendimiento en plantaciones son las indicadas por Barnard (5) en Malasia, que anota alturas promedio de 34 m en árboles de 15 años, con un incremento medio anual de 2.25 m y un DAP promedio de 21 cm, plantados en el Instituto de Investigación Forestal de Malasia situado

Cuadro 1. Datos de rendimientos de algunas parcelas experimentales de *Eucalyptus deglupta* Bl. 1/.

País	Edad (años)	N° árboles por ha N	Diámetro		Area basal		Altura	
			\bar{d} (cm)	IMA (cm/año)	m^2^G (m ² /ha)	IMA (m ² /ha/año)	\bar{h} (m)	IMA (m/año)
Keravat, Nueva								
Bretaña	4	434			11,2	2,8	26,5*	6,7*
"	4	434			9,8	2,5	26,5*	6,7*
"	4	412			11,0	2,7	27,2*	6,8*
"	4	421			8,9	2,2	25,9*	6,5
Keravat, Nueva								
Bretaña	5	306	28,2 ⁺	5,6 ⁺	13,3	2,7	27,0*	5,4*
"	8	259	33,3 ⁺	4,2 ⁺	14,4	1,8	31,0*	3,9*
"	12	133	43,7 ⁺	3,6 ⁺	16,7	1,4	46,0*	3,9*
"	16	86	48,7 ⁺	3,0 ⁺	17,4	1,1	49,0*	3,1*
Malaya								
"	6		12,5	2,1			16,5	2,8
"	10		19,0	1,9				
"	11						23,5	2,1
"	14		23,9	1,7				
"	14		39,9	2,9			32,0	2,3
Surinam								
"	3		8,6	2,8			13,5 ^x	4,5 ^x
"	4		12,8	3,2			15,6 ^x	3,9 ^x
Honduras								
"	5	470	18,0 ^x	3,6 ^x	9,0	1,8	20,0 ^x	4,0 ^x
"	9	480	26,0 ^x	2,9 ^x			27,0 ^x	3,0 ^x
"	10	400	30,0 ^x	3,0 ^x			26,0 ^x	2,6 ^x
Costa Rica								
"	1,8	1.600	6,9	3,8	6,1	3,4	8,2	4,5
"	1,8	1.111	7,1	3,9	4,4	2,4	8,0	4,4
"	5,2	820	13,7	2,6	12,1	2,3	17,8	3,4
"	8,8	270	25,3	2,9	13,6	1,5	22,3	2,5
"	8,8	360	28,0	3,2	22,2	2,5	27,9	3,2
"	9,2	610	21,8	2,4	26,3	2,8	26,3	2,8
"	7,0	1.150	14,3	2,0	22,6	3,2	21,5	3,1

* : Altura promedio de los árboles dominantes.

+ : Diámetro promedio de 50 árboles seleccionados/ha. Parcelas en excelentes condiciones.

x : Promedios obtenidos en base a árboles dominantes y codominantes.

a una altitud de 76.2 m s.n.m. En un sitio pobre y seco, árboles selectos dominantes alcanzaron un promedio de 16.5 m de altura y un IMA de 2.74 a los 6 años de edad, y un DAP de 14.3 cm. Burgers (12) menciona que en Indonesia se han obtenido $34 \text{ m}^3/\text{ha/año}$.

Lane Poole citado por Heather (43) informa que en Korindal, Nueva Bretaña el rendimiento de un bosque natural de *E. deglupta* ascendió a $920 \text{ m}^3/\text{ha}$ y el volumen promedio de los árboles individuales era de 46.4 m^3 .

Para mantener las plantaciones en forma óptima, y sacar mejor provecho de ellas, es preciso efectuar una serie de prácticas. Entre ellas tenemos las limpiezas, especialmente durante el primer año, para evitar la competencia con las malas hierbas. En Turrialba, Costa Rica, se efectúan generalmente cuatro limpiezas cada 3 meses durante el primer año; en el segundo año se realizan 2 limpiezas y luego una por año según sea la necesidad. *

Otra práctica importante son los aclareos, que se realizan fundamentalmente con el objetivo de mantener el crecimiento de los árboles remanentes, al mismo tiempo que se pretende obtener productos económicamente rentables de cada raleo. El régimen de aclareos a aplicarse dependerá de los objetivos de la plantación y su densidad inicial, del posible mercado de sus productos y obviamente de factores biológicos que determinan un mejor rendimiento de la masa (73). En Turrialba, en plantaciones hechas a un espaciamiento de 2.5 por 2.5 m se efectuó un primer raleo a los 3 años cortando 1.000 árboles por ha, de los cuales se estima que se pierden alrededor de 100 por fallas o por ser árboles improductivos. El resto se

* Comunicación personal del Ing. Rodolfo Salazar F., Ex-codirector de Diversificación Agrícola de Turrialba, 1977.

utiliza en puntales para banano y postes.

A los 6 años se efectúa un segundo raleo y se extraen cerca de 450 árboles por ha. Se estima una producción por árbol de un poste de 9.14 m y dos de 2.15 m. En la plantación quedan 150 árboles selectos por ha para producir madera de aserrío o postes a los 12 años de edad aproximadamente (67).

En cuanto a podas, éstas raramente se realizan ya que esta especie tiene la característica de autopoda (31).

En lo que a fertilización se refiere, tanto Salazar (66) como Johanning (49) coinciden en que el *E. deglupta* plantado en un sitio adecuado no requiere fertilización para dar un buen rendimiento. En estas condiciones la aplicación de abonos no es rentable.

2.2.4 Daños frecuentes en plantaciones

En sus primeros años el árbol tiende a ser quebradizo, por lo que no resiste vientos fuertes (17, 53). Este daño ha sido observado ocasionalmente en Turrialba donde el viento quebró ramas a la altura de las axilas, provocando orificios hasta el centro del tronco.

Otro daño que a veces se observa es que el brote terminal de algunas plantas es destruido por pájaros o quebrado por los vientos, lo que puede ocasionar brotes dobles (37).

Quizá la plaga más seria que afecta al *E. deglupta*, es el comején o termite. Se han observado daños tanto en plantas jóvenes como en maduras; en éstas queda muchas veces un anillo de madera sólida, alrededor de un

corazón infestado. Según Heather este daño puede detectarse por la observación de protuberancias en la corteza del árbol (43); Ugalde (73), afirma no haber observado este rasgo en árboles enfermos en Turrialba, pero sí pudo asociar los árboles atacados por termitas con una coloración amarillo-anaranjado pálido de la corteza en la base del árbol principalmente. En Costa Rica este daño también ha sido observado en San Carlos (37) en árboles que se tumbaron para analizar las propiedades de su madera.

En Turrialba, Holsten, citado por Aguirre (1) encontró plantaciones de 2 a 5 años atacadas por el termita subterráneo *Coptotermes niger* Snyder. Harris (42) indica que este daño se presenta generalmente cuando los eucaliptos crecen en sitios subóptimos.

Otro insecto que ataca principalmente las plantaciones jóvenes, es la hormiga cortadora del género *Atta*, que puede causar daños de consideración. Para su control se utiliza mirex, un formicida granulado (37).

White y Cameron (75) mencionan los ataques a plantaciones por el caracol gigante *Achatina fulica* Bowdich, en Papua, Nueva Guinea destruyendo las plantas jóvenes especialmente.

En Kepong, Malaya, se ha observado ataques en plantaciones jóvenes por *Zeuzera coffeae*, cuyas galerías son ocupadas a veces por hormigas y termitas (37).

La marchitez del brote terminal ("die back"), seguido por el ataque de hongos, es otro tipo de daño que puede presentarse. Este problema ha aparecido en Nigeria según lo describe Parker citado por Grijpma (37), y su causa principal ha sido el deficiente sistema radical de las plantas,

debido al tipo de recipiente utilizado en el vivero y al método de plantación. En plantaciones experimentales en Turrialba, se han presentado los mismos fenómenos, es decir, la marchitez del brote terminal seguido del ataque de hongos y formación de cáncer.

2.3 Introducción de la especie en Costa Rica

De acuerdo con Gewald (30) a partir de 1965 se iniciaron una serie de ensayos con el género *Eucalyptus* en Costa Rica. Se realizaron en el CTEI (Centro Tropical de Enseñanza e Investigación), hoy CATIE, en Turrialba. Entre las especies que resultaron prometedoras estaba el *E. deglupta*, por lo que se continuaron los ensayos a través de un proyecto de FAO, principalmente en la Meseta Central y en las tierras bajas del Pacífico (3).

Los lotes originales de semilla se importaron de Goroko, Papua, Nueva Guinea (30). En vista de que la producción de semillas viables se da desde los 3 a 4 años o menos, las plantaciones subsiguientes se hicieron con semillas locales.

Se habla de dos variedades, una de corteza rosada y otra de corteza verde. La de color verde presenta mejor forma y la de corteza rosada un crecimiento más rápido. Se cree que el cruce de ambas dio origen al llamado "híbrido", que es el que se ha sembrado comercialmente en Turrialba, Costa Rica. Este problema de todas maneras requiere de más investigación (30).

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Localización del área de estudio

El área objeto de estudio se encuentra localizada en las inmediaciones de Turrialba, Costa Rica en la zona escogida para desarrollar el Programa de Diversificación Agrícola.

En el mapa de la Figura 1 se pueden localizar las plantaciones estudiadas.

3.2 Aspectos generales del clima

Tomando como referencia la estación metereológica del CATIE, cuya ubicación corresponde a $9^{\circ} 53' 34''$ de latitud norte y $83^{\circ} 83' 17''$ de longitud oeste y con una altitud sobre el nivel del mar de 601 m, las características predominantes del clima son las siguientes:

- temperatura promedio anual 22.3°C con una máxima promedio anual de 27.0°C y una mínima promedio anual de 17.7°C ;
- temperatura promedio del mes más frío: 21°C (enero) y del mes más caliente: 23.2°C (junio);
- precipitación promedio anual 2639 mm (14).

La distribución de la precipitación promedio mensual correspondiente al período de observaciones comprendido entre 1944 y 1980, puede observarse en la Figura 2. La época más lluviosa comienza en mayo y termina en diciembre que es el mes con el promedio mayor de precipitación (333 mm). Marzo es el mes más seco con un promedio de 69.8 mm.

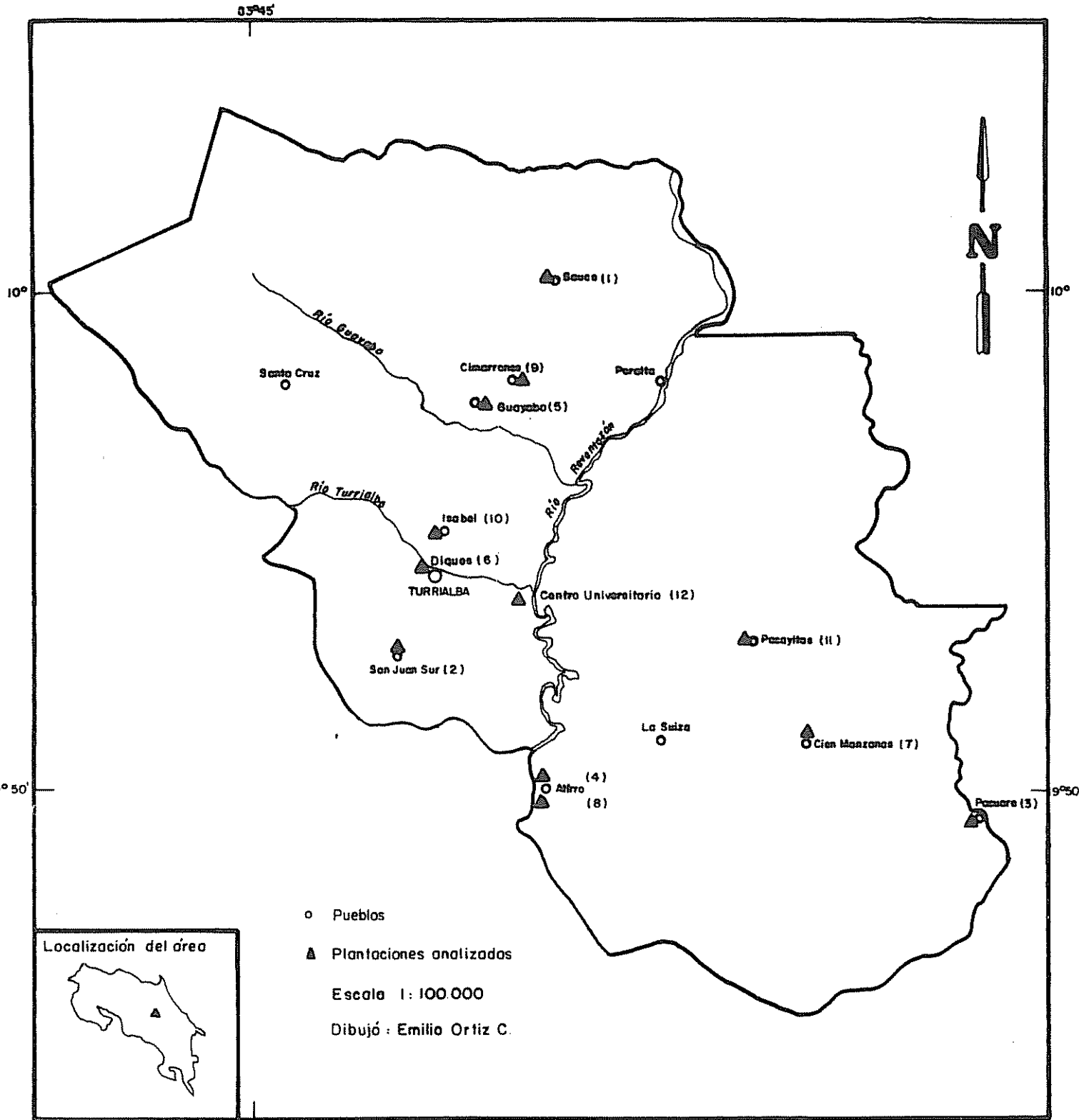


Fig.1. Distribución geográfica de las plantaciones estudiadas

La humedad relativa promedio anual es de 87.6%. El brillo solar diario promedio es de 4.56 horas de sol. El promedio anual de radiación es de 157.692 cal/cm² y el promedio anual de evaporación es de 115,0 mm (14).

La zona de vida predominante en el área de estudio corresponde a bosque muy húmedo premontano, de acuerdo a la clasificación de Holdridge (44).

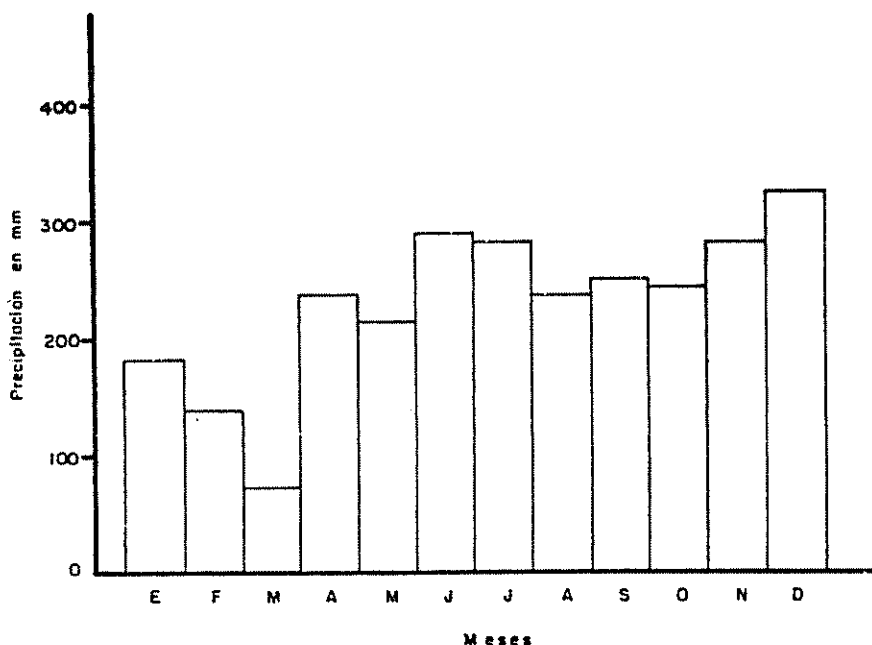


Fig.2 Distribución de la precipitación promedio mensual en Turrialba, Costa Rica, en el período 1944 - 1980

3.3 Suelos

De acuerdo con Ibarra *et al* (46) las asociaciones de suelos presentes en el área de estudio fueron delimitadas con base en las formaciones geológicas, la uniformidad del relieve y la evolución geomorfológica. El mapa de la Figura 3 muestra 9 asociaciones de suelos, con plantaciones de *E. deglupta* en 6 de ellas.

La geomorfología del área está definida por tres grandes unidades diferentes según su origen y edad: depósitos marítimos antiguos, materiales

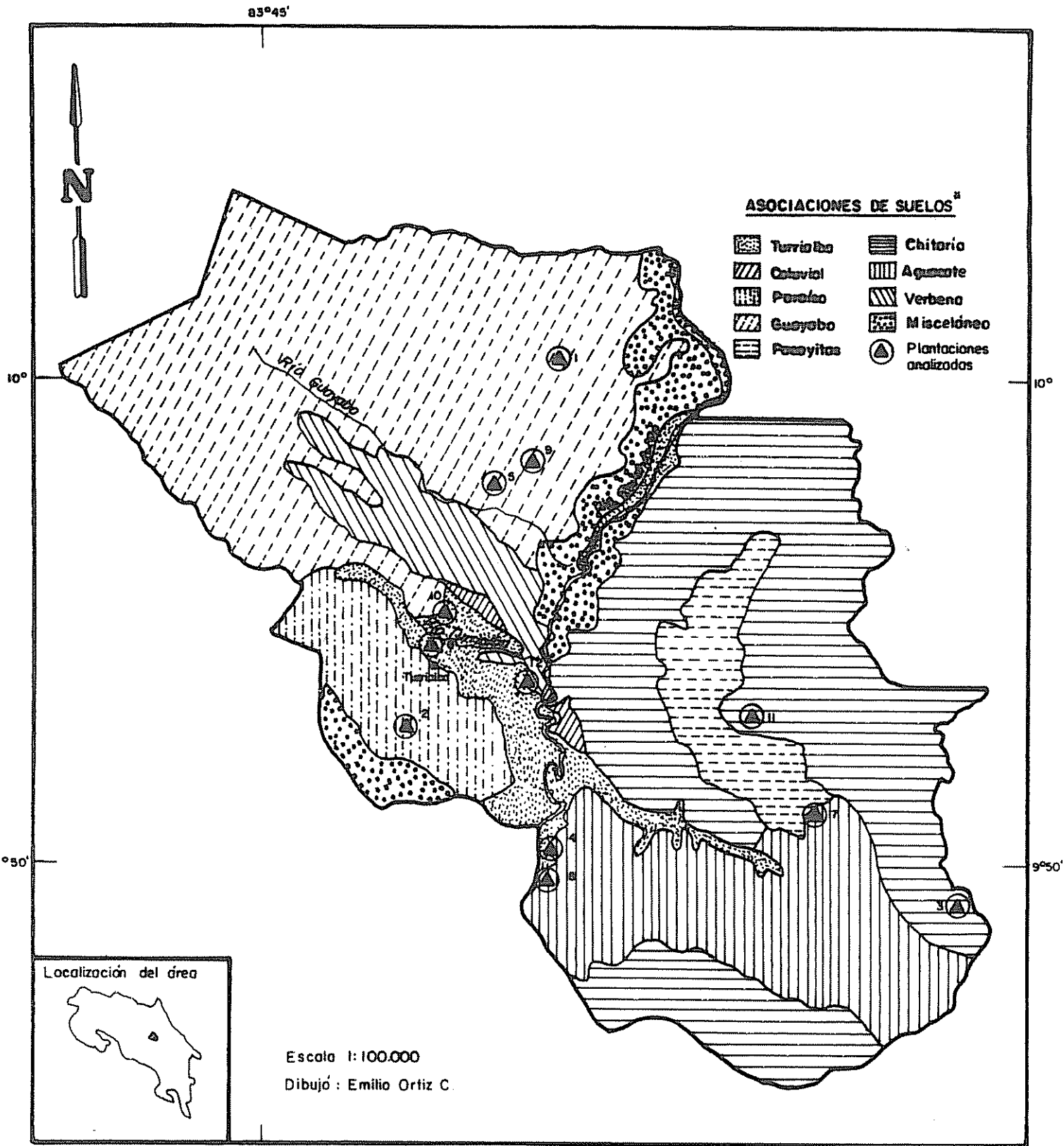


Fig. 3. Asociaciones de suelos que comprende el área de estudio

* Tomado de Ibarra et al (46)

volcánicos y aluviones. Los materiales volcánicos (lavas y lahares) cubren la mayor parte del área. Las formas topográficas alomadas y redondeadas que predominan en el área, son típicas de las coladas de lava, mientras que los lahares predominan en los paisajes de deslizamiento. El principal depósito de aluviones se inicia en la confluencia de los ríos Pejibaye y Reventazón y ocupa todo el valle de Turrialba. Se presume que buena parte del valle era en algún momento un antiguo lago (46).

Las unidades más importantes desde el punto de vista agrícola y dentro de las cuales aparecen las plantaciones en estudio son:

- Asociación Turrialba, con suelos aluviales de origen fluvio lacustre, con textura predominantemente pesada y frecuentes problemas de drenaje;
- Asociación Paraíso, donde se distinguen suelos rojos con avanzado proceso de laterización y otros suelos negros recientes desarrollados sobre una capa de ceniza, con fertilidad y propiedades físicas buenas;
- Asociación Guayabo con suelos formados por lahares, lavas y sobre capas de ceniza. Los suelos de las partes bajas están desarrollados sobre lahares y rocas sedimentarias y su valor agrícola es menor debido a las limitaciones de la topografía;
- Asociación Pacayitas (I), los suelos se encuentran localizados sobre una cresta que presenta un relieve muy escarpado. Son más o menos excesivamente drenados y están cubiertos por bosques y pastos. La fertilidad aparente es buena;

- Asociación Chitaría, suelos desarrollados sobre lahares, con topografía singular que, unida a una textura pesada, sufren muchas veces problemas de drenaje;
- Asociación Aguacate, con suelos desarrollados sobre material volcánico viejo; tienen colores rojizos y su drenaje es excesivo. Las pendientes varían y en muchos casos constituye una limitación al uso de la tierra. La textura es de mediana a fina y la fertilidad puede ser de moderada a baja (46).

