



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESTUDIO DE LOS CANALES RESINIFEROS DE LA CORTEZA

DE

Bursera copallifera y Bursera grandifolia.

T E S I S

Que para obtener el título de:

B I O L O G O

p r e s e n t a :

GUADALUPE SUAREZ RAMOS



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 esta 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.

Qué hermosa es la vida,  
cuando se sabe por qué  
o por quién vivir.

A MIS PADRES

Con toda mi gratitud.

## AGRADECIMIENTOS.

Agradezco a la Rama de Botánica del Colegio de Post--graduados de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, la ayuda brindada para la realización de esta tesis.

Quiero hacer patente mi agradecimiento al Dr. E.M. - Engleman quien constante y pacientemente me dirigió y estimuló durante este trabajo.

Asimismo al Dr. J. Rzedowski le agradezco sus valiosas sugerencias y observaciones.

Doy gracias a la M.C. Montserrat Gispert, al M.C. Sergio Guevara Sada, a la Biól. Nelly Diego y al Biól. Javier - Valdés, la amabilidad que tuvieron al revisar el escrito de tesis y el haber aceptado ser miembros del jurado para el exámen profesional.

Al Ing. Rafael Alvarado y al Biól. Alberto Gómez Tagle representando la Escuela Nacional de Estudios Profesionales de Cuautitlán (Ingeniería Agrícola), agradezco las facilidades y el apoyo que me dieron.

Agradezco también a todas las personas que de alguna manera contribuyeron a la realización de este trabajo.

MUCHAS GRACIAS A TODOS.

## CONTENIDO

	Página.
I RESUMEN.....	1
II INTRODUCCION.....	3
1.- Generalidades.....	3
2.- Antecedentes.....	4
3.- Objetivos.....	6
III MATERIALES Y METODOS.....	8
1.- Zona de colecta.....	8
2.- Características de los árboles colectados y número de muestras obtenidas.....	8
3.- Método de colecta....	10
4.- Disecciones a mano en el laboratorio.....	10
5.- Preparaciones fijas.....	11
6.- Definiciones.....	12
IV RESULTADOS.....	13
1.- Tipos y distribución de canales.....	13
2.- Características de las células epiteliales..	14
3.- Canales axiales en cuerpo primario y secundario.....	15
4.- Canales radiales en cuerpo secundario en <u>B.-         copallifera</u> .....	17
5.- Canales tangenciales en cuerpo primario y secundario.....	18

	Página.
V DISCUSION.....	19
VI CONCLUSIONES.....	24
VII BIBLIOGRAFIA.....	26
VIII ILUSTRACIONES.....	31
1.- Cuadros:	
1.- Muestras obtenidas de <u>B. copallifera</u> ....	31
2.- Muestras obtenidas de <u>B. grandifolia</u> ....	32
3.- Aumento en diámetro de canales axiales..	33
2.- Figuras:	
1.- Sitios muestreados de <u>B. copallifera</u> ....	34
2.- Sitios muestreados de <u>B. grandifolia</u> ....	36
3.- Colecta del tallo principal de <u>B. grandifolia</u> .....	38
4.- Diámetro de canales axiales en <u>B. copallifera</u> .....	40
5.- Diámetro de canales axiales en <u>B. grandifolia</u> .....	42
6.- Distancia al cámbium de las hileras de canales axiales en <u>B. copallifera</u> .	44
7.- Distancia al cámbium de las hileras de canales axiales en <u>B. grandifolia</u> .	46
8.- Edad estimada en <u>B. copallifera</u> y <u>B. grandifolia</u> en base a las cicatrices de las yemas terminales, en relación con el número de hileras de canales.....	48

