



# Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ciencias

PATRONES DE VARIACION DE LAS CARACTERISTICAS  
ANATOMICAS DE LA MADERA EN CORDIA ELAEAGNOIDES D.C.

T E S I S

Que para obtener el Título de  
BIOLOGO

p r e s e n t a

CALIXTO LEON GOMEZ

México, D. F.

Primavera 1985



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## INDICE

|  | Pág. |
|--|------|
| RESUMEN  | 3    |
| I INTRODUCCION                                 | 5    |
| 1.- Generalidades                              | 6    |
| 2.- Objetivos                                  | 9    |
| II ANTECEDENTES                                | 10   |
| 1.- Estudios sobre variabilidad en la Madera   | 11   |
| 2.- Descripción de <u>Cordia alleneana</u> DC. | 17   |
| 3.- Descripción del área de estudio            | 23   |
| III METODOLOGIA                                | 27   |
| 1.- Trabajo de Campo                           | 28   |
| 2.- Técnica en Laboratorio                     | 35   |
| 3.- Evaluación Estadística                     | 40   |
| IV RESULTADOS                                  | 46   |
| 1.- Longitud de fibras                         | 47   |
| 2.- Grosor de pared de fibras                  | 49   |
| 3.- Longitud de elementos de vaso              | 51   |
| 4.- Diámetro tangencial de vasos               | 53   |
| 5.- Abundancia de poros                        | 55   |

|  |     |
|--|-----|
| 6.- Altura de rayos  | 57  |
| 7.- Abundancia de rayos  | 59  |
| 8.- Gravedad específica  | 61  |
| <br>   |     |
| V DISCUSION  | 63  |
| <br>   |     |
| VI CONCLUSIONES  | 74  |
| <br>   |     |
| VII BIBLIOGRAFIA   | 76  |
| <br>   |     |
| VIII APENDICES   | 84  |
| A.- Tablas de Resultados   | 85  |
| B.- Literatura complementaria sobre variabilidad<br>en la Madera | 103 |

## RESUMEN

Se analiza la variación de las dimensiones en la estructura de la madera de Cordia elaeagnoides DC. en varias muestras tomadas desde la médula a la corteza y a diferentes alturas del árbol.

La longitud de fibras y elementos de vaso, el grosor de pared de las fibras, el diámetro de los vasos y la gravedad específica sufren un rápido incremento en los primeros periodos de crecimiento hasta una distancia radial de 5 cm. aproximadamente desde la médula. Posteriormente, la longitud de fibras, el grosor de pared de las mismas, el diámetro de los vasos y la gravedad específica se mantienen más o menos constantes en los periodos de madurez; en tanto que la longitud de los elementos de vaso se continúa incrementando. La altura de los rayos se mantiene casi constante en los primeros periodos y comienza a incrementarse en la madurez del árbol.

En dirección axial, de la base a la punta del árbol, se observa una disminución en la longitud de fibras, altura de rayos y la gravedad específica de la madera; en tanto que, el grosor de pared de las fibras y la abundancia de rayos se mantiene casi constante en la misma dirección. La longitud de los elementos de vaso y su diámetro tangencial aumenta ligeramente desde la base mientras

que, la abundancia de poros se incrementa en mayor grado hacia la punta.

De acuerdo a las curvas de variación de estas estructuras, la madera juvenil para esta especie, es definida estructuralmente como la región central que se presenta en el tronco del árbol con un radio de 5 cm. aproximadamente; y la madera adulta se infiere con d.a.p. aproximados de 10 a 18 cm. El estudio indica además, - que la punta del tronco presenta características similares a las correspondientes de la madera juvenil en alturas inferiores del árbol.

**I N T R O D U C C I O N**

## GENERALIDADES

Desde finales del siglo pasado, los estudios anatómicos de la madera han sido dirigidos a esclarecer las variaciones que sufren los elementos estructurales que la integran; dichos cambios no son, en ocasiones muy evidentes, pero influyen directamente en las características tecnológicas y la calidad de este material.

La variación de la estructura anatómica de la madera se manifiesta principalmente como cambios en las dimensiones celulares, porcentajes de células, gravedad específica y composición química.

Las causas de esta variación aún no se comprenden completamente debido a que la mayoría de los estudios a este respecto son aislados o incompletos, ya que son resultado del análisis de solo una o dos características anatómicas sin considerar a todo el conjunto de estructuras que están presentes. Son muy pocos los trabajos donde se analizan varias de las estructuras anatómicas, correlacionándolas y aportando un mejor entendimiento del fenómeno. Sin embargo, de manera general, la variación es producto de un complejo sistema de factores que interactúan entre sí, modificando los procesos fisiológicos que van a intervenir en la formación de la madera. La edad y las condiciones del ambiente, principalmente el

clima, son algunos de los factores principales que producen estos cambios dentro de un árbol (Panshin and De Zeeuw, 1970).

De las investigaciones realizadas hasta el momento sobre la variabilidad anatómica de la madera, una gran cantidad corresponde a trabajos relacionados a la longitud de traqueidas debido a su importancia dentro de la industria del papel, lo que a su vez determina que exista un mejor conocimiento de los patrones de variación en el grupo de las Gimnospermas.

El patron generalizado para la variación de la longitud de traqueidas a través de una sección transversal en tallos y ramas, establece que las traqueidas inicialmente más cortas cerca de la médula, incrementan rápidamente su longitud durante los primeros años de crecimiento, alcanzando una máxima longitud que permanece constante en la madurez del árbol. Se ha observado que la longitud de las traqueidas disminuye cuando el árbol sobrepasa la etapa de madurez, aunque en algunas especies se continúa incrementando y en otras permanece constante.

En cuanto a la altura del árbol, se presenta un incremento en la longitud de las traqueidas desde la base hasta cierta altura donde se alcanza un tamaño máximo y a partir de ahí, comienza a disminuir hacia la punta.

Este mismo comportamiento ha sido encontrado para la longitud de fibras y elementos de vaso en ambas direcciones, aunque - relativamente poco se ha trabajado con los últimos. Se presenta el mismo patrón para el diámetro celular y el grosor de la pared, y - éstos, están directamente relacionados con la gravedad específica que en general presenta un patrón de variación semejante al de longitud de traqueidas y fibras (Panshin and De Zeeuw, 1970).

## O B J E T I V O S

Se sabe que un buen conocimiento de cómo varía la estructura de la madera, proporciona las bases para lograr un uso más a adecuado de la misma, y ésto dá motivo para dirigir las investigaciones en este sentido; por lo que, uno de los objetivos y el más importante de este trabajo, es conocer cómo varía la estructura de la madera en Cordia elaeagnoides DC. atendiendo principalmente a algunas de sus características mensurables más importantes - como son: la longitud y grosor de la pared de fibras, longitud y diámetro de elementos de vaso así como su número por área, número y altura de rayos y, la gravedad específica; mostrando el comportamiento de cada una de ellas, e integrándolas para un mejor conocimiento de la estructura de la madera en esta especie.

Por otra parte, este estudio podrá ser utilizado como base para realizar muestreos más precisos pero a la vez más sencillos y seguros en las investigaciones de tipo descriptivo, ecológico o sistemático que se realizan en el Laboratorio de Anatomía de la Madera del Instituto de Biología de la U.N.A.M.; además de que nos permitirá obtener datos suficientes para el planteamiento de nuevos trabajos, principalmente de tipo ecológico y comparativo.

A N T E C E D E N T E S

## ESTUDIOS SOBRE VARIABILIDAD EN LA MADERA

Los estudios sobre la variación de los elementos estructurales de la madera fueron iniciados por Karl Gustav Sanio, quien en 1872 estableció el patrón de variación para la longitud de traqueidas en Pinus sylvestris L., analizando muestras de varias partes del tallo y ramas. Sus conclusiones han sido consideradas como leyes por Bailey y Shepard (1915), y han formado las bases para muchos estudios posteriores (Spurr and Hyvärinen, 1954).

Después de Sanio, estos trabajos no fueron continuados sino hasta los primeros años del presente siglo con Shepard y Bailey en 1914 al publicar un artículo sobre algunas observaciones de la variación en la longitud de traqueidas de coníferas, seguidos un año más tarde por Gerry con un estudio de la variación en longitud de los mismos elementos y de Lee y Smith en 1916 con un trabajo similar para Pseudotsuga taxifolia Brit.

Para 1919 Bailey y Tupper publican un análisis de la variación del tamaño en células traqueales del xilema secundario en Criptógamas, Gimnospermas y Angiospermas, y en 1920 Bailey reporta la variación del tamaño en células iniciales y derivadas en Gimnospermas y Angiospermas.

En la década de los '30, los estudios se incrementan considerablemente aunando, a los datos de variación en longitud de traqueidas y fibras, los correspondientes a estructuras como rayos y elementos de vaso. Frost (1930) realiza un estudio sobre la especialización del xilema en dicotiledóneas con referencia al origen de vasos. Chalk y Chattaway miden la longitud de miembros de vaso e investigan los factores que afectan su variación dimensional encontrando que la longitud de los elementos de vaso está directamente relacionada a la longitud de las iniciales cambiales, producto de los procesos de crecimiento y la división celular empleados por el cambium para mantener su proporción con el incremento en circunferencia del tallo. En 1936, Shimakura reporta la altura y el número de rayos en algunas maderas de coníferas; pero un año antes Kribs (1935) sugiere algunas líneas sobresalientes de la especialización estructural en los rayos de dicotiledóneas. Estudios de relación entre características como la longitud de fibras y las iniciales cambiales en dicotiledóneas son llevados a cabo por Chattaway en 1936, quien encuentra que la longitud promedio de la fibra puede ser de 1.1 a 9.5 veces la longitud promedio de la inicial cambial. La elongación a varias veces la longitud de la inicial solo toma lugar donde las iniciales son más cortas.

De 1950 a la fecha se han realizado una gran cantidad de

trabajos que tratan el tema de la variación estructural en la madera y que recalcan la importancia que ésta tiene para los estudios anatómicos descriptivos de la misma. Entre algunos de los más importantes por su contenido están los de: Amos, Bisset y Dadswell (1950) quienes relacionan la estructura de la madera al crecimiento en Eucalyptus gigantea Hook F.; Bisset y Dadswell (1950) en el mismo año estudian la variación de la longitud celular en anillos de crecimiento de algunas Gimnospermas y Angiospermas. En los trabajos antes mencionados, los autores encontraron que la longitud de la fibra se incrementa hasta un máximo al final de la madera tardía (Fraxinus) y que la mínima longitud se presenta después del comienzo de la madera temprana en algunas Angiospermas (Eucalyptus). Además, sugirieron que la declinación inicial en la longitud de la fibra de madera temprana en algunas especies puede ser debido a la inclusión de algo de madera tardía del anillo anterior. Las diferencias en la longitud de la fibra a través de un anillo de crecimiento ha sido atribuido a la variación en la tasa del crecimiento en diámetro en Eucalyptus y Fraxinus. Las fibras más cortas de madera temprana están asociadas a una mayor tasa de producción de esta madera en la estación correspondiente.

Spurr y Hyvärinen (1954) analizan la longitud de fibras relacionándola con su posición en el árbol y con el crecimiento concluyendo que la longitud de fibra en capas anuales sucesivas tien-

de a seguir la curva de crecimiento normal del árbol; las fibras son cortas al principio, ésto es, en los primeros años, cuando el árbol está creciendo rápido, la fibra se alarga rápidamente; durante la madurez, cuando el árbol está creciendo uniformemente, la longitud de la fibra permanece alrededor de un mismo valor promedio. Posteriormente, Dadswell (1958) hace un estudio similar, analizando la variación de la estructura de la madera que se presenta durante el crecimiento del árbol y la influencia en sus propiedades, y Jeffers (1959) elabora modelos de regresión de variación en la gravedad específica con respecto a la edad en Picea sitchensis Trautv. & Mey.

Macdonald (1960) hace estudios comparativos de la madera de tallos y raíces en Angiospermas. Philipson y Butterfield (1967) proponen una teoría sobre las causas de la variación de tamaño en elementos de la madera. Explican que la tasa de incremento de la circunferencia del cambium por unidad de incremento en radio es mucho más alta en tallos delgados que en los gruesos. Este fenómeno se asocia al incremento en longitud de los elementos cerca de la médula; por consiguiente, la variación a diferentes alturas desde la base, es debido, en parte a las diferentes tasas de crecimiento del eje, al tiempo de formación de las iniciales cambiales. Fayle (1973) investiga los patrones de incremento anual del xilema. Graaff y Baas (1974) estudian la variación de las características anatómicas en

relación a la altitud y latitud, encontrando que, con el aumento en latitud se presenta una miniaturización de los elementos del xilema, y el aumento en altitud muestra efectos similares pero mucho más débiles. Giraud (1975, 1977) realiza el estudio de la variación de características de un bosque de Meliaceae y un análisis estadístico de la variación de la estructura de la madera en relación a la distancia desde la médula. Outer y Veenendaal (1976) estudian la variación anatómica de la madera de especies tropicales.

En 1980 y 1981 Bhat realiza una serie de estudios de la variación en la estructura de raíz, tallo y ramas considerando longitud de fibras y elementos de vaso, proporción de elementos, gravedad específica y propiedades mecánicas en la madera de Betula sp. Zimmermann y Potter (1982) analizan la distribución de la longitud de vasos en ramas, tallos y raíces de Acer rubrum L. encontrando que se incrementa desde las ramas hacia abajo, a lo largo del tallo hasta las raíces más largas; al mismo tiempo que Fukazawa y Ohtani (1982) trabajan con la variación dentro de un árbol, del tamaño de los elementos en Tilia japonica Simk. definiendo a la madera juvenil como aquella madera que se encuentra dentro de un radio de 5 cm. desde la médula, e indicando que a niveles de altura más bajos, la zona es más amplia que en regiones hacia la punta del árbol. Esto es juzgado en base a la variación radial de la longitud, diámetro

y frecuencia de los elementos. En 1983, Iqbal y Ghouse hacen un estudio analítico sobre la variación del tamaño celular en algunos árboles de zonas áridas de la India (Acacia nilotica (L.) Willd. y - Prosopis spiciqera L.), encontrando que en general, la longitud de fibras y elementos de vaso, tanto de floema como de xilema, se incrementa desde la punta del árbol hacia la base donde permanece más o menos constante.

DESCRIPCION DE CORDIA ELAEAGNOIDES DC.

Cordia elaeagnoides DC. es una especie arbórea de la Sección Rhabdocalyx del Género Cordia (Borraginaceae). Recibe varios nombres comunes según las diversas localidades donde se le encuentra: barcino (Jal., Col.); bocote (Jal., Mich., Gro., Oax.); cueramo, glüeramo (Jal., Méx., Mich., Gro.); bogote, bocate (Gro.); ocotillo, ocotillo meco, anacahuite de Tehuantepec, grisña de ocote, guiriña, quirixina (Oax.); grisño, gretaña (Chis.) (Miranda, 1952; Pennington, 1968; Saldivar, 1975; Martínez, 1979; MEXU).

Los árboles presentan alturas de 6 a 20 m. y hasta 30 cm. - de d.a.p.; el tronco es recto con las ramas gruesas y horizontales formando una copa dispersa.

La corteza externa es fisurada originando tiras escamosas - suberificadas de color pardo grisáceo. La corteza interna es de color crema amarillento a pardo; está laminada y tiene sabor amargo. El grosor total de la corteza es de unos 13 mm. (FIG. 1).

La madera se distingue porque la albura es de color café claro y el durámen café muy oscuro a negruzco, con poco lustre, -- sin sabor, textura mediana y grano entrecruzado; es dura y pesada con una gravedad específica de 0.88 (Barajas, 1981).

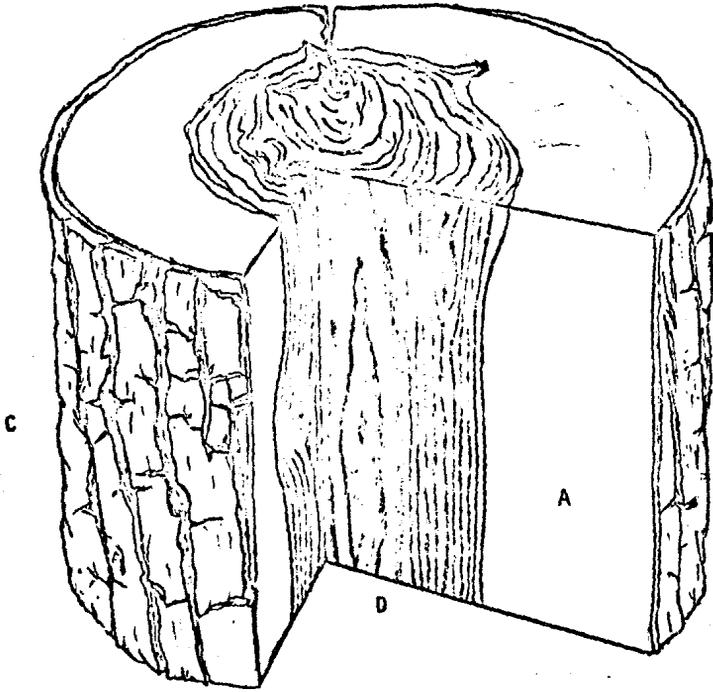


FIG. 1. CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS EN LA MADERA DE  
C. elaeagnoides DC. A. Albura; D. Durámen;  
C. Corteza

En cuanto a las características microscópicas presenta una porosidad semianular y poros principalmente solitarios y en pequeños grupos de 2 a 5; moderadamente pocos, con 6 poros/mm<sup>2</sup>, de tamaño mediano con un diámetro tangencial de 200  $\mu$  en promedio. Los elementos de vaso son muy cortos con una longitud promedio de 240  $\mu$ ; platinas de perforación simples; puntuaciones intervasculares y de vaso a vaso alternas y a veces con aberturas coalescentes; lumen con tllides.

El parénquima axial es paratraqueal vasicéntrico, aliforme o confluyente con cristales prismáticos. Pocos rayos, 14/mm., multi-seriados con 4-5 series; heterogéneos con una o más hileras de células erectas marginales; son bajos con una altura promedio de 907  $\mu$ . Células envolventes y cristales prismáticos presentes. Las fibras son de tipo libriforme y medianas con una longitud promedio de 1132  $\mu$ , con paredes muy gruesas. Los anillos de crecimiento son inconspicuos y se delimitan por el aplanamiento y engrosamiento de la pared de fibras y ocasionalmente por parénquima marginal (Barajas, 1981).

La especie posee hojas simples dispuestas en espiral, ovas a ampliamente elípticas, de 6.5 a 14 cm. de largo y de 3 a 6.5 cm. de ancho; margen entero; ápice acuminado; la base es cortamente atenuada; haz con escasos pelos y de color verde oscuro; envés grisáceo; nervadura central prominente con pelos largos y erectos;

con abundantes puntos glandulosos transparentes. Pecíolos de 2 a 4 cm. de largo, pubescentes y de color gris. Las hojas se pierden durante el período de sequía (Abril a Junio).

Las flores se presentan en amplias panículas axilares o terminales de 10 a 20 cm. de largo, grises pubescentes; pedicelos de 2 a 5 mm. de largo. Flores perfectas con simetría radial, de 2 a 2.5 cm. de diámetro; cáliz cilíndrico de 5 a 6 mm. de largo, surcado o acanalado con 10 estrías y 4 a 6 dientes ovados irregulares y muy pubescentes; corola gamopétala de forma tubular en su porción inferior y expandida en la superior, con 5 pétalos blancos, lobulados, oblongos, obtusos y abiertos, superficie externa glabra, con escasos pelos en la base del tubo; estambres 5, de 1 cm. de largo, exsertos, glabros, con filamentos de color amarillo, unidos interlamente sobre bordes prominentes del tubo de la corola; anteras pardas; ovario súpero, glabro y de forma ovada, con 4 lóculos uniovulares. Estigma glabro, dos veces bifido; los 4 estigmas están truncados, papilosos. La floración tiene lugar de Septiembre a Diciembre y las flores son marcescentes (FIG. 2).