3.4 Plantaciones estudiadas y sistema de muestreo

Para el presente estudio se incluyeron 20 parcelas provenientes de 12 plantaciones (tomadas del registro de Diversificación) que cumplían con los siguientes criterios de selección:

- edad mínima: 2 años;
- sin haber sido raleadas;
- sembradas con plántulas provenientes del vivero de Diversificación Agrícola, del llamado "híbrido" (el cual se trata aparentemente de un cruce de dos procedencias, una de Nueva Bretaña que presenta corteza verde, y la otra del Río Kigara, Papua Nueva Guinea, de corteza morada)*;
- distancia aproximada de siembra 2.5 m x 2.5 m;
- igual régimen de manejo, que consistió en cuatro limpiezas durante el primer año de plantación, cada tres meses aproximadamente; dos limpiezas

* Comunicación personal. Ing. Rodolfo Salazar F., Ex-codirector de Diversificación Agrícola de Turrialba, 1977.

en el segundo año y en los años subsiguientes una por año. Todas las plantaciones se mantuvieron sin fertilización.

Algunas plantaciones se subdividieron en 2 o más parcelas, según las características de crecimiento que a simple vista se observaran dentro de la misma plantación. Es decir, aquellas secciones de un mismo rodal con crecimiento aparentemente inferior o con otras características indeseables como amarillamiento o árboles deformados, se midieron por separado con el propósito de determinar si existían o no diferencias significativas de suelos que pudieran originar tales contrastes en el crecimiento.

El área total cubierta por las plantaciones en estudio fue de 50 ha aproximadamente.

3.4.1 Sistema de muestreo

Para las mediciones dasométricas, se aplicó la técnica de muestreo secuencial de Stein (72), la cual se realiza en dos etapas. Se efectúa un muestreo preliminar con el objeto de estimar el tamaño de muestra definitiva, tal que los parámetros tengan límites de confianza razonables. En este muestreo se consideraron tres fincas escogidas al azar y 50 individuos escogidos también al azar en cada una de ellas. Se tomaron datos de altura total y DAP.

Para determinar el número de observaciones necesarias para lograr una precisión dada (desviación estandar del promedio) se utilizó la fórmula:

$$n = \frac{t^2 s^2}{d^2}$$

donde:

n = tamaño de la muestra definitiva.

t = valor tabular con el nivel de significancia deseado.

d = precisión deseada.

s^2 = varianza de la característica con mayor variabilidad. Se calcula a partir de n_1 observaciones.

Por ejemplo, en El Sauce resultó $n = 25$ cuando el error de la media es 10% de su valor promedio y $n = 49$ si el error de la media es de 5% de su valor.

Para el DAP, resultó $n = 60$, cuando el error de la media es 10% de su valor promedio y $n = 121$ si el error de la media es 5% de su valor. Esto induce a una presión de muestreo equivalente al 10% de la población actual de la plantación considerada. Según sea el caso en algunas plantaciones se usarán presiones de 5% y 2% por razones económicas dado el tamaño de la plantación.

Se tomó como referencia para realizar el muestreo definitivo la " n " proveniente de la característica que mostró mayor variabilidad, en este caso el DAP.

El Cuadro 1 ofrece en forma escueta las características de las plantaciones estudiadas, su edad, el área que cubren y la intensidad de muestreo aplicada en cada una de ellas,

La toma de la muestra definitiva se hizo en forma sistemática, con el objeto de cubrir lo más uniformemente posible la población. Se dejaron de considerar fajas de cuatro árboles a los bordes para evitar este efecto,

Cuadro 2. Características de las parcelas estudiadas correspondientes a 12 plantaciones.

No.	Lugar	Edad en meses	Masa actual/ha* No. arboles/ha	Area total de la Parcela, has	Intensidad de muestreo, %
1	Sauce	60	1185	5.00	2
2	Sauce	60	1351	0.70	10
3	Sauce	60	1040	0.53	10
4	Sauce	60	1000	1.00	5
5	San Juan Sur	48	1524	3.00	2
6	Pacuare	38	1472	3.00	2
7	Pacuare	38	1472	1.00	5
8	Pacuare	38	1216	0.30	10
9	Atirro, ent.	39	1521	2.50	2
10	Atirro, ent.	39	1338	0.87	10
11	Guayabo	40	1131	4.38	2
12	Diques	31	1280	0.31	10
13	Cien Manzanas	27	1328	7.50	2
14	Cien Manzanas	27	1361	0.72	10
15	Atirro, ingen.	29	1526	1.10	5
16	Atirro, ingen.	29	1388	2.00	2
17	Cimarrones	28	1292	0.62	10
18	La Isabel	24	1530	5.00	2
19	Pacayitas	26	1072	1.65	5
20	Centro Universitario	24	1552	0.96	10

$$* \text{ Masa actual/ha} = \frac{\text{No. árboles medidos}}{\text{No. árboles medidos} + \text{No. de fallas}} \times 1.600$$

(A la distancia de 2.5 X 2.5 m hay 1.600 árboles por ha).

y se tomaron medidas cada tres, cinco o diez árboles según el tamaño de la plantación e intensidad de muestreo aplicada, siguiendo las líneas de siembra.

En el muestreo de suelos se colectaron muestras compuestas de 15 a 25 submuestras, según el tamaño de la población considerada (65).

Las muestras se recogieron con barreno y a unos 20 cm de distancia del árbol. Se tomaron muestras a dos profundidades de 0-20 cm y de 20 a 40 cm, siguiendo líneas en forma de zig zag atravesando la parcela. Una vez secadas y homogenizadas se sometieron a los análisis físicos y químicos que posteriormente citaremos:

3.5 Variables consideradas en el estudio y mediciones realizadas

3.5.1 De los rodales

3.5.1.1 Edad de la parcela. Este dato se consignó de los registros de Diversificación Agrícola.

3.5.1.2 Altura total. Se midió con hipsómetro de Blume Leiss.

3.5.1.3 Altura comercial. Se estimó hasta la altura del fuste considerada comercial, o sea hasta un diámetro mínimo aproximado de 5 cm, o bien hasta donde hubiese una bifurcación o malformación que impidiesen su utilización. La medición se hizo con hipsómetro de Blume Leiss.

3.5.1.4 Diámetro a la altura de pecho DAP (diámetro de un árbol a 1.30 m sobre el nivel medio del suelo). Se midió con cinta diamétrica.

3.5.1.5 Area basal por hectárea. Se calculó en función del DAP, y la masa actual/ha.

Para determinar el área basal por árbol se emplea la fórmula:

$$\begin{aligned} \text{Area basal en m}^2 &= \pi r^2 \\ &= \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 \\ &= \frac{\pi}{4} D^2 \\ &= 0.7854 D^2 \times 10^{-4} \text{ donde } D \text{ es en cm. (54).} \end{aligned}$$

Area basal promedio por árbol se calcula mediante la fórmula:

$$\bar{g} = \frac{\sum g}{n} \text{ donde}$$

$\sum g$ = suma de todas las áreas basales de los árboles medidos

n = número de árboles medidos

Area basal/ha = \bar{g} x masa actual/ha de la plantación

3.5.1.6 Sobrevivencia. Se detectó el número de fallas, con el propósito de conocer la masa actual/ha, o sea la relación entre:

$$\text{masa actual/ha} = \frac{\text{número de árboles medidos}}{\text{número de árboles medidos} + \text{número de fallas}} \times 1600$$

donde: 1600 = número inicial de árboles/ha

3.5.1.7 Número posible de postes para cerca de 2.1 m por hectárea se calculó a partir de la altura comercial.

3.5.1.8 Número posible de postes para transmisión eléctrica de 9.1 m por hectárea. Calculado también a partir de la altura comercial y de acuerdo a la relación: $\frac{\Sigma \text{ de \# de postes completos por árbol}}{\text{número de árboles vivos medidos}} \times \text{masa actual/ha}$ (no. árb./ha)

3.5.1.9 Rectitud del fuste. Se codificó con los números de 1 al 5, siendo el número 1 = recto y 5 = deforme.

3.5.1.10 Bifurcaciones. Se observaron árboles con y sin bifurcaciones para detectar porcentajes. Se consideró como bifurcación, la división del fuste arriba del DAP.

3.5.1.11 Aspectos de sanidad. Árboles que se observaron con amarillamiento o corteza con protuberancias, se consideraron enfermos.

3.5.2 Del sitio

3.5.2.1 Altitud en metros sobre el nivel del mar. Medida con altímetro.

3.5.2.2 Topografía. Medida como grado de pendiente promedio de la plantación. En aquéllos casos de topografía variada se midió en diferentes puntos y se estimó el promedio. La medición se hizo con clinómetro.

3.5.2.3 Suelos. Los parámetros físicos y químicos que a continuación se enumeran se escogieron con base en las experiencias de Jadán (48), Salazar (66), Johanning (48) y en algunos casos partiendo de la hipótesis de que podrían ser significativos en el crecimiento de la especie, por observaciones hechas en el campo, como sucede con la penetrabilidad o con la distribución de partículas.

a) Características físicas

- % de arena
- % de limo
- % de arcilla
- fracción > y < de 100 μ
- fuerza de penetración en kg/cm^2 . Se midió con penetrómetro estático, marca Chatillón 719-40, a profundidades de nivel del suelo y a 20 cm
- densidad de partículas g/cc
- humedad gravimétrica

Todos estos análisis se realizaron según la metodología expuesta por Forsythe (29).

En el Cuadro 6 del capítulo 4, pueden verse los resultados obtenidos.

a) Características químicas

- pH. Se siguió la técnica descrita por Peech (62).
Se determinó el pH en agua y solución de CaCl_2 1N.
- **Materia orgánica.** El análisis de materia orgánica se hizo de acuerdo con la técnica propuesta por Saiz del Río y Bornemisza (65) basada en el método de Walkley y Black.
- **Nitrógeno total.** El análisis de nitrógeno total se realizó por el método semi-micro Kjeldahl según Díaz-Romeu (23).
- **Fósforo disponible.** Se determinó por el método de Olsen (60) modificado por Hunter (44).

- Bases cambiables. Ca, Mg y K se determinaron por el método Díaz-Romeu y Balerdi (24).
- Capacidad de intercambio catiónico. Se determinó por el método de acetato de amonio descrito por Díaz-Romeu y Balerdi (24).
- Relaciones: Ca/Mg, Mg/K, $\frac{Ca + Mg}{K}$

Los resultados se presentan en el Cuadro 7 del capítulo 4.

3.6 Análisis de la información

3.6.1 Se realizó un análisis de correlación de Pearson incluyendo todas las variables consideradas en el estudio, con el fin de encontrar las relaciones más altas entre las mismas. Los resultados de este análisis se encuentran en el Cuadro 8 del capítulo 4 y en el Anexo 1.

A partir de este análisis se detectaron aquellas variables de sitio más altamente correlacionadas con las variables dasométricas y se procedió entonces a un análisis de regresión lineal múltiple, en pasos, obteniéndose para cada variable dasométrica las variables de sitio significativas (ver Cuadros 9 al 18 del capítulo 4).

3.6.2 Se analizaron las distintas características de crecimiento de las plantaciones, estratificadas según su edad, en términos de las variables dasométricas, a través de la estimación de los parámetros, mediante proceso de inferencia basado en los límites de confianza de los estimadores para cada una de esas variables, Cuadros 3, 4 y 5 del capítulo 4 de resultados.

4. RESULTADOS

4.1 Análisis de las variables dasométricas medidas

El Cuadro 3 presenta los lugares considerados en el estudio con las edades de las plantaciones y el número de árboles por hectárea al momento de la medición. Presenta a su vez en detalle las variables dasométricas medidas. Se indica para cada una de ellas el promedio, los valores mínimo y máximo, la moda y el coeficiente de variación. El rango de edades osciló entre 24 y 60 meses y la masa actual o número de árboles/ha varió entre 1072 y 1552. El promedio de altura total varió entre 11.8 m en plantación de 60 meses y 4.1 m en plantación de 26 meses; no obstante se dio el caso de plantaciones con 24 meses que alcanzaron alturas promedio de 9.7 y 8.3 metros y plantaciones con 31 y 38 meses, que alcanzaron alturas promedio superiores a los 11 metros. El coeficiente de variación para altura total más alto fue de 51.7 % y el menor lo fue de 20.7 %.

En altura comercial el mayor promedio obtenido correspondió a 10.3 m en San Juan Sur, plantación de 48 meses de edad y el menor fue de 4.3 m en Pacayitas, plantación de 26 meses. Los coeficientes de variación oscilaron entre 46.4 % y 27.9 %.

En lo que respecta a DAP el mayor promedio fue de 11.3 cm en plantación de 31 meses y el menor fue de 3.3 cm en plantación de 26 meses. Hubo plantaciones de sólo 24 meses que alcanzaron entre 7.8 y 8.8 cm de DAP. Los coeficientes de variación para DAP oscilaron entre 59.4 % y 22.1 %.

En área basal/ha el máximo obtenido correspondió a plantación de 31

Cuadro 3. Análisis de las variables dasométricas.

No.	Lugar	Edad Meses	Masa Actual No. Arboles/ha	Altura total, metros				Altura comercial, metros					
				\bar{X}	Min.	Max.	Moda	CV, %	\bar{X}	Min.	Max.	Moda	CV, %
1	El Sauce	60	1141	11.8	3.0	26.5	12.0	32	9.5	3.0	22.5	4.0	39
2	San Juan Sur	48	1524	11.5	3.3	18.0	12.0	27	10.3	5.0	16.1	10.0	28
3	Pacuare	38	1140	11.6	4.0	18.0	12.0	25	9.7	2.0	18.0	10.0	35
4	Atirro entrada	39	1464	8.5	2.0	16.0	12.5	39	6.2	2.0	13.5	2.5	46
5	Guayabo	40	1131	7.1	3.5	12.5	7.0	29	5.4	3.0	9.8	5.0	34
6	Diques	31	1280	11.3	2.5	15.0	11.0	21	7.4	2.0	12.5	7.0	31
7	Cien Manzanas	27	1350	6.7	1.0	28.0	7.0	49	5.8	1.3	14.0	7.0	33
8	Atirro ingenio	29	1449	7.1	1.5	16.0	6.0	52	6.0	2.0	12.3	8.0	45
9	Cimarrón	28	1292	10.3	2.4	14.8	12.0	24	6.8	2.0	10.5	8.0	29
10	La Isabel	24	1530	8.3	2.0	13.0	8.0	29	5.8	2.0	10.0	4.0	29
11	Pacayitas	26	1072	4.1	2.0	10.0	3.0	45	4.3	3.0	6.2	3.0	28
12	Centro Uni- versitario	24	1552	9.6	4.5	13.5	10.5	21	6.4	2.0	11.5	6.0	28

Continúa.....

Cuadro 3. Análisis de las variables dasométricas.

Nº	Lugar	Edad Meses	Masa actual Nº Arboles/ha	DAP, cms			Area basal de superficie muestreada, m ²			Area basal m ² /ha				
				\bar{X}	Min.	Max.	Moda	CV, %	Min.		Max.	Moda	CV, %	
1	El Sauce	60	1141	10.0	2.3	19.3	5.5	40	0.00911	0.00033	0.06651	0.00283	88	14.5
2	San Juan Sur	48	1524	10.0	3.5	19.5	8.5	39	0.01103	0.00096	0.06700	0.00567	101	16.5
3	Pacuare	38	1140	9.0	1.0	18.0	7.0	38	0.00814	0.00008	0.11074	0.00385	130	13.0
4	Atirro entrada	39	1464	7.1	2.0	15.3	4.9	42	0.00490	0.00031	0.02714	0.00189	88	7.8
5	Guayabo	40	1131	6.6	2.8	11.0	6.8	29	0.00367	0.00018	0.00866	0.00363	59	5.9
6	Diques	31	1280	11.2	4.9	18.1	12.0	24	0.01056	0.00188	0.02573	0.01131	46	17.1
7	Cien Manzanas	27	1350	6.0	1.0	14.2	2.0	50	0.00381	0.00008	0.03731	0.00031	100	6.1
8	Atirro ingenio	29	1449	6.2	1.8	29.4	4.0	59	0.00384	0.00004	0.01431	0.00132	206	6.1
9	Cimarrón	28	1292	8.4	1.1	14.0	7.4	32	0.00597	0.00035	0.01539	0.00430	57	9.6
10	La Isabel	24	1530	7.8	1.5	13.1	9.5	32	0.00528	0.00017	0.01347	0.00708	56	8.4
11	Pacayitas	26	1072	3.2	1.2	8.2	2.0	43	0.00180	0.00012	0.05653	0.00031	383	2.9
12	Centro Uni- versitario	24	1552	8.8	4.1	14.4	8.0	22	0.00641	0.00132	0.01628	0.00503	43	10.3

meses con $17.1 \text{ m}^2/\text{ha}$ y el mínimo a plantación de 26 meses con $2.9 \text{ m}^2/\text{ha}$. Hubo plantaciones de 24 meses que alcanzaron 8.4 y $10.3 \text{ m}^2/\text{ha}$.

4.2 Análisis de las variables cualitativas consideradas en los rodales

En el Cuadro 4 se indican las variables cualitativas que se analizaron en las plantaciones estudiadas. Estas variables fueron: sobrevivencia, rectitud y bifurcaciones. Para cada una se indica el porcentaje obtenido.

En sobrevivencia el porcentaje mayor de árboles vivos obtenidos fue de 97 % en plantación de 24 meses, en tanto que el menor fue de 66 % en plantación de 26 meses. Con los datos de sobrevivencia se calculó también la masa actual/ha.

Para observar la variable rectitud se consideraron cinco categorías que comprendieron desde árboles rectos hasta deformes. Con este criterio se determinaron los porcentajes correspondientes a cada una de las categorías por plantación o lugar, tal y como puede verse en el Cuadro 3. En términos generales la categoría con porcentajes más altos fue la de árboles ligeramente torcidos o sea la categoría 2.

En lo que a sanidad se refiere se determinó el porcentaje de árboles sanos y el porcentaje de enfermos, considerándose enfermos aquellos árboles con amarillamiento muy evidente en el follaje o protuberancias en la corteza. En general el porcentaje de sanos observados osciló entre 93 % y 100 %.

En cuanto al porcentaje de árboles que mostraron bifurcaciones, éste osciló entre 6 % y 75 %. Sin embargo la mayoría de las plantaciones muestran

Cuadro 4. Análisis de variables cualitativas

No.	Lugar	Sobrevivencia %	Rectitud % en clases			Deforme	Sanos %	Bifurcados %	No. árboles/ha o Masa actual/ha
			Recto	Lig. torcido	Torcido				
1	Sauce	72	25	54	18	1	98	21	1.441
2	San Juan Sur	95	49	44	6	-	96	12	1.524
3	Pacuare	89	8	61	25	6	94	20	1.140
4	Atirro, entrada	92	34	45	19	2	93	7	1.464
5	Guayabo	70	15	68	16	-	100	9	1.131
6	Diques	89	4	51	33	12	93	43	1.280
7	Cien Manzanas	84	33	52	12	3	95	75	1.350
8	Atirro, ingenio	90	36	51	11	1	98	16	1.449
9	Cimarrón	82	25	72	3	-	99	27	1.292
10	La Isabel	96	20	60	18	2	97	28	1.530
11	Pacayitas	66	30	67	3	-	95	6	1.072
12	Centro Universitario	97	13	41	36	9	100	22	1.552

porcentajes cercanos al 20 %, tal y como se observa en el Cuadro 3.

4.3 Análisis de la producción en términos de postes para cerca y postes para transmisión

En el Cuadro 5 se muestra un análisis de la producción de postes para cerca de 2.1 m de longitud y postes para transmisión de 9.1 m de largo (asumiendo que alcanzaron un diámetro máximo en la parte superior del fuste), por plantación, en términos de número de postes por hectárea en cada categoría, sea cerca o transmisión y número de árboles por hectárea que producen, uno, dos, tres, o hasta "X" número de postes.

4.4 Relaciones DAP/altura total en cada uno de los lugares considerados

Se siguió el procedimiento del modelo lineal para la estimación de la relación altura total/DAP por sitio o lugar de estudio.

Según puede observarse en los Anexos 7 al 18 la relación DAP - altura total tuvo ajustes buenos, salvo algunas excepciones, como fue el caso de Diques y Cimarrones. La función respuesta altura, medida por la variable y , es directamente proporcional al DAP (X) en porcentajes que varían de un 12 a un 92 %. No obstante en la mayoría de las plantaciones estos porcentajes oscilan entre 70 y 90 %.

4.5 Análisis físicos y químicos de suelos

Los Cuadros 6 y 7 presentan las características físicas y químicas de los suelos, a dos profundidades, de 0-20 cm y de 20-40 cm en cada una de las parcelas consideradas en el estudio.

Cuadro 5. Resultados de producción de postes para cerca^{1/} y postes para transmisión^{2/} por lugar de estudio.

No. Lugar	Masa actual, No. árboles/ha	Postes para cerca									Postes para transmisión				
		No. árboles/ha con X postes/árbol									Total N/ha	No. árboles/ha con X postes/árbol	Total N/ha		
		X:1	2	3	4	5	6	7	8	9					
1	El Sauce	1141	80	187	197	208	149	187	32	5	5	1051	496	16	512
2	San Juan Sur	1524	-	122	289	381	198	289	91	-	-	1371	884	-	884
3	Pacuare	1140	34	179	213	255	153	119	93	8	-	1055	544	-	544
4	Atirro, entrada	1464	352	253	334	199	54	9	-	-	-	1202	208	-	208
5	Guayabo	1431	274	400	240	57	-	-	-	-	-	972	34	-	34
6	Diques	1280	81	299	558	150	150	14	-	-	-	1103	259	-	259
7	Cien Manzanas	1350	205	334	289	41	-	10	-	-	-	873	31	-	31
8	Atirro, ingenio	1449	194	259	277	86	54	-	-	-	-	822	86	-	86
9	Cimarrón	1292	116	308	578	212	19	-	-	-	-	1234	135	-	135
10	La Isabel	1530	290	480	540	50	-	-	-	-	-	1360	40	-	40
11	Pacayitas	1072	112	112	-	-	-	-	-	-	-	224	-	-	-
12	Centro Universitario	1552	176	544	592	128	16	-	-	-	-	1456	80	-	80

^{1/} 2.1 m de longitud.