9.- Sección transversal del <u>B. grandifolia</u> - (muestra 2, 1978) con luz polarizada.....	50
10.- Sección transversal de floema secundario- no funcional de <u>B. copallifera</u> (muestra - D, 1970) con luz polarizada.....	50
11.- Sección transversal de <u>B. grandifolia</u> - (muestra 2, 1978) con luz polarizada.....	50
12.- Sección radial de <u>B. grandifolia</u> (muestra 3, 1977).....	50
13.- Sección transversal de <u>B. grandifolia</u> - (muestra 2, 1978).....	52
14.- Sección transversal de <u>B. copallifera</u> - (muestra B, 1977).....	52
15.- Sección transversal del tronco de <u>B. gran difolia</u> (muestra 1).....	52
16.- Sección transversal de <u>B. grandifolia</u> - (muestra 5, 1970).....	52
17.- Sección transversal de <u>B. copallifera</u> - (muestra B, 1977).....	54
18.- Sección transversal del extremo de un pri mordio de hoja de <u>B. grandifolia</u> (muestra 7, 1978).....	54
19.- Sección transversal de la misma hoja de la fig. 18, cortada 200 $\mu$ más abajo.....	54
20.- Sección transversal de la misma hoja cor- tada 220 $\mu$ abajo de la fig. 18.....	54

- 21.- Sección transversal del tallo de B. copa  
llifera (muestra E, 1978) cerca del me--  
ristemo apical..... 56
- 22.- Sección transversal del tallo de B. gran  
difolia (muestra 7, 1978) cerca del me--  
ristemo apical..... 56
- 23.- Sección tangencial del tronco de B. copa  
llifera (muestra F) en floema no funcio--  
nal..... 56
- 24.- Sección tangencial del tronco de B. copa  
llifera (muestra F) en floema funcional. 56
- 25.- Sección tangencial del tronco de B. copa  
llifera (muestra F) en el xilema cerca -  
del cámbium..... 58
- 26.- Sección del mismo canal radial (cr) que--  
en la fig. 25, pero en el nivel del cám--  
bium..... 58
- 27.- Sección del mismo canal radial (cr) que--  
en la fig. 25, pero en el nivel del floe--  
ma funcional..... 58
- 28.- Sección tangencial del tronco de B. copa  
llifera (muestra F) en el nivel de floe--  
ma no funcional..... 58
- 29.- Sección transversal de B. grandifolia -  
(muestra 7, 1878). Se muestran 3 cana--  
les axiales en el floema primario los -  
cuales se ven en otro nivel en la fig. -  
30..... 60

## Página.

- 30.- Sección mostrando los mismos 3 canales de la fig. 29, en otro nivel..... 60
- 31.- Sección tangencial del tronco de B. copallifera (muestra F) en el nivel de floema no funcional..... 60
- 32.- Otra sección tangencial del tronco de B. copallifera (muestra F) en el nivel de floema no funcional..... 60

## I RESUMEN

El género Bursera, muchas de cuyas especies se conocen como "copales" o "cuajotes", está muy bien representado en México, pero desafortunadamente es poca la literatura sobre las plantas que incluye.

En el presente trabajo estudiamos algunos aspectos anatómicos de los canales resiníferos, para lo cual se tomaron muestras del tallo principal, las ramas y los tallos jóvenes hasta el meristemo apical, de un árbol de B. copallifera (Sessé & Moc.) Bullock y otro de B. grandifolia (Schl.) Engl. Mediante disecciones hechas a mano, se estudiaron el tipo de canales y su distribución en el tallo principal y ramas, encontrando que ambas especies presentan canales axiales, radiales y tangenciales, estos últimos son conexiones entre canales axiales o entre axiales y radiales. Así los tres tipos de canales forman una sola red en floema funcional y no funcional. Chattaway (1951) menciona este tipo de anastomosis en el floema de algunas burseráceas y anacardiáceas.

Posteriormente las muestras se incluyeron en parafina y se tiñeron con safranina-verde fijo, observándose que en las dos especies los canales axiales en el cuerpo primario se originan por espacios esquizógenos en protofloema. Otros autores han visto dicho origen esquizógeno en algunas burseráceas y pináceas (Pinus).

En B. copallifera los canales radiales de xilema pasan a floema a través del cámbium, manteniéndose en ellos - constante el número de células epiteliales durante este trayecto. Son abundantes los canales tangenciales en la corteza secundaria de ambas especies.

## II INTRODUCCION

### 1.- Generalidades.

Este género se ha dividido en dos secciones: Bursera y Bullockia (McVaugh y Rzedowski, 1965). La característica más sobresaliente es que las especies de la sección Bursera ("cuajotes") tienen corteza exfoliante, mientras que las de la sección Bullockia ("copales") carecen de este tipo de corteza.