Los frutos tienen forma de nuecesilla en la que persisten todas las partes florales, pero los pétalos se convierten en alas papiráceas morenas, cuyo diámetro puede ser hasta de 2.8 cm.; cada



FIG. 2. Cordia alliodora DC. Rama con inflorescencia.

fruto contiene hasta 4 semillas de aproximadamente 3 mm. de largo, de forma alargada como pequeños piñones de color oscuro. La maduración de los frutos se produce de Noviembre a Febrero (Standley, 1924).

Cordia elaeagnoides DC. es endémica para México, cuya distribución se restringe a la vertiente del Pacífico desde Jalisco hasta Oaxaca, Chiapas y Quintana Roo.

Es una especie conspicua en Bosques Tropicales Subcaducifolios y Caducifolios, siendo dominante generalmente en partes expuestas de laderas y cimas poco elevadas. Se desarrolla sobre suelos someros de origen volcánico, metamórfico y calizo, a alturas de 20 a 1100 m.s.n.m. (Pennington, 1968). Es ampliamente cultivada por sus fragantes flores y follaje atractivo, propagándose fácilmente por estaca en terrenos de Bosque Tropical Subcaducifolio (Récord, 1941; - Miranda, 1952).

Los contrastantes colores de albura y durámen dan un veteadado elegante a la madera de ésta especie, la cual es usada principalmente para la fabricación de muebles, mangos de cepillos y artículos de tornería, por su extrema durabilidad, fácil trabajado y el buen pulimento que toma (Miranda, 1952; Metcalfe, 1972).

## DESCRIPCION DEL AREA DE COLECTA

La especie en estudio fué colectada en la reserva ecológica de la Estación de Biología "Chamela", del Instituto de Biología de la U.N.A.M. Esta se ubica en el Municipio de la Huerta, aproximadamente a  $19^{\circ}30'$  de latitud Norte y  $105^{\circ}03'$  de longitud Oeste, - en el Km. 65.3 de la carretera federal No. 200, Barra de Navidad--Puerto Vallarta a 2 km. del Oceano Pacifico en el Estado de Jalisco. Comprende una superficie rectangular de aproximadamente 2 X 8 km. La topografía del terreno es ondulada, variando las altitudes de 20 a 200 m.s.n.m. El tipo de vegetación de la reserva es Bosque Tropical Caducifolio (Rzedowski, 1978) y el clima  $Aw_0(w)1$ , presenta una marcada distribución estacional de la precipitación (García, 1981).

El periodo de lluvias se restringe al verano y parte de Otoño, de Junio a Octubre, registrándose en éste periodo, el 91 % - de la lluvia total que cae en el año. De acuerdo con datos meteorológicos de la Estación, para el periodo 1977-1983, la precipitación promedio anual fué de 733 mm. siendo el valor más alto de 916 mm. y el más bajo de 585 mm. La temperatura promedio anual fué de  $23.6^{\circ}C$ , registrándose la temperatura media mensual más baja en Enero ( $20.6^{\circ}C$ ) y la más alta en Agosto ( $26.6^{\circ}C$ ) (Martínez, 1984).

Dentro de la Estación se encuentran 2 sitios (FIG. 3) con una distancia entre ellos de aproximadamente 3 km. en donde pueden apreciarse diferencias ambientales (Saldivar, 1975). El sitio 1 - (Terreno Plano) presenta una vegetación que comparte características de Bosque Tropical Subcaducifolio y de Bosque Tropical Caducifolio (Rzedowski, 1978). Esta vegetación se distribuye formando manchones en las partes bajas de los lomeríos, siguiendo generalmente el curso de los arroyos y alcanza una altura máxima de 15 m., aunque existen especies que llegan a medir hasta 20 m. de altura, como Astronium graveolens y Pterocarpus amphymenium. Las especies dominantes del estrato arbóreo son Caesalpinia eriostachys, Cordia elaeagnoides y Guapira sp. Florísticamente existen 64 especies arbóreas representando a 27 familias, siendo las más abundantes las leguminosas con 18 especies y las euphorbiáceas con 5 especies (Pérez-Jiménez, en prep.). En esta comunidad cerca del 75 % de las especies dominantes pierden sus hojas en la época seca del año. El terreno de este sitio se encuentra a 60 m.s.n.m. aproximadamente y mide 4 200 m<sup>2</sup>, con una pendiente ligera menor del 10 %, con suelos poco profundos de textura migajón arenosa (Martínez, 1984).

El sitio 2 (Terreno Inclinado) presenta una vegetación característica de Bosque Tropical Caducifolio, distribuida en las laderas de los cerros o en lugares de pendiente pronunciada. Los árboles del estrato superior alcanzan una altura máxima de 10 m. siendo Caesalpi-



FIG. 3. LOCALIZACION GEOGRAFICA DE LA ESTACION DE BIOLOGIA  
"CHAMELA", JAL., MOSTRANDO LOS SITIOS DE COLECTA:  
TP = Terrenos Planos y TI = Terrenos Inclínados  
(Martínez, 1984).

nia erlostachys y Apoplanesia paniculata las especies arbóreas dominantes. Esta comunidad presenta 53 especies de árboles que pertenecen a 24 familias siendo las leguminosas con 15 especies y las euphorbiáceas con 4 especies, las familias mejor representadas (Pérez-Jiménez, en prep.). La característica fisonómica más sobresaliente de este tipo de vegetación es la pérdida total del follaje que afecta a la gran mayoría (cerca del 90 %) de las especies durante la época de sequía (Martínez, 1984). Este sitio se encuentra aproximadamente a 90 m.s.n.m. y mide 10 000 m<sup>2</sup>. Presenta pendientes que van del 20 % en su parte norte al 50 % hacia su porción sur. El suelo es poco profundo, de textura migajón limoso.

M E T O D O L O G I A

## TRABAJO DE CAMPO

La colecta de las muestras se efectuó directamente en el lugar donde los individuos de Cordia elaeagnoides DC. se encuentran distribuidos en los dos sitios (Terrenos Planos y Terrenos Inclinados). Los individuos presentan variaciones para cada sitio en cuanto a la altura, d.a.p., cobertura y densidad (Ver Tabla 1). Los promedios de altura, cobertura y d.a.p., en los individuos de Terrenos Inclinados son menores en comparación con las mismas dimensiones -- que presentan los correspondientes del Terreno Plano (Saldivar, 1975).

Considerando que también pudieran existir diferencias a nivel estructural entre los individuos de cada sitio, para la determinación de este trabajo fueron seleccionados al azar 2 individuos maduros de cada uno de los sitios: los árboles marcados con los números 23 y 17 de Terrenos Inclinados y los marcados con los números 1 y 10 de Terrenos Planos, minimizando así, la variación estructural ocasionada por la influencia topográfica y ambiental (Turner, 1963) que puede afectar la tasa de crecimiento del árbol y en consecuencia la estructura de la madera.

Teniendo como objetivo estudiar el comportamiento de la estructura de la madera en las dos direcciones de crecimiento, el mues

TABLA 1. VARIACION DE LOS INDIVIDUOS DE C. ELAEOGNIDES DC.  
LOCALIZADOS EN LOS TERRENOS PLANOS E INCLINADOS.

| PARAMETROS<br>SITIOS   | ALTURA<br>PROM.<br>( m. ) | COBERTURA<br>PROM.<br>( m. ) | D.A.P.<br>PROM.<br>( cm. ) | DENSIDAD<br>Ind./m <sup>2</sup> | TOTAL<br>IND.<br>en área | AREA<br>m <sup>2</sup> |
|------------------------|---------------------------|------------------------------|----------------------------|---------------------------------|--------------------------|------------------------|
| TERRENOS<br>PLANOS     | 12.7                      | 3.56                         | 16.52                      | 0.007                           | 70                       | 10 000                 |
| TERRENOS<br>INCLINADOS | 6.8                       | 1.80                         | 11.34                      | 0.011                           | 46                       | 4 200                  |

treo de cada uno de los árboles se realizó de la siguiente manera: se tomaron 6 discos o rodajas de aproximadamente 5 cm. de grosor a diferentes alturas cada uno (FIG. 4 y 5), aproximadamente a 5, 15, 25, 40, 50 y 65 % de la altura total del árbol, y 2 correspondientes a una rama principal tomadas con un metro de distancia entre ellas (Tabla II; FIG. 6).

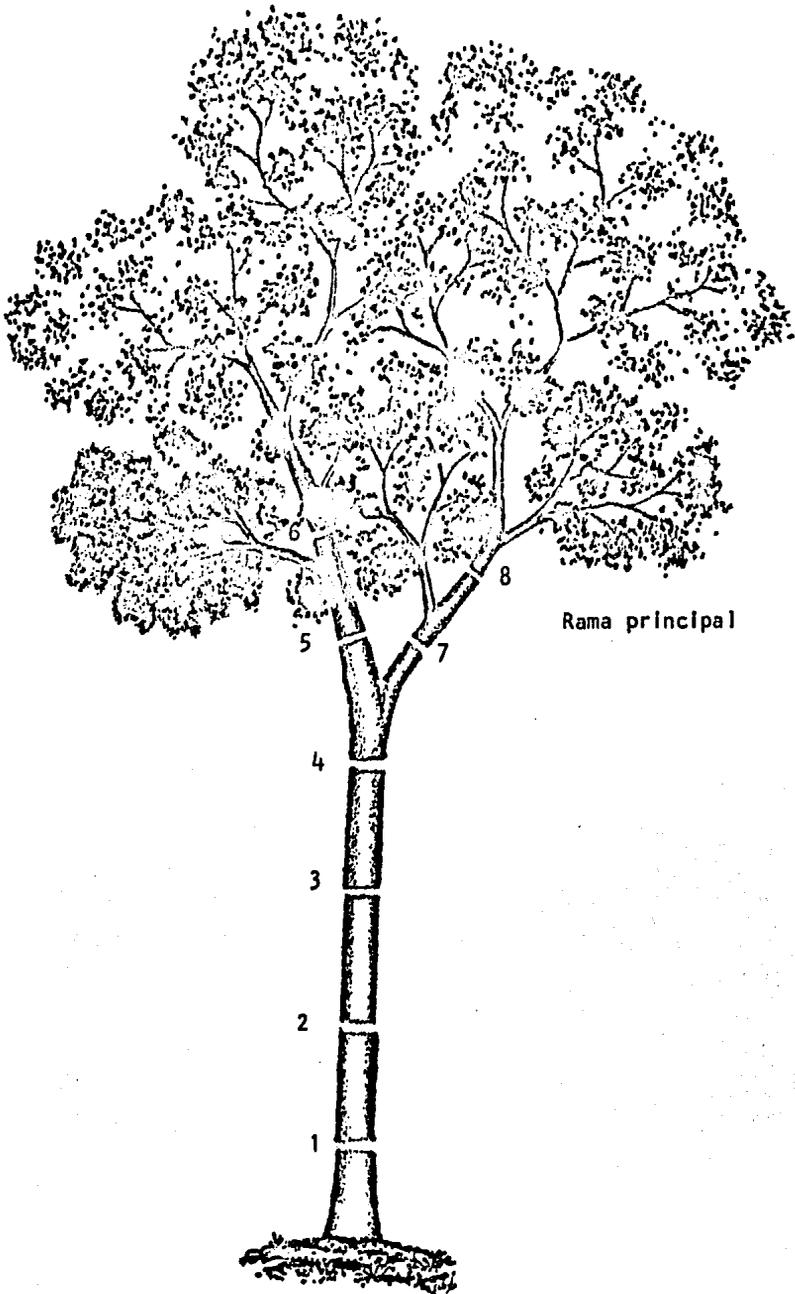


FIG. 4. ESQUEMA QUE MUESTRA LAS DIFERENTES ALTURAS DONDE FUERON TOMADAS LAS RODAJAS.

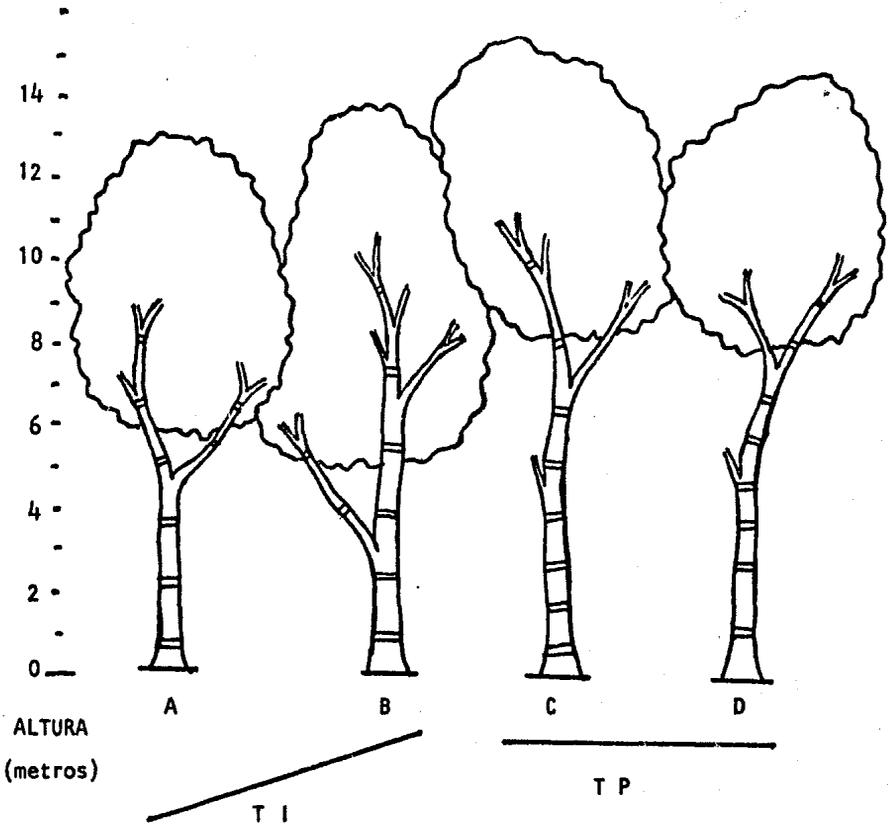


FIG. 5. MUESTREO A DIFERENTES ALTURAS EN CADA UNO DE LOS CUATRO ARBOLES.

TABLA 11. DATOS DE ALTURAS EN CADA ARBOL A LAS QUE FUERON  
TOMADAS LAS RODAJAS.

| ARBOLES<br>ALTURAS | A<br>( 23 ) | B<br>( 17 ) | C<br>( 1 ) | D<br>( 10 ) |
|--------------------|-------------|-------------|------------|-------------|
| TOTAL              | 13.05 m.    | 14.20 m.    | 16.00 m.   | 15.00 m.    |
| 8                  | 6.70        | 5.60        | 10.30      | 9.30        |
| 7                  | 5.70        | 4.10        | 8.10       | 8.30        |
| 6                  | 8.20        | 9.50        | 6.60       | 6.80        |
| 5                  | 6.70        | 7.50        | 5.20       | 5.80        |
| 4                  | 5.20        | 5.50        | 4.00       | 4.80        |
| 3                  | 3.70        | 4.00        | 2.80       | 3.80        |
| 2                  | 2.20        | 2.50        | 1.80       | 2.80        |
| 1                  | 0.70        | 1.00        | 0.80       | 1.20        |

ARBOLES

| ALTURAS                    |   | A ( 23 ) | B ( 17 ) | C ( 1 ) | D ( 10 ) |
|----------------------------|---|----------|----------|---------|----------|
| R<br>A<br>M<br>A           | 2 |          |          |         |          |
|                            | 1 |          |          |         |          |
| T<br>R<br>O<br>N<br>C<br>O | 6 |          |          |         |          |
|                            | 5 |          |          |         |          |
|                            | 4 |          |          |         |          |
|                            | 3 |          |          |         |          |
|                            | 2 |          |          |         |          |

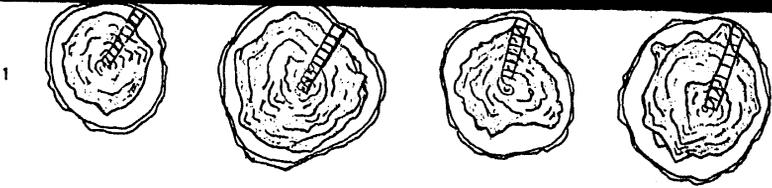


FIG. 6. GRABADOS DE LAS RODAJAS MOSTRANDO EL LUGAR DE DONDE SE EXTRAJO LA TIRA RADIAL DE CADA UNO DE LOS 4 ARBOLES ESTUDIADOS. SE MUESTRAN ADEMÁS LOS DIÁMETROS Y LA PROPORCIÓN ALBURA-DURAMEN EN CADA UNA DE ELLAS. ( x 1/6 ).

## TECNICA EN LABORATORIO

De cada una de las rodajas se extrajo una tira radial (FIG. 7.a) desde la médula a la corteza, de 3 cm. de ancho, 5 cm. de altura y de longitud variable. Estas fueron tomadas siempre con una misma orientación, hacia la parte NE en todas las alturas y en los 4 individuos ( FIG. 6).

Las tiras fueron cortadas en bloques de 1 cm. en dirección radial (FIG. 7.b), obteniéndose varias muestras en número variable para cada rodaja o altura. De estas muestras se obtuvieron 3 cubos: para laminillas fijas, para material disociado y para gravedad específica (FIG. 7.c,d,e).

Para la elaboración de laminillas fijas se hicieron cortes al micrótopo de deslizamiento en el cubo correspondiente, previo ablandado en una solución de Etilen-diamina al 10 % durante 2 a 5 horas en ebullición a reflujó. De cada corte en tres planos de orientación: transversal, tangencial y radial, se hicieron 2 preparaciones para las respectivas mediciones microscópicas; los cortes se hicieron con un grosor de 30 U en promedio. Otro de los cubos se colocó en solución Jeffrey, compuesta de ácido nítrico y trióxido de cromo a partes iguales en solución acuosa, para disociar los elementos estructurales completos, también para su posterior medición.

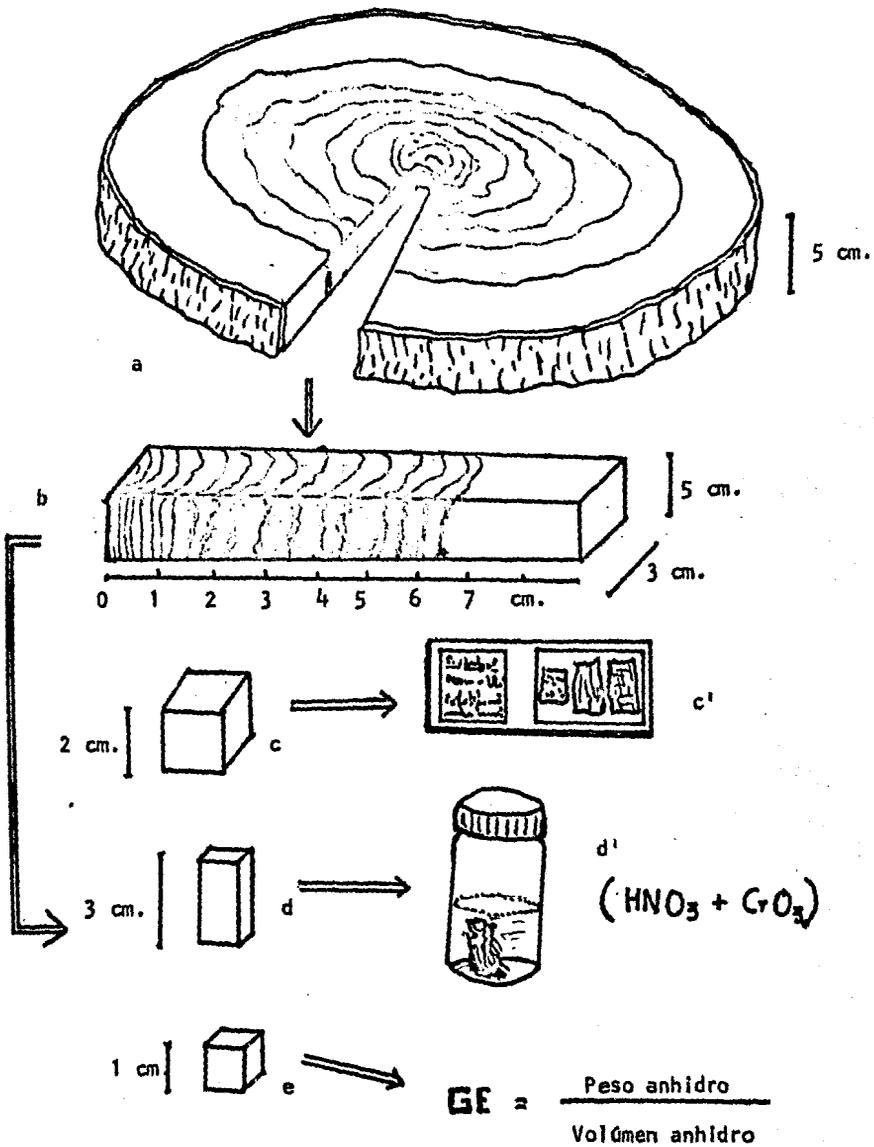


FIG. 7. SELECCION DE LAS MUESTRAS PARA EL ESTUDIO: a) Rodaja; b) Tira radial; c) Cubo para laminillas fijas; d) Cubo de donde se extrae la astilla para disociado; e) Cubo para gravedad específica.