^{2/} 9.1 m de longitud.

Cuadro 6. Características físicas de los suelos de las parcelas consideradas.

Lugar	Parcela	Altitud S.N.M.	Topografía ^{1/}	Profundidad cm	Densidad de partículas g/cc	Humedad		Distrib. de partic., %		Clase Textural	Fracción >100, μ	Fracción <100, μ	Resistencia del suelo a la penetrac. kg/cm
						gravimé- trica	trica	Arena	Limo				
Sauce	1	870	5	0-20	2.41	16.14	32	54	14	Franco-limoso	25.26	74.73	11.15
				20-40	2.52	11.94	27	46	27	Franco-arcilloso- arenoso	17.35	82.65	12.71
	2	870	5	0-20	2.42	14.71	28	54	18	Franco-limoso	19.50	80.50	13.99
				20-40	2.51	11.58	36	44	20	Franco	27.34	72.66	13.92
3	870	5	5	0-20	2.47	14.74	31	51	18	Franco-limoso	23.52	76.48	10.07
				20-40	2.52	16.24	28	51	21	Franco-limoso	17.44	82.56	9.66
4	870	5	5	0-20	2.61	8.32	26	45	29	Franco-arcilloso	18.41	81.59	24.20
				20-40	2.58	10.00	22	41	37	Franco-arcilloso	15.40	84.60	14.26
San Juan Sur	5	930	3	0-20	2.52	7.44	27	42	31	Franco-arcilloso	22.29	77.71	6.42
				20-40	2.58	7.80	26	32	42	Arcilloso	18.59	81.41	8.25
Pacuare	6	670	3	0-20	2.56	5.00	48	36	16	Franco	35.96	64.04	7.50
				20-40	2.61	5.38	42	39	19	Franco	31.08	68.92	7.16
7	2		2	0-20	2.69	4.20	53	32	15	Lim.-franco y franco-arenoso	42.98	57.02	15.48
				20-40	2.67	5.36	51	34	15	Franco	41.35	58.65	6.76
8	1		1	0-20	2.63	4.31	65	26	9	Franco-arenoso	54.24	45.76	30.01
				20-40	2.70	3.92	69	22	9	Franco	56.12	43.88	18.65
Atirro, entrada	9	580	2	0-20	2.72	6.65	55	30	15	Franco-arenoso	44.25	55.75	22.84
				20-40	2.79	6.33	57	29	14	Franco-arenoso	46.52	53.48	20.05
10	2		2	0-20	2.67	6.53	46	39	15	Franco	33.29	66.71	33.52
				20-40	2.69	7.63	43	35	22	Franco	28.52	71.48	23.38

^{1/} Topografía: 1= Plana (0-3%); 2= ondulada (3-10%); 3= quebrada (10-18%); 4= accidentada (18-30%); 5= muy accidentada (30-60%);

6= fuertemente accidentada (60-100%).

Continúa.....

.....continuación Cuadro 6. Características físicas de los suelos de las parcelas consideradas.

Lugar	Parcela	Altitud S.N.M.	Topografía ^{1/}	Profundidad cm	Densidad de partículas g/cc	Humedad de Distrib. de partic., %			Clase Textural		Fracción		Resistencia del suelo a la penetjac. kg/cm ²
						gravimé- trica	Arena	Limo	Arcilla	>100, μ	<100, μ		
Guayabo	11	870	2	0-20	1.99	38.4	24	36	40	Franco-arcilloso	15.41	84.59	12.03
				20-40	1.46	23.58	22	31	47	Franco-arcilloso	14.25	85.75	6.49
Diques	12	670	1	0-20	2.54	4.65	57	34	9	Franco-arenoso	46.31	53.69	13.18
				20-40	2.52	5.56	53	37	10	Franco-arenoso	43.81	56.19	6.01
Cien Manzanas	13	985	5	0-20	2.62	13.81	18	40	42	Lim.-arcilloso arcillo-limoso	14.22	85.78	8.65
				20-40	2.54	18.29	21	46	33	Franco-arcilloso	10.64	89.36	9.66
14	5		5	0-20	2.65	13.23	23	48	29	Franco-arcilloso	13.87	86.13	20.61
				20-40	2.61	15.10	27	41	32	Franco-arcilloso	15.25	84.75	
Atirro, ingenio	15	590	3	0-20	2.58	13.63	60	32	8	Franco-arenoso	47.89	52.11	6.83
				20-40	2.63	10.63	47	37	16	Lim.-arcilloso	34.71	65.29	4.53
16	5		5	0-20	2.70	5.25	19	41	40	Arcilloso-limoso	11.08	88.92	16.56
				20-40	2.68	6.81	15	32	53	Arcilloso	9.13	90.87	16.08
Cimatrón	17	760	3	0-20	2.54	5.94	25	39	36	Franco-arcilloso	18.27	81.73	14.32
				20-40	2.56	17.93	27	52	21	Franco-limoso	17.39	82.61	11.42
La Isabel	18	750	5	0-20	2.67	11.62	20	46	34	Franco-arcilloso franco-arcilloso	12.56	87.44	7.57
				20-40	2.69	12.41	25	45	30	Franco-arcilloso limoso	16.86	83.14	6.22
Pacayitas	19	890	4	0-20	2.68	17.47	41	41	18	Franco	16.43	73.57	25.68
				20-40	2.72	17.90	32	43	25	Franco	23.85	76.15	20.61
Centro Uni- versitario	20	590	5	0-20	2.55	6.30	40	44	16	Franco	30.56	69.44	5.27
				20-40			38	40	22	Franco	32.25	67.75	4.33

Cuadro 7. Características químicas de los suelos de las parcelas estudiadas.

LUGAR	PARCELA	pH(H ₂ O)	pH(Ca Cl ₂)	Meq/100 gr. suelo			Ca/Mg	Mg/K	Ca+Mg K	M.O., %	C, %	N, %	C/N	P, ppm.	
				K	Ca	Mg									CIC
Sauce	1	4.65 ^{1/}	3.8	0.56	0.79	1.35	36.49	0.59	2.41	3.82	10.05	5.84	0.49	11.92	13.0
		4.55 ^{2/}	4.0	0.32	0.79	1.20	35.47	0.62	3.75	6.06	6.63	3.85	0.31	12.43	8.0
Sauce	2	4.35	3.9	0.74	0.85	1.04	38.55	0.82	1.41	2.55	10.32	6.00	0.51	11.76	15.0
		4.65	4.0	0.64	0.63	0.87	35.47	0.72	1.36	2.34	6.16	3.58	0.29	12.35	6.5
Sauce	3	4.4	4.0	0.95	2.00	2.53	34.18	0.79	2.66	4.77	9.11	5.30	0.41	12.92	13.0
		4.4	3.8	0.43	0.78	1.53	32.64	0.51	3.56	5.37	6.90	4.01	0.34	11.80	8.0
Sauce	4	4.4	3.8	0.24	0.43	0.81	33.41	0.53	3.38	5.17	7.17	4.17	0.27	15.44	9.5
		4.2	3.7	0.27	0.23	0.38	31.61	0.61	1.41	2.26	5.36	3.12	0.22	14.16	6.0
San Juan	5	4.8	4.15	2.44	1.65	1.10	28.53	1.50	0.45	1.23	9.18	5.34	0.44	12.13	11.0
		4.5	4.0	0.33	0.91	0.46	26.98	1.98	1.39	4.15	7.10	4.13	0.30	13.76	6.5
Pacuare	6	5.25	4.4	0.64	12.3	5.34	29.30	2.30	8.34	27.56	4.56	2.65	0.21	12.62	7.0
		5.30	4.1	0.49	11.6	5.64	29.04	2.06	11.51	35.18	3.18	1.85	0.12	15.41	5.5
Pacuare	7	5.1	4.1	0.79	12.9	6.99	29.56	1.85	8.85	25.18	2.85	1.66	0.12	13.81	18.5
		5.1	4.1	0.38	15.7	6.74	32.13	2.33	17.74	59.05	2.61	1.52	0.10	15.17	9.0
Pacuare	8	5.3	4.0	0.59	12.15	5.26	27.76	2.31	8.92	29.51	3.38	1.97	0.14	14.04	8.5
		5.4	4.2	0.49	11.0	3.83	21.85	2.87	7.82	30.27	2.11	1.23	0.06	20.45	7.5
Atirro (entrada)	9	4.8	4.0	0.69	7.2	3.21	30.33	2.24	4.65	15.09	3.68	2.14	0.17	12.59	7.5
		5.5	4.3	0.56	7.1	3.52	27.50	2.02	6.29	18.96	2.58	1.50	0.08	18.75	6.5

^{1/} Y ^{2/} Para todos los lugares el valor ^{1/} corresponde a muestras tomadas entre 0-20 cms, y el valor ^{2/} a muestras tomadas entre 20-40 cms de profundidad. ...Continúa

...Continuación Cuadro 7. Características químicas de los suelos de las parcelas estudiadas.

LUGAR	PARCELA	pH(H ₂ O)	pH(Ca Cl ₂)	Meg/100 gr. suelo			Ca/Mg	Mg/K	Ca/Mg	M.O., %	C, %	N, %	C/N	P, ppm.	
				k	Ca	Mg									CIC
Atirro (entrada)	10	5.2	4.2	0.46	8.0	3.62	31.87	2.21	7.87	25.26	4.19	2.44	0.16	15.23	12.0
		5.9	4.4	0.31	8.2	3.78	31.87	2.17	12.19	38.65	2.88	1.67	0.11	15.22	4.0
Guayabo	11	4.7	4.25	0.33	1.05	0.69	52.17	1.52	2.09	5.27	14.51	8.44	0.94	8.97	13.0
		4.9	4.5	1.77	0.33	0.11	55.26	3.0	0.06	0.25	12.03	6.99	0.70	9.99	5.0
Diques	12	5.9	5.0	1.46	8.25	1.15	26.21	7.17	0.79	6.44	7.14	4.15	0.30	13.84	4.0
		5.8	5.15	1.41	8.90	1.15	29.01	7.74	0.82	7.13	8.01	4.56	0.33	14.11	4.5
Cien	13	5.2	4.25	0.67	5.05	2.14	30.33	2.36	3.19	10.73	7.47	4.34	0.32	13.57	5.5
Manzanas		5.3	4.3	0.23	4.15	1.48	26.21	2.80	6.43	24.48	4.86	2.83	0.20	14.13	2.5
Cien	14	4.7	4.1	0.97	5.25	2.14	33.92	2.45	2.21	7.62	8.11	4.72	0.40	11.79	5.5
Manzanas		4.7	3.9	0.59	4.0	1.68	29.30	2.38	2.85	9.63	5.33	3.10	0.24	12.91	4.5
Atirro (ingenio)	15	5.0	4.2	1.02	10.1	3.7	29.3	2.73	3.63	13.53	2.14	1.24	0.08	15.55	9.0
		5.3	4.4	1.00	8.3	3.88	29.81	2.14	3.88	12.18	2.68	1.56	0.09	17.31	8.5
Atirro	16	4.2	3.6	0.31	2.05	1.33	29.56	1.51	4.29	10.90	5.63	3.27	0.25	13.09	5.0
		4.3	3.6	0.21	1.07	0.77	27.50	1.39	3.67	8.76	5.29	3.08	0.18	17.09	3.0
Cimarrón	17	4.6	4.0	0.46	1.17	1.48	30.58	0.79	3.22	5.76	5.16	3.00	0.22	13.64	9.5
		4.5	3.7	0.87	1.43	0.72	28.27	1.99	0.83	2.47	5.29	3.08	0.25	12.30	11.0
La Isabel	18	4.2	3.5	0.79	0.93	0.72	25.96	1.29	0.91	2.09	4.89	2.84	0.17	16.72	6.0
		4.2	3.5	0.72	1.33	0.89	24.67	1.49	1.24	3.08	3.35	1.95	0.12	16.23	4.0
Pacayitas	19	5.0	4.05	1.10	7.2	4.65	37.26	4.23	4.23	10.77	3.92	2.28	0.21	10.85	5.0
		5.3	4.3	1.02	8.35	4.40	36.49	1.90	4.31	12.50	2.78	1.62	0.11	14.69	5.0
Centro Un _i	20	4.9	4.45	1.28	5.15	2.86	28.53	1.80	2.23	6.26	7.14	4.15	0.38	10.92	10.0
versitario		4.7	4.0	1.07	4.50	2.89	27.03	1.0	2.10	5.02	6.50	4.0	0.30	9.85	9.0

De acuerdo a los resultados obtenidos de los valores de densidad de partículas, en la mayoría de las parcelas se acercan mucho al valor promedio de 2.65 g/cc (9), y tienden a aumentar a mayor profundidad.

La humedad gravimétrica (a 1/3 bar) en términos generales resultó bastante baja con respecto a los valores presentados por Aguirre (1) y Ugalde (73) y con tendencia a aumentar en la profundidad de 20-40 cm.

Los porcentajes de arena, arcilla y limo resultaron bastante variables según la parcela, lo que determinó distintas y variadas clases texturales.

En general el porcentaje de arcilla aumentó con la profundidad no así los de arena y limo.

En lo que respecta a porcentajes de fracción $> 100 \mu$ y $< 100 \mu$, éstos también presentaron gran variación según las parcelas tal y como puede observarse en el Cuadro 6.

La resistencia del suelo a la penetración presentó también gran variación según las parcelas. El rango de valores osciló entre 4.33 kg/cm^2 y 33.5 kg/cm^2 . Son frecuentes los valores altos lo que indica compactación.

Con referencia a los análisis químicos, el pH resultó más bien bajo lo que indica una alta acidez, con valores entre 4.2 y 5.9 como mínimo y máximo respectivamente.

La materia orgánica y el nitrógeno total alcanzaron valores altos en la mayoría de las parcelas, con tendencia a disminuir con la profundidad; de acuerdo a los patrones estandar de comparación presentados por Hardy (39). Observar en Anexo 19 el patrón estándar de comparación de Hardy.

Respecto a las bases cambiables, el calcio presentó valores que fluctuaron de medio a bajos al compararlo con los patrones, lo cual se deba quizá a la acidez predominante en los suelos de las parcelas en estudio. El magnesio se presentó en forma variable en las distintas parcelas con valores altos, medios y bajos de acuerdo al patrón de comparación.

Los valores de potasio fueron de medios a altos en la mayoría de las parcelas. El fósforo se presentó con valores muy bajos, menos de 20 ppm, cifra que se considera baja en el patrón de comparación.

La relación Ca/Mg resultó con valores bajos, salvo en la plantación de Diques, en que alcanzó valores altos.

La relación Mg/K presentó, en cambio valores que variaron de altos a bajos según las parcelas, pero predominaron los valores bajos.

En lo que respecta a la relación $\frac{Ca+Mg}{K}$, los valores alcanzados fueron muy bajos.

La capacidad de intercambio catiónico CIC, muestra valores más bien bajos en las parcelas estudiadas al compararlos con los valores presentados por Aguirre (1).

4.6 Análisis de correlación de Pearson

Con el propósito de identificar algunos factores edáficos significativos en el crecimiento y adaptabilidad del *Eucalyptus deglupta* Bl. se realizó un análisis de correlación de Pearson incluyendo todas las variables consideradas en el estudio, con los datos obtenidos por parcela. Los resultados generales de este análisis pueden observarse en el Anexo 2.

El Cuadro 8 resume las variables dependientes e independientes que mostraron coeficientes de correlación considerados significativos y a partir de los cuales se detectaron aquéllas variables de sitio más altamente correlacionadas con las variables dasométricas, para proceder de aquí al análisis de regresión lineal múltiple.

En los Anexos 3 al 6 podemos observar gráficamente algunas de las correlaciones obtenidas.

4.7 Análisis de regresión lineal múltiple

Los Cuadros 9 a 18, resumen los resultados obtenidos en el análisis de regresión lineal múltiple. De estos cuadros se infieren los factores edáficos considerados que tienen alguna incidencia significativa en el crecimiento de la especie en estudio.

Se observa, por ejemplo, que la variable penetrabilidad se relaciona significativamente con la mayoría de las variables dasométricas que se tomaron en cuenta. Se nota que a cuanto mayor sea la fuerza de penetración aplicada menor es el rendimiento de la especie en términos de sobrevivencia, área basal/ha, altura total, altura comercial y DAP.

Otro factor físico que aparece relacionado con diferentes variables dasométricas es la fracción de suelo > de 100 μ . Resultó relacionada positivamente con la altura total y comercial y negativamente con la rectitud del fuste.

El porcentaje de limo resultó significativo con respecto al área basal/ha.

Cuadro 8. Resultados significativos de análisis de correlación total.

Variables dependientes		Variables independientes significativas	
No. y nombre	Xi No.	Nombre	Coefficiente de correlación
Y6 masa actual/ha árboles/ha	15	Enfermos, %	-0.52
	29	CIC, %*	0.54
	44	CIC, %**	0.46
Y7 área basal en m ² /ha	8	Altura total, m	0.71
	9	Altura comercial, m	0.60
	10	DAP, cm	0.66
	17	No. postes para cerca/ha	0.70
	18	No. postes para transmisión/ha	0.49
	23	Fuerza de penetra- ción, kg/cm ² *	-0.41
	38	Fuerza de penetra- ción, kg/cm ² **	-0.48
	22	Fracción > 100µ*	0.43
48	Fósforo dispo- nible, ppm**	0.50	
Y8 altura total m	9	Altura comercial, m	0.92
	10	DAP, cm	0.88
	17	No. postes para cerca/ha	0.92
	18	No. postes para transmisión/ha	0.79
	22	Fracción > 100µ*	0.43
	23	Fuerza de penetra- ción, kg/cm ² *	-0.41
	38	Fuerza de penetra- ción, kg/cm ² **	-0.51

* 0-20 cm de profundidad

** 20-40 cm de profundidad

continúa.....

Continuación Cuadro 8. Resultados significativos de análisis de correlación total.

	42	Calcio, meq/100 g de suelo**	0.43
	48	Fósforo disponible, ppm**	0.50
Y9 altura comercial	10	DAP	0.78
	17	No. postes para cerca/ha	0.85
	18	No. postes para transmisión/ha	0.87
	42	Calcio, meq/100 g de suelo**	0.40
Y10 DAP	17	No. postes para cerca/ha	0.75
	18	No. postes para transmisión/ha	0.70
	36	Arcilla, %**	0.41
		Fuerza de penetración, kg/cm ² **	0.44
Y11 rectitud clase 1 (rectos)	23	Fuerza de penetración, kg/cm ² *	0.58
	38	Potasio, meq/100g de suelo**	0.59
	41	Potasio, meq/100g de suelo**	0.54
Y13 rectitud clase 2 (torcidos)	17	No. postes para cerca/ha	0.59
	19	Arena, %*	0.46
	21	Arcilla, %*	-0.56
	22	Fracción > 100µ*	0.52
	34	Arena, %**	0.51
	36	Arcilla, %**	-0.60
Y14 rectitud clase 5 (deformes)	15	Enfermos, %	0.51
Y17 No. postes para cerca/ha	22	Fracción > 100µ*	0.46
	23	Fuerza de penetración, kg/cm ² *	-0.42

Continúa.....

Continuación Cuadro 8. Resultados significativos de análisis de correlación total.

	37	Fracción > 100 μ **	0.43
	38	Fuerza de penetración, kg/cm ² **	-0.49
	42	Calcio, meq/100 g de suelo**	0.49
	33	Fósforo disponible, ppm*	0.49
Y4 Edad	6	Masa actual/ha	-0.45
	8	Altura total, m	0.46
	9	Altura comercial, m	0.63
	15	Enfermos, %	0.70
	18	No. postes para transmisión/ha	0.58
	31	Carbono, %*	0.46
		Fósforo disponible, ppm*	0.45
Y18 postes para transmisión/ha	42	Calcio, meq/100 g suelo**	0.57
Y2 Altitud	3	Topografía	0.46
	6	Masa actual/ha	-0.48
	19	Arena, %*	-0.63
	20	Limo, %*	0.56
	21	Arcilla, %*	0.46
	22	Fracción > 100 μ *	-0.62
	27	Calcio, meq/100 g de suelo*	-0.57
	30	Materia orgánica, %*	0.59
	29	CIC, %*	0.45
	31	Carbono, %*	0.62
	32	Nitrógeno total, %*	0.53
	34	Arena, %**	-0.58
	35	Limo, %**	0.45
	37	Fracción > 100 μ *	-0.60
	43	Magnesio, meq/100 g suelo**	-0.48

Continúa.....

Continuación Cuadro 8. Resultados significativos de análisis de correlación total.

Y3 Topografía	19	Arena, %*	-0.72
	20	Limo, %*	0.83
	22	Fracción > 100 μ *	-0.72
	24	pH (agua)*	-0.68
	25	pH (CaCl ₂)*	-0.49
	27	Calcio, meq/100 g suelo*	-0.62
	42	Calcio, meq/100 g suelo**	-0.49
	39	pH (agua)**	-0.70
	40	pH (CaCl ₂)**	-0.68
	34	Arena, %**	-0.73
	35	Limo, %**	0.65
	36	Arcilla, %**	0.46
	37	Fracción > 100 μ *	-0.72

El factor químico que aparece incidiendo el mayor número de variables dasométricas es el porcentaje del calcio. Este se relaciona positivamente con la masa actual/ha, con el DAP, con el número de postes para cerca y transmisión/ha. Es decir que a mayor porcentaje de calcio en el suelo, mayor es la producción de un rodal. El porcentaje de materia orgánica incide también positivamente en la producción, de acuerdo a los resultados obtenidos.

El factor edad es significativo con respecto al área basal/ha, altura total y comercial, DAP, y producción en términos de postes/ha.

Cuadro 9. Análisis de regresión lineal múltiple en pasos, para masa actual/ha. (Y_6) ^{1/}

Variables independientes significativas				
X_1	Nombre	Coficiente	t	Significancia ^{2/}
23	Fuerza de penetración Kg/cm ² : 0-20 cm	-6.322E-01	-3.929	**
24	pH H ₂ O 0-20 cm	-5.659E+01	-6.077	***
39	pH H ₂ O 20-40 cm	3.780E+01	5.099	***
42	Calcio, % 20-40 cm	1.406E-01	2.711	*
29	CIC, % 0-20 cm	-4.100E-01	-6.241	***
30	Materia orgánica, %	1.109E+00	4.244	**
31	Carbono, % 0-20 cm	3.250E+00	6.570	***
32	Nitrógeno, % 0-20 cm	1.935E+01	4.014	**

1/ Modelo $Y_6 = b_0 + \sum b_i x_i$; $b_0 = 3400.74$; $R^2 = 0.95$

2/ Para todos los análisis que se presentan la significancia es igual a: *= significativo, $P < 0.05$; **= muy significativo, $P \leq 0.01$ y ***= altamente significativo, $P \leq 0.001$.