Respecto a la importancia económica, diversas especies (entre éstas B. copallifera), producen resinas aromáticas que son utilizadas a manera de incienso o barniz, en otros casos en la elaboración de ungüentos y tintas litográficas (Bullock, 1936). En algunas partes de la República Mexicana se explotaba el aceite de linaloe, de especies como B. aloexylon, aceite importante en la elaboración de perfumes y jabones (Doelker, 1949). Martínez (1959) señala que diversos órganos de la planta se utilizan en la medicina popular, para aliviar el dolor de cabeza, enfermedades venéreas, picaduras de alacrán y otras molestias. También, debido a la facilidad de propagación, se utiliza en la construcción de cercas vivas. Por supuesto no debemos de olvidar el valor económico de sus maderas; en la actualidad B. simaruba es la especie más explotada y de mayor número de usos en México; por ejemplo, se emplea en la carpintería, en la construcción y en la elaboración de palillos.

## 2.- Antecedentes.

Sabemos que ciertas gimnospermas presentan canales - resiníferos en el sistema axial o bien tanto en el axial como en el radial (pináceas). Existen canales similares en las angiospermas (dicotiledóneas), pero reciben el nombre de conductos de goma (Esau, 1977). Eames y MacDaniels (1947), Cutter (1978) y otros autores indican que los canales se originan como espacios esquizógenos mediante la separación de las células productoras de resina. Después de algunas divisiones, estas células forman el epitelio de los canales resiníferos y producen resina. Según Werker y Fahn (1969) algunos autores piensan que el origen de estos conductos en las gimnospermas es esquizógeno, pero que pueden alargarse lisígenamente, y que en ciertos géneros como Welwitschia todo el desarrollo es mediante espacios lisígenos. Respecto a las células epiteliales, se ha observado en Pinus que éstas tienen paredes delgadas y segregan resina durante varios años. Además Wooding y Northcote (1965) hicieron un trabajo en Pinus pinea sobre la ultraestructura de las células epiteliales, encontrando que posiblemente en los plastidios de éstas se sintetice la resina.

En P. halepensis se realizó un trabajo sobre el origen y desarrollo de canales en cuerpo primario y secundario, donde se menciona la anastomosis de canales radiales y verticales en xilema (Werker y Fahn, 1969). Merger y Echols (1955) estudiaron el tamaño y número de los canales resiníferos radiales por unidad de leño en Pinus elliotti.

Algunos investigadores, como Fahn (1974), señalan dos tipos de canales: normales y traumáticos. Los normales son alargados y se presentan aislados, mientras que los traumáticos se parecen a quistes y están en series tangenciales en las zonas de las heridas. Se ha visto que el floema secundario de las coníferas puede tener canales resiníferos; de hecho éstos existen en el tejido vasacular de todos los órganos de la planta.

En la actualidad es poco lo que se conoce sobre la anatomía de las especies de Bursera. En lo que respecta a trabajos específicos sobre canales resiníferos en este género, la literatura es muy pobre. Pero es importante mencionar que Guillaumin (1909) realizó el primer trabajo conjunto respecto a estructura y desarrollo de las burseráceas con aplicación en sistemática; este autor consideró como característica anatómica importante de la familia, la presencia de canales secretores en el floema e indicó que dichos canales se originan del procámbium.

Roth (1969) señaló que los canales resiníferos se presentan en la corteza de las burseráceas y según Metcalfe y Chalk (1950) esta familia presenta casi invariablemente canales secretores en el floema de la raíz, tallo y hojas.

Existen diversos estudios anatómicos de la madera de burseráceas, en los cuales hacen referencia a la presencia de canales (Record, 1918; 1921; Record y Mell, 1922; Webber, 1941; Record y Hess, 1943, y otros). Gómez (1977) en su té--

sis indica haber encontrado canales axiales, radiales y tangenciales en la corteza secundaria de B. copallifera. También hay un trabajo del desarrollo de canales radiales en el floema de algunas burseráceas (Chattaway, 1951). Con respecto a burseráceas, leguminosas y mirtáceas, se sabe que los espacios secretores son redondeados (Esau, 1972).