Para la gravedad específica, el cubo correspondiente se puso a deshidratar en una estufa a 105 °C durante 24 horas; hecho esto se midió peso y volúmen.

Para las mediciones de cada una de las 8 características estudiadas se consideraron siempre las estructuras más grandes y frecuentes, en cada muestra:

**LONGITUD DE FIBRAS.**- Se midieron las fibras más largas, tomándolas siempre de la cara tangencial que está hacia la corteza, en cada cubo de disociado. De esta manera, las fibras medidas en cada muestra fueron tomadas siempre a una distancia de 1 cm. entre ellas; además, al medir las más largas, se hace mínima la variación que pueda existir entre las fibras de una muestra en particular.

**GROSOR DE PARED DE FIBRAS.**- El grosor de la pared se determinó midiendo el diámetro tangencial de la fibra y el de su lumen, y la diferencia de ambos, dividido entre 2 (por las dos paredes que abarcan el diámetro de la fibra). Las fibras medidas fueron aquellas que presentaban un mayor diámetro dentro de la madera tardía.

**LONGITUD DE ELEMENTOS DE VASO.**- De la misma manera que las fibras, los elementos de vaso medidos fueron tomados de la cara tangencial externa de la muestra; siempre los más grandes e incluyendo las colas que, en ocasiones, alcanzaban la longitud del elemento de vaso en sí.

**DIAMETRO TANGENCIAL DE VASOS.-** El diámetro tangencial se determinó tomando las medidas de los vasos más grandes localizados en la madera temprana; Las medidas se tomaron tangencialmente porque existe menos variación "local" que, la que se puede presentar en la dirección radial y que a su vez es ocasionada en gran medida por los drásticos cambios de las condiciones ambientales.

**ABUNDANCIA DE POROS.-** Para cuantificar la abundancia de los poros se hizo el contéo de éstos en 10 campos de la muestra, considerando a los grupos como 1, y observando el número de ellos por  $\text{mm}^2$ .

**ALTURA DE RAYOS.-** Se midieron los rayos más largos, vistos en la cara tangencial y considerándose las colas uniseriadas de células marginales que pudieran existir.

**ABUNDANCIA DE RAYOS.-** La abundancia de los rayos fué determinada por la cantidad de rayos, en la cara transversal de la muestra, que se encontraban a lo largo de 1 mm.

**GRAVEDAD ESPECIFICA.-** La gravedad específica se obtuvo del cociente entre el peso anhidro y el volúmen anhidro en cada muestra.

El hecho de que se hayan tomado los elementos celulares más grandes y medido sus dimensiones en la madera tardía, se debe a que la variación es más notable en los elementos de la madera tardía que en la temprana, como ha sido constatado en varios estudios anteriores (Panshin y De Zeew, 1970).

Solo el diámetro de vasos más grandes fueron tomados en la madera temprana, debido a que la especie presenta una porosidad se mianular y los poros son menos frecuentes y más pequeños en la madera tardía.

## EVALUACION ESTADISTICA

Para determinar el grado de confiabilidad de las mediciones, así como los parámetros propios de un rango de distribución normal, las medidas correspondientes a cada una de las características estudiadas, agrupadas en bloques para cada muestra, se analizaron estadísticamente utilizándose un análisis de varianzas, in dependiente para cada factor de variación, siendo éstos: entre --muestras, entre alturas y entre árboles. La distribución y análisis de las muestras (Ver Apéndice de tablas de resultados) se hizo de la manera siguiente:

1.- Las muestras se ordenaron de acuerdo a su posición en el árbol:

a).- en dirección radial de médula a corteza para cada altura (FIG. 8) tomándose como, en posición 1 a las muestras cercanas a la médula, y en posición "n" a las que están hacia la corteza.

b).- en dirección axial, desde la base hacia la punta del árbol.

2.- En vista de lo numeroso de las muestras y para simplificar el manejo de los datos se procedió a promediar los valores de las muestras en ambas direcciones:

a).- para la dirección radial se agruparon en la posición 1 a todos los valores de las muestras de cada altura que se encontraban cerca de la médula; haciéndose lo mismo para las de-

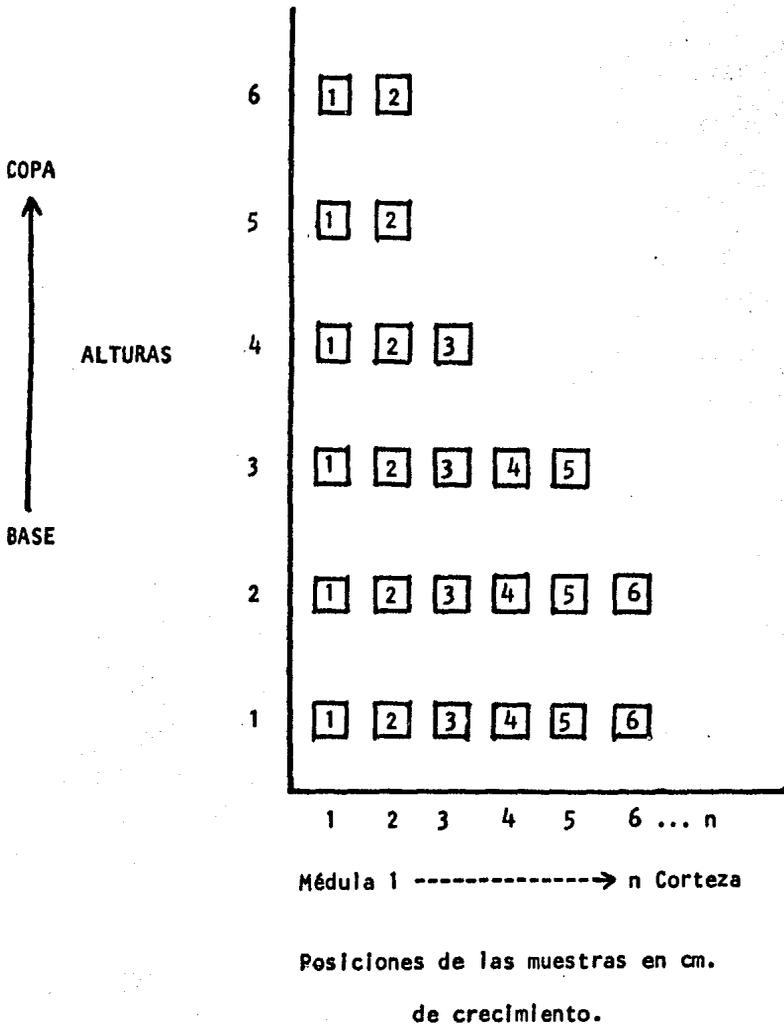


FIG. 8. DIAGRAMA DE MUESTREO. Ubicación de las muestras en las direcciones radial y axial en el árbol.

más posiciones, en cada árbol.

b).- para la dirección axial fueron agrupados los valores de las muestras de cada una de las alturas, obteniéndose un solo valor por altura.

3.- Después de hacer lo anterior para cada árbol, se promediaron esos valores entre los 4 árboles a fin de lograr una sola serie de datos para cada dirección de distribución. La serie de datos para la dirección radial son graficados para obtener el patrón de variación de la característica correspondiente, haciéndose lo mismo para la dirección axial.

4.- El ANAVA utilizado en este estudio es el de bloques al azar que es uno de los diseños experimentales que más se emplean en Dasonomía debido a que reducen algunas fuentes de variación ajenas a los tratamientos (Caballero, 1973).

El modelo matemático para este diseño es:

$$X_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \xi_{ij}, \quad i = 1 \dots a \quad j = 1 \dots b$$

donde:

$X_{ij}$  = es una observación cualquiera

$\mu$  = media global

$\alpha_i$  = efecto de los tratamientos

$\beta_j$  = efecto de las repeticiones

$\epsilon_{ij}$  = variables aleatorias independientes debido a errores experimentales, que se distribuyen normalmente, con media 0 y varianza  $\sigma^2$ .

y los cálculos para el ANAVA son :

PARA MUESTRAS CON IGUAL NUMERO DE REPETICIONES.

| F V      | GL     | SC                          | CM                | F                 |
|----------|--------|-----------------------------|-------------------|-------------------|
| Muestras | a-1    | $\frac{\sum X_i^2}{n} - FC$ | $\frac{SCm}{GLm}$ | $\frac{CMm}{CMe}$ |
| Error    | a(n-1) | SCt - SCm                   | $\frac{SCe}{GLE}$ |                   |
| Total    | (an-1) | $\sum X_{ij}^2 - FC$        | $\frac{SCt}{GLt}$ |                   |

PARA MUESTRAS CON DIFERENTE NUMERO DE REPETICIONES

| F V      | GL                        | SC                            | CM                | F                 |
|----------|---------------------------|-------------------------------|-------------------|-------------------|
| Muestras | a-1                       | $\sum \frac{X_j^2}{n_j} - FC$ | $\frac{SCm}{GLm}$ | $\frac{CMm}{CMe}$ |
| Error    | $(\sum ni - 1) - (a - 1)$ | SCt - SCm                     | $\frac{SCe}{GLE}$ |                   |
| Total    | $\sum ni - 1$             | $\sum X_j^2 - FC$             | $\frac{SCt}{GLt}$ |                   |

donde:

a = número de muestras (3 a 9)

n = número de mediciones ( 10 )

$$X = \sum X_1 + X_2 + X_3 + X_4 \dots X_9$$

$$\bar{X} = \frac{X}{an}$$

$$FC = \frac{X^2}{an}$$

$$C.V. = \frac{\sqrt{CMe}}{\bar{X}} \times 100$$

Los valores de F obtenidos para cada análisis fueron comparados con los de Tablas a un nivel de significancia del 5 %, anotándose un ( \* ) en la F experimental cuando ésta fué significativa, y ( \*\* ) para muy significativa.

El coeficiente de correlación, término establecido por Karl Pearson, se usa para indicar aquellos casos donde los cambios de una variable están asociados a los cambios de otra. Cuando estas variables aumentan o disminuyen juntas, se dice que están correlacionadas positiva o negativamente. La correlación puede tomar valores de 0 a +1 y de 0 a -1, sugiriendo cierto grado de asociación; así, cuando se tiene un coeficiente de correlación igual a 1 se dice que hay una correlación perfecta entre las dos variables (Snedecor y Cochran, 1978). Cuando  $0 < r < 1$  se tienen correlaciones normales, y se ha observado en general que, una correlación es buena si se cumple  $r \geq 0.7$ . (Reyes, 1980).

Este análisis fue empleado para determinar el grado de asociación de las dimensiones de cada una de las características estudiadas con respecto a la edad, representada por el número de muestras obtenidas tanto en la dirección radial como axial, en el árbol.

La fórmula para obtenerlo fue la siguiente:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{N \sqrt{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2 \sum_{i=1}^N (Y_i - \bar{Y})^2}}$$

y se enuncia como el cociente de la división entre la covarianza de las variables y el producto de las desviaciones estándares de cada variable.

## R E S U L T A D O S

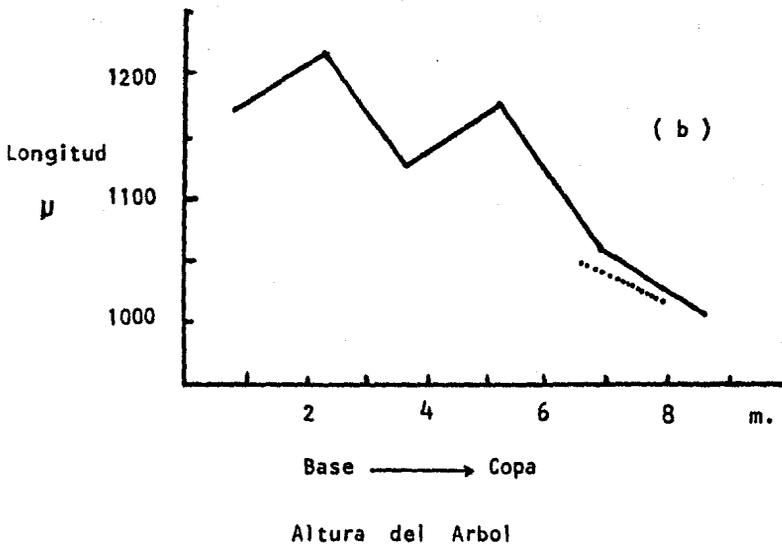
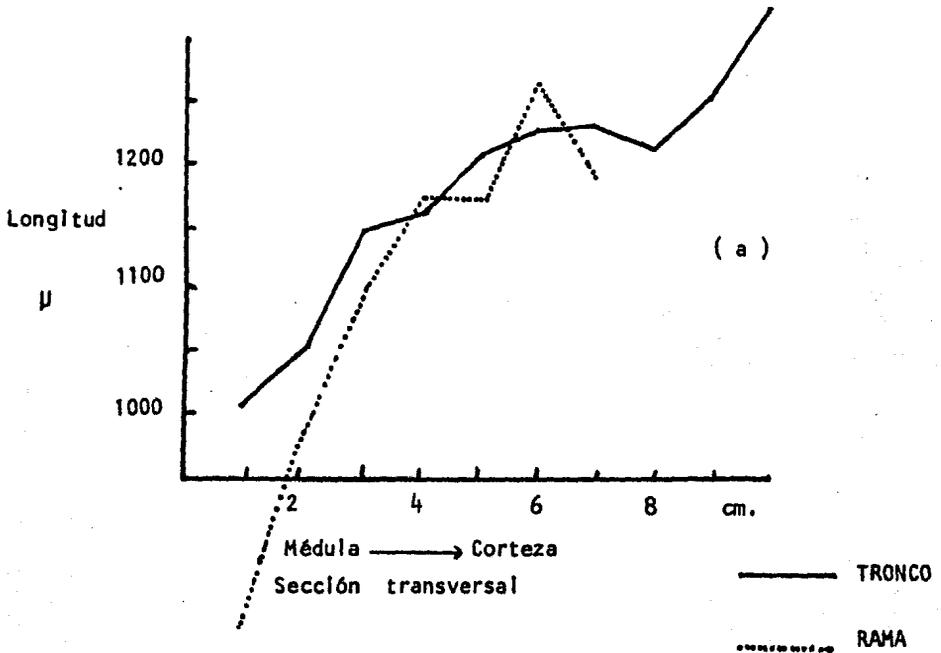
## LONGITUD DE FIBRAS

Se obtuvo un promedio total en la longitud de fibras de 1188  $\mu$ . El valor más bajo (1005  $\mu$ ) fué encontrado cerca de la médula y en las partes altas del árbol ( a 9 m. de altura). En sección transversal, la longitud de la fibra sufre un rápido incremento desde la médula, con un valor de 1006  $\mu$ , hasta una distancia de 6 cm. hacia la corteza, alcanzando un valor constante de 1238  $\mu$  en un periodo de 2 cm. de crecimiento en radio, para luego seguir incrementándose hacia la corteza y alcanzar una longitud máxima de 1334  $\mu$ .- (FIG. 9.a). El incremento total en la longitud fué de un 32.6 % a partir del tamaño inicial. El coeficiente de correlación de la longitud con respecto al crecimiento del árbol, representado por el incremento en radio, desde la médula fué de 0.94, resultando una correlación casi perfecta.

Con respecto a la altura del árbol, la longitud de la fibra disminuye hacia la punta desde un valor de 1175  $\mu$  a 0.92 m. de altura, hasta un valor de 1005  $\mu$  en una altura de 8.80 m., sufriendo -- fluctuaciones con pequeños incrementos a 2.45 y 5.30 m. de altura.- (FIG. 9.b). El decremento total es de 14.5 % a partir del tamaño inicial de la fibra en la base del árbol. El coeficiente de correlación en este caso es negativo con un valor de -0.75.

FIG. 9. PATRON DE VARIACION EN LA LONGITUD DE LA FIBRA EN C. ELAEAGNOIDES

DC. : a) en dirección radial; b) en dirección axial.

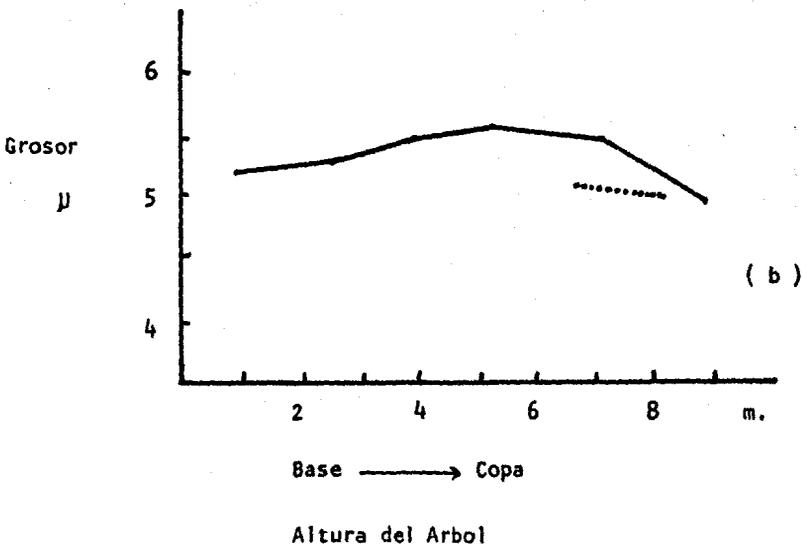
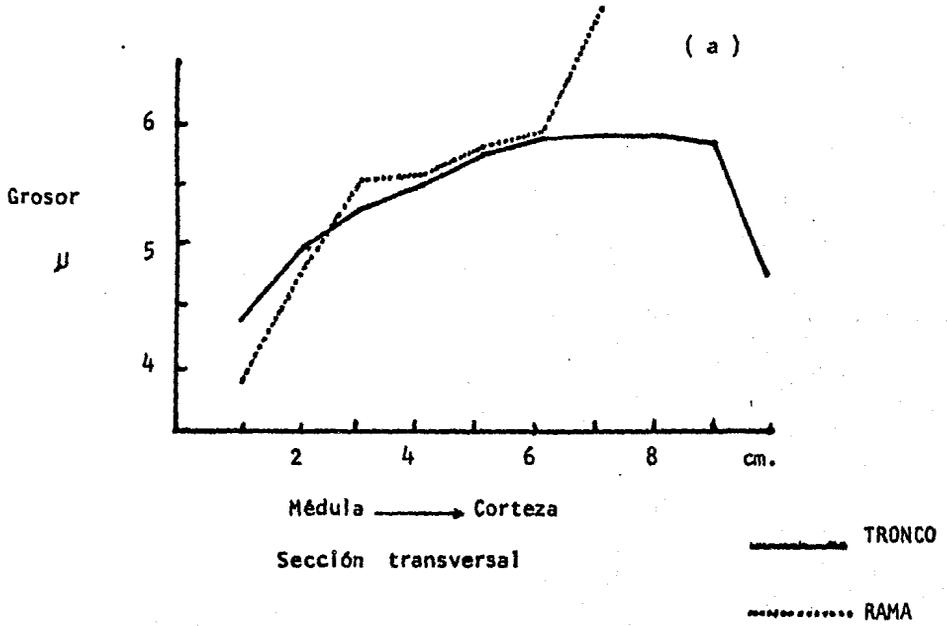


### GROSOR DE PARED DE FIBRAS

El grosor de pared de la fibra tiene un promedio total de  $5.44 \mu$ , presentándose con un valor mínimo de  $4.3 \mu$  cerca de la médula y un valor máximo de  $5.9 \mu$  hacia la corteza. El engrosamiento se incrementa de  $4.4 \mu$  desde la médula, durante las primeras etapas de crecimiento hasta alcanzar un valor de  $5.9 \mu$  a la distancia de 9 cm, sufriendo posteriormente una brusca disminución a  $4.8 \mu$ , en las cercanías a la corteza (FIG. 10.a). El aumento en el grosor de la pared es de un 34.1 % a partir de la fibra cercana a la médula. El coeficiente de correlación del grosor de pared contra la edad es de 0.62.