Cuadro 10. Análisis de regresión lineal múltiple en pasos, para área basal/ha, m^2/ha (Y_7)^{1/}.

Variables independientes significativas				
X_i	Nombre	Coefficiente	t	Significancia
3	Topografía	-2.221E+02	-6.127	***
4	Edad	1.630E+01	4.582	***
35	Limo, % 0-20 cm	2.123E+01	3.035	**
38	Fuerza de penetración, kg/cm^2 20-40 cm	-1.714E+00	-3.204	**
29	CIC, % 0-20 cm	-3.179E-01	-3.103	**
31	Carbono, % 0-20 cm	9.049E-01	2.361	

1/ Modelo $Y_7 = b_0 + \sum b_i X_i$; $b_0 = 2140.92$; $R^2 = 0.92$.

Cuadro 11. Análisis de regresión lineal múltiple en pasos, para altura total en metros (Y_8)^{1/}.

Variables independientes significativas				
X_i	Nombre	Coefficiente	t	Significancia
4	Edad	1.276E+00	4.289	***
22	Fracción > 100 μ 0-20 cm	1.032E+00	3.634	**
38	Fuerza de penetración, kg/cm^2 20-40 cm	-1.975E-01	-4.480	***

1/ Modelo $Y_8 = b_0 + \sum b_i X_i$; $b_0 = 45.1488$; $R^2 = 0.75$.

Cuadro 12. Análisis de regresión lineal múltiple en pasos, para altura comercial en metros (Y_9)^{1/}.

Variables independientes significativas				
X_i	Nombre	Coefficiente	t	Significancia
4	Edad	1.249E+00	6.343	***
37	Fracción > 100 μ 20-40 cm	9.996E-01	4.859	***
23	Fuerza de penetración, kg/cm ² 0-20 cm	-1.021E-01	-5.084	***
30	Materia orgánica, % 0-20 cm	9.312E-02	3.332	**
32	Nitrógeno total, % 0-20 cm	1.460E+00	-3.533	**

1/ Modelo $Y_9 = b_0 + \sum b_i X_i$; $b_0 = 1.9630$; $R^2 = 0.89$.

Cuadro 13. Análisis de regresión lineal múltiple en pasos, para DAP (Y_{10})^{1/}.

Variables independientes significativas				
X_i	Nombre	Coefficiente	t	Significancia
4	Edad	1.435E+00	3.552	**
23	Fuerza de penetración, Kg/cm ² 0-20 cm	-1.264E-01	-3.076	**
27	Calcio, % 0-20 cm	3.880E-02	3.263	**

1/ Modelo $Y_{10} = b_0 + \sum b_i X_i$; $b_0 = 34.3971$; $R^2 = 0.63$.

Cuadro 14. Análisis de regresión lineal múltiple en pasos, para rectitud, clase 1, recto (Y_{11})^{1/}.

Variables independientes significativas				
X_i	Nombre	Coficiente	t	Significancia
37	Fracción > 100 μ 20-40 cm	-5.712E-01	-2.386	*
23	Fuerza de penetración, kg/cm ² 0-20 cm	9.812E-02	3.763	**
41	Potasio, meq/ 100 g suelo 20-40 cm	1.664E-01	-2.247	*

1/ Modelo $Y_{11} = b_0 + \sum b_i X_i$; $b_0 = 32.6486$; $R^2 = 0.64$

Cuadro 15. Análisis de regresión lineal múltiple en pasos, para rectitud, clase 2, ligeramente torcido (Y_{12})^{1/}.

Variables independientes significativas				
X_i	Nombre	Coficiente	t	Significancia
41	Potasio, meq/ 100 g suelo 20-40 cm	1.370E-01	1.839	*

1/ Modelo $Y_{12} = b_0 + \sum b_i X_i$; $b_0 = 53.9559$; $R^2 = 0.25$.

Cuadro 16. Análisis de regresión lineal múltiple en pasos, para rectitud, clase 5, deforme (Y_{14})^{1/}.

Variables independientes significativas				
X_i	Nombre	Coficiente	t	Significancia
3	Topografía	3.761E-01	3.040	**
4	Edad	2.675E-02	2.259	*
23	Fuerza de penetración, kg/cm ² 0-20 cm	1.238E-02	3.750	**
38	Fuerza de penetración, kg/cm ² 20-40 cm	1.473E-02	-0.303	**

1/ Modelo $Y_{14} = b_0 + \sum b_i X_i$; $b_0 = 2.27526$; $R^2 = 0.59$.

Cuadro 17. Análisis de regresión múltiple en pasos, para número de postes para cercas (Y_{17})^{1/}.

Variables independientes significativas				
X_i	Nombre	Coficiente	t	Significancia
42	Calcio, % 20-40 cm	2.016E+00	3.103	**
29	CIC, % 0-20 cm	-1.853E+00	-3.424	**
30	Materia orgánica, % 0-20 cm	4.003E+00	3.575	**
48	Fósforo, disponible ppm 20-40 cm	2.985E+01	2.901	*

1/ Modelo $Y_{17} = b_0 + \sum b_i X_i$; $b_0 = 3359.41$; $R^2 = 0.75$.

Cuadro 18. Análisis de regresión múltiple en pasos, ^{1/} para número de postes para transmisión (Y_{18})^{1/}.

Variables independientes significativas				
X_i	Nombre	Coefficiente	t	Significancia
4	Edad	7.496E+00	2.255	*
20	Limo, %	-1.728E+01	-2.851	*
39	pH (agua) 20-40 cm	-3.187E+01	-3.541	**
42	Calcio, % 20-40 cm	6.049E-01	5.083	***
30	Materia orgánica, % 0-20 cm	1.475E+00	3.618	**
32	Nitrógeno, % 0-20 cm	1.876E+01	-3.218	**

^{1/} Modelo $Y_{18} = b_0 + \sum b_i X_i$; $b_0 = 1292.81$; $R^2 = 0.88$.

5. DISCUSION

5.1 Análisis de correlación total

En los resultados del análisis de correlación total de Pearson que se presentan en el Cuadro 8 se observa que los factores físicos del suelo que resultaron con más alta correlación con respecto a características de crecimiento son: resistencia del suelo a la penetración y fracción del suelo mayor de 100 micras.

La resistencia del suelo a la penetración de raíces aparece correlacionado negativamente con el área basal/ha, con la altura total, con el DAP e incluso con características cualitativas del crecimiento como la forma del árbol en términos de rectitud.

Según observaciones de Salazar^{1/}, en Turrialba, Costa Rica, en terrenos compactados y con uso anterior con caña de azúcar o en suelos con pastos, las plantaciones de *E. deglupta* no fueron exitosas.

Al analizar los rendimientos y características de crecimiento de las parcelas estudiadas se nota que aquéllas con suelos de mayor resistencia a la penetración son las que presentan más bajos rendimientos y más altos coeficientes de variación como es el caso de la plantación de Pacayitas o la de Atirro-entrada (ver Cuadros 3 y 6). Las observaciones de campo muestran que la compactación restringe el crecimiento de las raíces y por

^{1/} R. Salazar, 1976. Comunicación personal.

lo tanto, el de los árboles (29). Taylor y Gardner citados por Forsythe (29), encontraron que el factor básico que afecta la penetración de las raíces principales de las plantitas de algodón es la resistencia del suelo. Estos investigadores encontraron un coeficiente de correlación lineal de -0.96 entre la resistencia del suelo a la penetración y el porcentaje de penetración de las raíces. Además destacaron estos autores que la resistencia a la penetración funciona como un factor de crecimiento radical. Esto coincide ampliamente con los resultados obtenidos en la presente investigación.

El análisis de correlación mostró que entre la fracción del suelo mayor de 100μ y las variables dasométricas, existe una correlación positiva como puede verse en el Cuadro 8. Esto podría explicarse por una menor retención de agua, lo que favorece un mejor drenaje en aquellos suelos donde esta fracción más gruesa tiende a aumentar, como es el caso de la plantación de Diques o la del Centro Universitario (ver Cuadro 6). Whitney citado por Black (8) anota que una de las formas principales en que la textura afecta el crecimiento de las plantas es la retención de agua. Esta es usualmente mayor en suelos de textura moderadamente fina que en los de textura gruesa en regiones húmedas. Considerando que las plantaciones se encuentran en una región húmeda, donde es común el exceso de agua, esta observación coincide con lo esperado.

Al analizar las figuras relativas entre las variables altitud y fracción de suelo mayor de 100μ (Anexos 3 y 4), se observa que las plantaciones arriba de los 750 m s.n.m., presentan porcentajes menores de fracción $>$ de 100μ . Esto coincide con las parcelas de más bajos rendimientos en Turrialba (ver Cuadros 3 y 5).

Otra condición de suelo asociada a la textura, es el suministro de nitrógeno. Bajo condiciones ambientales similares, la disponibilidad de nitrógeno aumenta conforme la fracción fina aumenta (8). Tal y como sucedió en la plantación de Guayabo que presenta cifras de fracción menor de 100μ de alrededor de 84% y porcentajes de N cercanos a 0.90. Sin embargo, según el mismo autor esta relación varía según las condiciones. Por ejemplo, cuando el drenaje es pobre la disponibilidad de nitrógeno puede decrecer conforme la textura se hace más fina.

La textura se ha usado para pronosticar algunas propiedades químicas como la capacidad de intercambio catiónico, CIC, y algunas propiedades físicas como la retención de humedad, la consistencia y la infiltración. Sin embargo, tanto la naturaleza del mineral del suelo y su estructura, como la textura influyen mucho sobre dichas propiedades. Por ejemplo, las arcillas de sesquióxidos y de caolinita tienen un CIC y una retención de humedad menor que las arcillas de montmorilonita. Los suelos arcillosos de sesquióxido presentan una infiltración rápida y algunos suelos derivados de cenizas volcánicas tienen textura de suelo franco-arcilloso pero una infiltración excesiva. Sin embargo, los suelos derivados de cenizas volcánicas tienen la tendencia a una retención muy alta de humedad (29). De ahí que algunos de los resultados obtenidos parezcan muchas veces contradictorios si se observa únicamente la textura. En La Isabel, por ejemplo, se tienen suelos franco arcillosos, con un porcentaje de fracción de suelo < de 100μ de alrededor de 85%; no obstante los resultados en términos de producción fueron buenos, lo que se deba quizá a la naturaleza de las arcillas, aspecto en el que habría que ahondar, y a otros factores favorables como poca compactación del suelo (véase Cuadro 6).

Los factores químicos relevantes que resultaron correlacionados con características de crecimiento fueron: fósforo disponible a 20-40 cm de profundidad, que resultó correlacionado con área basal por ha, con altura total y con producción de postes, y calcio en meq/100 gr de suelo a 20-40 cm de profundidad, que resultó correlacionado con la altura total y comercial y con la producción de postes. Es interesante anotar que hay más correlación suelo-planta de 20-40 cm que de 0-20 cm, lo que permite suponer que el *E. deglupta* toma mucho de sus nutrimentos del subsuelo.

El fósforo disponible en ppm aparece correlacionado positivamente con el crecimiento del *E. deglupta*, a pesar de que resultó muy bajo en las parcelas estudiadas al comparar con lo que se consideró aceptable de acuerdo a Wilde (77) y al patrón estandar de comparación presentado por Hardy (Anexo 19). Sin embargo Jadán (48) indica que 6.51 ppm de fósforo disponible fueron suficientes para el *E. deglupta* en Turrialba,

En algunas de las mejores parcelas por grupo de edad de la presente investigación, se obtuvieron niveles a 20-40 cm de profundidad, de 9.0 ppm en El Centro Universitario; 8.5 ppm en Atirro ingenio parcela número 15; 6.5 ppm en San Juan Sur; 8.0 ppm en el Sauce parcela 3.

Aguirre (1), en Florencia Norte, Turrialba, a una altitud de 670 m s.n.m., en suelos franco-arcilloso-limosos de la serie Colorado, con topografía suave a ondulada, encontró que los promedios de fósforo disponible en la capa arable, y la altura y diámetro basal del eucalipto a los 11 meses de edad, presentan coeficientes de correlación (r) de 0.94 y 0.91, que son significativos ($P < 0.05$), lo cual indica que existe un alto grado de asociación entre el fósforo presente en el suelo y el crecimiento del

E. deglupta. Este autor encontró promedios de 14.4 ppm de fósforo disponible en el sitio de estudio.

Con referencia al calcio, elemento que resultó correlacionado positivamente con el crecimiento del *E. deglupta*, al analizar los diferentes sitios estudiados y comparar la cantidad de calcio presente, Cuadro 7, con el patrón estándar presentado por Hardy, se observa que los valores se encuentran entre valores medios y bajos. Aquellas parcelas con mejores rendimientos generalmente presentan las cifras más altas, aunque siempre inferiores que las consideradas óptimas. Esto parece lógico por la importancia del calcio en el desarrollo de raíces, lo que favorece la absorción de agua y nutrimentos, así como la permeabilidad de las paredes celulares (26).

5.2 Análisis de regresión lineal múltiple en pasos

En este análisis se incluyeron aquellas variables de sitio más altamente correlacionadas con las variables dasométricas consideradas. Se detectaron así las variables independientes significativas y sus respectivos coeficientes de regresión, el R^2 , y el b_0 para la ecuación de regresión lineal, que permite predecir la variable dependiente correspondiente.

Al estudiar los Cuadros 9 al 18 que presentan los resultados del análisis de regresión se observa que la variable penetrabilidad se correlaciona negativamente con un nivel de significancia de $P \leq 0.01$ (muy significativo) con la masa actual/ha, con el área basal/ha, con la altura total y comercial y con el DAP. Es decir a mayor resistencia del suelo a la penetración, menores son los resultados esperados en crecimiento y sobrevivencia del rodal. Este aspecto se discutió en la parte de análisis de correlación.

Los coeficientes de correlación, R^2 , oscilan desde 0.63 para DAP hasta 0.95 para masa actual/ha.

Como en el análisis de correlación, el porcentaje de calcio se presenta asociado positivamente con algunas variables dasométricas como la masa actual/ha, el DAP y la producción de postes. Los R^2 resultaron 0.95 para masa actual/ha, Y_6 ; 0.63 para DAP, Y_{10} ; 0.75 para postes de cerca, Y_{17} y 0.88 para postes para transmisión, Y_{18} . Esto indica que existe mayor probabilidad de asociación entre el porcentaje de calcio y la sobrevivencia del rodal medida en términos de masa actual/ha, que con las demás variables. Este resultado es muy probable por la gran importancia del calcio en el tejido leñoso y por la considerable variación de calcio en los suelos estudiados.

Entre los factores edáficos relevantes que aparecen asociados con la sobrevivencia se destaca la cantidad de materia orgánica, que en este caso se correlacionó positivamente. La materia orgánica incrementa la capacidad de retención de agua y nutrimentos. Además tiene un efecto positivo en la estructura del suelo, en la porosidad, permeabilidad y aereación del suelo. Sin embargo, Coile citado por Jadán (48), anota una correlación negativa entre el índice de sitio del *Pinus serotina* y la materia orgánica. Justifica que porcentajes mayores del 15% reflejan un pobre drenaje y como consecuencia una causa directa en la baja productividad. Al analizar el Cuadro 7 correspondiente a características químicas de las plantaciones estudiadas, se observa que los porcentajes de materia orgánica no alcanzan esa cifra en ninguna de las parcelas, lo cual es explicable, ya que la materia orgánica es típica para suelos planos, y la mayoría de las plantaciones se

encuentran en pendientes. La plantación con porcentaje de materia orgánica más cercano al 15%, fue la de Guayabo con 14.5% de 0-20 cm y 12.03% de 20-40 cm de profundidad. Le siguió El Sauce (parcela 1) con 10.05% de 0-20 cm y 6.63% de 20-40 cm. Esto coincide con el bajo porcentaje de sobrevivencia de ambas parcelas comparado con las demás (ver Cuadro 4).

La materia orgánica aparece también asociada positivamente con la producción de postes para cerca (ver Cuadro 17). En este caso se observa que las parcelas mejores del grupo de edad V (Cuadros 19 y 20) son aquellas que tienen un promedio más alto de materia orgánica, no así en el grupo III en donde la plantación de Guayabo presenta el mayor porcentaje de materia orgánica y la menor producción de postes, lo que se deba quizás a lo discutido anteriormente sobre porcentajes cercanos al 15% que podría ser más bien limitantes de la producción, o bien a los bajos contenidos de calcio de esta parcela.

La fracción de suelo > de 100 μ resultó en este análisis asociada con altura total y comercial en forma positiva con valores de R^2 de 0.75 y 0.89 respectivamente. Este aspecto fue discutido en el análisis de correlación.

5.3 Relaciones DAP/altura total

Al analizar los Anexos 7 al 18, que presentan las relaciones entre las variables DAP y altura total, se observa que en la mayoría de las plantaciones estudiadas existe un alto grado de asociación entre estas variables. De aquí se infiere que es factible predecir las alturas en estas parcelas a partir del DAP con altos porcentajes de seguridad, y con la consecuente

economía de tiempo y esfuerzo, al tener que medir únicamente una variable. Estos resultados concuerdan con los altos valores de asociación para estas dos variables encontradas por Ugalde (73) en Turrialba, en una muestra de 81 árboles de esta misma especie.

5.4 Resultados dasométricos

Al analizar los resultados de las mediciones dasométricas y compararlas con los datos de rendimiento obtenidos en otros lugares (ver Cuadro 1), o al comparar entre sí las parcelas de similar edad (véase Cuadros 19 y 20) se encontraron variaciones en términos de características de crecimiento.

La mayoría de las plantaciones observadas presentaron menores rendimientos a los que se reportan en otros sitios en el mundo, salvo unos pocos casos como las plantaciones de "Diques" o la del "Centro Universitario" que dieron comparativamente buenos resultados.

De la situación general de las plantaciones estudiadas, se infiere que hasta la fecha de la presente investigación, el establecimiento de las mismas se hizo sin la selección ni evaluación de los sitios óptimos y de otros factores que podrían incidir en el buen rendimiento del *E. deglupta* en la región.

Esto merece tomarse en cuenta para establecer las causas de esta variabilidad de los resultados, y por consiguiente, establecer nuevas pautas en lo que a investigación y recomendaciones de siembra de la especie se refiere.

Cuadro 19. Mediciones dasométricas por parcelas agrupadas por edad^{1/}.

Grupo	Lugar	Parcela	Edad, meses	Masa actual N ^o arb./ha	Altura total		Altura comercial	d̄ (cm)	DAP IMA (cm/año)	Area basal	
					(m)	IMA (m/año)				(m)	(m ² /ha)
I	El Sauce	1	60	1141	12.7	2.5	10.2	10.9	2.2	9.9	2.0
		2			10.6	2.1	9.8	8.3	1.7	9.0	1.8
		3			9.6	1.9	7.4	11.1	2.2	10.6	2.1
		4			12.3	2.5	10.0	10.9	2.2	10.0	2.0
II	San Juan Sur	1	48	1524	11.5	2.9	10.3	10.0	2.5	16.5	4.1
III	Pacuare	1	38	1140	13.3	4.2	10.2	16.6	5.2	11.2	3.5
		2			11.9	3.8	9.1	8.8	2.8	9.4	3.0
		3			10.3	3.3	8.2	9.2	2.9	9.6	3.0
	Atirro, entrada	1	39	1464	9.8	3.0	7.1	9.9	3.1	9.2	2.8
		2			5.2	1.6	3.4	4.6	1.4	3.3	1.0
	Guayabo	1	40	1131	7.2	2.2	5.4	6.7	2.0	5.9	1.8
IV	Diques	1	31	1280	11.3	4.4	7.4	11.3	4.4	17.1	6.6
		1	29	1449	11.4	4.7	7.3	8.1	3.3	10.0	4.2
		2			4.8	2.0	3.8	4.1	1.7	2.5	1.0
	Cimarrones	1	28	1292	10.3	4.4	6.9	8.4	3.6	9.6	4.1
V	Cien Manzanas	1	27	1350	8.1	3.6	5.9	7.4	3.3	6.2	2.8
		2			4.5	2.0	4.0	3.4	1.5	2.7	1.2
	La Isabel	1	24	1530	8.3	4.2	5.8	7.8	3.9	8.5	4.3
	Pacayitas	1	26	1072	4.0	1.8	3.0	3.3	1.5	2.9	1.3
	Centro Univ.	1	24	1552	9.6	4.8	6.4	8.8	4.4	10.3	5.1

^{1/} Grupos, I: 60 meses; II: 48 m; III: 38-40 m; IV: 28-31 m y V: 24-27 m.

Cuadro 20. Resumen de mediciones dasométricas por lugar, agrupadas por edad.

GRUPO	LUGAR	EDAD, MESES	MASA ACTUAL Nº/ARB./HA	ALTURA TOTAL PROMEDIO, m	CV	ALTURA COMERCIAL PROMEDIO m	CV	DAP PROMEDIO, cm	CV	AREA BASAL/HA m ² /HA	CV
I	El Sauce	60	1141	11.8	32	9.5	39	10.1	40	14.5	88
II	San Juan Sur	48	1524	11.5	27	10.3	28	10.0	39	16.5	101
III	Pacuare	38	1140	11.6	25	9.7	35	9.1	38	13.0	130
	Atirro, Ent.	39	1464	8.6	39	6.2	46	7.1	42	7.8	88
	Guayabo	40	1131	7.2	29	5.4	34	6.7	29	5.9	59
IV	Diques	31	1280	11.3	21	7.4	31	11.3	24	17.1	46
	Atirro, Ing.	29	1449	7.1	52	6.0	45	6.2	59	6.1	206
	Cimarrones	28	1292	10.3	24	6.9	29	8.4	32	9.6	57
V	Cien Manzanas	27	1350	6.7	49	5.8	33	6.0	50	6.1	100
	La Isabel	24	1530	8.3	29	5.8	29	7.8	32	8.5	56
	Pacayitas	26	1072	4.1	45	4.3	28	3.3	43	2.9	383
	Centro Univ.	24	1552	9.6	21	6.4	28	8.8	22	10.3	43

Se describen, a manera de ejemplo, algunas comparaciones. En Keravat, Nueva Bretaña, zona de donde es autóctona esta especie, en parcelas de 5 años con una densidad de 306 árboles/ha, Morel (59) indica una altura promedio de árboles dominantes de 27.0 m, un DAP promedio de 50 árboles seleccionados por hectárea de 28.2 cm y una área basal/ha de $13.3 \text{ m}^2/\text{ha}$. En El Sauce, sitio número 1 del estudio, en plantaciones también de 5 años aparece una altura promedio de 11.8 m, un DAP promedio de 10.0 cm y una área basal/ha de 14.5 m^2 . Como puede notarse la diferencia entre altura y DAP es significativa entre ambas parcelas lo cual se explica porque en Keravat se midieron árboles dominantes, no así en El Sauce en donde los resultados responden a un muestreo aleatorio. Otro factor que podría incidir en los bajos valores obtenidos en El Sauce en comparación con Keravat, es la densidad del rodal. En El Sauce ésta es de 1141 árboles/ha en tanto que en Keravat es de 306 árboles/ha lo que ofrece mejores posibilidades de captación de luz y desarrollo radicular, y por consiguiente se favorece el mejor crecimiento de la masa, según lo consigna Heather (43). Esto junto con el bajo porcentaje de sobrevivencia obtenido en El Sauce, hace pensar en la conveniencia de sembrar a menores densidades.