En diferentes especies mexicanas del género Bursera, se han hecho algunos estudios fitoquímicos (Doelker, 1949; Domínguez, Rzedowski, Gutiérrez y Gómez, 1973), pero, con respecto a trabajos en fisiología, ecología y filogenia de canales y resinas en general, es muy pobre la información (Haberlandt, 1914; Howes, 1949; Harborne, 1970). Es en el campo de la taxonomía donde se encuentra la mayoría de las contribuciones sobre Bursera (Bullock, 1936; McVaugh y Rzedowski, 1965; Rzedowski, 1968; J. Rzedowski, comunicación personal).

### 3.- Objetivos.

La interesante tesis de Gómez (1977) sobre la "Anatomía de la Madera y Corteza de Bursera longipes y Bursera copallifera", quien encontró canales resiníferos radiales, axiales y tangenciales, me motivó a realizar un estudio comparado de estos canales en dos especies de Bursera: B. copallifera (Sessé & Moc.) Bullock, de la sección Bullockia, que presenta una gran cantidad de resina y B. grandifolia (Schl.) Engl. de la sección Bursera, con muy poca resina (J. Rzedowski, comunicación personal).

Los objetivos del presente trabajo consisten en:

- 1.- Verificar si existen los canales resiníferos tangenciales, y de ser así, estudiar su estructura y distribución.
- 2.- Estudiar anatómicamente los otros canales resiníferos -  
axiales y radiales de la corteza en ambas especies.
- 3.- Dilucidar la ontogénia de cada tipo de canal.

### III MATERIALES Y METODOS.

#### 1.- Zona de colecta.

El material estudiado se colectó en un lugar conocido como "El Progreso", en el kilómetro 15 de la carretera Cuernavaca Cuautla, aproximadamente 3 km antes del "Cañón de Lobos", en el estado de Morelos. El citado lugar está a 1400 m.s.n.m., en las coordenadas 18° 53' latitud norte y los 99° 09' - longitud oeste del meridiano de Greenwich (Comisión, 1971; Soria, 1978). El suelo es de rocas de tipo volcánico con afloraciones de basalto. De acuerdo a la modificación hecha al sistema climático de Köppen, podemos indicar que el clima es (A) C (w<sub>1</sub>'') (w) a (e) g, es decir semicálido, el más fresco del grupo A, con una temperatura media anual mayor a 22°C y la del mes más frío a 18° C., con un verano cálido y el mes más caliente es antes de junio, con marcha de temperatura tipo Ganges (García, 1970; 1973). La vegetación corresponde a una selva baja caducifolia (Miranda y Hernández, 1963), abundando árboles de Bursera, Ipomoea, Euphorbia, Ficus y otros.

#### 2.- Características de los árboles colectados y número de muestras obtenidas.

Se colectó material de un individuo de B. copallifera (Sessé & Moc.) Bullock, y lo mismo se hizo con B. grandifolia (Schl.) Engl. Dichas plantas fueron identificadas por el Dr. J. Rzedowski, y actualmente los ejemplares se encuentran en los herbarios de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional (E.N.C.B.) y del Colegio -

de Postgraduados de la Secretaría de Agricultura y Recursos -  
Hidráulicos (CHAPA). Las características de los árboles mues-  
treados son las siguientes:

B. copallifera.- El ejemplar masculino, con una altu-  
ra aproximada de 7 m y de 28 cm de diámetro, tenía la corteza  
externa más o menos lisa y no exfoliante (presentó individuos  
de Tillandsia en algunas ramas), con un estrato verde por de-  
bajo de la peridermis. Observé la corteza interna de color -  
rojo intenso y al cortar al árbol, secretó una resina más o -  
menos líquida, muy aromática. El árbol presentaba hojas com-  
puestas imparipinadas, pubescentes y con folíolos pequeños. -  
Su madera era de color blanco y más dura que la de B. grandifolia. En la fig. 1 se pueden observar los sitios muestrea-  
dos, y en el cuadro 1 se indican las muestras obtenidas.