El grosor de la pared de las fibras se mantiene constante a lo largo de la altura del árbol, aumentando solo un poco entre 4 y 7 m. de altura y disminuyendo hacia la punta (10.7 %), de  $5.6$  a  $5.0 \mu$  (FIG. 10.b). De manera general, se observa una pequeña disminución (3.8 %) desde la base hacia la punta, de  $5.2$  a  $5.0 \mu$ . El coeficiente de correlación es de -0.11.

FIG. 10. PATRON DE VARIACION EN EL GROSOR DE LA PARED DE FIBRAS EN C. ELAEAGNOIDES DC. : a) en dirección radial; b) en dirección axial.

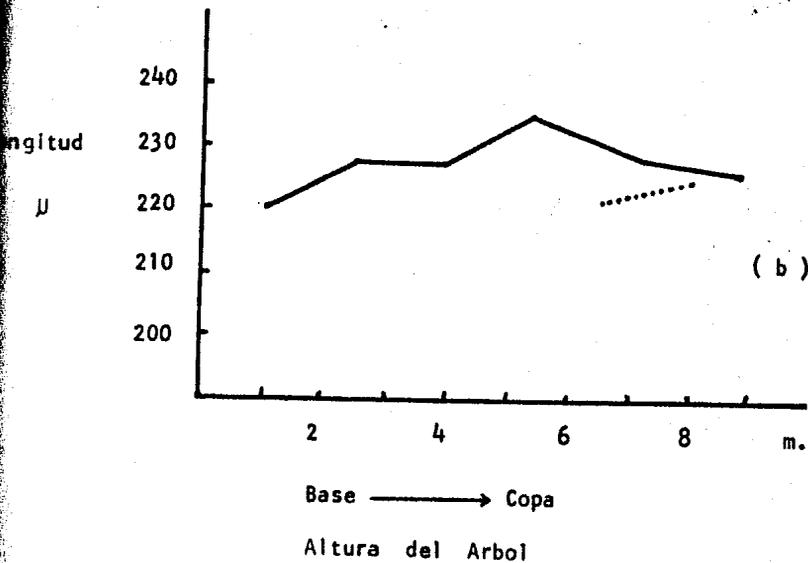
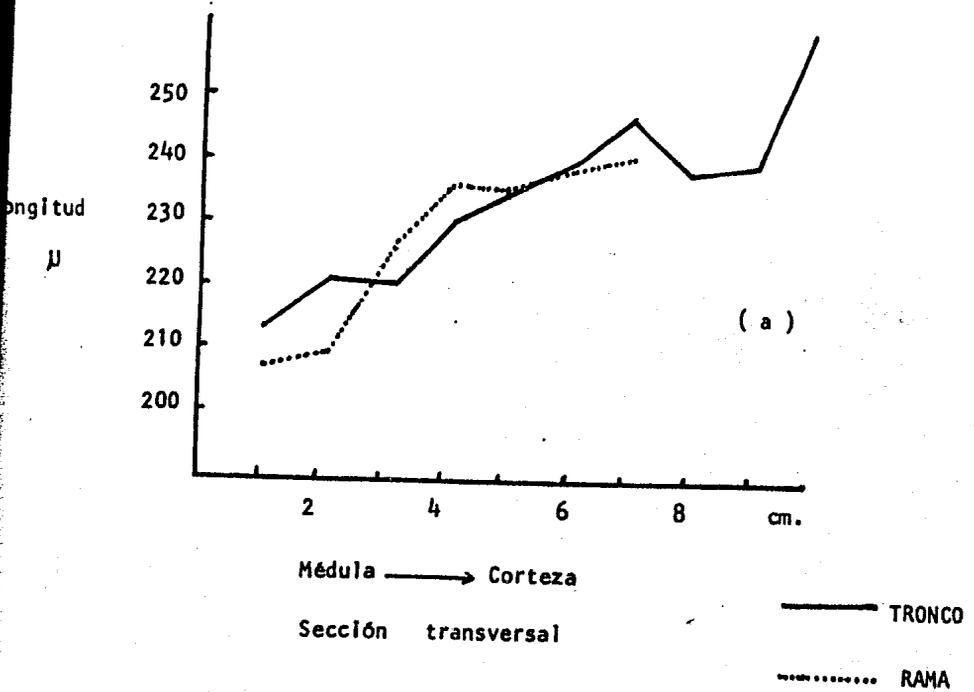


### LONGITUD DE ELEMENTOS DE VASO

El promedio total para la longitud de elementos de vaso es de 234  $\mu$ , con un valor mínimo de 213  $\mu$  cerca de la médula y un máximo de 260  $\mu$  hacia la corteza en una altura de 5 m. Se aprecia en la Figura 8.a, en dirección radial, que los valores de longitud de elementos de vaso se distribuyen de 213  $\mu$  cerca de la médula, incrementándose en los periodos de crecimiento sucesivos hasta un valor de 246  $\mu$  a una distancia radial de 7 cm. desde la médula; a la distancia de 8 y 9 cm., la longitud de los elementos disminuye ligeramente para luego alcanzar un valor máximo de 260  $\mu$  a 10 cm. de distancia, cerca de la corteza. El incremento total es de 22.1 % y el coeficiente de correlación con respecto a la edad es de 0.93. (FIG. 11.a).

La distribución del tamaño de los elementos de vaso a lo largo del árbol también presenta un ligero incremento (del 6.8 %) desde 0.90 m. de altura con 221  $\mu$ , hasta una altura de 5.10 m. con 236  $\mu$ . A partir de ahí, la longitud decrece hacia la punta en un 4 %, - alcanzando un valor de 227  $\mu$  a una altura de 8.80 m. (FIG. 11.b). En total, la longitud de los elementos de vaso aumenta un 2.7 %, de 221  $\mu$  en la base hasta 227  $\mu$  hacia la punta del árbol. El coeficiente de correlación es de 0.58.

FIG. 11. PATRON DE VARIACION EN LA LONGITUD DE ELEMENTOS DE VASO EN  
C. ELAEAGNOIDES DC. : a) en dirección radial; b) en dirección axial.

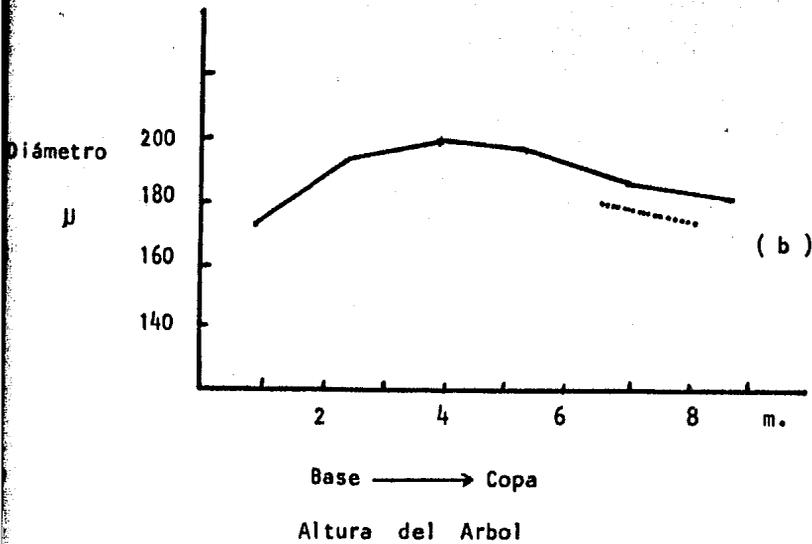
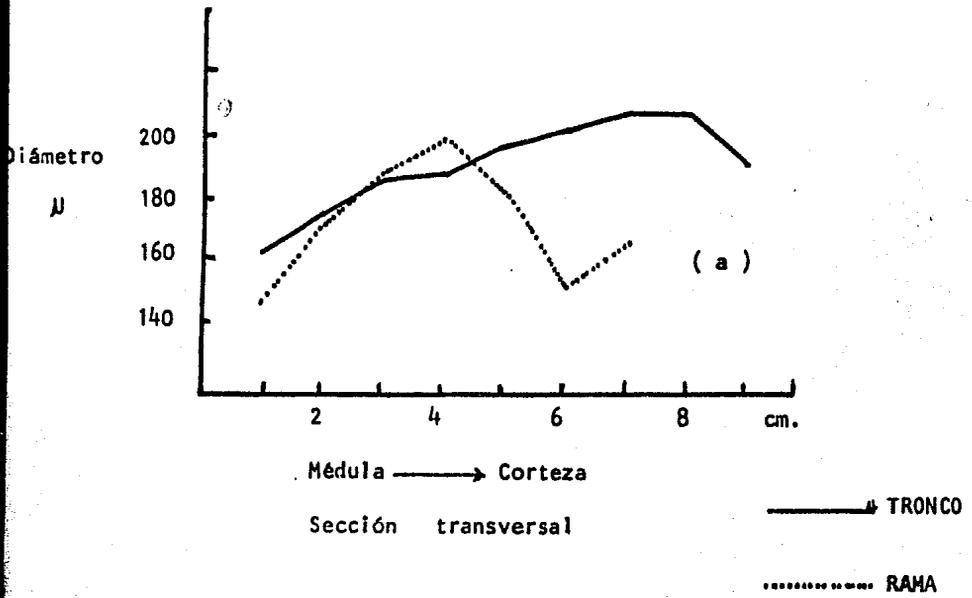


### DIAMETRO TANGENCIAL DE VASOS

El promedio general del diámetro tangencial de los vasos es de  $199 \mu$ , con su valor mínimo cerca de la médula ( $164 \mu$ ) y el máximo hacia la corteza ( $260 \mu$ ). En dirección radial se presenta un incremento en el diámetro que va de  $164 \mu$  cerca de la médula hasta  $209 \mu$  a una distancia de 8 cm. hacia la corteza. En crecimientos sucesivos, el diámetro de los vasos sufre una ligera disminución para incrementarse bruscamente hasta  $260 \mu$  a 10 cm. de distancia, cerca de la corteza (FIG.12.a). El incremento observado hasta los 8 cm. es del 27.4 %, y en total de 58.5 %. El coeficiente de correlación con respecto a la edad es de 0.82.

En dirección axial, a lo largo del árbol, el diámetro aumenta un 15.7 %, de  $172 \mu$  a una altura de 0.90 m., hasta  $199 \mu$  a 3.90 m. de altura. Entre 4 y 5.50 m. de altura, el diámetro de los vasos se mantiene constante, disminuyendo ( 9 % ) por arriba de 5.50 m. hacia la punta, llegando a un valor de  $181 \mu$  a 8.80 m. de altura. (FIG.12.b). En general, se observa un ligero incremento del 5.2 % desde la base hacia la punta del árbol. El coeficiente de correlación es de 0.09.

FIG. 12. PATRON DE VARIACION EN EL DIAMETRO TANGENCIAL DE VASOS EN  
C. ELAEAGNOIDES DC. : a) en dirección radial; b) en dirección axial.

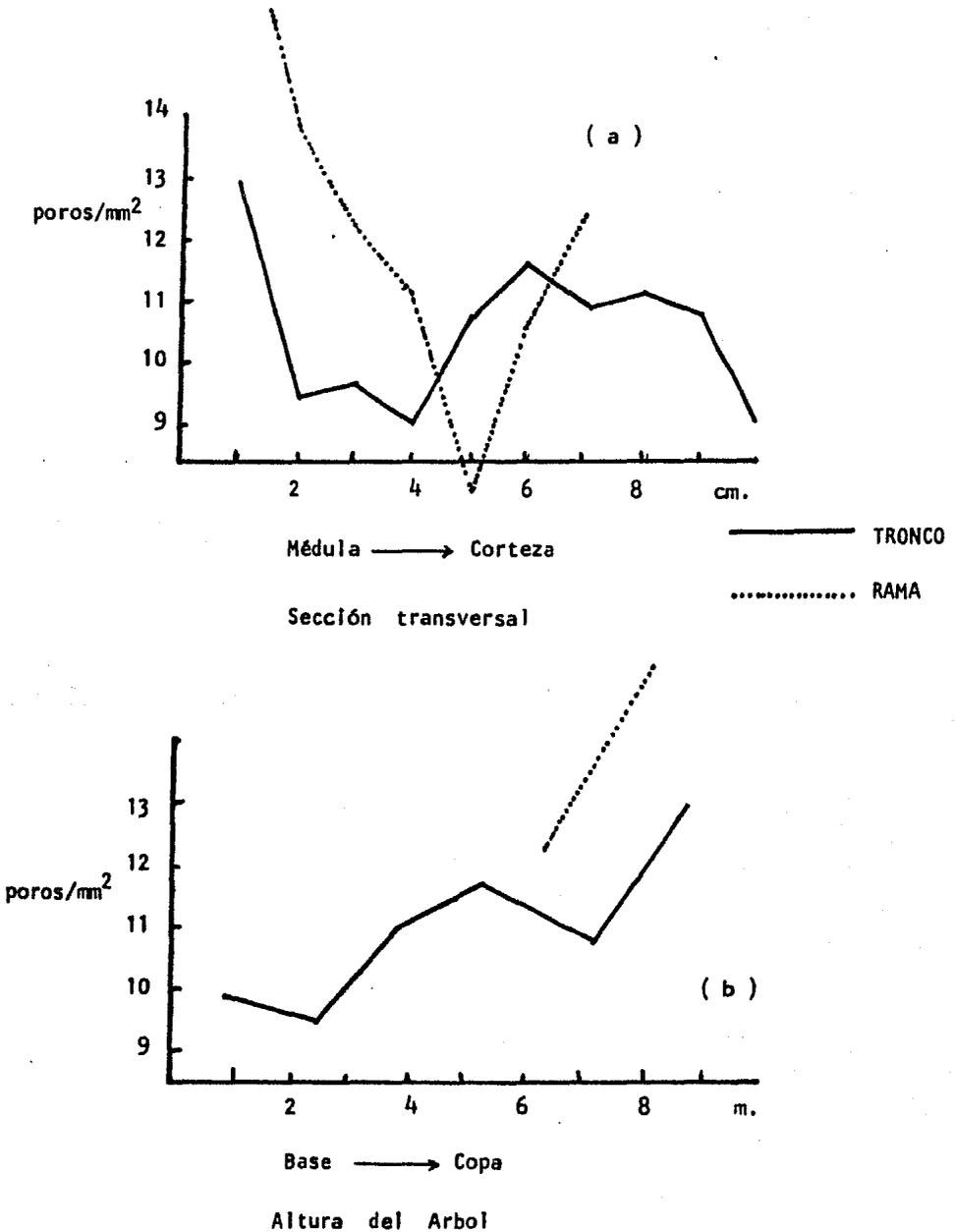


### ABUNDANCIA DE POROS

El número de poros/mm<sup>2</sup> para la especie es de 11 en promedio. La abundancia de éstos en dirección radial es mayor cerca de la médula con 13 poros, disminuyendo rápidamente hasta un valor de 9 poros a una distancia de 4 cm. Enseguida vuelve a incrementarse gradualmente hacia la corteza hasta alcanzar un valor de 12 poros/mm<sup>2</sup> a una distancia de 6 cm. para luego volver a disminuir hasta un valor de 9 poros. En el primer período, la disminución se da en un 30.8 % desde la médula hasta 4 cm. de distancia. En el segundo, el incremento es del 33.3 % a partir del valor más bajo encontrado en la parte media, aunque vuelve a disminuirse en la misma proporción, pero de manera gradual hacia la corteza. (FIG. 13 .a). El patrón general se presenta como una disminución de la porosidad en un 30.8 %, de 13 a 9 poros/mm<sup>2</sup> desde la médula. El coeficiente de correlación con respecto a la edad es de -0.14.

La abundancia de poros desde la base del árbol sufre un incremento hacia la punta, desde un valor de 10 hasta 13 poros/mm<sup>2</sup> a la altura de 8.80 m.; sufriendo solo una disminución hasta 11 poros en los 7 m. de altura (FIG. 13 .b). El incremento total desde la base es de 30.0 % y su coeficiente de correlación de 0.85.

FIG. 13. PATRON DE VARIACION EN LA ABUNDANCIA DE POROS EN C. ELAEAGNOIDES DC. : a) en dirección radial; b) en dirección axial.

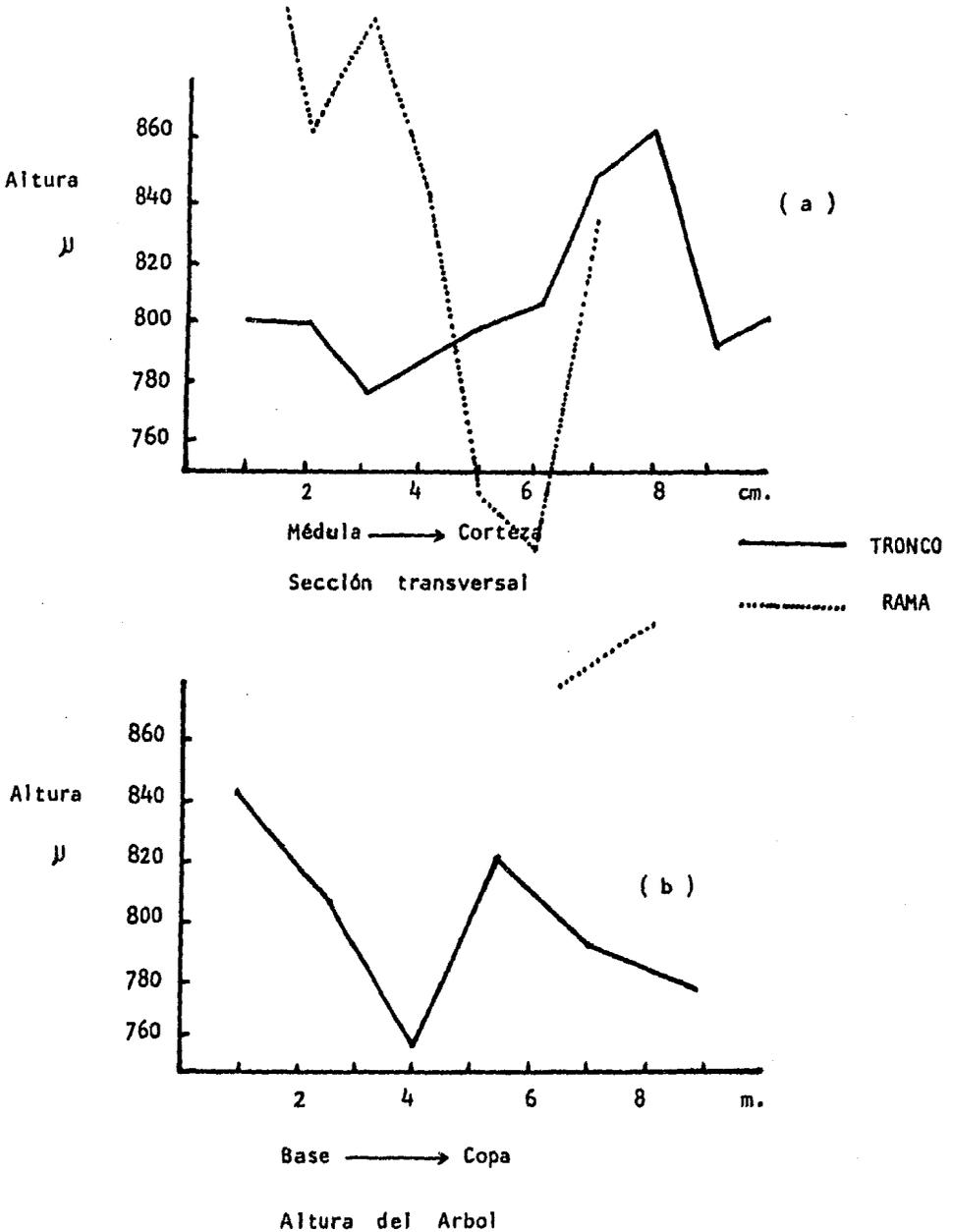


### ALTURA DE RAYOS

La altura de los rayos es de 806 U en promedio, con su valor mínimo de 776 U cercano a la médula y el máximo, de 862 U cercano a la corteza. En la dirección radial, la altura se incrementa en un 7.78 % a partir de 800 U cerca de la médula, hasta 862 U a una distancia de 8 cm. El aumento no es constante ya que se presenta una disminución a la distancia de 3 cm. y otra a la de 9 cm., volviendo a aumentar ya cerca de la corteza (FIG. 14 .a). El incremento total de 776 a 862 U, sin considerar los valores cercanos a médula y corteza, es del 7.4 % y su coeficiente de correlación con respecto a la edad es de 0.44, tomando en cuenta todos los valores de médula a corteza.