Martin (56) en Loudima llegó a la conclusión de que el espaciamiento 2.5 por 2.5 m es demasiado pequeño para esta especie. Como regla se dan diámetros mayores según disminuye la densidad.

En términos de área basal/ha, resulta más alta en El Sauce lo cual podría estar influenciado por el mayor número de árboles/ha. Esto podría ser ventajoso si lo que se pretende es utilizar productos de raleo que no necesitan diámetros ni alturas muy grandes, como es el caso de puntales para

banano, separadores y postes para cerca, tal y como lo apunta Cozzo (16).

Otros factores que estarían incidiendo en los distintos resultados obtenidos son la calidad del sitio, el clima, las prácticas silviculturales y la calidad de la semilla empleada.

En Honduras, donde se ha introducido el *E. deglupta*, se consignan los siguientes datos en parcelas de 5 años con una densidad de 470 árboles/ha; alturas promedio de árboles dominantes de 20.0 m, DAP promedio de 18.0 cm y el área basal/ha de 9.0 m². Se dificulta nuevamente las comparaciones por tratarse en Honduras de mediciones de árboles dominantes, mientras que en El Sauce no.

Al comparar con parcelas de la misma edad en Turrialba, Costa Rica, se encuentran diferencias menores de acuerdo a los datos que apunta Gewald (30). Se trata de plantaciones en el sitio conocido como Bajo Toronto, donde se sembró 1600 árboles/ha pero a la fecha de la medición se tenían únicamente 820 árboles/ha debido a fallas. La altura promedio fue de 17.8 m y DAP promedio de 13.7 cm y el área basal/ha de 12.1 m².

En este caso sí puede inferirse que las diferencias obtenidas se deben a características de sitio y quizá a factores genéticos, aunque vale señalar que la sobrevivencia fue más alta en El Sauce lo que significó una mayor área basal/ha.

Al comparar los rendimientos obtenidos por Ugalde (73) en Florencia Sur, Turrialba, en plantaciones de 42 meses con 1323 árboles/ha con respecto a plantación de 40 meses en Guayabo de Turrialba con 1131 árboles/ha; se tiene que en Florencia la altura promedio es de 13.4 m, DAP de 10.0 cm

y área basal/ha de 11.3 m^2 , en tanto que en Guayabo la altura alcanzó a 7.13 m, el DAP a 6.6 cm y el área basal/ha a 5.9 m^2 .

El Cuadro 19 resume los resultados dasométricos sobresalientes de las parcelas consideradas en el presente estudio, agrupadas por edades, con el propósito de establecer comparaciones de rendimiento. En el caso de los grupos IV y V que incluyen a las parcelas con edades más cercanas, se subdividieron siguiendo un criterio de intervalo de 4 meses, por considerarse que siendo ésta una especie de rápido crecimiento, en más tiempo podrían presentarse diferencias significativas atribuibles a edad.

Los resultados del grupo I que incluye parcelas de 60 meses de edad, muestran que las distintas parcelas estudiadas presentan pocas diferencias entre sí, lo que responde a que correspondieron a sitios con características similares, como se observa al analizar los Cuadros 6 y 7. En este caso se demuestra que fue innecesario subdividir esta plantación en parcelas.

En el grupo III, con edades que oscilan entre 38 y 40 meses, se observa bastante variación en los resultados. Por ejemplo, la plantación de Guayabo muestra promedios muy bajos de altura total y comercial, DAP y área basal/ha en comparación con las parcelas 1, 2 y 3 de Pacuare y la número 1 de Atirro, lo cual se relaciona posiblemente con los más bajos niveles de calcio presentes en Guayabo, tal y como se observa en el Cuadro 7, así como el alto porcentaje de fracción de suelo < de 100μ , que podría definir un pobre drenaje. La compactación del suelo fue mayor que en las parcelas antes mencionadas.

En el grupo IV, que comprende parcelas de 28 a 31 meses de edad, la

parcela 2 de Atirro presenta comparativamente un rendimiento más bajo con respecto a las demás parcelas de su grupo, lo que se debe posiblemente a los más bajos contenidos de calcio y fósforo de este sitio, así como a la mayor compactación del suelo y al alto porcentaje de la fracción de suelo < de 100 μ .

Algunas de las parcelas comprendidas en el grupo V, con edades entre 24 a 27 meses muestran diferencias muy marcadas, tal y como se observa en el Cuadro 19. Por ejemplo las del Centro Universitario y La Isabel son superiores a la de Pacayitas y a la número 2 de Cien Manzanas, debido posiblemente a las mejores condiciones físicas en lo que a compactación y textura se refiere, tal y como puede observarse en el Cuadro 6.

El Cuadro 20 presenta en resumen las mediciones dasométricas por lugar y agrupadas por edad. Al considerar los resultados globales por sitio y sus respectivos coeficientes de variación, puede notarse que estos oscilan: para altura total, de 21 por ciento en el Centro Universitario y Diques, dos de las mejores plantaciones de su grupo de edad, a 52 por ciento en Atirro-ingenio, sitio que se dividió en dos parcelas, una de las cuales presenta muy bajo rendimiento (ver Cuadro 19). Para las otras variables dasométricas también presentan coeficientes de variación más bajo, las plantaciones del Centro Universitario y Diques. Los más altos coeficientes de variación los presentan generalmente las plantaciones de más bajo rendimiento, o bien aquellas con marcados contrastes en su crecimiento. De aquí se deduce la importancia de identificar los factores que determinan sitios óptimos, para poder recomendar al productor la siembra en los lugares adecuados, que garanticen una menor variación de resultados y por consiguiente una mayor producción y un mejor aprovechamiento del terreno.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Los resultados obtenidos en la presente investigación sobre adaptabilidad de *E. deglupta*, bajo las condiciones de Turrialba, permiten hacer las siguientes conclusiones:

1. Las plantaciones en estudio se establecieron aparentemente sin criterios bien definidos en cuanto a la selección de sitios, lo que determina en parte una gran variación en términos de características de crecimiento tanto dentro como entre plantaciones.
2. Aquellos suelos con resistencia a la penetración superior a los 20 kg/cm^2 aproximadamente, y en donde los porcentajes de fracción de suelo <:de 100μ son superiores a 70%, son aparentemente menos aptos para el establecimiento de plantaciones de *E. deglupta*.
3. Los suelos con niveles de fósforo superiores a 8 ppm aproximadamente y con niveles de calcio superiores a los 5 meq/100 g de suelo, aparentemente favorecen el crecimiento de esta especie siempre y cuando las condiciones físicas de compactación y textura del suelo, sean favorables. Un buen contenido de materia orgánica es deseable siempre que no exceda valores sobre el 15%, pues a ese nivel puede más bien ser limitante.
4. Los mejores rendimientos de plantaciones, tanto en términos de las variables de crecimiento consideradas como en la producción

de postes/ha, se dieron en lugares con elevaciones inferiores a los 750 m s.n.m., lo que hace pensar que bajo las condiciones de Turrialba conviene sembrar en las zonas de menor elevación.

6.2 Recomendaciones

1. Por la variabilidad obtenida en los resultados dasométricos, aún en lugares con condiciones semejantes de suelo, se deduce la necesidad de investigar más a fondo la genética de esta especie, sobre todo en lo que se refiere a selección y producción de semilla certificada.
2. Con el propósito de ahondar sobre los requerimientos de sitio de esta especie y validar los resultados sobre las condiciones de suelo necesarias para el buen crecimiento de *E. deglupta*, se recomienda realizar ensayos de fertilización, así como el establecimiento de parcelas permanentes de rendimiento, donde el tratamiento silvicultural (distancia, régimen de raleo, limpiezas), sea el más adecuado a fin de no influenciar las otras variables que se desean investigar.
3. En la selección de sitios óptimos para el cultivo de árboles es importante no sólo tomar en cuenta las características edáficas y fisiológicas que garanticen una buena producción desde el punto de vista biológico, sino que debe considerarse también a este cultivo dentro de un contexto sistémico en donde se garantice al productor el mejor uso de su inversión y de su tierra.

7. LITERATURA CITADA

1. AGUIRRE C., C. Comportamiento inicial de *Eucalyptus deglupta* Blume, asociado con maíz (sistema "Taungya") en dos espaciamentos con y sin fertilización. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR/CATIE, 1977. 130 p.
2. ALCANTARA LEON, D. L. Estudio tecnológico de dos especies maderables exóticas, *Eucalyptus deglupta* Blume y *Eucalyptus saligna* Smith, en Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR/CATIE, 1975. 98 p.
3. BARRES, H. Silviculture; final report. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1970. 26 p. + 12 refs. (UNDP/SF Project LAT/REG/8).
4. BARROS, N. F. DE *et al.* Contribuição ao relacionamento de características pedológicas e topográficas com altura de *Eucalyptus alba*, na região de Santa Bárbara, Minas Gerais. Revista Ceres (Brasil): 23 (126):109-128. 1976.
5. BARNARD, R. C. Experiences with exotic tree species in Malaya. Malayan Forester 16(1):29-40. 1953.
6. BÉGUÉ, L. La première Conférence mondiale de l'*Eucalyptus* de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. Bois et Forêts des Tropiques N°51:7-15. 1957.
7. _____. Les *Eucalyptus* au sud du Sahara. Bois et Forêts des Tropiques N°91:11-22. 1963.
8. BLACK, C. A. Soil plant relationships. 2nd ed. New York, Wiley, 1968. 792 p.
9. BUCKMAN, H. O. y BRADY, N. C. Naturaleza y propiedades de los suelos Trad. del inglés por R. S. Barceló. México, D. F., UTHEA, 1966, 590 p.
10. BUDOWSKI, G. Reforestation of areas not suitable for cacao. In Inter-American Cacao Conference, Proceedings, 8th, Trinidad and Tobago, 1960. pp. 428-435.

11. BUDOWSKI, G. Sistemas de regeneración de los bosques de bajura en América Tropical. *Caribbean Forester* (Puerto Rico) 17(3-4): 53-75. 1956.
12. BURGERS, T. F. El crecimiento de los eucaliptos en regiones semihúmedas y semiáridas. *Caribbean Forester*, (Puerto Rico). 21(1-2): 24-37. 1960.
13. CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA. Posibles utilizaciones de árboles jóvenes de *Eucalyptus deglupta* Bl., una especie maderable introducida. *Actividades en Turrialba* (Costa Rica) 2(4):5-7. 1974.
14. _____. Resumen de datos meteorológicos. Turrialba, Costa Rica, 1980. 2 p.
15. COMBE, J. y GEWALD, N., eds. Guía de campo de los ensayos forestales del CATIE en Turrialba, Costa Rica. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1979. 378 p.
16. COZZO, D. *Eucalyptus* y eucaliptotecnia. Buenos Aires, El Ateneo, 1965. 393 p.
17. CHABLE, A. C. Reforestation in the Republic of Honduras, Central America. *Ceiba* (Honduras) 13(2):1-56. 1967.
18. CHAMPION, H. y BRASNETT, N. V. Elección de especies arbóreas para plantación. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Cuaderno de Fomento forestal No. 13. 1959. 375 p.
19. DAVIDSON, J. A description of *Eucalyptus deglupta* Bl. Port Moresby, Papua New Guinea. *Tropical Forestry Research Note* Sr. 7. Department of Forests. 1973. 21 p.
20. _____. Improving production from *Eucalyptus deglupta* in the territory of Papua, New Guinea. Port Moresby. Papua New Guinea. *Tropical Forestry Research Note* Sr. 5. 1973. 9 p.
21. _____. Natural variation in *Eucalyptus deglupta* and its effect on choice of criteria for selection in a tree improvement programme. Port Moresby, Papua New Guinea. *Tropical Forestry Research Note* Sr. 2. 1973. 9 p.

22. DAVIDSON, J. y HOWCROFT, N. H. S. Papua New Guinea tree improvement and introduction progress report 1972. Papua New Guinea, Tropical Forestry REsearch.
23. DIAZ-ROMEU, R. Determinación de nitrógeno total en suelos; método semimicro Kjeldahl. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1977. 2 p.
24. _____ y BALERDI, F. Determinación de la capacidad de intercambio de cationes del suelo. Turrialba, Costa Rica, IICA. 1969. 3 p.
25. _____ y HUNTER, A. Metodología de muestreo de suelos, análisis químico de suelos y tejido vegetal e investigación en invernadero. Turrialba, Costa Rica, CATIE, Proyecto Centroamericano de fertilidad de suelos. 1978. 62 p.
26. FASSBENDER, H. W. Conceptos físico-químicos en la interpretación del sistema suelo-planta. Turrialba, Costa Rica, IICA. 1969. 23 p.
27. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Segunda conferencia mundial de eucalipto. São Paulo, Brasil, 1961. Informe y Documentos. São Paulo. 1961. 2 v.
28. _____. *Eucalyptus* for planting. Rome, 1976. 398 p. (Borrador 2nda. edición).
29. FORSYTHE, W. M. Manual de laboratorio de física de suelos. IICA. Materiales Educativos N°25. 1975. 212 p.
30. GEWALD, N. J. *Eucalyptus* in Costa Rica. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 1978. 10 p.
31. _____. Farmers growing trees, the case for commercial plantations of *Eucalyptus deglupta* Bl. in Turrialba. Actividades en Turrialba 7(2):10-12. 1979.
32. GHILARDI, E. y LADISLAU, G. Postes de eucaliptos preservados, estudio práctico de comportamiento al ataque de hongos y termitas. In Conferencia mundial del eucalipto 2º, São Paulo, Brasil. 1961. Informes y Documentos. São Paulo, 1961, pp. 1224-1230.

33. GONDELLES, A. R. El género *Eucalyptus* en Australia; informe Symposium sobre un viaje de estudios. Caracas, Ministerio de Agricultura y Cría, Dirección Forestal, 1957. 147 p.
34. GONZALEZ, T., G.E. Air drying and preservation of *deglupta* (*Eucalyptus deglupta*) posts. San José, Costa Rica, Forest Products Laboratory, CATIE. 1974. 5 p.
35. _____ y KRONES, M. Comparación de las propiedades de secado y preservación de postes de *Eucalyptus deglupta* y *saligna*. San José, Costa Rica, Laboratorio de Productos Forestales, CATIE. 1974. 9 p.
36. _____. Estudio de factibilidad para la instalación de una planta de tratamiento a presión en Turrialba. San José, Costa Rica, Laboratorio de Productos Forestales, CATIE, 1974. 9 p.
37. GRIJPMAN, P. *Eucalyptus deglupta* Bl.: una especie forestal prometedora para los trópicos húmedos de América Latina. Turrialba (Costa Rica) 19(2):267-283. 1969.
38. GROULEZ, J. Introduction d'*eucalyptus* au Congo-Brazzaville. Bois et Forêts des Tropiques N°93:3-14. 1964.
39. HARDY, F. The soils of IAIAS area. Turrialba, Costa Rica, IICA. 1961. 70 p.
40. _____. Suelos tropicales. Trad. del inglés por R. Bazán. México, D. F., Herrero, 1970. 334 p.
41. HARRIES, E. D. *et al.* A quantitative assessment of defective wood in plantation grown *Eucalyptus deglupta* Bl., Port Moresby, Papua New Guinea. Forest Products Research Centre. pp. 428-436.
42. HARRIS, W. V. Termites: their recognition and control. 2nd. ed. London, Longman, 1961. pp. 108-117.
43. HEATHER, W. A. The Kamarere forests of New Britain. Empire Forestry Review 34(3):225-278. 1955.

44. HOLDRIDGE, L. R. Life zone ecology. 2nd. ed. San José, Costa Rica, Tropical Science Center, 1976. 206 p.
45. HUNTER, A. H. Soil analytical procedure using the modified NaHCO_3 extracting solution. International soil fertility evaluations improvement programme. Raleigh. s. f. 6 p.
46. IBARRA, A. E. *et al.* Inventario de recursos, Cantón de Turrialba, IICA. Publicación Miscelánea No. 62. 1970. 115 p.
47. INTERNATIONAL UNION OF FORESTRY RESEARCH ORGANIZATIONS. Investigaciones de la influencia de los rodales de *Eucalyptus* sobre el suelo. Instituto Forestal Latinoamericano de Investigación y Capacitación. Boletín No. 24. 1976, pp. 67-73.
48. JADAN PERALTA, S. V. Sistema de clasificación de índices de sitios para *Eucalyptus deglupta* Bl. en Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA. 1972. 98 p.
49. JOHANNING MORALES, A. R. Influencia de la fertilización N, P y K sobre el crecimiento inicial de *Anthocephalus cadamba* Miq. y *Eucalyptus deglupta* Bl. Tesis Ing. Agr. San José, Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía. 1970. 80 p.
50. JOHNSON, N. E. Biological opportunities and fast growing plantations. *Journal of Forestry* 74(4):206-211. 1976.
51. LAMA GUTIERREZ, G. DE LA. Atlas del eucalipto; información y ecología Sevilla, Ministerio de Agricultura. 1976. v. 1.
52. LAMB, D. Reforestation following chipwood logging. A review of silvicultural research at the Gogol Valley. Papua New Guinea Tropical Forestry Research Note Sr. 34, 1976. 20 p.
53. LIZARDO, L. Results of trial planting of *Eucalyptus* in the Philippines. *Journal of Forestry* 16(1-2):31-45. 1960.
54. LOJAN, L. Apuntes del curso de dasometría. I parte. Turrialba, Costa Rica, IICA. 1965. 106 p.

55. MACFARLANE, R., JACKSON, F. V. H. y MARTEN, K. D. Die back of *Eucalyptus* in the Solomon Islands. Commonwealth Forestry Review 55 (2):133-139. 1976.
56. MARTIN, B. Etablissement de tarifs de cubage pour peuplements d'*Eucalyptus deglupta* (*naudiniana*), agés de 4 ans et demi et plantées a écartement (2,5 x 2,5 m) sur savanes argileuses de Loudima. Centre Technique Forestier Tropical au Congo. 1970. 15 p.
57. METRO, A. El eucalipto en la repoblación forestal, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Estudios de silvicultura y productos forestales N°1. 1956. 431 p.
58. _____. Silvicultura de los bosques artificiales. Montes 26(152): 153-171. 1970.
59. MOREL, J. Notes sur le territoire de Papouasie et Nouvelle Guinée. Bois et Forêts des Tropiques N°115:15-31. 1967.
60. OLSEN, S. Phosphorus. In Black, C. A. et al. eds. Methods of soil analysis. Madison, Wisconsin. American Society of Agronomy. 1965. pp. 1035-1049.
61. PECK, R. B. Rooting characteristics of *Eucalyptus globulus* Labill, and *Buddleia nitida* Benthham on Irazu volcano, Cartago, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA. 1969. 49 p.
62. PEECH, M. et al. Methods of soil analysis for soil fertility investigations. U. S. Department of Agriculture. Circular No. 757. 1957. 25 p.
63. PRYOR, L. D. Report of afforestation with *Eucalyptus* in Ceylon. Ceylon Forester 6(3-4):95-100. 1964.
64. QUIROGA, V. Manual práctico para el análisis de experimentos de campo. IICA. Publicación Miscelánea, N°142. 1976. 113 p.
65. SAIZ DEL RIO, J. F. y BORNEMISZA, E. Análisis químico de suelos, métodos de laboratorio para diagnóstico de fertilidad. Turrialba, Costa Rica, IICA. 1971. 107 p.

66. SALAZAR, R. Comportamiento individual del *Eucalyptus deglupta* Bl. a seis niveles de N, P durante el primer año de crecimiento. Tesis de Ing. Agr. San José, Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía. 1970. 82 p.
67. _____. Justificación para la planta de tratamiento de madera a presión. Turrialba, Costa Rica, Centro Agrícola Cantonal. 1975. 5 p.
68. _____. Información real y estimada de explotación y aprovechamiento por hectárea de *Eucalyptus deglupta* en Turrialba, Costa Rica, Centro Agrícola Cantonal. 1974. s/p.
69. SHAND, E. A. Diversificación agrícola en fincas mediante árboles y macadamia, perspectiva del mercado de postes para cercas y postes de electrificación. San José, Costa Rica, FAO/MAG. 1975. 25 p.
70. SHIMIZU, J. Y. Aspectos da actividade florestal e pesquisas correlatas na Austrália e Papua Nová Guiné. Brasil Florestal 9(36):42-57. 1978.
71. SLOOTEN, H. J. VAN DER y LLACH C., L. Physical and mechanical properties of *Eucalyptus deglupta* Blume grown in Costa Rica Turrialba (Costa Rica) 19(2):284-290. 1969.
72. STEEL, R. G. D. y TORRIE, H. J. Principles and procedures of statistics. New York, McGraw-Hill. 1960. 481 p.
73. UGALDE A., L. A. Rendimiento y aprovechamiento de dos intensidades de raleos selectivos en *Eucalyptus deglupta* Blume, en Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR/CATIE. 1980. 127 p.
74. VEGA, L. El espaciamiento y otras características silviculturales de *Eucalyptus deglupta* Bl. en Surinam, S.1., 1979. 22 p.
75. WHITE, K. y CAMERON, A. L. eds. Silvicultural techniques in Papua New Guinea: forest plantations. Bulletin No. 1, Division of Silviculture, Department of forests, Territory of Papua New Guinea. 1965, 3° re-impreso, 1972. pp. 75-85.