B. grandifolia.- El individuo masculino tenía una al-  
tura aproximada de 12 m y 38 cm de diámetro. Su corteza ex-  
terna era exfoliante la cual se desprendió como si fuesen ti-  
rras de papel con un color rojo ladrillo. Hubo un estrato ver-  
de por debajo de la peridermis; la corteza interna era de co-  
lor rojo intenso. El árbol estaba con una inclinación de 30°  
del horizonte, y al ser herido secretó una resina clara más o  
menos líquida de olor menos intenso que la especie anterior.-  
En la punta del tallo la resina se presentaba de color blanco  
lechoso. El árbol tenía ramas jóvenes vigorosas y con hojas-  
compuestas imparipinadas, pubescentes y con folíolos grandes.  
El color de la madera era blanco. En la fig. 2 se pueden ob-  
servar los sitios muestreados, y en el cuadro 2 se indican -  
las muestras obtenidas.

### 3.- Método de colecta.

De cada árbol se tomaron muestras del tallo principal, las ramas y los tallos jóvenes hasta el meristemo apical (fig. 1 y 2). Se escogieron las ramas mejor expuestas hacia la luz; los tallos jóvenes se cortaron con navaja y los más viejos fueron cortados con segueta, obteniendo rodajas de 5-10 mm de grosor. El tallo principal se colectó de manera especial, pues era importante no lastimar el cámbium, por lo que el trozo escogido se le removió con cincel el tejido de alrededor hasta llegar a la madera, y posteriormente en uno de los extremos se hizo una hendidura que sirvió de punto de apoyo para golpear con cincel y martillo la madera hasta obtener el trozo (fig. 3). Las muestras inmediatamente después de colectadas se introdujeron en una solución fijadora de Craff (Johansen, 1940).

### 4.- Disecciones a mano en el laboratorio.

Para ver los tipos y distribución de canales, se hicieron cortes transversales, radiales y tangenciales de las diversas muestras lavadas con agua de la llave. Los cortes fueron hechos a navaja y bajo el microscopio de disección, siendo el grosor de éstos de 20-50  $\mu$ . Se montaron cortes sin tinción en agua y en jalea de glicerina, en algunos casos se utilizó el colorante rojo de aceite, para hacer resaltar las gotitas de resina.

## 5.- Preparaciones fijas.

Del tallo principal y de las ramas se cortaron trozos pequeños que abarcaron corteza secundaria, cámbium y un poco de xilema, y junto con las ramas jóvenes que contenían al meristemo, fueron incluidos en parafina (marca Merck para histología, 57-60°). Se utilizó un micrótopo giratorio, haciendo cortes de 8, 10 y 15 micras de grosor. Después en un portaobjetos limpio se le agregó un poco de adhesivo de Haupt (Johansen, 1940), y unas gotas de formalina al 10%, la laminilla se colocó en una plancha caliente (a 50°C) hasta que se extendieron los cortes, se dejó escurrir el exceso de formalina aproximadamente unos 20 min. y se volvió a colocar en la plancha caliente durante 24 h como mínimo.

Para desparafinar las laminillas se colocaron en tres cambios de xileno, después en alcohol al 100%, al 96%, al 70% y al 50%, cada cambio con una duración de 3 min. Después del desparafinado, se sometió a tinción en safranina (al 1% en alcohol de 50%) durante 4 h. Luego se pasó a alcoholes graduales al 50%, al 70%, al 96%, al 100% y aquí se agregó al verde fijo (al 0.12% en alcohol del 96%) hasta obtener la coloración deseada; la laminilla teñida se pasó a otro cambio de alcohol al 100% y tres cambios de xileno, cada cambio con una duración al 1 min; se montó en resina sintética y se puso en la plancha (a 50°C) para su secado.

Con estas preparaciones se estudiaron: Las características de las células epiteliales, los canales axiales en cuerpo primario y secundario, los canales radiales en cuerpo secundario y los canales tangenciales en cuerpo primario y secundario.

#### 6.- Definiciones.

Corteza secundaria.- Todos los tejidos que quedan por fuera de la zona de cámbium (Font Quer, 1953).

División periclinal.- La que produce la nueva pared paralela al epitelio del canal de resina (Werker y Fahn, 1969).