En dirección axial, la altura de los rayos casi es constante con una fluctuación muy grande, disminuyendo desde la base a los 4 m. de altura del árbol, de 845 a 761 U; aumentando bruscamente hasta 823 U a los 5 m., y volviendo a disminuir gradualmente hasta 778 U hacia la punta (9 m.) (FIG. 14 .b). El decremento total desde la base es de un 7.93 % y su coeficiente de correlación de -0.56.

FIG. 14. PATRON DE VARIACION EN LA ALTURA DE RAYOS EN C. ELAEAGNOIDES  
DC. : a) en dirección radial; b) en dirección axial.

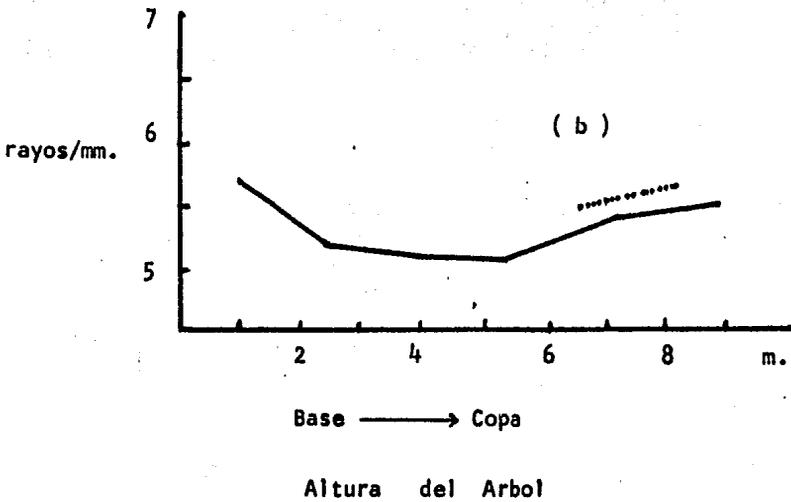
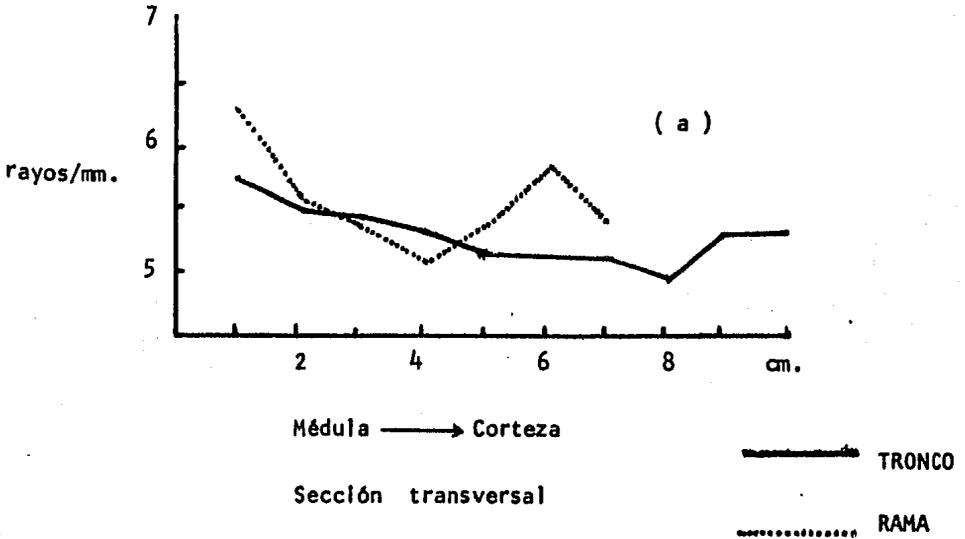


### ABUNDANCIA DE RAYOS

El número promedio de rayos/mm es de 5, encontrándose un valor máximo ( 6 ) cerca de la médula y en la base, y un valor mínimo ( 5 ) distribuido hacia la corteza y punta del árbol. En dirección radial, la máxima abundancia se vé disminuída desde la médula en 13.4 % hasta una distancia de 8 cm., llegando a un valor de 5 rayos/mm, para después incrementarse muy ligeramente en un 7.5 % cerca de la corteza. (FIG. 15 .a). La abundancia de los rayos en esta dirección sufre en total una disminución del 6.8 % y su coeficiente de correlación con respecto a la edad es de -0.67.

El número de rayos es mayor en la base del árbol y disminuye gradualmente (10.5 %) hasta una altura de 5 m., de 6 a 5 rayos/mm, - pero se incrementa (8 %) hasta cerca de 6 hacia la punta (FIG. 15 .b). En general, hay una pequeña disminución hacia la punta, del 3.3 %, observándose un coeficiente de correlación de -0.05; siendo mayor, de -0.86, de la base del árbol hasta los 5.30 m. de altura.

FIG. 15.. PATRON DE VARIACION EN LA ABUNDANCIA DE RAYOS EN C. ELAEAGNOIDES DC. : a) en dirección radial; b) en dirección axial.

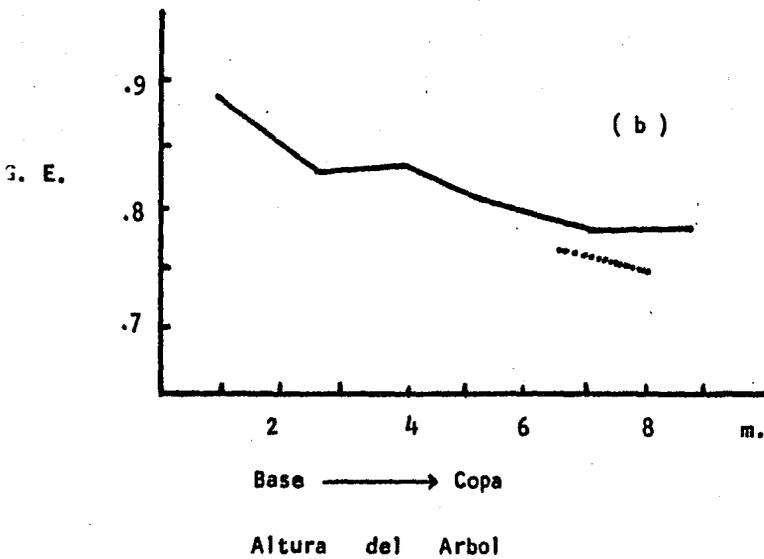
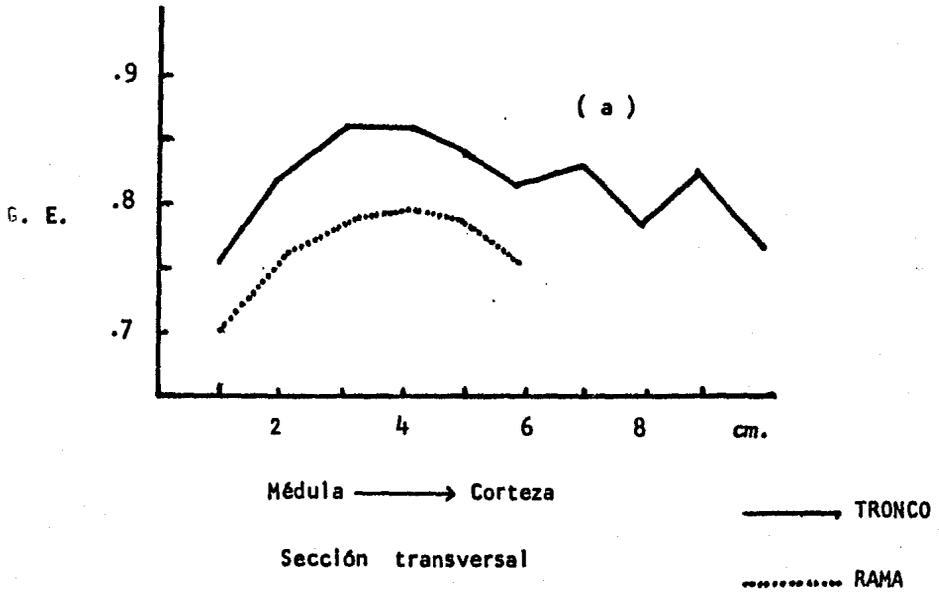


### GRAVEDAD ESPECIFICA

La especie presenta una gravedad específica promedio de 0.82, con valor mínimo de 0.75 y máximo de 0.86. En la dirección radial el valor más bajo es encontrado cerca de la médula (0.75), sufriendo un rápido incremento en los primeros periodos de crecimiento, hasta una distancia radial de 3 cm. donde alcanza el valor máximo de 0.86, que se mantiene constante por un corto tiempo, disminuyendo posteriormente hacia la corteza, hasta un valor de 0.77. En el primer periodo, - con un rápido incremento, aumenta la gravedad específica en un 14.7 % a partir del valor inicial cerca de la médula. El segundo periodo se caracteriza por una fluctuante disminución del 10.5 % a partir - del valor máximo alcanzado (0.86) (FIG. 16 .a). En términos generales, la gravedad específica sufre un ligero incremento del 2.67 % de la médula a la corteza; con un coeficiente de correlación con respecto a la edad de -0.11, el cual denota la dominancia del segundo periodo.

En relación a la altura, existe una disminución gradual en la gravedad específica desde un valor de 0.89 a 0.90 m. de altura hasta 0.78 a 8.80 m. de altura (FIG. 16 .b). El decremento es de - un 12.4 % a partir del valor en la base del árbol (0.89). Su coeficiente de correlación es de -0.92.

FIG. 16. PATRON DE VARIACION EN LA GRAVEDAD ESPECIFICA EN C.  
ELAEAGNOIDES DC. : a) en dirección radial; b) en -  
dirección axial.



## D I S C U S S I O N

La variación encontrada en la estructura de la madera de la especie estudiada exhibe patrones similares a los que han encontrado, anteriormente en otras especies, investigadores en ésta línea; aunque cabe mencionar que, en conjunto, esta variación puede ser característica para Cordia elaeagnoides DC.

La variación es más notable en las dimensiones celulares - como la longitud, diámetro y grosor de pared de los elementos traqueales. Siendo así, éstos han sido motivo de innumerables estudios, algunos de los cuales se han dirigido a conocer las causas que originan tal variación.

Bannan (1967) mostró que las células derivadas más largas - son favorecidas para continuar como iniciales cambiales debido a que exhiben un mayor número de contactos con rayos, proporcionando un funcionamiento más eficiente de las mismas cuando éstas se diferencian. Observó además, que las variaciones en la longitud de traqueidas están asociadas con diferencias en la tasa de divisiones anticlinales en las iniciales cambiales y con una pérdida diferencial de iniciales desde el cambium. La misma situación ha sido encontrada en fibras de Angiospermas, considerando que el incremento en su longitud puede ser atribuido al incremento en tasa o duración del crecimiento intrusivo durante la diferenciación de la fibra, al incremento en tasa de elongación de iniciales cambiales, a la dismi-

nución en la tasa de divisiones anticlinales cambiales o de algunas iniciales cambiales más cortas, o a cualquiera de estas combinaciones (Bannan, 1967; Denne, 1971; Hejnowicz y Hejnowicz, 1959; Chalk et al., 1955).

En consecuencia, dadas todas éstas variables, ha sido reportado un buen número de patrones de variación en la longitud de fibras; pero en términos generales, todos siguen el patrón establecido por - Sanio (1872), el cual ya ha sido constatado por un gran número de investigadores tanto en Gimnospermas como en Angiospermas.

En Cordia elaeagnoides, la longitud de la fibra se comporta de una manera similar a la longitud de traqueidas en Gimnospermas. Hay un incremento constante en su longitud desde la región cercana a la médula hacia afuera, en dirección radial; este mismo comportamiento ha sido observado en varias especies de pinos (Pinus taeda, P. contorta, P. strobus, P. ponderosa (Bailey y Tupper, 1918)), en Fraxinus excelsior (Denne y Whitbread, 1978) y en Tilia japonica (Fukazawa y Ohtani, 1982).

La variación en la longitud de la fibra desde la base hacia la punta del árbol se presenta como una disminución constante, tal como sucede en Pinus radiata, Thuja plicata, Carya ovata y Liriodendron tulipifera (Panshin y De Zeeuw, 1970).

Para entender este comportamiento Carlquist (1975) ha discutido que, un rápido incremento de la longitud de traqueidas en Coníferas y -

de fibras en Angiospermas desde la médula hacia afuera, proporciona un mejor soporte para el tallo, el cual alcanza un mayor peso mientras continúa el crecimiento secundario (Baas, 1976). Desde este punto de vista, puede comprenderse también dicho comportamiento en la dirección axial del árbol.

Estrechamente asociado a la longitud de la fibra, se encuentra el grosor de su pared que ofrece un patrón de variación semejante al de variación en longitud. En esta especie, el grosor de la pared de la fibra, en dirección radial, se incrementa a medida que ésta se alarga; pero después de alcanzar el máximo valor, se mantiene constante en los períodos de madurez del árbol.

Mientras la fibra se alarga, y durante los períodos de madurez, el grosor de la pared se mantiene constante y esto puede estar en relación a la tasa de fotosíntesis del árbol que proporciona una cantidad menor de material necesario para la síntesis de pared, debido a que existe un mayor volumen de elementos celulares que necesitan de los productos de la fotosíntesis (Panshin y de Zeeuw, 1970). De igual manera sucede en la dirección axial, donde el engrosamiento de la pared aumenta ligeramente desde la base del árbol para luego permanecer constante hacia la base de la copa y de ahí, comenzar a disminuir rápidamente hacia la punta -donde además, existen fibras de longitud más corta.

Muy pocos estudios se han realizado sobre este aspecto, y en ellos se reporta el incremento de grosor de la pared de fibras y traqueidas en dirección radial, hacia las partes externas del tronco; tal es el caso de Fraxinus pennsylvanica, Picea sitchensis, Pinus resinosa y Pinus echinata (Panshin y De Zeeuw, 1970). En otros casos, el engrosamiento de la fibra se mantiene constante en la misma dirección, como sucede en Entandrophragma utile (Giraud, 1977).

En cuanto a los elementos de vaso, éstos ofrecen un patrón de variación en longitud, similar al que se presenta para las fibras, en dirección radial, ya que los elementos de vaso exhiben un incremento en la longitud ligeramente gradual desde la base a la punta del árbol. Quizás no concuerde esto con las características de madurez de las partes externas del tronco en la dirección radial y las partes altas en la dirección axial, pero puede relacionarse al diámetro que presentan y que a su vez están correlacionados con la necesidad de suministro y eficiencia en el transporte del agua (Carlquist, 1975). A medida que el árbol crece en diámetro, los elementos tienden a ser más largos y de diámetro más grande; y al hacerlo en altura se presenta el mismo comportamiento, dando lugar a que el transporte de agua -que se hace más necesario en las partes altas- tenga menor resistencia por parte de los vasos (Carlquist, 1975).

Ahora bien, el aumento en longitud desde la base hacia la pun

ta solo se presenta en un 2.7 % y el diámetro aumenta hacia la parte media de la altura del árbol para después disminuir ligeramente - hacia la punta; de tal modo que un vaso largo y delgado puede ser más eficiente para el transporte de agua que uno de diámetro mayor.

Además, al haber un aumento en el diámetro de los elementos - de vaso, éstos tienden a disminuir en número en dirección radial; y - al contrario, al disminuir en diámetro en la dirección axial, van a - ser más numerosos, ocasionando también un suministro suficiente de agua a la copa.

Los resultados de la variación en longitud, diámetro y abundancia de los elementos de vaso en Cordia elaeagnoides, son similares a los ya encontrados para otras especies en estudios anteriores (Bailey y Tupper, 1918; Desch, 1932; Sarkany y Stieber, 1958; Taylor, 1973; Giraud, 1975, 1977; Fukazawa y Ohtani, 1982; Iqbal y Ghouse, 1983).

Prácticamente no se conoce cómo varían los rayos en la madera puesto que han sido poco estudiados. Solo algunos investigadores han analizado este carácter, como Giraud que en 1977 reportó que, la altura de los rayos en Entandrophragma utile se incrementa con la distancia desde la médula y que su densidad disminuye en la misma dirección.

El análisis de los rayos en C. elaeagnoides demuestra que - éstos aumentan su altura con la edad en la dirección radial aunque - de manera irregular, y de igual modo sucede en la dirección axial don-

de hay una disminución en la altura de éstos elementos, desde la base hacia la punta del árbol.

En cuanto a su abundancia, ésta disminuye lentamente hacia afuera en dirección radial como fué observado por Giraud (1977) en E. utile; y en dirección axial se presenta una disminución desde la base del árbol hacia los 3 a 6 m. de altura y posteriormente se incrementa hacia la punta.

Esto es lo normal si se considera que los rayos constituidos por células vivas, intervienen en el transporte de sustancias alimenticias, y que al aumentar en altura -para optimizar el transporte de esas sustancias- también lo hacen en anchura; esto es, aumenta ligeramente el número de series de células; además, considerando el aumento de volumen de madera y la cantidad de los rayos por área cuando se les cuenta en la cara transversal, serán cada vez menos por unidad de área a medida que aumenta el diámetro.

En la dirección axial sucede a la inversa; disminuye la altura de los rayos y éstos aumentan en número, hacia la punta del árbol.

Una de las características de la madera que más ha sido estudiada es sin duda la gravedad específica, cuya importancia es vital para adecuar los usos a los que son sometidas las maderas. La gravedad específica es afectada por la variación en las proporciones de

los diferentes elementos y por sus tamaños (Jane, 1962). Sin embargo, ésta depende principalmente de la cantidad de material de pared que contienen los elementos celulares.

En C. elaeagnoides notamos que, en la dirección radial hay un rápido aumento en los primeros incrementos de crecimiento, alcanzando un valor máximo y posteriormente, disminuye lentamente hacia afuera.

Si se considera que en dirección radial, al mismo tiempo - que aumenta la longitud de elementos de vaso, fibras y cantidad - de pared, aumenta también el lumen de las fibras y además el diámetro de los vasos, habrá un aumento en espacio vacío que hará que - la proporción de paredes engrosadas en relación al volumen de madera sea menor. Aún a pesar de que las fibras, elementos de vaso y - grosor de pared presenten una tendencia general al incremento.

Por otra parte, esta especie contiene grandes cantidades de extractivos (FIG. 6) que acumulan en la parte central contribuyendo así a una mayor densidad cerca de la médula que hacia la corteza.

En la dirección axial también se observa una disminución - constante de la densidad desde la base hacia la punta del árbol, y esto se asocia fácilmente a las demás características, principalmente a la abundancia de los vasos, que aumentan el volumen de es-

pacio vacío; y también a la reducción en la cantidad de material de pared (determinada por el acortamiento de las fibras), contribuyendo ámbos a una menor densidad en la madera de esa región.

El incremento de la gravedad específica en dirección radial ha sido reportada para Gmelina arborea (De Zeeuw y Gray, 1972) y como patrón de variación característico en la mayoría de las coníferas. Para Angiospermas, se han establecido diferentes comportamientos de variación en la densidad, destacando el de incremento constante y el de disminución constante en dirección radial desde la médula (Panshin y De Zeeuw, 1970). Para la dirección axial, el comportamiento de variación en la gravedad específica de la madera de C. elaeagnoides, es poco común en Angiospermas: disminución gradual y constante de la base hacia la punta del árbol, siendo más frecuente este patrón en coníferas (Panshin y De Zeeuw, 1970).