76. WHITMORE, J. L. y MACIA, F. S. *Eucalyptus* provenances tested in Puerto Rico: two years after outplanting. *Forest Science* 21(4):410-412. 1975.
77. WILDE, S. A. *Forest Soils; their properties and relation to silviculture*. New York, Ronald Press. 1958. 537 p.

8. ANEXOS

Anexo 1. Identificación de las variables.

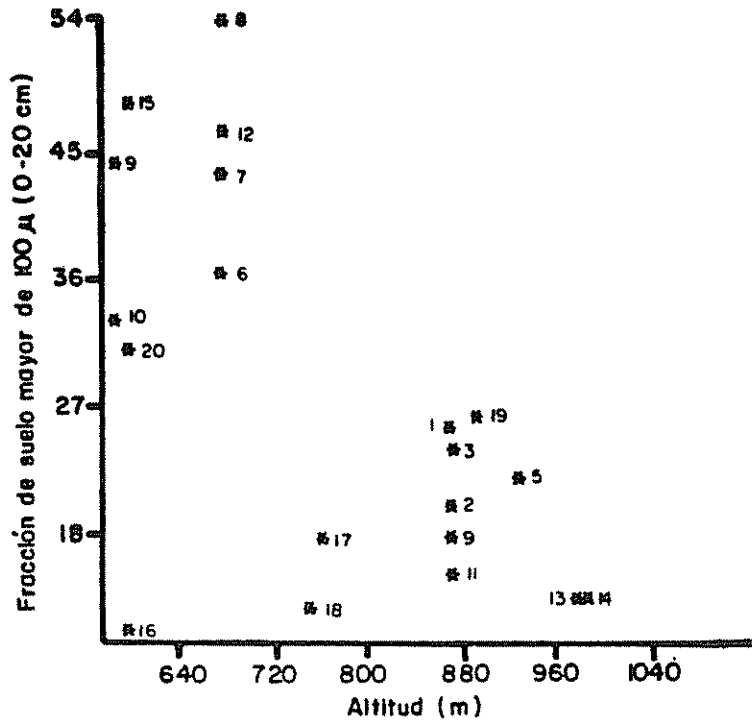
1. Parcela
2. Altitud en metros
3. Topografía
4. Edad en meses
5. Masa original/ha
6. Masa actual/ha
7. Area basal, m²/ha
8. Altura total, m
9. Altura comercial, m
10. DAP, cm
11. Rectitud del fuste clase 1
12. Rectitud del fuste clase 2
13. Rectitud del fuste clase 3
14. Rectitud del fuste clase 5
15. Enfermos, %
16. Bifurcados, %
17. No. postes para cerca/ha
18. No. postes para transmisión/ha
19. Arena, % 0-20 cm profundidad
20. Limo, % 0-20 cm
21. Arcilla, % 0-20 cm
22. Fracción > 100 μ 0-20 cm
23. Fuerza de penetración, kg/cm² 0-20 cm
24. pH (agua) 0-20 cm
25. pH (CaCl₂) 0-20 cm
26. Potasio, meq/100 g suelo 0-20 cm
27. Calcio, meq/100 g suelo 0-20 cm
28. Magnesio, meq/100 g suelo 0-20 cm
29. CIC, % 0-20 cm
30. Materia orgánica, % 0-20 cm
31. Carbono, % 0-20 cm
32. Nitrógeno total, % 0-20 cm
33. Fósforo disponible, ppm 0-20 cm
34. Arena, % 20-40 cm
35. Limo, % 20-40 cm
36. Arcilla, % 20-40 cm
37. Fracción > 100 μ 20-40 cm
38. Fuerza de penetración, kg/cm² 20-40 cm
39. pH (agua) 20-40 cm
40. pH (CaCl₂) 20-40 cm
41. Potasio, meq/100 g suelo 20-40 cm
42. Calcio, meq/100 g suelo 20-40 cm
43. Magnesio, meq/100 g suelo 20-40 cm
44. CIC, % 20-40 cm
45. Materia orgánica, % 20-40 cm
46. Carbono, % 20-40 cm
47. Nitrógeno total, % 20-40 cm
48. Fósforo disponible, ppm 20-40 cm

ANEXO 2 . MATRIZ DE CORRELACION TOTAL.

NUMEROS DE LAS VARIABLES

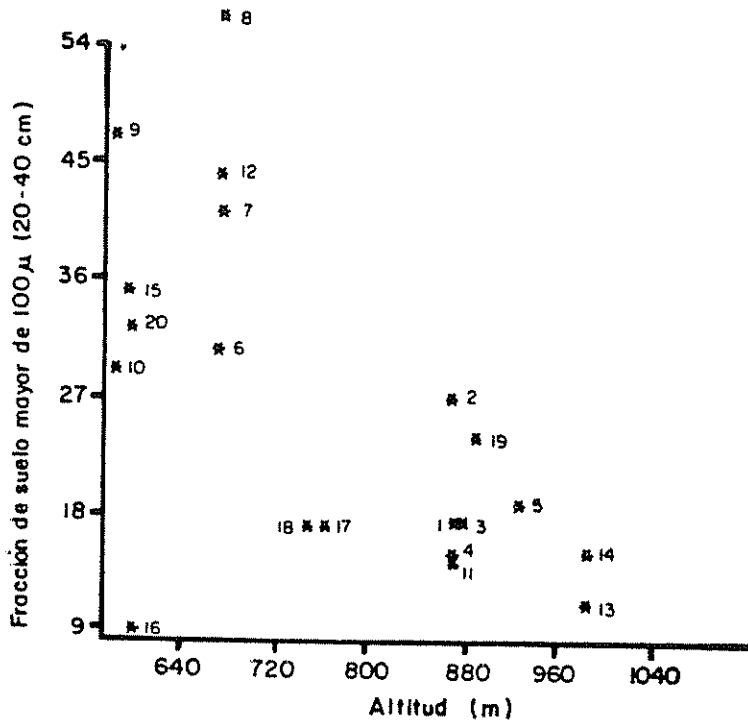
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1.0000														
2	0.2582	1.0000													
3	0.0503	0.4578	1.0000												
4	0.9229	0.3122	0.1452	1.0000											
5	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000										
6	0.2046	-0.4753	-0.1059	-0.4516	0.0000	1.0000									
7	0.4524	-0.0940	-0.3941	0.4222	0.0000	-0.0003	1.0000								
8	0.5510	-0.1292	-0.2050	0.4579	0.0000	0.1002	0.7094	1.0000							
9	0.7177	0.1131	-0.1134	0.6275	0.0000	-0.0025	0.5995	0.9180	1.0000						
10	0.5415	-0.1625	-0.1507	0.4129	0.0000	0.0492	0.6563	0.0794	0.7002	1.0000					
11	0.0981	0.3415	0.0632	0.0626	0.0000	-0.1540	-0.2411	-0.5335	-0.4768	-0.5212	1.0000				
12	0.1031	0.1379	-0.0665	-0.1558	0.0000	0.0903	-0.0290	0.2514	0.2603	0.1560	-0.7288	1.0000			
13	0.1339	-0.3912	-0.0329	0.0955	0.0000	0.2809	0.3268	0.6397	0.5501	0.6603	-0.6348	0.0471	1.0000		
14	0.2506	0.1755	0.2270	0.3209	0.0000	-0.4916	0.0410	0.2696	0.2670	0.1698	0.1273	-0.2108	0.1697	1.0000	
15	0.5354	0.2741	0.3172	0.6972	0.0000	-0.5200	0.2622	0.1967	0.3049	0.2645	0.1710	-0.3564	0.1643	0.5126	1.0000
16	0.0777	0.0522	0.0109	0.1220	0.0000	0.0729	0.0014	0.2566	0.3127	0.2925	-0.3623	0.1354	0.4066	-0.0641	-0.0823
17	0.4934	-0.1618	-0.3129	0.2513	0.0000	0.3950	0.6920	0.9170	0.8499	0.7464	-0.4356	0.2074	0.5881	0.0762	-0.0201
18	0.7294	0.0762	0.1646	0.5791	0.0000	-0.1012	0.4070	0.7063	0.8650	0.7055	-0.1722	0.1250	0.3014	0.2032	0.1405
19	0.0722	-0.6340	-0.7226	-0.0965	0.0000	0.1074	0.1993	0.3495	0.2271	0.3231	-0.2135	0.0141	0.4582	-0.1693	-0.1332
20	0.2902	0.3635	0.0305	0.4030	0.0000	-0.2510	-0.0785	-0.1034	0.0700	-0.0697	0.1091	-0.1159	-0.0812	0.1362	0.4327
21	0.3622	0.4630	0.3979	0.1890	0.0000	-0.0706	-0.1996	-0.3979	-0.3616	-0.3710	0.2113	0.0608	-0.5589	0.1333	-0.1191
22	0.1257	-0.6150	-0.7196	-0.0513	0.0000	0.2190	0.2001	0.4342	0.3040	0.3037	-0.2418	-0.1003	0.5174	-0.1720	-0.1231
23	0.0820	-0.1472	-0.3155	0.0528	0.0000	-0.3885	-0.2673	-0.4074	-0.3350	-0.3872	0.5768	-0.3863	0.3542	0.2508	0.1124
24	0.0397	-0.2530	-0.6771	-0.2030	0.0000	0.0975	0.1040	0.2274	0.1455	0.2429	-0.2107	0.0063	0.2978	-0.2431	-0.2870
25	0.1006	-0.1209	-0.4914	-0.2940	0.0000	0.0920	0.3950	0.2023	0.1371	0.2417	-0.3239	-0.0044	0.3286	-0.2155	-0.1550
26	0.3666	0.1591	-0.0929	0.0466	0.0000	0.3564	0.2644	0.1577	0.2371	0.0223	-0.0686	-0.0781	0.2007	-0.2766	-0.1048
27	0.0505	-0.5649	-0.6222	-0.3678	0.0000	0.4074	0.0900	0.2714	0.1248	0.3172	-0.0868	-0.0193	0.3522	-0.2394	-0.2443
28	0.0018	-0.3924	-0.4141	-0.2005	0.0000	0.1702	0.1730	0.0605	-0.0000	0.1321	0.0354	0.1047	0.1326	-0.2325	-0.1581
29	0.2053	0.4090	0.0786	0.3447	0.0000	-0.5354	-0.0010	-0.2755	-0.1053	-0.2377	-0.0670	0.2584	-0.4248	0.0490	0.1318
30	0.2012	0.5907	0.2457	0.3776	0.0000	-0.2942	0.1705	0.0239	0.1707	-0.0500	-0.1463	0.0741	-0.1602	0.0614	0.0728
31	0.3940	0.6176	0.2096	0.5775	0.0000	-0.3732	0.2402	0.0201	0.1691	-0.0048	-0.1098	-0.0086	-0.1391	0.0489	0.2166
32	0.2034	0.5316	0.1600	0.3494	0.0000	0.3520	0.1034	0.0297	0.0003	-0.0674	-0.1611	0.1107	-0.1922	-0.0477	0.0725
33	0.4007	-0.1126	-0.0303	0.4522	0.0000	-0.1905	0.1885	0.2124	0.2042	0.1397	-0.0715	0.1638	0.0914	0.0343	0.2056
34	0.1117	-0.5796	-0.7290	-0.0007	0.0000	0.2404	0.2108	0.3330	0.2540	0.3059	-0.2111	0.0014	0.5093	-0.2216	-0.1264
35	0.0545	0.4501	0.3401	0.1040	0.0000	0.2404	0.4008	0.0305	0.0200	0.0778	-0.1643	0.2122	-0.0120	0.0666	0.3415
36	0.0977	0.0032	0.0552	0.0929	0.0000	0.1507	0.2415	0.4159	0.3146	0.4120	0.3550	-0.1362	0.5975	0.2211	-0.0664
37	0.0625	-0.2822	-0.1187	-0.0922	0.0000	0.2727	0.2108	0.3419	0.2073	0.3191	-0.2635	0.0223	0.5635	-0.1932	-0.1439
38	0.0613	0.0024	0.0523	0.1169	0.0000	0.3173	0.4930	0.5007	0.3741	-0.4359	0.5945	-0.3707	-0.4057	0.0977	0.1148
39	0.0629	-0.3074	-0.0005	-0.2411	0.0000	0.1195	0.0011	-0.0272	-0.0994	0.0353	-0.0817	-0.0332	0.1594	-0.3284	-0.2426
40	0.0105	-0.1925	-0.1377	0.0000	-0.0000	-0.1082	0.2308	0.1283	0.0930	0.1024	-0.3033	0.0545	0.2420	-0.2444	-0.1817
41	0.4273	-0.0782	-0.3379	-0.3003	0.0000	-0.0739	0.1663	-0.0708	-0.1167	-0.0818	-0.5398	0.3976	0.0814	-0.2162	-0.2807
42	0.4028	-0.2399	-0.4055	0.1687	0.0000	0.1736	0.1913	0.4033	0.4307	0.3602	-0.0420	0.0424	0.3210	-0.2417	0.0249
43	0.0306	0.4797	0.3263	-0.2353	0.0000	0.2902	0.1661	0.0067	0.0037	0.1656	-0.0406	0.1414	0.1997	-0.2365	-0.1994
44	0.1715	0.2935	0.0727	0.2919	0.0000	-0.0507	0.0011	0.1669	0.0517	0.1523	-0.1420	0.3090	-0.3650	0.0942	0.0729
45	0.2004	0.2900	0.0952	0.2961	0.0000	0.0739	0.0016	0.2640	0.3404	0.1003	-0.0203	-0.2561	0.2837	0.0973	0.3263
46	0.1113	0.4010	0.1163	0.2637	0.0000	0.3111	0.2666	0.0265	0.1166	0.0154	0.1860	0.0209	0.0049	0.0362	0.0094
47	0.1430	0.4220	0.0700	0.2724	0.0000	-0.3563	0.0102	0.0795	-0.0067	-0.2067	-0.0989	-0.1524	-0.0040	0.0020	0.0020
48	0.1107	0.0920	0.1165	0.1360	0.0000	0.0709	0.4603	0.2019	0.3003	0.2033	0.2604	0.2926	-0.0276	-0.0078	0.0078

Anexo 3 Gráfica relativa entre las variables : fracción de suelo mayor de 100 μ (0-20 cm) y altitud

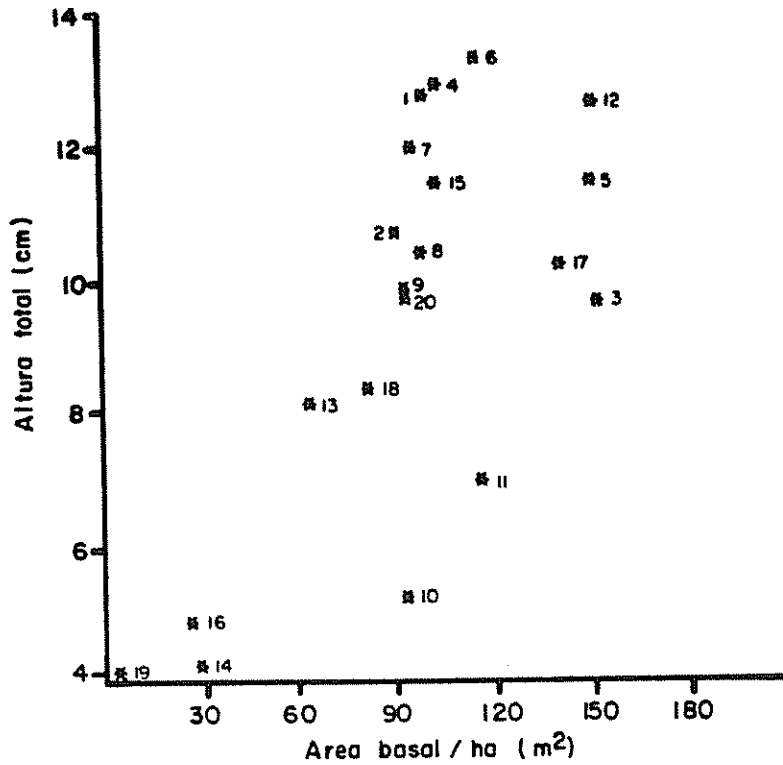


Nota: Los números corresponden a las parcelas consideradas

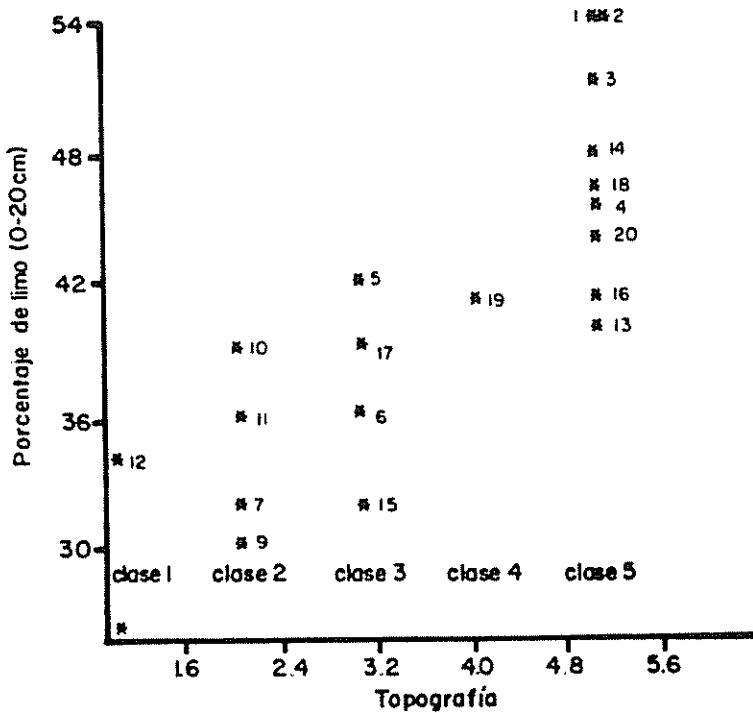
Anexo 4 Gráfica relativa entre las variables : fracción de suelo mayor de 100 μ (20-40 cm) y altitud



Anexo 5 Gráfica relativa entre las variables: altura total (cm) y área basal / ha (m²)

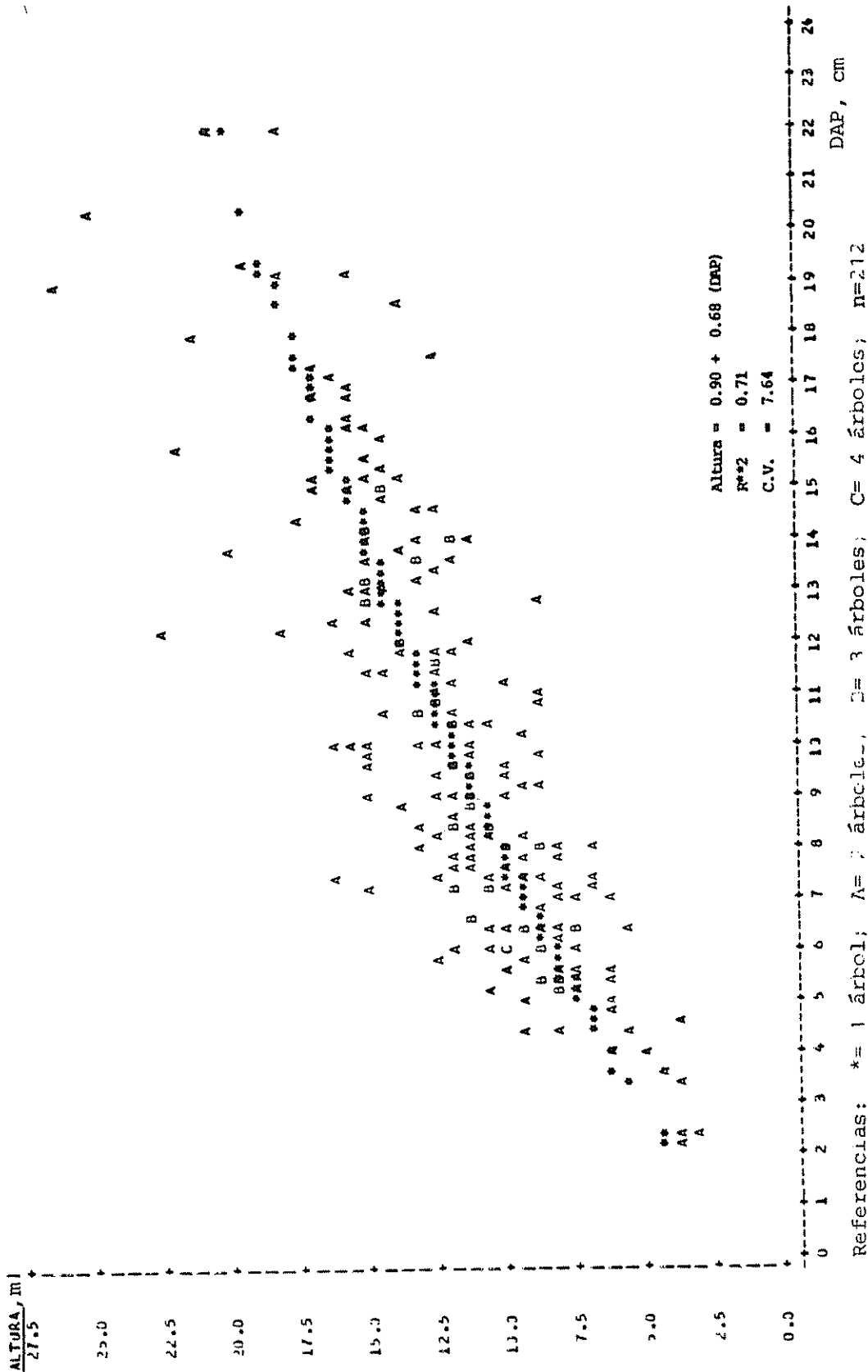


Anexo 6 Gráfica relativa entre las variables: porcentaje de limo (0-20 cm) y topografía