División anticlinal.- La que se divide en forma perpendicular al epitelio del canal de resina (Werker y Fahn, 1969).

Resinas.- Substancias de secreción vegetal, formadas por glúcidos, aceites esenciales, ácidos resinosos, ácidos aromáticos, alcoholes resinosos y otros compuestos (Font Quer, 1953).

Nivel.- Posición de la muestra de la rama o tallo, con respecto a la punta de la rama (definición arbitraria para este trabajo).

Vaina.- Una o más capas de células de paredes delgadas, aparentemente ricas en sustancias pécticas y suberina. Se localizan alrededor del epitelio del canal en Pinus (Werker y Fahn, 1969).

#### IV RESULTADOS

##### 1.- Tipos y distribución de canales.

Los tres tipos de canales (axiales, radiales y tangenciales) están en floema funcional y no funcional y se encuentran tanto en B. grandifolia como en B. copallifera.

B. grandifolia presenta una corteza exfoliante, rojiza, con un estrato verde por debajo de la peridermis. En este árbol las drusas son abundantes y los cristales prismáticos son escasos (fig. 9 y 11); las drusas se encuentran desde la médula hasta cerca de la peridermis y los cristales prismáticos se restringen al floema no funcional hasta cerca de la peridermis. El floema tiene fibras (fig. 16) y esclereidas; algunas de éstas contienen cristales prismáticos (fig. 10). Estas características son similares en B. copallifera excepto que su corteza es no exfoliante y de color gris, el floema no tiene fibras y los cristales prismáticos predominan sobre las drusas.

Ambas especies contienen una gran cantidad de células ricas en taninos, a veces además con resina. Estas células taniníferas se encuentran principalmente en franjas tangenciales. Los radios se vuelven sinuosos a partir del floema no funcional (fig. 15) y tanto en éste como en el floema funcional se localizan los canales axiales, radiales y tangenciales.

Los primeros canales axiales formados son anchos (fig. 4 y 5), y se encuentran en el floema primario (fig. 13, 14, -

17 - 22). Después de terminar el crecimiento primario la hilera de los primeros canales se ve delimitada hacia afuera por una banda continua de 1-4 capas de fibras septadas (fig. 9, 11 - 14, 17). Posteriormente, conforme aumenta el tallo de grosor, dicha banda se va interrumpiendo y de esta manera se llega a observar paquetes de fibras con algunas esclereidas. Los subsiguientes canales se localizan dentro de franjas de parénquima ricas en taninos (fig. 15); estos canales son pequeños y están tanto en el floema no funcional como en el funcional.

Los canales radiales son escasos en B. grandifolia, ya que existe aproximadamente un canal por cada 178 radios; en cambio en B. copallifera hay un canal por cada 32 radios y rara vez se pueden observar dos en un radio.

En corte radial observé perfiles redondos, lo cual me hizo suponer que se trataba de canales tangenciales. Este tipo de canal fue descrito por primera vez por Gómez (1977). Al hacer los cortes transversales y tangenciales, se vio que los canales tangenciales son conexiones entre canales axiales o entre axiales y radiales. Los canales tangenciales son abundantes desde tallos jóvenes y van anadiéndose más conforme el tallo crece en grosor.

## 2.- Características de las células epiteliales.

Estas son células de paredes delgadas, de forma redonda o prismática que se tiñe de color morado oscuro con safranina-verde fijo, lo cual facilita su identificación al mi-

croscopio. Las células epiteliales tienen citoplasma denso y un núcleo grande, y se dividen anticlinalmente en el canal recién formado. Alrededor del epitelio se encuentran otras células un poco más grandes y de paredes delgadas que mediante divisiones periclinales (fig. 17) forman hileras radiales en la periferia del canal de resina.