La variación de la densidad en dirección axial, más frecuente en Angiospermas, es un incremento en el tallo desde la base hacia la punta en un patrón no uniforme, que ha sido confirmado en Fagus sylvatica, Fraxinus pennsylvanica, Liquidambar styraciflua y Quercus falcata (Panshin y De Zeeuw, 1970) aunque la mayoría de estas especies son de bosque templado.

Finalmente, una integración de todas las características analizadas aquí, nos hacen precisar la distinción de dos zonas en la

madera en dirección radial: una región central cuyas células poseen dimensiones más cortas y propiedades físicas inferiores a las que se encuentran en las partes más externas del tronco (Madera adulta); esta región es conocida como madera juvenil (Panshin y De Zeeuw, 1970; Koek-Noorman, 1976), y Rendle la define como "Xilema secundario producido durante la vida temprana del árbol y, caracterizado anatómicamente por un incremento progresivo en las dimensiones celulares correspondiente a incrementos de crecimiento sucesivos" (Panshin y De Zeeuw, 1970).

Este período juvenil es variable entre las especies con rangos de 5 a 20 y hasta 28 años (Fukazawa y Ohtani, 1982).

De acuerdo a las curvas de variación de las diferentes estructuras estudiadas y siguiendo los trabajos de Fukazawa y Ohtani, la madera juvenil en esta especie puede ser definida estructuralmente como una región central de alrededor de 5 cm. en radio, en el tronco del árbol, siendo variable esta distancia hacia la base y punta del árbol. De igual manera se puede inferir la madurez y senectud de acuerdo con d.a.p. aproximados de 10 a 18 cm. para la madurez y diámetros mayores de 18 para la madera sobremadura.

En la mayoría de las características estudiadas se obtuvieron datos que están acordes al crecimiento del árbol. Se observó que la punta del tallo presenta características similares a las corres-

pondientes de la madera juvenil en alturas inferiores del árbol. Al tratar el punto del crecimiento, es fácil apreciar que la punta del árbol cercana al meristemo apical se originó de la misma manera que los elementos cercanos y a todo lo largo de la médula, cuando el árbol crecía, de tal forma que la madera juvenil no solo se encontrará en la región central en cualquier nivel de altura del tronco, si no también en la punta del tallo y en ramas.

La variación de la estructura en ramas muestra una alta similitud con la correspondiente variación de los elementos en la punta del árbol; asimismo, el rango de valores para cada característica encontrado en las ramas, es cercano a los que se presentan en la punta del tronco. En general, los datos están acordes con lo esperado, pues este mismo comportamiento es común a la mayoría de las Angiospermas (Zimmermann y Potter, 1982). Los valores son dados en la Tabla XIX.

## C O N C L U S I O N E S

El estudio del comportamiento de los elementos estructurales de la madera en C. elaeagnoides permite conocer los patrones de variación característicos que se presentan en las direcciones de crecimiento del árbol.

Se observa un rápido incremento en la longitud de las fibras, de los elementos de vaso, diámetro de los mismos, grosor de pared de las fibras y gravedad específica en los primeros periodos de crecimiento, de la médula hacia afuera; después alcanzan un valor máximo que permanece constante para algunas características y disminuyen o se incrementan posteriormente, en otras. Este patrón de variación de la estructura determina la distinción de dos zonas en la madera: madera juvenil con un rápido incremento de las dimensiones de los elementos y, madera adulta de ulteriores incrementos de crecimiento.

El conocimiento de la estructura en la madera juvenil, punta del tallo y ramas, proporciona datos que son útiles para estudios descriptivos tanto para C. elaeagnoides en particular como para otras especies tropicales. Con este estudio nos atrevemos a sugerir que las muestras para tales descripciones serán más adecuadas si se toman a una distancia radial nunca menor de 5 cm. desde la médula, ni más allá de los 5 m. de altura.

B I B L I O G R A F I A

- 1.- Amos, G. L., I.J.W. Bisset and H.E. Dadswell. 1950. Wood Structure in relation to growth in Eucalyptus glgantea. Aust. J. Sci. Res. Ser. B, 3: 393-413.
- 2.- Baas, P. 1976. Some functional and adaptive aspects of vessel - member morphology in: Wood structure in Biological and Technological Research (Eds. Baas, P., J.A. Bolton & D.M. Catling). Leiden Botanical Ser. No. 3: 157-181. Leiden University Press, Leiden.
- 3.- Baas, P. A.J. Bolton & D.M. Catling. 1976. Wood structure in Biological and Technological Research. Leiden Botanical Series No. 3. Leiden University Press, Leiden.
- 4.- Bailey, I.W. and H.B. Shepard. 1915. Sanio's laws for the variation in size of coniferous tracheids. Bot. Gaz. 60: 66-71.
- 5.- Bailey, I.W. and W.W. Tupper. 1919. Size variation in tracheary cells:  
I. A comparison between the secondary xylems of vascular Cryptogams, Gymnosperms and Angiosperms. Proc. Amer. Acad., 54: 149-204.
- 6.- Bailey, I.W. 1920. The cambium and its derivate tissues. II. Size variations of cambial initials in Gymnosperms and Angiosperms. Am. J. Bot. 7: 355-367.
- 7.- Bannan, M.W. 1967. Anticlinal division and cell length in conifer cambium. For. Prods. J. 17: 63-69.
- 8.- Barajas-Morales, J. 1981. Descriptions and notes on the wood anatomy of Borraginaceae from western México. IAWA Bull. n.s., Vol. - 2( 2-3 ): 61-67.

- 9.- Bhat, K.M. 1980a. Pith fleks and ray abnormalities in birch wood. *Silva Fenn.*, 14: 277-285.
- 10.- Bhat, K.M. 1980b. Variation in structure and selected properties of finnish birch wood: I. Inter-relationships of some structural features, basic density and shrinkage. *Silva Fenn.*, 14: 384-396.
- 11.- Bhat, K.M. & M. Kärkkäinen. 1981a. Variation in structure and - selected properties of finnish birch wood: II. Observations on the anatomy of root wood. *Silva Fenn.*, 15: 180-189.
- 12.- Bhat, K.M. & M. Kärkkäinen. 1981b. Variation in structure and - selected properties of finnish birch wood: III. Proportion of wood elements in stems and branches in Betula pendula Roth. *Silva Fenn.*, 15: 1-9.
- 13.- Bhat, K.M. & M. Kärkkäinen. 1981c. Variation in structure and - selected properties of finnish birch wood: IV. Fibre and vessel length in branches, stems and roots. *Silva Fenn.*, 15: 10-17.
- 14.- Caballero, D.M. 1973. Estadística Práctica para Dasónomos. Subsecretaría Forestal y de la Fauna. Dir. Gral. Inv. Nat. For. Publ. No. 26. pp. 196.
- 15.- Carquist, S. 1975. Ecological Strategies of Xylem Evolution. University of California Press. pp. 260.
- 16.- Chalk, L. and M.M. Chattaway. 1935. Factors affecting dimensional variations of vessel members. *Trop. Woods.* 41: 17-37.
- 17.- Chalk, L., E.B. Marstrand and J.P. de C. Walsh. 1955. Fibre length in storeyed hardwoods. *Acta Bot. Neerl.* 4: 339-347.

- 18.- Chattaway, M.M. 1936. Relation between fibre and cambial initial length in Dicotyledonous woods. Trop. Woods. 46: 16-20.
- 19.- Dadswell, H.E. 1958. Wood structure variations occurring during tree growth and their influence on properties. J. Inst. Wood. Sci. 1: 11-33.
- 20.- Daniel, P.W., U.E. Helms y F.S. Baker. 1982. Principios de Silvicultura. Mc Graw-Hill, 2a. ed. México, D.F. pp. 492.
- 21.- Denne, M.P. 1971. Tracheid length in relation to seedling height in conifers. Wood Sci. Technol. 5: 135-146.
- 22.- Denne, M.P. and V. Whitbread, 1978. Variation of fibre length within trees of Fraxinus excelsior. Can. J. For. Res. Vol. 8: 253-260.
- 23.- Desch, H.E. 1932. Anatomical variations in the wood of some Dicotyledonous trees. New Phytol. 31: 73-118.
- 24.- Fayle, D.C.F. 1973. Patterns of annual xylem increment integrated by contour presentation. Can. J. For. Res. 3: 105-111.
- 25.- Frost, F.H. 1930. Specializations in secondary xylem of Dicotyledonous. I. Origin of vessels. Bot. Gaz. 89: 67-94.
- 26.- Fukazawa, K. and J. Ohtani. 1982. Within-a-tree variation of wood element size in Tilia japonica. IAWA Bull. n.s., Vol. 3( 3-4 ): 201-206.
- 27.- García, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen ( para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana ) Offset Larios, S.A. 3a. ed. México. pp. 252.

- 28.- Gerry, E. 1915. Fiber measurement studies: Length variations; where they occur and their relation to the strength and uses of wood. *Science*. 61(1048): 179.
- 29.- Giraud, B. 1975a. Variation de la densité des pores et du nombre de fibres entre les rayons ligneux dans un bois de Méliacée, de la moëlle à la périphérie. Actes du 99e Congr. Nat. Soc. Sav., Besançon, 1974, Sc. 2: 189-196.
- 30.- Giraud, B. 1975b. Etude de la variation des caractères anatomiques d'un bois de Mellaceae (II): dimensions des éléments de vaisseaux. Actes du 100e Congr. Nat. Soc. Sav., Paris, 1975, Sc. 2: 145-153.
- 31.- Giraud, B. 1977a. Variation des caractères anatomiques d'un bois de Mellaceae: dimensions des rayons ligneux. *Adansonia*, Sér. 2, 17: 97-106.
- 32.- Giraud, B. 1977b. Statistical analysis of wood structure variation as related to distance from pith in Entandrophragma utile (Meliaceae). *IAWA Bull.* 1977/4: 71-75.
- 33.- Graaff, N.A. van der & P. Baas. 1974. Wood anatomical variation in relation to latitude and altitude. *Blumea* 22: 101-121.
- 34.- Hejnowicz, A. and Z. Hejnowicz. 1959. Variation in length of vessel members and fibres in the trunk of Robinia pseudoacacia. *Acta Soc. Bot. Pol.* 28: 453-460. also *Proc. IX Intern. Bot. Congr.* 1959.
- 35.- Iqbal, M. and A.K.M. Ghouse. 1983. An analytical study on cell size variation in some arid zone trees of India: Acacia nilotica and Prosopis spiciqera. *IAWA Bull.* n.s., Vol. 4 (1): 46-52.

- 36.- Jane, F.W. 1962. The structure of wood. London. pag. 184-209.
- 37.- Jeffers, J.N.R. 1959. Regression models of variation in specific gravity in four provenances of sitka spruce. J. Inst. Wood Sci. 4:44-59.
- 38.- Koek-Noorman, J. 1976. Juvenile characters in the wood of certain Rubiaceae with special reference to Rubia fruticosa Ait. IAWA Bull. 1976/3: 38-42.
- 39.- Kribs, D.A. 1935. Salient lines of structural specialization in the wood rays of Dicotyledons. Bot. Gray 96: 547-557.
- 40.- Lee, C. and E.M. Smith. 1916. Douglas fir fiber with special reference to length. For. Quart. 14 (4): 671-695.
- 41.- Mac donald, R.D.S. 1960. Comparative studies of stem and root wood with special reference to some British hardwoods. Rep. Imp. For. Inst. Oxford.. pp. 16.
- 42.- Martínez, M. 1979. Catalogo de nombres vulgares y científicos de PLANTAS MEXICANAS. Fondo de Cultura Económica. México. pp. 1210.
- 43.- Martínez, Y.A. 1984. Procesos de producción y descomposición de hojarasca en selvas estacionales. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, U.N.A.M., México, D.F. pp. 99.
- 44.- Metcalfe, C.R. and L. Chalk. 1972. Anatomy of the Dicotyledons. Vol. II. Oxford, University Press. Ely House, London W. P. 945-954.
- 45.- Miranda, F. 1952. La vegetación de Chiapas. Ed. del Gobierno del Estado de Chiapas, México. 2a. parte. pp. 430.

- 46.- Outer, R.W. den & W.L.H. van Veenendaal. 1976. Variation in wood anatomy of species with a distribution covering both rain forest and savannah areas of the Ivory Coast, West Africa In: Wood structure in Biological and Technological Research (Eds. P. Baas, A.J. Bolton & D.M. Catling). Leiden Bot. Ser. No. 3: 182-195. Leiden University Press, The Hague.
- 47.- Panshin, A.J. & C. De Zeeuw. 1970. Textbook of wood technology. 3rd. ed. New York, Mc Graw-Hill.
- 48.- Parameswaran, N. and H. Conrad. 1982. Wood and bark anatomy of Balanites aegyptiaca in relation to ecology and taxonomy. IAWA Bull. n.s., Vol. 3(2): 75-88.
- 49.- Pérez, J. A. 1974. Estudios botánicos en Chamela, Jal. Informe de trabajo presentado al Instituto de Biología U.N.A.M. inédito.
- 50.- Philipson, W.R. & B.G. Butterfield. 1967. A theory on the causes of size variation in wood elements. Phytomorphology 17: 155-159.
- 51.- Record, S.J. and R.W. Hess. 1941. American woods of the family Borraginaceae. Trop. Woods. 67: 19-33.
- 52.- Reyes, C.P. 1980. Bioestadística aplicada: Agronomía, Biología, Química. Ed. Trillas, México. pp. 220.
- 53.- Rzedowski, J. 1978. La vegetación de México. Ed. Limusa, Méx. pp. 432.
- 54.- Saldivar, R. M.C. 1975. Proyecto para el estudio del crecimiento cambial de especies arborescentes en la región de Chamela, Jal. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, U.N.A.M. Méx. pp. 166.

- 55.- Sanlo, K. 1872. Über die grosse der holzzellen bei der gemeinen kiefer (Pinus sylvestris). Jahrb. Wiss. Bot. (Pringsheim). 8: 401-420.
- 56.- Sarkany, S. & J. Stieber. 1958. Preliminary notes on the quantitative anatomy of wood in Fagus. Abstr. In: Acta Biol. Acad. Sci. Hung., Suppl. No. 2: 13.
- 57.- Shepard, H.B. and I.W. Bailey. 1914. Some observations on the variation in length of coniferous fibers. Proc. Soc. Am. Foresters. 9: 522-527.
- 58.- Shimakura, M. 1936. The height and number of rays in some coniferous woods. Bot. Mag. 5: 438-447.
- 59.- Snedecor, G.W. y W.G. Cochran. 1975. Métodos Estadísticos. 3a. reimp. C.E.C.S.A., México, D.F. pp. 703.
- 60.- Spurr, S.H. & M.J. Hyvarinen. 1954. Wood fibre length as related to position in tree and growth. Bot. Rev. 20: 561-575.
- 61.- Standley, P.C. 1924. Trees and shrubs of México. Contr. U.S. Natl. Herb. 24 (4): 1924.
- 62.- Taylor, F.W. 1973. Variations in the anatomical properties of South African grown Eucalyptus grandis. APPITA 27: 171-178.
- 63.- Zeeuw, C. de, and R.L. Gray. 1972. Specific gravity variation in Gmelina arborea Roxb. IAWA Bull. 1972/3: 3-11.
- 64.- Zimmermann, M.H. and D. Potter. 1982. Vessel-length distribution in branches, stem and roots of Acer rubrum L. IAWA Bull. n.s., Vol. 3 (2): 103-109.

ADICIONAL:

- Pennington, T.D. y J. Sarukhan. 1968. Manual para la identificación de campo de los principales árboles tropicales de México. Inst. Nal. de Inv. For. S.A.G. México; Org. Nac. Un. para la Agríc. y la Aliment. México, pág. 366-367.
- Sánchez, V.G. 1968. Estudio estadístico de la variación de la longitud, el grosor y el diámetro de las fibras leñosas de Fraxinus uhdei (Wenzig) Lingelsheim. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. U.N.A.M. 97 pp.
- Turner, R. 1963. Growth in four species of Sonorian desert trees. Ecology 44(4): 760-765.

A P E N D I C E S

- A -

**TABLAS DE RESULTADOS**

TABLA III. LONGITUD DE FIBRAS. Promedios ( en  $\mu$  ) para cada una de las posiciones en la dirección radial.

| ARBOLES   | MUESTRAS (cm.) |      |      |      |      |           |      |      |      |      | $\bar{X}$ |
|-----------|----------------|------|------|------|------|-----------|------|------|------|------|-----------|
|           | ← Médula       |      |      |      |      | Corteza → |      |      |      |      |           |
|           | 1              | 2    | 3    | 4    | 5    | 6         | 7    | 8    | 9    | 10   |           |
| A (23)    | 790            | 847  | 1037 | 1015 | 1184 | 1161      | 1139 | 1169 | 1226 |      | 1063      |
| B (17)    | 969            | 1074 | 1118 | 1163 | 1177 | 1194      | 1156 | 1222 | 1142 |      | 1135      |
| C ( 1)    | 1189           | 1206 | 1213 | 1236 | 1191 | 1255      | 1286 | 1159 |      |      | 1217      |
| D (10)    | 1078           | 1101 | 1238 | 1236 | 1292 | 1343      | 1373 | 1329 | 1422 | 1334 | 1275      |
| $\bar{X}$ | 1006           | 1057 | 1152 | 1163 | 1211 | 1238      | 1238 | 1220 | 1263 | 1334 | 1172      |

ANAVA ENTRE MUESTRAS

$\bar{X}$  TOTAL 1174  $\mu$

C.V. 9.71

F exp. 2.272 \*

r Pearson 0.94

TABLA IV. LONGITUD DE FIBRAS. Promedios ( en  $\mu$  ) para cada una de las alturas en la dirección axial.

| ARBOLES   | A L T U R A S |      |      |      |      |      |           |      |        |      |           |
|-----------|---------------|------|------|------|------|------|-----------|------|--------|------|-----------|
|           | ← Base        |      |      |      |      |      |           |      | Copa → |      |           |
|           | FUSTE         |      |      |      |      |      | $\bar{X}$ | RAMA |        |      | $\bar{X}$ |
|           | 1             | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | $\bar{X}$ |      | 1      | 2    | $\bar{X}$ |
| A (23)    | 1028          | 1106 | 1073 | 1071 | 984  | 929  | 1032      |      | 1042   | 898  | 971       |
| B (17)    | 1166          | 1146 | 1147 | 1174 | 1066 | 998  | 1116      |      | 1087   | 1047 | 1067      |
| C ( 1)    | 1236          | 1270 | 1164 | 1206 | 1064 | 1007 | 1158      |      | 1001   | 1014 | 1007      |
| D (10)    | 1270          | 1333 | 1127 | 1234 | 1135 | 1084 | 1197      |      | 1084   | 1132 | 1108      |
| $\bar{X}$ | 1175          | 1214 | 1128 | 1171 | 1062 | 1005 | 1126      |      | 1053   | 1022 | 1038      |

ANAVA ENTRE ALTURAS (fuste)

|                 |            |
|-----------------|------------|
| $\bar{X}$ TOTAL | 1126 $\mu$ |
| C.V.            | 6.99       |
| F exp.          | 3.99 *     |
| r Pearson       | -0.75      |

TABLA V. GROSOR DE PARED DE FIBRAS. Promedios ( en  $\mu$  ) para cada una de las posiciones en la dirección radial.