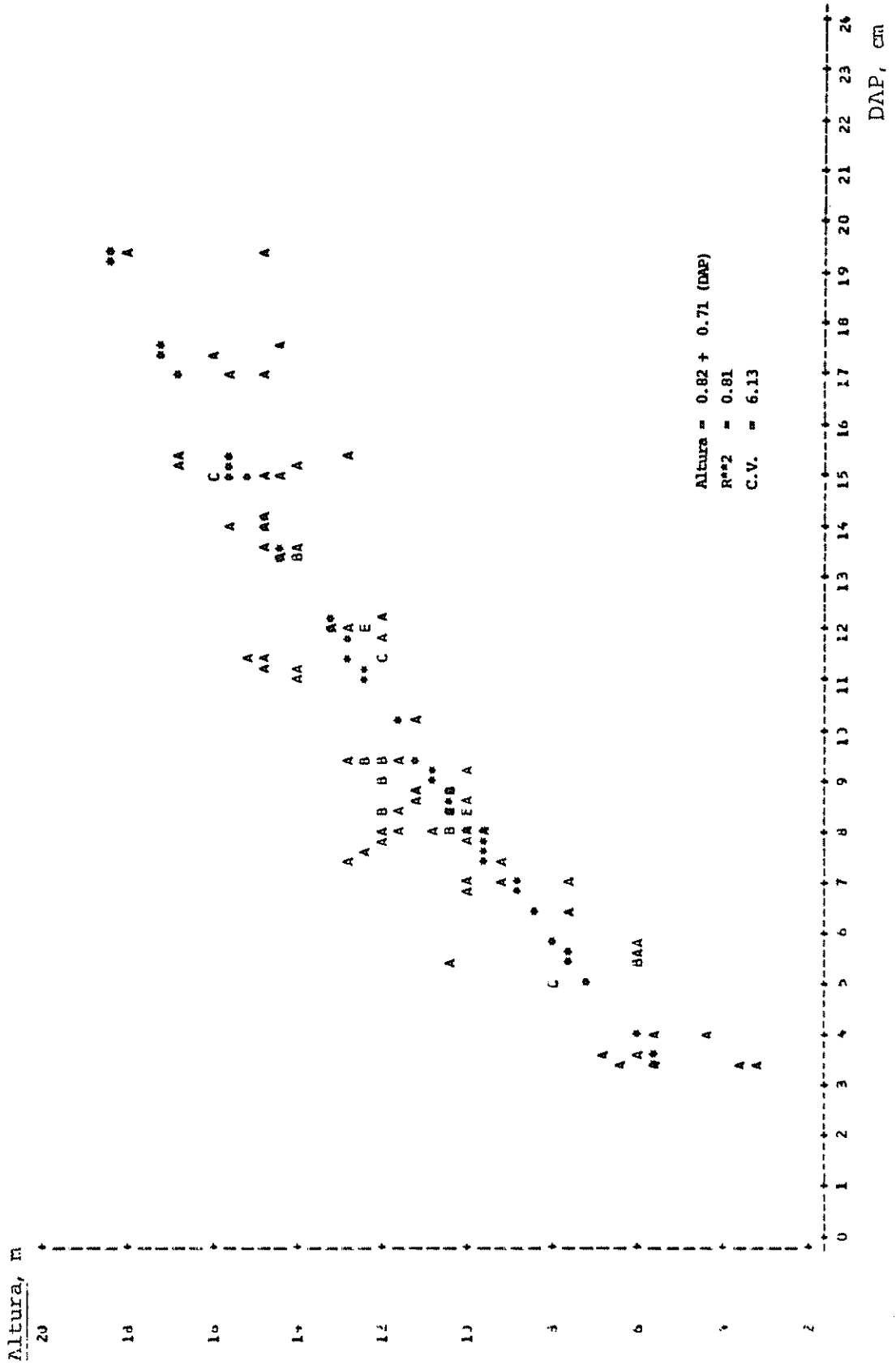
Nota: Los números corresponden a las parcelas consideradas

Anexo 7. RELACION ENTRE LAS VARIABLES DIAMETRO Y ALTURA.
EL SAUCE



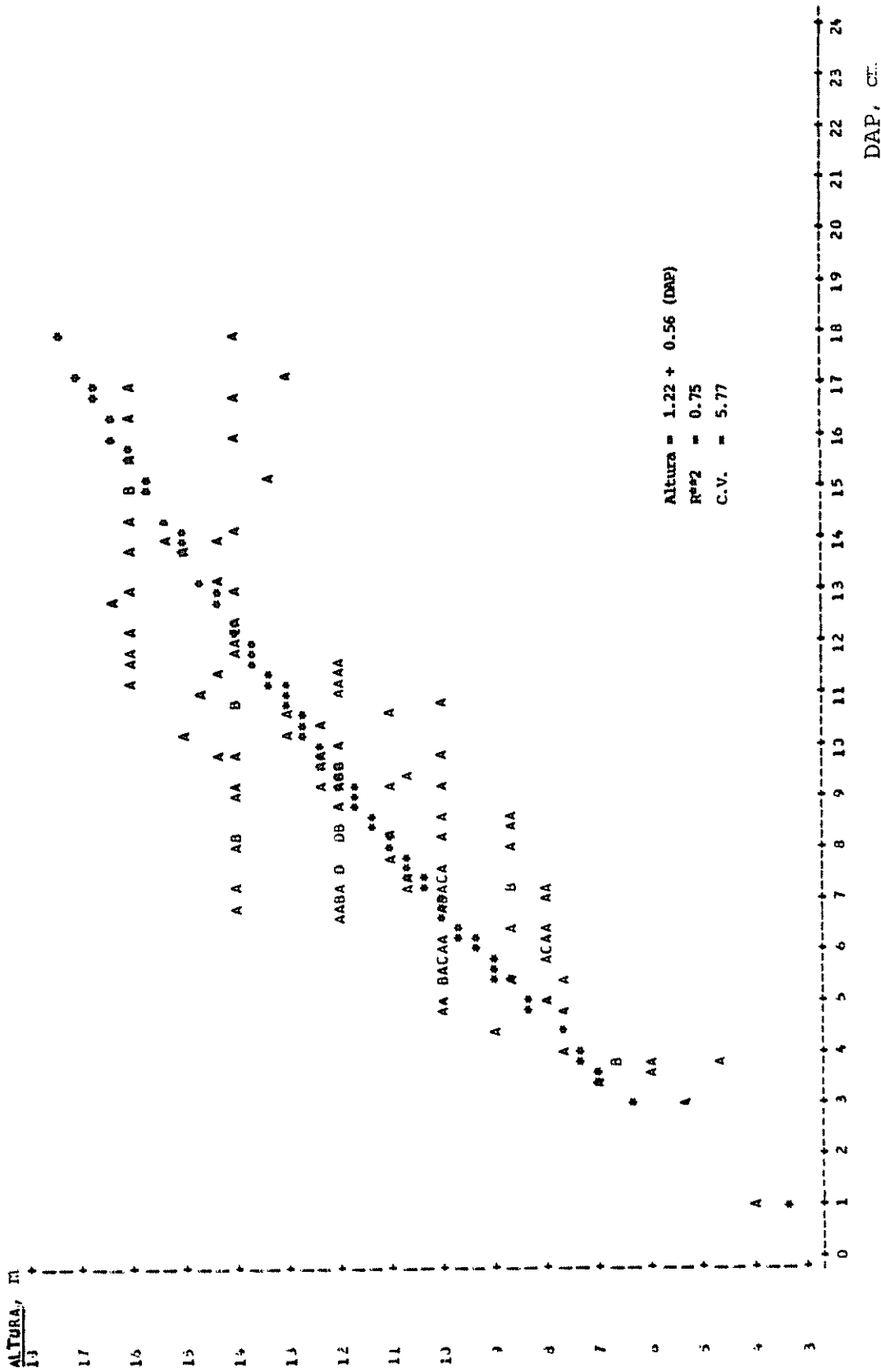
Anexo 8. RELACION ENTRE LAS VARIABLES DIAMETRO Y ALTURA.

SAN JUAN SUR



Anexo 9. RELACION ENTRE LAS VARIABLES DIAMETRO Y ALTURA.

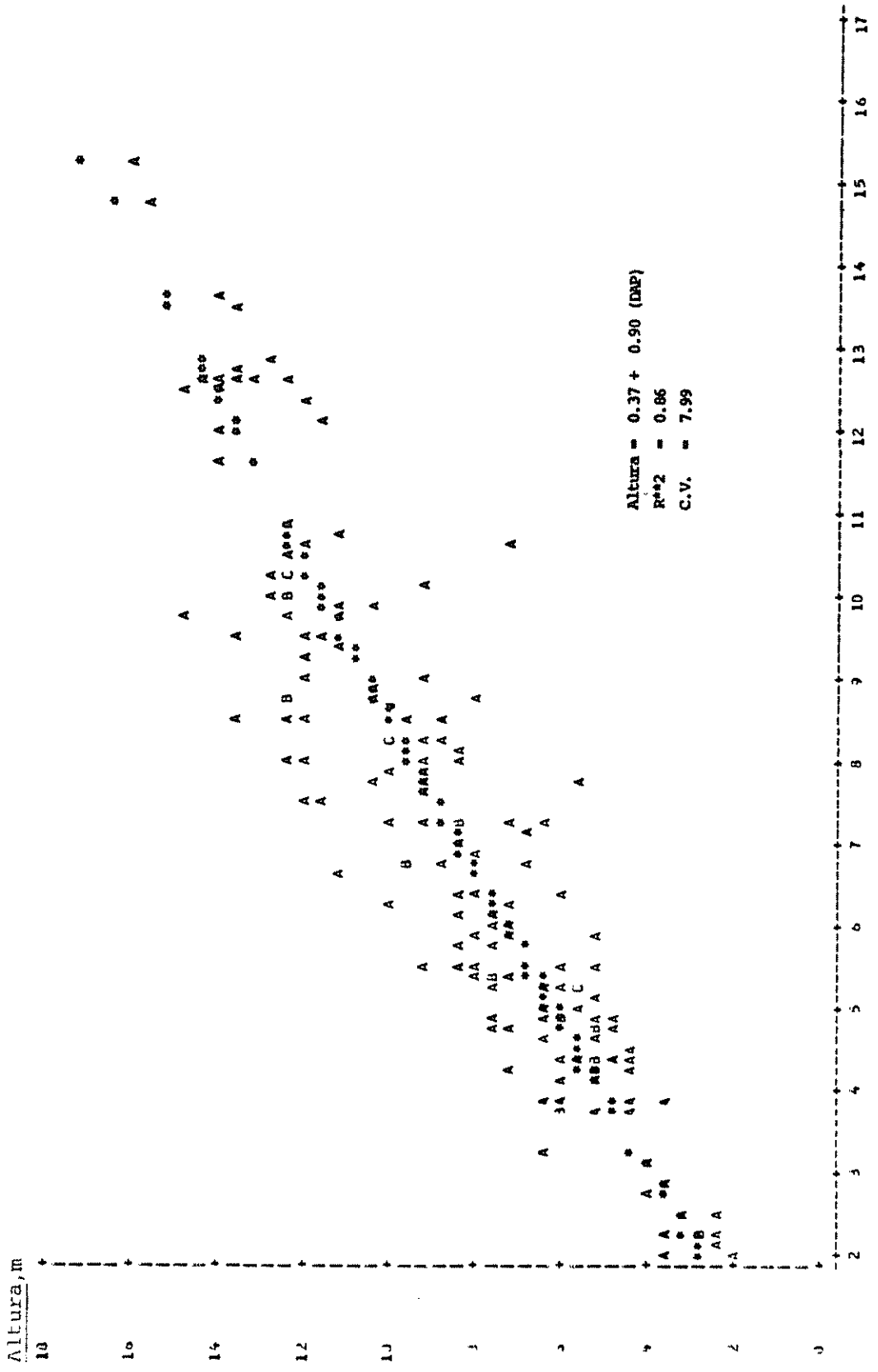
PACUARE



Referencias: * = 1 árbol; A = 2 árboles; B = 3 árboles; C = 4 árboles; n = 134

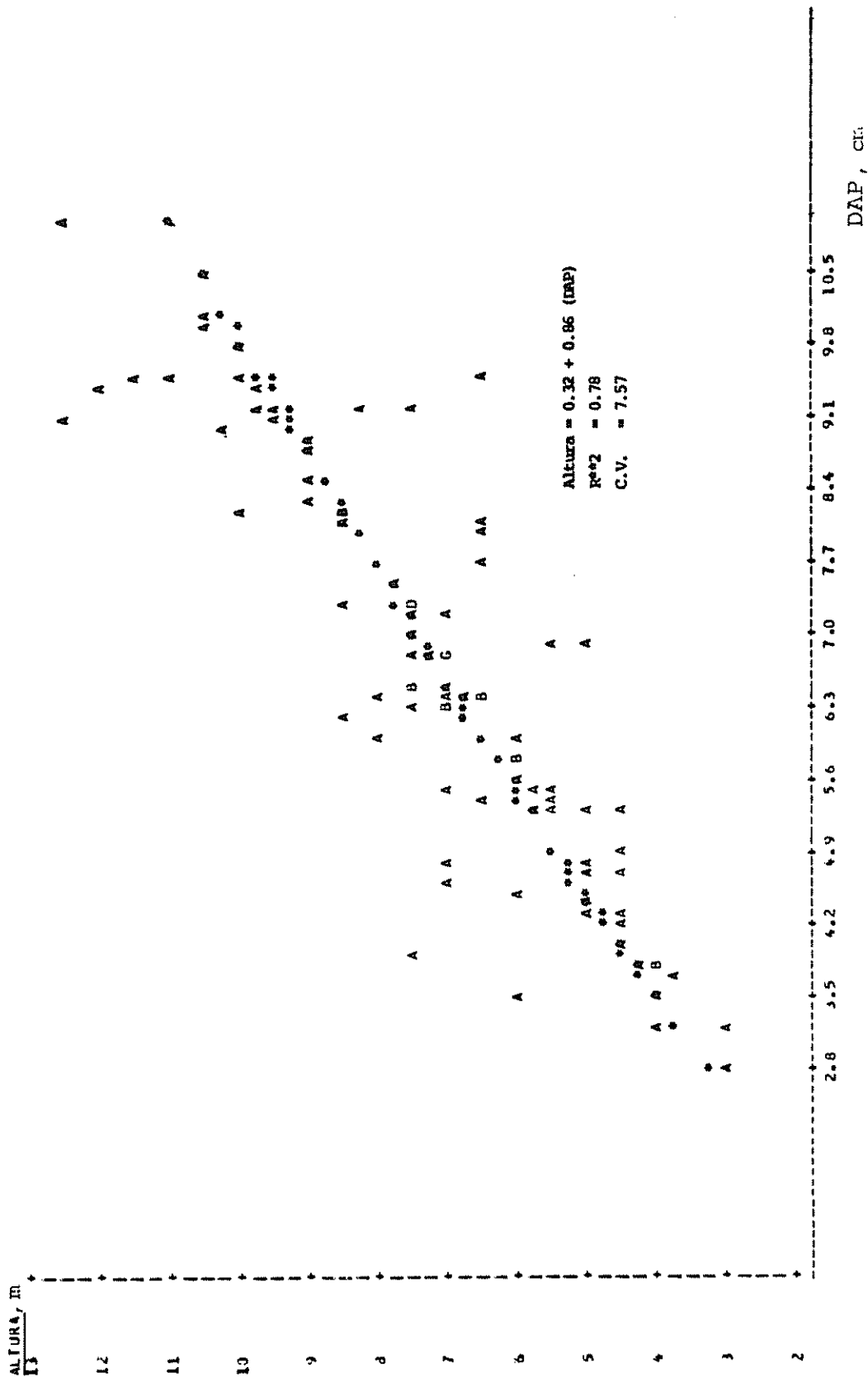
Anexo 10. RELACION ENTRE LAS VARIABLES DIAMETRO Y ALTURA.

ATIRRO, ENTRADA



Referencias: * = 1 árbol; A = 2 árboles; B = 3 árboles; C = 4 árboles; n = 122

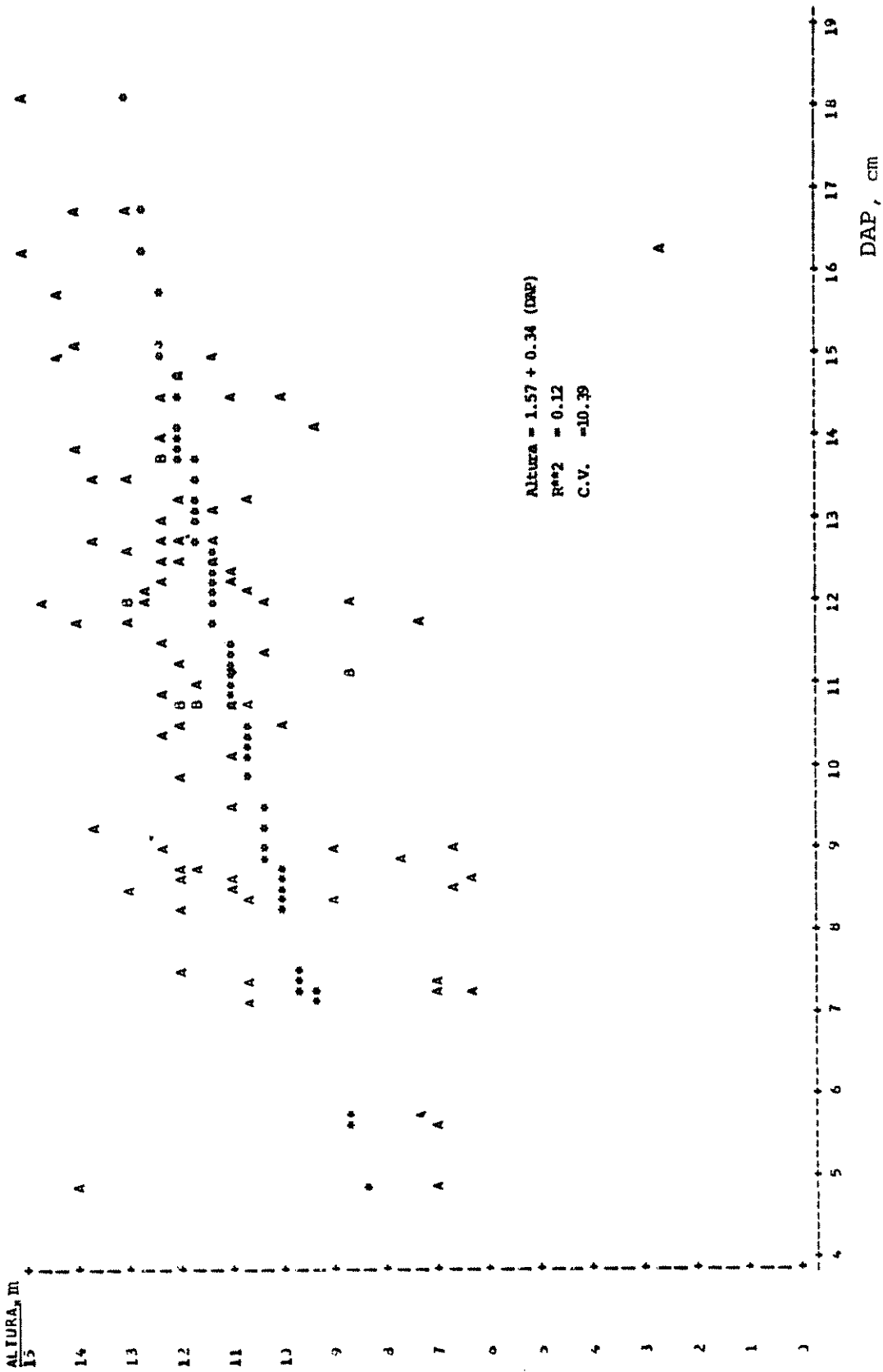
Anexo 11. RELACION ENTRE LAS VARIABLES DIAMETRO Y ALTURA.
GUAYABO



Referencias: * = 1 árbol; A = 2 árboles; B = 3 árboles; C = 4 árboles; n = 99

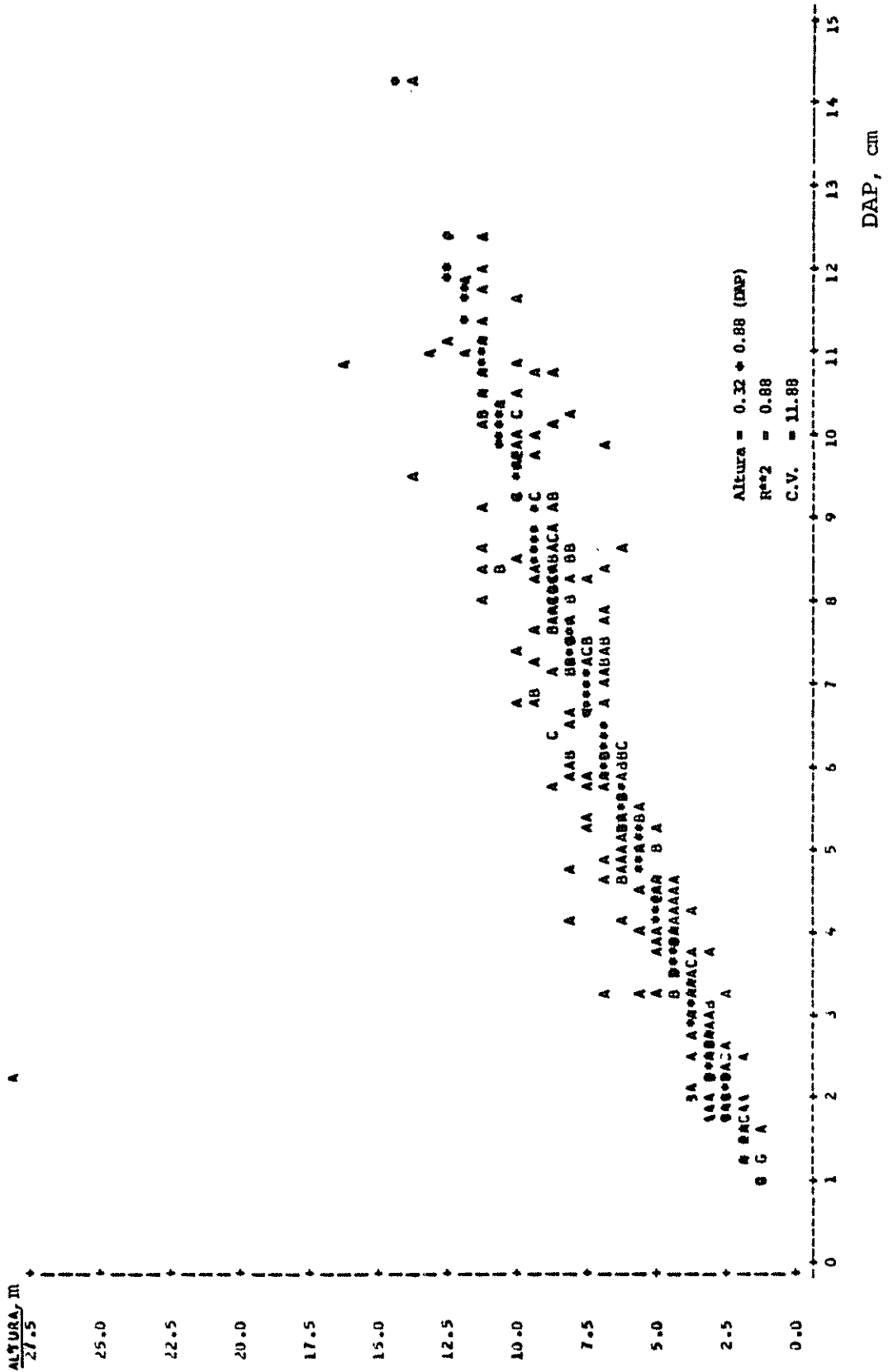
Anexo 12. RELACION ENTRE LAS VARIABLES DIAMETRO Y ALTURA.