### 3.- Canales axiales en cuerpo primario y secundario.

En las dos especies los canales axiales del cuerpo primario se originan por espacios esquizógenos en el protofloema; esto se estudió en hojas (fig. 18, 19 y 20) y tallos (fig. 21) cercanos al meristemo apical. En B. grandifolia el número inicial de células epiteliales alrededor del espacio esquizógeno fue de 5-6, y en B. copallifera de 5-7. En los cortes en serie en un canal dado, hacia abajo, se vio que el número de estas células aumenta gradualmente hasta 11 o más conforme aumenta el diámetro del canal. También se vieron varios pares de células hermanas recién divididas anticlinalmente, lo que explica en parte el mecanismo del aumento en número. Además se vieron algunas células externas al epitelio con esquinas en contacto con el lumen del canal (fig. 22). Esto se interpreta como una etapa de intrusión para formar parte del epitelio. Esta sería la secuencia que las células epiteliales iniciales seguirían a través del tiempo si pudiésemos observarlas.

Los canales axiales en el cuerpo secundario, al originarse cerca del cámbium, presentan células epiteliales de paredes muy delgadas que son difíciles de delimitar. Probable-

mente aplicando una técnica diferente a la usada en este trabajo, sería posible saber el origen de estos canales.

Al comparar los diferentes niveles en las dos especies estudiadas (fig. 8), vemos que en B. grandifolia en el primer año (nivel 2), se le forman dos hileras de canales axiales en el floema funcional, posteriormente creemos que se formará una cada año. En la muestra cinco observé ocho hileras de canales bien formados y creo que se formaría una más en 1978, entonces serían nueve hileras lo que indicaría que la edad aproximada de la muestra es de 8 años (de 1971). La edad estimada de la muestra por cicatrices de las yemas terminales, fue de 8 años (fig. 8). Pero deberán hacerse más estudios al respecto, para ver si la observación del número de hileras de canales en relación a la edad, es cierta en diferentes árboles, diferentes ramas y a diferentes niveles. Aquí simplemente lo mencionamos como una posibilidad interesante. En B. copallifera en el primer año se forma una sola hilera de canales en el floema funcional y después pensamos que se formaría una cada año.

Como podemos ver en la fig. 4 y 5, existe un aumento en diámetro de los canales axiales a partir de su formación. Así, al examinar los resultados señalados en el cuadro 3, vemos que después de aproximadamente 8 años, los canales que están en las hileras uno y dos sufren un aumento en diámetro, menor en B. copallifera que en B. grandifolia. En esta última se observa con claridad el creciente aumento en anchura de los canales. Algo interesante es ver que en ambas especies los canales de las hileras uno y dos tienen una tasa relativa de crecimiento (TRC) semejante.

En las dos especies vemos que la distancia es casi constante entre una hilera de canales y otra del mismo nivel (fig. 6 y 7); la distancia es mayor en el tallo principal que en las ramas; los canales internos son más cercanos al cambium en B. copallifera (0-100  $\mu$ ) que en B. grandifolia (20-660  $\mu$ ).

#### 4.- Canales radiales en cuerpo secundario de B. copallifera.

Se escogió esta especie por su mayor frecuencia de canales radiales, lo cual facilitó el estudio.

Los canales radiales están abiertos a través del cambium y el adyacente xilema y floema, manteniéndose en ellos constante el número de células epiteliales durante este trayecto, pero después en el floema el número de éstas varía (fig. 25, 26 y 27). El canal se puede encontrar en el parte-central del radio o ser excéntrico (fig. 23 y 24). Al igual que en los canales axiales, existen varias capas de células extraepiteliales en los canales radiales, las cuales además de divisiones periclinales tienen algunas anticlinales, lo que hace que en el floema no funcional se vean más redondas y encimadas. Existen abundantes espacios intercelulares en las demás células que forman el radio. En estos canales, al igual que en los axiales del cuerpo primario, las células epiteliales aumentan en número por divisiones anticlinales y por intrusión de algunas células extraepiteliales; cristales prismáticos y taninos se presentan en los radios que están en el xilema y en el floema no funcional.

## 5.- Canales tangenciales en cuerpo primario y secundario.

En el corte transversal puede apreciar conexiones entre canales axiales (fig. 29 y 30), las cuales se encuentran en el floema primario a partir de la parte cercana al meristemo apical y en todo el floema secundario. Estas conexiones son abundantes y tienen formas diversas (fig. 31 y 32). En cortes tangenciales del tallo principal de B. copallifera observé que las conexiones están rodeando a los radios (fig. 31 y 32), y que existen conexiones entre canales axiales y radiales (fig. 27 y 28). De esta manera los canales axiales, radiales y tangenciales forman verdaderas redes.