| ARBOLES   | MUESTRAS (cm.) |      |      |      |      |           |      |      |      |      | $\bar{x}$ |
|-----------|----------------|------|------|------|------|-----------|------|------|------|------|-----------|
|           | ← Médula       |      |      |      |      | Corteza → |      |      |      |      |           |
|           | 1              | 2    | 3    | 4    | 5    | 6         | 7    | 8    | 9    | 10   |           |
| A (23)    | 4.34           | 5.12 | 5.43 | 5.89 | 5.99 | 6.30      | 6.34 | 6.71 | 6.50 |      | 5.85      |
| B (17)    | 4.10           | 4.75 | 4.92 | 5.01 | 5.62 | 5.84      | 5.74 | 5.94 | 6.40 |      | 5.37      |
| C ( 1)    | 4.61           | 4.97 | 5.41 | 5.40 | 5.60 | 6.01      | 6.01 | 5.82 |      |      | 5.48      |
| D (10)    | 4.49           | 5.07 | 5.27 | 5.50 | 5.87 | 5.58      | 5.50 | 5.24 | 4.95 | 4.85 | 5.23      |
| $\bar{x}$ | 4.38           | 4.98 | 5.26 | 5.45 | 5.77 | 5.94      | 5.90 | 5.93 | 5.95 | 4.85 | 5.48      |

ANAVA ENTRE MUESTRAS

$\bar{x}$  TOTAL 5.64  $\mu$

C.V. 7.34

F exp. 6.72 \*

r Pearson 0.62

TABLA VI. GROSOR DE PARED DE FIBRAS. Promedios ( en  $\mu$  ) para cada una de las alturas en la dirección axial.

| ARBOLES   | ALTURAS |      |      |      |      |      |           |  |      |      |           |
|-----------|---------|------|------|------|------|------|-----------|--|------|------|-----------|
|           | ← Base  |      |      |      |      |      | Copa →    |  |      |      |           |
|           | FUSTE   |      |      |      |      |      | RAMA      |  |      |      |           |
|           | 1       | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | $\bar{X}$ |  | 1    | 2    | $\bar{X}$ |
| A (23)    | 5.53    | 5.82 | 6.11 | 5.82 | 6.40 | 5.33 | 5.83      |  | 5.53 | 5.14 | 5.33      |
| B (17)    | 5.24    | 4.95 | 5.72 | 5.72 | 4.66 | 4.66 | 5.16      |  | 5.43 | 5.04 | 5.23      |
| C ( 1)    | 4.95    | 5.50 | 5.30 | 5.32 | 5.01 | 4.85 | 5.15      |  | 4.82 | 4.87 | 4.84      |
| D (10)    | 5.12    | 4.99 | 4.85 | 5.68 | 5.72 | 5.08 | 5.24      |  | 5.08 | 5.09 | 5.08      |
| $\bar{X}$ | 5.21    | 5.32 | 5.49 | 5.64 | 5.45 | 4.98 | 5.35      |  | 5.21 | 5.03 | 5.12      |

ANAVA ENTRE ALTURAS (fuste)

|                 |                              |
|-----------------|------------------------------|
| $\bar{X}$ TOTAL | <u>5.34 <math>\mu</math></u> |
| C.V.            | <u>8.6</u>                   |
| F exp.          | <u>1.05</u>                  |
| r Pearson       | <u>-0.11</u>                 |

TABLA VII. LONGITUD DE ELEMENTOS DE VASO. Promedios ( en  $\mu$  ) para cada una de las posiciones en la dirección radial.

| ARBOLES   | MUESTRAS (cm.) |     |     |     |     |           |     |     |     |     | $\bar{X}$ |
|-----------|----------------|-----|-----|-----|-----|-----------|-----|-----|-----|-----|-----------|
|           | ← Médula       |     |     |     |     | Corteza → |     |     |     |     |           |
|           | 1              | 2   | 3   | 4   | 5   | 6         | 7   | 8   | 9   | 10  |           |
| A (23)    | 204            | 208 | 217 | 224 | 231 | 228       | 239 | 243 | 254 |     | 227       |
| B (17)    | 187            | 200 | 204 | 215 | 222 | 219       | 224 | 221 | 233 |     | 214       |
| C ( 1 )   | 224            | 228 | 219 | 234 | 227 | 247       | 258 | 234 |     |     | 234       |
| D (10)    | 239            | 243 | 243 | 245 | 260 | 262       | 264 | 259 | 233 | 260 | 251       |
| $\bar{X}$ | 213            | 220 | 221 | 230 | 235 | 239       | 246 | 239 | 240 | 260 | 231       |

ANAVA ENTRE MUESTRAS

$\bar{X}$  TOTAL 232  $\mu$

C.V. 7.62

F exp. 1.70

r Pearson 0.93

TABLA VIII. LONGITUD DE ELEMENTOS DE VASO. Promedios ( en  $\mu$  ) -  
para cada una de las alturas en la direcci3n axial.

|           |       | ALTURAS |     |     |     |     |           |        |     |           |  |  |
|-----------|-------|---------|-----|-----|-----|-----|-----------|--------|-----|-----------|--|--|
|           |       | ← Base  |     |     |     |     |           | Copa → |     |           |  |  |
| ARBOLES   | FUSTE |         |     |     |     |     |           | RAMA   |     |           |  |  |
|           | 1     | 2       | 3   | 4   | 5   | 6   | $\bar{X}$ | 1      | 2   | $\bar{X}$ |  |  |
| A (23)    | 223   | 216     | 213 | 232 | 238 | 238 | 227       | 224    | 211 | 217       |  |  |
| B (17)    | 208   | 214     | 211 | 218 | 206 | 208 | 211       | 204    | 227 | 215       |  |  |
| C ( 1)    | 212   | 232     | 233 | 240 | 222 | 224 | 227       | 222    | 226 | 224       |  |  |
| D (10)    | 241   | 248     | 254 | 253 | 253 | 239 | 248       | 239    | 236 | 237       |  |  |
| $\bar{X}$ | 221   | 228     | 228 | 236 | 230 | 227 | 228       | 222    | 225 | 237       |  |  |

ANAVA ENTRE ALTURAS (fusta)

|                 |                             |
|-----------------|-----------------------------|
| $\bar{X}$ TOTAL | <u>228 <math>\mu</math></u> |
| C.V.            | <u>7.45</u>                 |
| F exp.          | <u>0.31</u>                 |
| r pearson       | <u>0.58</u>                 |

TABLA IX. DIAMETRO DE VASOS. Promedios ( en  $\mu$  ) para cada una de las posiciones en la dirección radial.

| ARBOLES   | MUESTRAS (cm.) |     |     |     |     |           |     |     |     |     | $\bar{X}$ |
|-----------|----------------|-----|-----|-----|-----|-----------|-----|-----|-----|-----|-----------|
|           | ← Médula       |     |     |     |     | Corteza → |     |     |     |     |           |
|           | 1              | 2   | 3   | 4   | 5   | 6         | 7   | 8   | 9   | 10  |           |
| A (23)    | 113            | 132 | 149 | 161 | 162 | 173       | 179 | 176 | 183 |     | 159       |
| B (17)    | 125            | 144 | 159 | 158 | 163 | 168       | 175 | 170 | 164 |     | 158       |
| C ( 1)    | 177            | 185 | 196 | 192 | 208 | 210       | 212 | 228 |     |     | 201       |
| D (10)    | 239            | 243 | 243 | 245 | 260 | 262       | 264 | 259 | 233 | 260 | 251       |
| $\bar{X}$ | 164            | 176 | 187 | 189 | 198 | 203       | 208 | 209 | 193 | 260 | 192       |

ANAVA ENTRE MUESTRAS

$\bar{X}$  TOTAL 194  $\mu$

C.V. 23.3

F exp. 0.64

r Pearson 0.82

TABLA X. DIAMETRO DE VASOS. Promedios ( en  $\mu$  ) para cada una de las alturas en la dirección axial.

| ARBOLES   | A L T U R A S |     |     |     |     |     |           |        |     |     |           |
|-----------|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----------|--------|-----|-----|-----------|
|           | ← Base        |     |     |     |     |     |           | Copa → |     |     |           |
|           | FUSTE         |     |     |     |     |     |           | RAMA   |     |     |           |
|           | 1             | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | $\bar{X}$ |        | 1   | 2   | $\bar{X}$ |
| A (23)    | 130           | 157 | 163 | 173 | 159 | 154 | 156       |        | 151 | 133 | 142       |
| B (17)    | 144           | 167 | 172 | 166 | 142 | 139 | 155       |        | 150 | 140 | 145       |
| C ( 1)    | 173           | 201 | 205 | 194 | 193 | 191 | 193       |        | 190 | 193 | 191       |
| D (10)    | 241           | 248 | 254 | 253 | 253 | 239 | 248       |        | 239 | 236 | 237       |
| $\bar{X}$ | 172           | 193 | 199 | 197 | 187 | 181 | 188       |        | 183 | 175 | 179       |

ANAVA ENTRE ALTURAS (fuste)

|                 |                             |
|-----------------|-----------------------------|
| $\bar{X}$ TOTAL | <u>188 <math>\mu</math></u> |
| C.V.            | <u>23.5</u>                 |
| F exp.          | <u>0.21</u>                 |
| r Pearson       | <u>0.10</u>                 |

TABLA XI. ABUNDANCIA DE POROS. Promedios ( poros/mm<sup>2</sup> ) para cada una de las posiciones en la dirección radial.

| ARBOLES   | MUESTRAS (cm.) |      |      |      |      |           |      |      |      |     | $\bar{X}$ |
|-----------|----------------|------|------|------|------|-----------|------|------|------|-----|-----------|
|           | ← Médula       |      |      |      |      | Corteza → |      |      |      |     |           |
|           | 1              | 2    | 3    | 4    | 5    | 6         | 7    | 8    | 9    | 10  |           |
| A (23)    | 16.4           | 12.3 | 12.7 | 11.0 | 12.7 | 13.2      | 14.0 | 13.2 | 13.7 |     | 13.2      |
| B (17)    | 13.7           | 8.2  | 9.9  | 11.0 | 12.8 | 14.5      | 13.5 | 14.1 | 11.9 |     | 12.2      |
| C ( 1)    | 10.1           | 7.1  | 8.5  | 6.3  | 8.2  | 10.3      | 8.3  | 8.7  |      |     | 8.4       |
| D (10)    | 11.7           | 10.4 | 8.0  | 8.0  | 9.5  | 8.8       | 8.1  | 9.4  | 7.1  | 9.2 | 9.0       |
| $\bar{X}$ | 13.0           | 9.5  | 9.7  | 9.1  | 10.8 | 11.7      | 11.0 | 11.3 | 10.9 | 9.2 | 10.7      |

ANAVA ENTRE MUESTRAS

$\bar{X}$  TOTAL 10.7 ( poros/mm<sup>2</sup> )

C.V. 16.4

F exp. 1.75

r pearson -0.15

TABLA XII. ABUNDANCIA DE POROS. Promedios ( poros/mm<sup>2</sup> ) para cada una de las alturas en la dirección axial.

| ARBOLES   | ALTURAS |      |      |      |      |      |           |      |      |           |  |
|-----------|---------|------|------|------|------|------|-----------|------|------|-----------|--|
|           | ← Base  |      |      |      |      |      | Copa →    |      |      |           |  |
|           | FUSTE   |      |      |      |      |      | $\bar{X}$ | RAMA |      | $\bar{X}$ |  |
| 1         | 2       | 3    | 4    | 5    | 6    | 1    |           | 2    |      |           |  |
| A (23)    | 11.6    | 11.7 | 13.6 | 14.5 | 13.0 | 17.1 | 13.6      | 18.9 | 20.5 | 19.7      |  |
| B (17)    | 12.4    | 11.0 | 11.6 | 13.2 | 10.6 | 13.7 | 12.1      | 9.5  | 15.1 | 12.3      |  |
| C ( 1 )   | 7.7     | 6.8  | 9.4  | 8.6  | 10.4 | 12.0 | 9.1       | 11.0 | 13.0 | 12.0      |  |
| D (10)    | 8.0     | 8.4  | 9.5  | 10.7 | 9.8  | 9.6  | 9.3       | 9.6  | 12.6 | 11.1      |  |
| $\bar{X}$ | 9.9     | 9.5  | 11.0 | 11.7 | 10.8 | 13.0 | 11.0      | 12.3 | 15.3 | 13.8      |  |

ANAVA ENTRE ALTURAS (fuste)

|                 |                                    |
|-----------------|------------------------------------|
| $\bar{X}$ TOTAL | <u>11.0 (poros/mm<sup>2</sup>)</u> |
| C.V.            | <u>21.7</u>                        |
| F exp.          | <u>1.11</u>                        |
| r pearson       | <u>0.85</u>                        |

TABLA XIII. ALTURA DE RAYOS. Promedios ( en  $\mu$  ) para cada una de las posiciones en la dirección radial.

| ARBOLES   | MUESTRAS (cm.) |     |     |     |     |           |     |      |     |     | $\bar{X}$ |
|-----------|----------------|-----|-----|-----|-----|-----------|-----|------|-----|-----|-----------|
|           | ← Médula       |     |     |     |     | Corteza → |     |      |     |     |           |
|           | 1              | 2   | 3   | 4   | 5   | 6         | 7   | 8    | 9   | 10  |           |
| A (23)    | 729            | 758 | 719 | 741 | 756 | 777       | 779 | 763  | 768 |     | 754       |
| B (17)    | 759            | 800 | 752 | 742 | 741 | 779       | 830 | 795  | 800 |     | 778       |
| C ( 1)    | 937            | 837 | 850 | 878 | 892 | 855       | 958 | 1038 |     |     | 906       |
| D (10)    | 773            | 792 | 786 | 778 | 804 | 812       | 821 | 853  | 699 | 791 | 791       |
| $\bar{X}$ | 800            | 797 | 776 | 785 | 798 | 806       | 847 | 862  | 756 | 791 | 807       |

ANAVA ENTRE MUESTRAS

$\bar{X}$  TOTAL 804  $\mu$

C.V. 9.05

F exp. 0.69

r Pearson 0.15

TABLA XIV. ALTURA DE RAYOS. Promedios ( en  $\mu$  ) para cada una de las alturas en la dirección axial.

| ARBOLES   | ALTURAS |     |     |     |     |     |           |      |      |      |           |
|-----------|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----------|------|------|------|-----------|
|           | ← Base  |     |     |     |     |     | Copa →    |      |      |      |           |
|           | FUSTE   |     |     |     |     |     |           | RAMA |      |      |           |
|           | 1       | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | $\bar{X}$ |      | 1    | 2    | $\bar{X}$ |
| A (23)    | 725     | 725 | 706 | 772 | 822 | 820 | 762       |      | 851  | 873  | 862       |
| B (17)    | 814     | 793 | 770 | 837 | 665 | 689 | 761       |      | 765  | 699  | 732       |
| C ( 1)    | 1057    | 907 | 775 | 891 | 898 | 770 | 883       |      | 1025 | 1132 | 1078      |
| D (10)    | 783     | 806 | 796 | 794 | 785 | 836 | 800       |      | 886  | 902  | 894       |
| $\bar{X}$ | 845     | 807 | 761 | 823 | 792 | 778 | 801       |      | 882  | 901  | 891       |

ANAVA ENTRE ALTURAS (fuste)

|                 |                             |
|-----------------|-----------------------------|
| $\bar{X}$ TOTAL | <u>801 <math>\mu</math></u> |
| C.V.            | <u>10.8</u>                 |
| F exp.          | <u>0.49</u>                 |
| r Pearson       | <u>-0.56</u>                |

TABLA XV. ABUNDANCIA DE RAYOS. Promedios ( rayos/mm ) para cada una de las posiciones en la dirección radial.

| ARBOLES   | MUESTRAS (cm.) |      |      |      |      |           |      |      |      |      | $\bar{X}$ |
|-----------|----------------|------|------|------|------|-----------|------|------|------|------|-----------|
|           | ← Médula       |      |      |      |      | Corteza → |      |      |      |      |           |
|           | 1              | 2    | 3    | 4    | 5    | 6         | 7    | 8    | 9    | 10   |           |
| A (23)    | 6.12           | 5.80 | 5.69 | 5.67 | 5.66 | 5.60      | 5.40 | 5.40 | 5.20 |      | 5.62      |
| B (17)    | 5.91           | 5.77 | 5.65 | 5.67 | 5.36 | 5.53      | 5.08 | 5.12 | 5.20 |      | 5.48      |
| C ( 1 )   | 5.10           | 5.07 | 4.93 | 4.70 | 4.45 | 4.50      | 4.80 | 4.10 |      |      | 4.71      |
| D (10)    | 5.65           | 5.40 | 5.48 | 5.20 | 5.10 | 4.85      | 5.13 | 5.10 | 5.50 | 5.30 | 5.27      |
| $\bar{X}$ | 5.69           | 5.51 | 5.44 | 5.31 | 5.14 | 5.12      | 5.10 | 4.93 | 5.30 | 5.30 | 5.27      |

ANAVA ENTRE MUESTRAS

$\bar{X}$  TOTAL 5.28 ( rayos/mm )

C.V. 8.15

F exp. 1.08

r Pearson -0.67

TABLA XVI. ABUNDANCIA DE RAYOS. Promedios ( rayos/mm ) para cada una de las alturas en la dirección axial.

| ARBOLES   | A L T U R A S |     |     |     |     |     |           |        |     |     |           |
|-----------|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----------|--------|-----|-----|-----------|
|           | ← Base        |     |     |     |     |     |           | Copa → |     |     |           |
|           | FUSTE         |     |     |     |     |     | $\bar{X}$ | RAMA   |     |     | $\bar{X}$ |
|           | 1             | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | $\bar{X}$ |        | 1   | 2   | $\bar{X}$ |
| A (23)    | 6.2           | 5.6 | 5.7 | 5.3 | 5.4 | 5.6 | 5.6       |        | 5.9 | 6.0 | 5.9       |
| B (17)    | 6.0           | 5.4 | 5.0 | 5.2 | 5.9 | 5.8 | 5.5       |        | 5.7 | 5.8 | 5.7       |
| C ( 1)    | 5.1           | 4.6 | 4.6 | 4.7 | 4.9 | 4.9 | 4.8       |        | 4.8 | 5.0 | 4.9       |
| D (10)    | 5.5           | 5.2 | 5.2 | 5.6 | 5.3 | 5.7 | 5.4       |        | 5.7 | 5.8 | 5.8       |
| $\bar{X}$ | 5.7           | 5.2 | 5.1 | 5.1 | 5.4 | 5.5 | 5.3       |        | 5.5 | 5.7 | 5.6       |

ANAVA ENTRE ALTURAS (fuste)

$\bar{X}$  TOTAL 5.34 (rayos/mm)

C.V. 7.81

F exp. 1.31

r Pearson -0.86 { hasta } los 5 m. de altura  
-0.05 { total }

TABLA XVII. GRAVEDAD ESPECIFICA. Promedios ( peso/volumen anhidros )  
para cada una de las posiciones en la dirección radial.

| ARBOLES   | MUESTRAS (cm.) |      |      |      |      |           |      |      |      |      | $\bar{X}$ |
|-----------|----------------|------|------|------|------|-----------|------|------|------|------|-----------|
|           | ← Médula       |      |      |      |      | Corteza → |      |      |      |      |           |
|           | 1              | 2    | 3    | 4    | 5    | 6         | 7    | 8    | 9    | 10   |           |
| A (23)    | 0.71           | 0.76 | 0.80 | 0.82 | 0.82 | 0.79      | 0.85 | 0.74 | 0.82 |      | 0.79      |
| B (17)    | 0.77           | 0.83 | 0.85 | 0.85 | 0.81 | 0.79      | 0.81 | 0.80 | 0.81 |      | 0.81      |
| C ( 1)    | 0.82           | 0.91 | 0.93 | 0.92 | 0.91 | 0.87      | 0.83 | 0.82 |      |      | 0.88      |
| D (10)    | 0.72           | 0.77 | 0.85 | 0.87 | 0.84 | 0.83      | 0.84 | 0.81 | 0.85 | 0.77 | 0.81      |
| $\bar{X}$ | 0.75           | 0.82 | 0.86 | 0.86 | 0.84 | 0.82      | 0.83 | 0.79 | 0.83 | 0.77 | 0.82      |

ANAVA ENTRE MUESTRAS

$\bar{X}$  TOTAL 0.82

C.V. 5.33

F exp. 2.28 \*

r pearson -0.11

TABLA XVIII. GRAVEDAD ESPECIFICA. Promedios (peso/volumen anhidros) para cada una de las alturas en la dirección axial.