DIQUES



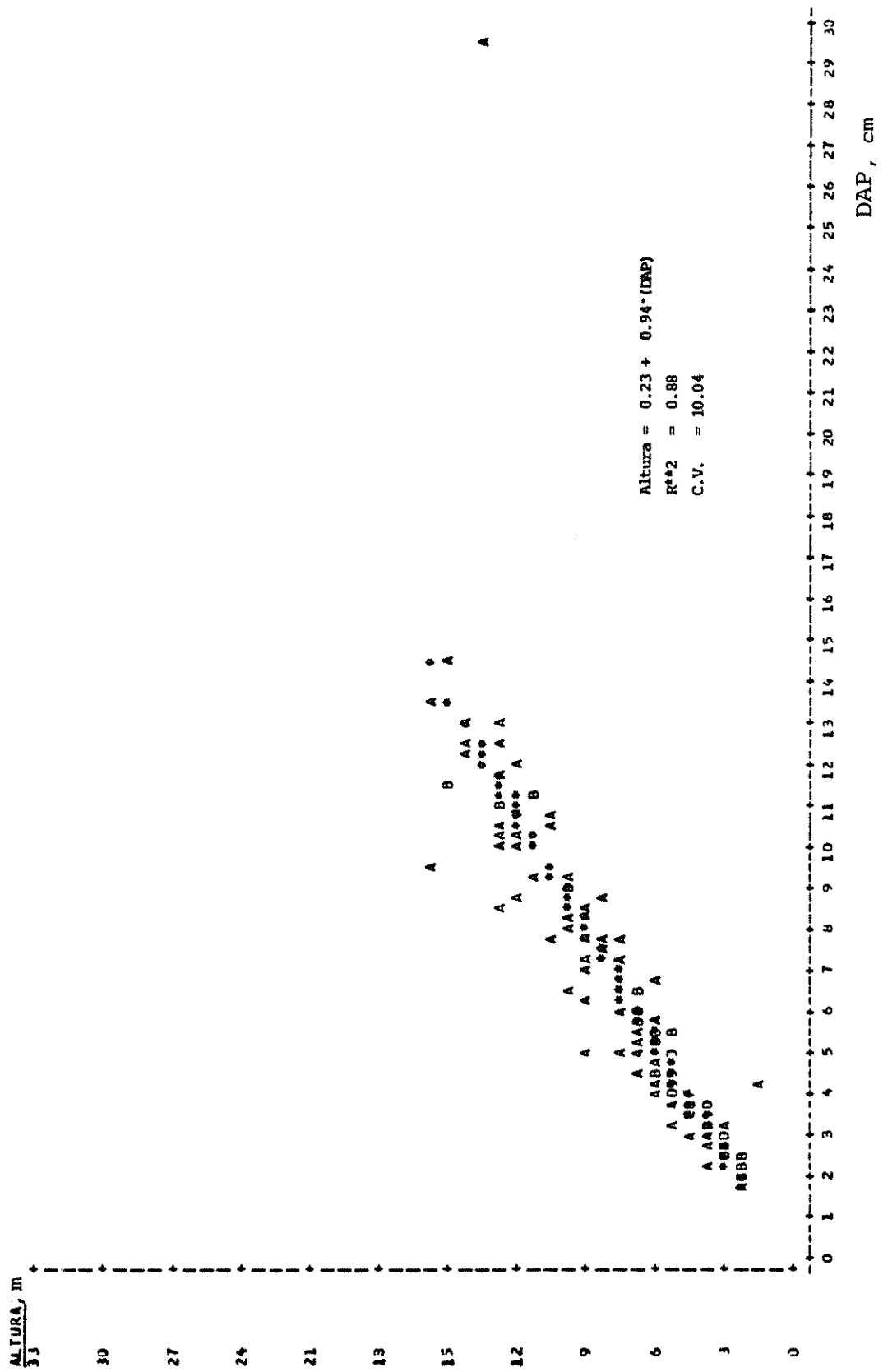
Referencias: * = 1 árbol; A = 2 árboles; B = 3 árboles; C = 4 árboles; n = 84

ANEXO 13. RELACION ENTRE LAS VARIABLES DIAMETRO Y ALTURA.
CIEN MANZANAS



Referencias: * = 1 árbol; A = 2 árboles; B = 3 árboles; C = 4 árboles; n = 265

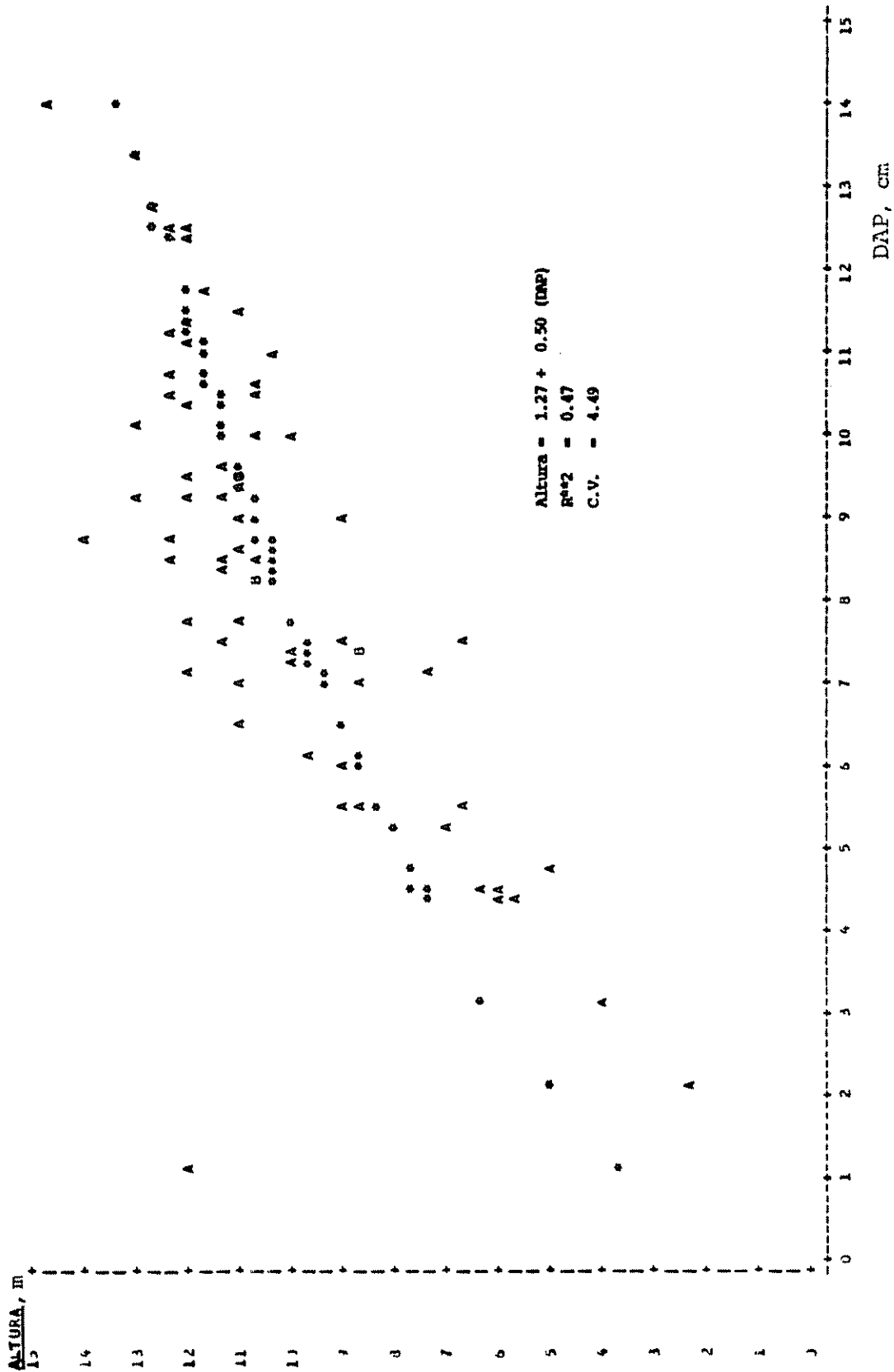
Anexo 14. RELACION ENTRE LAS VARIABLES DIAMETRO Y ALTURA.
ATIRRO, INGENIO



Referencias: * = 1 árbol; A = 2 árboles; B = 3 árboles; C = 4 árboles; n = 124

Anexo 15. RELACION ENTRE LAS VARIABLES DIAMETRO Y ALTURA.

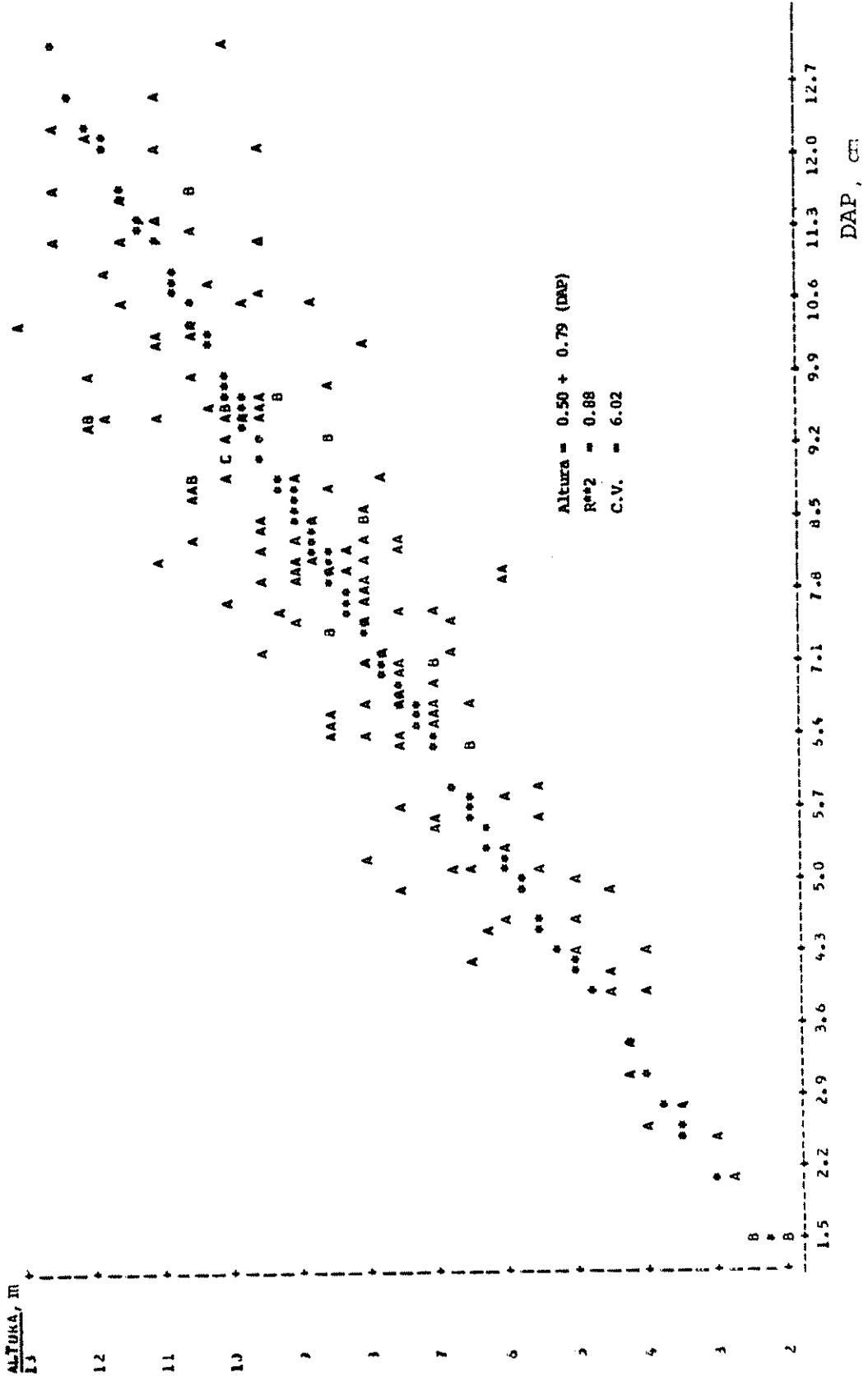
CIMARRONES



Referencias: * = 1 árbol; A = 2 árboles; B = 3 árboles; C = 4 árboles; n = 68

Anexo 16. RELACION ENTRE LAS VARIABLES DIAMETRO Y ALTURA.

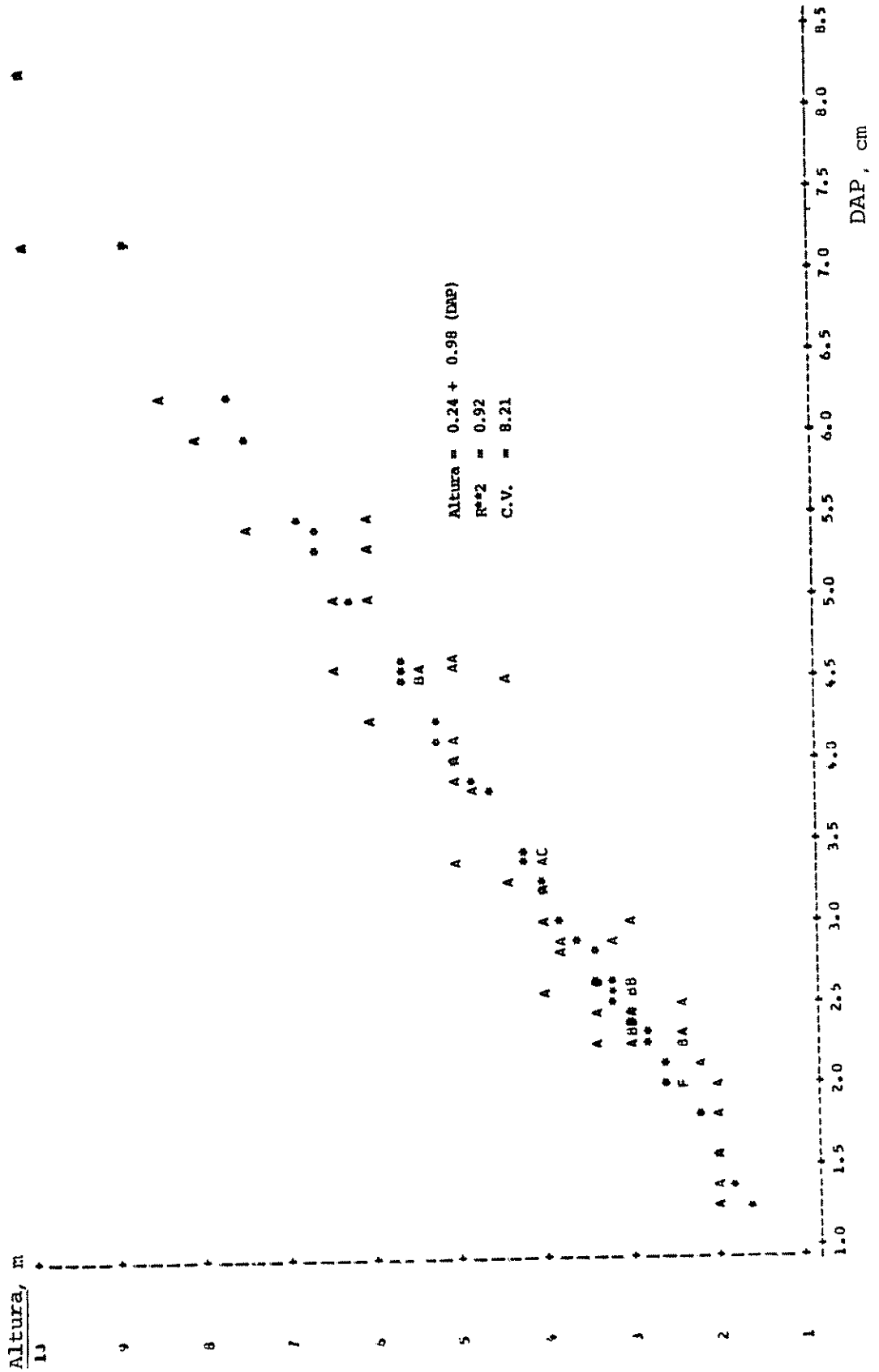
LA ISABEL



Referencias: * = 1 árbol; A = 2 árboles; B = 3 árboles; C = 4 árboles; n = 153

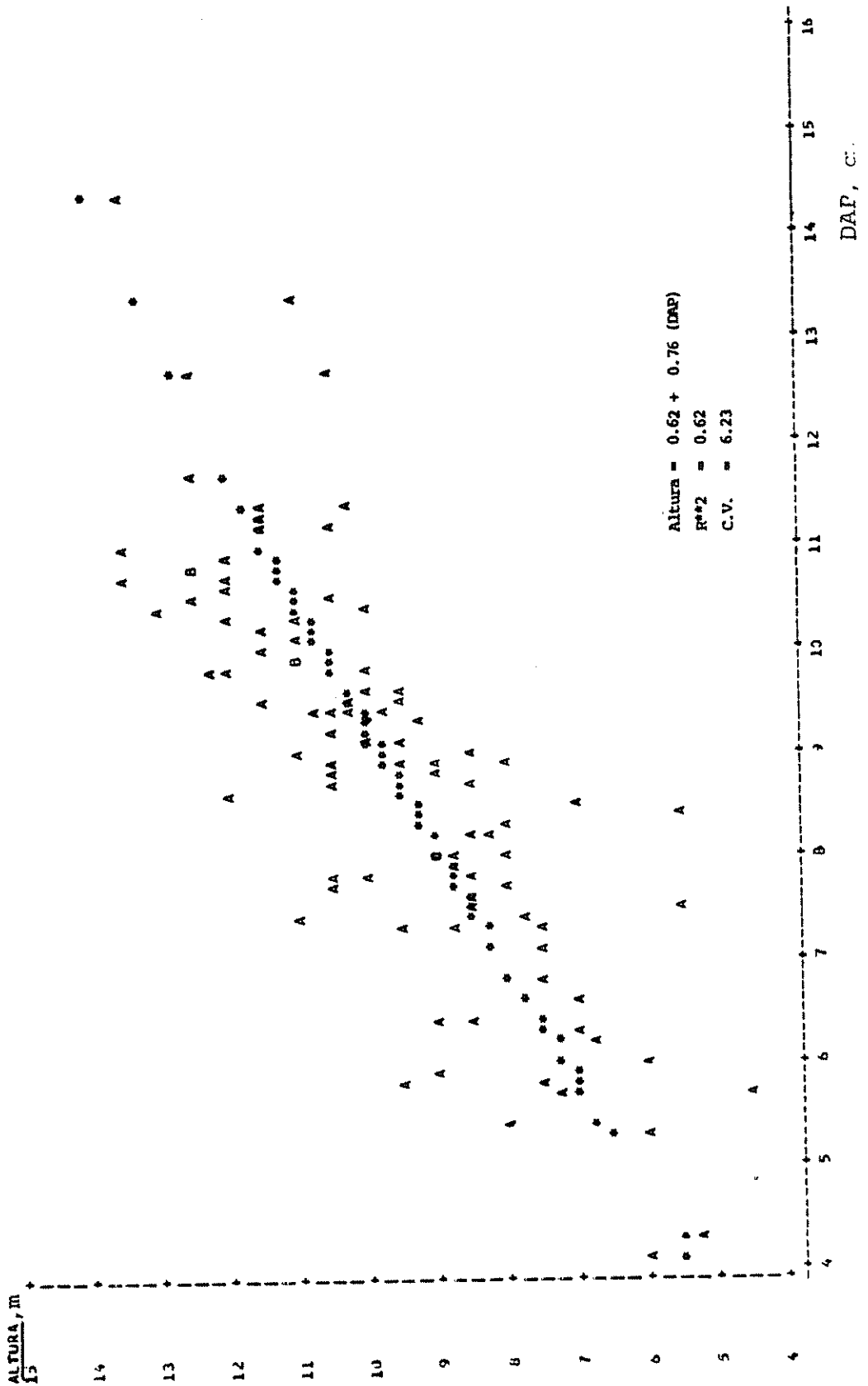
Anexo 17. RELACION ENTRE LAS VARIABLES DIAMETRO Y ALTURA.

PACAYITAS



Referencias: * = 1 árbol; n = 2 árboles; B = 3 árboles; C = 4 árboles; n = 66

Anexo 18. RELACION ENTRE LAS VARIABLES DIAMETRO Y ALTURA.
CENTRO UNIVERSITARIO



Referencias: * = 1 árbol; A = 2 árboles; B = 3 árboles; C = 4 árboles; n = 97

Anexo 19. Patrones estandar de comparación^{1/}.

	pH	M.O	N total	C/N	Bases cambiables		P dispon.	Ca		CatMg K
					Ca	Mg		Mg	K	
			←----- % ----->			←---Meq/100 g suelo--->	ppm			
Alto	7.5	7.0	0.35	11.5	24.0	6.0	0.55	120	-	55.0
Medio	6.5	3.3	0.20	9.5	12.0	3.0	0.35	60	4.0	43.0
Bajo	5.0	0.6	0.05	7.5	4.0	1.0	0.20	20	-	25.0

^{1/} Tomado de Hardy (39).