| ARBOLES   | ALTURAS |      |      |      |      |      |           |        |      |      |           |  |
|-----------|---------|------|------|------|------|------|-----------|--------|------|------|-----------|--|
|           | ← Base  |      |      |      |      |      |           | Copa → |      |      |           |  |
|           | FUSTE   |      |      |      |      |      |           | RAMA   |      |      |           |  |
|           | 1       | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | $\bar{X}$ |        | 1    | 2    | $\bar{X}$ |  |
| A (23)    | 0.89    | 0.81 | 0.77 | 0.75 | 0.70 | 0.78 | 0.78      |        | 0.74 | 0.76 | 0.75      |  |
| B (17)    | 0.86    | 0.79 | 0.81 | 0.79 | 0.83 | 0.80 | 0.81      |        | 0.80 | 0.78 | 0.79      |  |
| C ( 1)    | 0.96    | 0.91 | 0.91 | 0.85 | 0.81 | 0.76 | 0.87      |        | 0.77 | 0.75 | 0.76      |  |
| D (10)    | 0.86    | 0.79 | 0.83 | 0.80 | 0.81 | 0.78 | 0.81      |        | 0.78 | 0.71 | 0.74      |  |
| $\bar{X}$ | 0.89    | 0.83 | 0.83 | 0.80 | 0.78 | 0.78 | 0.82      |        | 0.77 | 0.75 | 0.76      |  |

ANAVA ENTRE ALTURAS (fuste)

|                 |              |
|-----------------|--------------|
| $\bar{X}$ TOTAL | <u>0.82</u>  |
| C.V.            | <u>6.83</u>  |
| F exp.          | <u>1.63</u>  |
| r Pearson       | <u>-0.92</u> |

TABLA XIX. RESUMEN DE VALORES PROMEDIO PARA LAS RAMAS DE CADA UNA DE LAS CARACTERISTICAS ESTUDIADAS; EN AMBAS DIRECCIONES RADIAL Y AXIAL DEL CRECIMIENTO, EN CORDIA ELAEAGNOIDES DC.

| <u>CORDIA ELAEAGNOIDES</u> DC. | MUESTRAS (RADIAL) |      |      |      |      |      |      |           |      |      |       | ALTURAS (AXIAL) |      |           |      |      |
|--------------------------------|-------------------|------|------|------|------|------|------|-----------|------|------|-------|-----------------|------|-----------|------|------|
| VARIABLES                      | 1                 | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | $\bar{X}$ | F    | C.V. | r     | 1               | 2    | $\bar{X}$ | F    | C.V. |
| LONGITUD DE FIBRAS             | 829               | 975  | 1104 | 1177 | 1176 | 1271 | 1198 | 1048      | 10.3 | 10.4 | 0.90  | 1054            | 1023 | 1038      | 0.34 | 7.2  |
| GROSOR PARED DE FIBRAS         | 3.91              | 4.90 | 5.55 | 5.62 | 5.82 | 5.96 | 6.98 | 5.15      | 26.5 | 7.14 | 0.78  | 5.13            | 5.05 | 5.09      | 0.25 | 4.48 |
| LONG. ELEMENT. DE VASO         | 208               | 210  | 228  | 237  | 236  | 240  | 242  | 223       | 2.1  | 9.81 | 0.92  | 222             | 225  | 224       | 0.08 | 5.63 |
| DIAMETRO DE VASOS              | 149               | 174  | 191  | 202  | 185  | 155  | 169  | 177       | 1.2  | 24.9 | 0.08  | 182             | 175  | 179       | 0.05 | 25.5 |
| ABUNDANCIA DE VASOS            | 17.9              | 13.9 | 12.3 | 11.2 | 8.0  | 10.8 | 12.5 | 13.2      | 2.2  | 36.6 | -0.67 | 12.3            | 15.3 | 13.8      | 1.10 | 29.6 |
| ALTURA DE RAYOS                | 964               | 863  | 901  | 843  | 744  | 723  | 835  | 871       | 0.9  | 20.1 | -0.76 | 882             | 901  | 892       | 0.04 | 16.5 |
| ABUNDANCIA DE RAYOS            | 6.31              | 5.60 | 5.37 | 5.10 | 5.37 | 5.85 | 5.40 | 5.60      | 5.8  | 7.71 | -0.49 | 5.53            | 5.66 | 5.59      | 0.15 | 8.5  |
| GRAVEDAD ESPECIFICA            | 0.70              | 0.76 | 0.79 | 0.80 | 0.80 | 0.79 | 0.76 | 0.77      | 2.7  | 7.11 | 0.54  | 0.77            | 0.75 | 0.76      | 2.05 | 2.9  |

- B -

**LITERATURA COMPLEMENTARIA SOBRE VARIABILIDAD EN LA MADERA**

- 1.- Akachuku, A.E. and J. Burley. 1979. Variation in wood anatomy of Gmelina arborea Roxb. in Nigerian plantations. IAWA Bull. 1979/4: 109-114.
- 2.- Anderson, E.A. 1951. Tracheid length variation in conifers as related to distance from the pith. J. Forestry, 49(1): 38-42.
- 3.- Baas, P. and N.A. Van der Graaff. 1974. Wood structure in relation to latitudinal and altitudinal distribution. IAWA Bull. No. 3: 3-5.
- 4.- Bailey, I.W. 1923. The cambium and its derivate tissues. IV. The increase in girth of the cambium. Am. J. Bot. 10: 499-509.
- 5.- \_\_\_\_\_ and A.F. Faulk. 1934. The cambium and its derivate tissues. IX. Structural variability in the Redwood, Sequoia sempervirens, and its significance in the identification of fossil wood. J. Arnold Arb., 15: 233-254.
- 6.- \_\_\_\_\_. 1957. The potentialities and limitation of wood anatomy in the study of the Phylogeny and Classification of Angiosperms. Journal of the Arnold Arboretum. Vol. XXXVIII: 243-254.
- 7.- \_\_\_\_\_. 1966. The significance of the reduction of vessel in the Cactaceae. Journ. Arnold Arb. 47: 288-292.
- 8.- Bannan, M.W. 1950. The frequency of anticlinal divisions in the fusiform cambial cells of Chamaecyparis. Can. J. Bot. 37: 511-519.
- 9.- \_\_\_\_\_ & Bailey, I.W. 1956. Cell size and survival in the conifer cambium. Can. J. Bot. 34: 769-776.

- 10.- \_\_\_\_\_. 1965. The length tangential diameter, and length/width ratio of conifer tracheids. *Can. J. Bot.* 43: 967-984.
- 11.- \_\_\_\_\_. 1966. Cell length and rate of anticlinal division in the cambium of the Sequoias. *Can. J. Bot.* 44: 209-218.
- 12.- Bethel, J.S. 1941. The effect of position within the bole upon fiber length of Loblolly pine. (*Pinus taeda* L.) *Jour. Four.* 39: 30-33.
- 13.- Bhat, K.M. 1982. A note on cellular proportions and basic density of lateral roots in Birch. *IAWA Bull. n.s.*, Vol. 3(2): 89-94.
- 14.- Bisset, I.J.W. 1949. I. Bibliography of references on the variations of tracheid and fiber lengths and their distributions in Angiosperms and Gymnosperms. II. Summarized data on the variation of fibre and tracheid lengths and their distribution in Angiosperms and Gymnosperms. *Bibliogr. Ser. Div. For. Prod. Aust.* 37: 5 + 5 pp.
- 15.- \_\_\_\_\_ and H.E. Dadswell. 1949. The variation of fibre length within one tree of *Eucalyptus regnans* F.v.M., *Australian Forestry* 13(2): 86-96.
- 16.- \_\_\_\_\_ and \_\_\_\_\_. 1950. Variation in cell length within the growth ring of certain Angiosperms and Gymnosperms. *Aust. For.* 14: 17-29.
- 17.- \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ and G.L. Amos. 1950. Changes in fibre-length within one growth ring of certain Angiosperms. *Nature (London)* 165: 348-349.

- 18.- \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ & A.B. Wardrop. 1951. Factors influencing tracheid length in conifer stems. Act. For. 15: 17-30.
- 19.- Bosshard, H.H. 1951. Variabilität der elemente des Eschenholzen in funktion von der kambiumtätigkeit. Schweiz. Z. Forstw., 102 (12): 648-655.
- 20.- Chow, P. 1971. Fibre length variation in the bole of an eccentric sweetgum tree. For. Sci. 17: 186-189.
- 21.- Cruz, R. de la. 1967. The effect of height and pith orientation on wood strength, I. Almos. unpublished report, Forest Products Research Institute, Laguna, Philippines.
- 22.- Cutler, D.F. 1976. Variation in root wood anatomy, In: Wood structure in biological and technological research. (eds. P. Baas, A.J. Bolton & D.M. Catling). Leiden Bot. Ser. 3: 143-156. Leiden Univ. Press, Leiden.
- 23.- Dinwoodie, J.M. 1961. Tracheid and fibre length in timber. A review of literature. Forestry 34: 125-144.
- 24.- \_\_\_\_\_ 1963. Variation in tracheid length in Picea sitchensis Carr. Forest Products, Special Report. 16 D.S.I.R. (H.M.S.O., London).
- 25.- Echols, R.M. 1955. Linear relation of fibrillar angle to tracheid lengths and Genetic control of tracheid length in Slash pine. Trop. Woods, 102: 11-22.
- 26.- Einspahr, D.W.; M.K. Benson and M.L. Harden. 1972. Within-tree variation in specific gravity of young quakin aspen. Genetics and Physiology notes. Institute of Paper Chemistry, No. 15 pp. 8.

- 27.- Elliott, G.K. 1960. The distribution of tracheid length in a single stem of Sitka spruce. J. Inst. Wood Sci. 5: 38-47.
- 28.- Fayle, D.C.F. 1968. Radial growth in tree roots. Fac. For. Univ. Toronto, Techn. Rep. No. 9: 183 pp.
- 29.- Fegel, A.C. 1941. Comparative anatomy and varying physical properties of trunk, branch and root wood of certain North eastern trees. Bull. N.Y. St. Coll. For. Techn. Pub. 55: 1-14.
- 30.- Frost, F.H. 1930. Specialization in secondary xylem of Dicotyledons. II. Evolution of end wall of vessel segment. Bot. Gaz. 90: 198-212.
- 31.- \_\_\_\_\_. 1931. Specialization in secondary xylem of Dicotyledons. III. Specialization of lateral wall of vessel segment. Bot. Gaz. 91: 88-96.
- 32.- Fukazawa, K. & J. Ohtani. 1979. The effects of age and growth on density variation within one stem of Tilia japonica Simk. Res. Bull. Coll. Exp. For., Hokkaido Univ. 36: 609- 622.
- 33.- Gerry, E. 1916. A comparison of tracheid dimensions in longleaf pine and Douglas Fir, with data on the strength and length, mean diameter and thickness of wall of the tracheids. Science 43 (1106): 360.
- 34.- Ghouse, A.K.M. & M. Yunus. 1976. Cell length variation in the secondary phloem of Dalbergia spp. with increasing age of the vascular cambium. Ann. Bot. 40: 13-16.

- 35.- \_\_\_\_\_ & M. Iqbal. 1977a. Variation trends in the cambial structure of *Prosopis spicigera* L. in relation to the girth of the tree axis. *Bull. Torrey Bot. Club* 104: 197-201.
- 36.- \_\_\_\_\_ & \_\_\_\_\_. 1977b. Trends of size variation in phloem fibres and sieve-tube cells within the bark of some arid zone trees. *Flora (Jena)* 166: 517-521.
- 37.- \_\_\_\_\_ & S. Hashmi. 1980. Changes in the vascular cambium of *Polyalthia longifolia* Benth. et Hook. (Annonaceae) in relation to the girth of the tree. *Flora (Jena)* 170: 135-143.
- 38.- \_\_\_\_\_ & M. Iqbal. 1981. Cell length variation within the bark and wood with respect to the development of trees. In: *Advances in Forest Genetics* (ed. P.K. Khosla): 192-212. Ambika Publ., New Delhi.
- 39.- Giraud, B. 1980. Correlation between wood anatomical characters in *Entandrophragma utile* (Meliaceae). *IAWA Bull. n.s.*, Vol. 1(1-2) 73-75.
- 40.- Guth, E.B. de. 1973/1974. Variation in wood characters, both within and between individuals of *Pinus ellioti* Idia. *Suplemento Forestal* 8: 8-17 + 1 graph.
- 41.- Hamilton, J.R. 1961. Variation of wood properties in southern red oak. *Forest Prod. J.* 11: 267-271.
- 42.- Hejnowicz, A. & Hejnowicz Z. 1958. Variations of length of vessel members and fibres in the trunk of *Populus tremula* L. *Acta Soc. Bot. Pol.* 27: 131-159.
- 43.- Herr, J.M. Jr. 1967. On the nature of variation. *Phytomorphology* Vol. 17: 200-207.

- 44.- Ito, M. 1957. The state of the seasonal variation of xylem elements in one growth ring of chestnut tree (Castanea crenata S. & Z.). Sci. Rept. Fac. Liberal Arts Educ., Gifu Univ., n.s. 2(1): 74-79.
- 45.- Jackson, L.W.R. 1959. Loblolly Pine tracheid lengths in relation to position in tree. J. Forestry. 57(5): 366-367.
- 46.- \_\_\_\_\_ and R.K. Strickland. 1962. Geographic variation in tracheid length and wood density of Loblolly pine. Georgia Forest Research Paper No. 8. Georgia Res. Council.
- 47.- Kennedy, R. W. 1965. Intra-increment variation and heritability of specific gravity, parallel to grain tensile strength, stiffness and tracheid length in clonal Norway Spruce. TAPPI, Third Forest Biology Conference. Paper 1-5.
- 48.- Khan, K.K., Z. Ahmad & M. Iqbal. 1981. Trends of ontogenetic size variation of cambial initials and their derivatives in the stem of Bahulinia parviflora Vahl. Bull. Soc. Bot. Fr. 128: 165-175.
- 49.- Krahmer, R.L. 1966. Variation of specific gravity in western Hemlock trees. TAPPI, 49(5): 227-229.
- 50.- Kribs, D.A. 1928. Length of tracheids in Jack pine in relation to their position in the vertical and horizontal axis of the tree. Minn. Agr. Exp. Sta., Bull. 54: 14 pp.
- 51.- Lantican, C.B. and C.B. Madamba. 1976. Fiber length: variation and relationship with radial growth rate in one -year- old Albizia falcataria (L.) Fosb. Univ. of the Philippines, Laguna, Philippines. Pterocarpus. 2(1): 8-13.

- 52.- Larson, P.R. 1957. Effect of Environment on the percentage of summer wood and specific gravity of Slash pine. Yale school Forestry Bull. 63.
- 53.- \_\_\_\_\_. 1963. Microscopic wood characteristic and their variations with tree growth. Proc. Int. Union Forest Res. Organ. Sec. 41, Madison, Wis.
- 54.- \_\_\_\_\_. 1966. Changes in chemical composition of wood cell walls associated with age in Pinus resinosa. Forest Prod. J. 16(4): 37-45.
- 55.- LassenLEand E.A. Okkome. 1969. Effect of Rainfall and elevation on specific gravity of Coast Douglas Fir. Wood and Fiber, 1(3): 227-235.
- 56.-Leclercq, A. 1980. Relationships between beechwood anatomy and its physico-mechanical properties. IAWA Bull. n.s., Vol. 1(1-2): 65-71.
- 57.- Liang, S. 1948. Variation in tracheid length from the pith outwards in the wood of the genus Larix with a note on variation in other anatomical features. Forestry 22: 222-237.
- 58.- Liese, W. & N. Parameswaran, 1972. On the variation of cell length within the bark of some tropical hardwood species. In. Research trends in Plant anatomy (eds. A.K.M. Ghouse & M. Yunus): 83-89. K.A. Chowdhury Commem. Vol.; Tata Mc Graw-Hill Publ. Co., New Delhi.
- 59.- MacMillan, W.B. 1925. A study in comparative lengths of tracheids of red spruce grown under free and suppressed conditions. Jour. For. 23: 34-42.
- 60.- Manwiller, F.G. 1972. Tracheid dimensions in root wood of southern pine. Wood Sci. 5: 122-124.

- 61.- Mitchell, H.L. 1963. Specific gravity variation in North American conifers. Proc. Intern. Union Forest Res. Organ., Sec. 41, Madison, Wis.
- 62.- Myer, J.E. 1930. The structure and strength of four North American woods as influenced by range, habitat and position in the tree. N.Y. State Col. For., Techn. Publ. 31. 39 pp.
- 63.- Oever, L. van den, P. Baas and M. Zandee. 1981. Comparative wood anatomy of *Symplocos* and latitude and altitude of provenance. IAWA Bull. n.s., Vol. 2(1): 3-23.
- 64.- Okkonen, E.A., H.E. Wahlgren and R.R. Maeglin. 1972. Relationships of specific gravity to tree height commercially important species. Forest Products Journal 22(7): 37-42.
- 65.- Packman, D.F. and R.A. Laidlaw. 1967. Pulping of British-grown softwoods. Part IV: A study of juvenile, Mature and top wood in a large Sitka Spruce tree. Holzforschung. 21(2): 38-45.
- 66.- Parameswaran, N. & W. Liese. 1974. Variation of cell length in bark and wood of tropical trees. Wood Sci. Technol. 8: 81-90.
- 67.- Patel, R.N. 1965. A comparison of anatomy of the secondary xylem in roots and stems. Holzforschung 19: 72-79.
- 68.- Prichard, R.P. and I.W. Bailey. 1916. The significance of certain variations in the anatomical structure of wood. Forestry Quart., 14(4): 662-670.
- 69.- Purkayastha, S.K., K. Ramesh Rao Krishnalal & G.S. Negi. 1974. Variation in structure and density within a single tree of Michellia champaca Linn. Ind. Forester 100: 453-465.

- 70.- Rendle, B.J. and S.H. Clarke. 1934. The problem of variation in the structure of wood. *Trop. Woods*, 38: 1-8.
- 71.- \_\_\_\_\_. 1960. Juvenile and adult wood. *J. Inst. Wood. Sci.* 5: 58-61.
- 72.- Resch, H. and S.M. Huang. 1967. Variation in wood quality of Incense Cedar trees. *Bull. Calif. Agr. Exp. Sta. 833*, Berkeley, Calif.
- 73.- Saucier, J.R. and J.R. Hamilton. 1967. Within tree variation of fiber dimensions of Green Ash (*Fraxinus pennsylvanica*). Res. Paper Georgia Forest Res. Council, No. 45.
- 74.- Shimaji, K. 1950. The relation between fibre length of some dicotyledonous wood and tension on the cambium. *Jour. Jap. For. Soc.* 32: 371-372. (Not seen. Abstracted in *For. Abs.* 14: 1495).
- 75.- Stern, W.L. and S. Greene. 1958. Some aspects of variation in wood. *Trop. Woods*, 108: 65-71.
- 76.- Sukotjo, Wiratmoko. 1964. Specific gravity fiber length and holocellulose variation in *Pinus merkusii*. M.S. Thesis, Iowa State University, Ames, Iowa.
- 77.- Taylor, F.W. 1968. Variations in the size and proportions of wood elements in yellow-poplar trees. *Wood Sci. Technol.* 2: 153-165.
- 78.- \_\_\_\_\_ and T.E. Wooten. 1973. Wood property variation of Mississippi delta hardwoods. *Wood Fiber*, 5:2-12.
- 79.- Timell, T.E. 1980. Karl Gustav Sanio and the first Scientific description of compression wood. *IAWA Bull. n.s.*, Vol. 1(4): 147-153.

- 80.- Wellwood, R.W. and P.E. Jurazs. 1968. Variation in sapwood thickness, specific gravity and tracheid length in western Red Cedar. Forest Prod. J. 18(12): 37-46.
- 81.- Wheeler, E.Y., B.J. Zobel and D.L. Weeks. 1966. Tracheid length and diameter variation in the bole of Loblolly pine. TAPPI. 49(11): 484-490.
- 82.- Wilson, B.F. 1964. Structure and growth of woody roots of Acer rubrum L. Harvard Forest Papwr No. 11.
- 83.-Yunus, M. & D. Yunus. 1979. Cell length variation in the secondary phloem of Cassia. Ann. Bogor. 7:45-50.
- 84.- Zimmermann, M.H. & A. Jeje. 1981. Vessel-length distribution in stems of some American woody plants. Can. J. Bot. 59: 1882-1892.