## V DISCUSION

Varios autores señalan la importancia del estudio de los canales secretores. Roth (1969) indica que con base en las características anatómicas de la corteza, se puede llegar a identificar familias y en muchos casos géneros y especies. Menciona como parte importante de la corteza la presencia de canales secretores, los cuales son característicos de la familia de las burseráceas, entre otras. Chattaway (1951) y Record (1918; 1921) hacen énfasis en la importancia de los canales radiales y este último autor ha encontrado a los canales radiales muy útiles en la identificación de maderas tropicales. En B. copallifera y B. grandifolia encontré canales axiales, radiales y tangenciales tanto en el floema no funcional como en el funcional, lo que va de acuerdo a las observaciones de Metcalfe y Chalk (1950), quienes consideran la presencia de canales secretores en el floema como una característica taxonómica de las burseráceas.

Un hecho interesante es la relación que existe entre el canal secretor y el floema. Werker y Fahn (1969) hacen referencia a un trabajo de Thompson y Sifton, en el que se menciona que el conducto en el floema puede expandirse debido a que tiene más espacio que en el xilema. En las especies de Bursera trabajadas, observé que en el floema funcional están los canales recién formados y en el floema no funcional están los canales más anchos. Considero que probablemente, al irse colapsando los elementos cribosos del floema, van dejando espacio disponible para que el joven canal pueda expandirse con facilidad.

Algo que me llamó la atención fue la presencia de fibras en el floema de B. grandifolia y la ausencia de éstas en B. copallifera. Gómez (1977) encontró fibras en el floema de B. longipes y tanto ésta como B. grandifolia pertenecen a la sección Bursera. Se puede pensar que las fibras dan una mayor protección a estos árboles exfoliantes. En B. copallifera existe una gran cantidad de esclereidas en el floema, pero la función de estas estructuras no es clara. Creo que quizás la presencia o ausencia de fibras en el floema pudiese ser un carácter distintivo a nivel anatómico entre las dos secciones, por lo que se sugiere hacer investigaciones al respecto.

Otro fenómeno interesante es la abundancia de drusas y la relativa escasez de cristales prismáticos en B. grandifolia, sucediendo lo inverso en B. copallifera. Dado que los dos árboles son del mismo lugar, es probable que se trata de un rasgo determinado por el genoma, que podría llegar a tener importancia taxonómica, por lo que sería adecuado hacer estudios sobre el particular.

En lo que respecta al origen de los canales axiales en el cuerpo primario, Eames y MacDaniels (1947) y Fahn (1974) indican que en Pinus los canales resiníferos son de origen esquizógeno. En las umbelíferas hay canales esquizógenos en todos los órganos de la planta; éstos se forman a partir de un espacio intercelular en la zona de contacto de 3 células (Hayward, 1953). En este trabajo pude constatar que los canales axiales en el cuerpo primario se forman a partir de un espacio esquizógeno en el protofloema, observación semejante a la de Guillaumin (1909) para otras burseráceas. Werker y Fahn

(1969) señalaron que en Pinus halepensis el desarrollo de los canales resiníferos axiales en la raíz y en el vástago es similar. Observaron en corte transversal que algunas células iniciales se desarrollaban a partir del tejido meristemático formando una roseta, y en la mayoría de los casos había 4 células alrededor del espacio esquizógeno. Estas células epiteliales iniciales, junto con las células externas al epitelio, sufrieron divisiones periclinales y desarrollaron la cavidad. Además algunas de las células de la vaina pasaron a formar parte del epitelio. En las dos especies de Bursera estudiadas aquí, las células epiteliales iniciales fueron 5-7 y el desarrollo fue similar al descrito arriba, pero en estas especies las células epiteliales iniciales sufrieron divisiones anticlinales y mediante intrusión de algunas células extraepiteliales aumentó en diámetro el canal.

Respecto a los canales radiales, Record (1918, 1921) menciona canales normales de este tipo en anarcadiáceas y burseráceas. Werker y Fahn (1969) indican que hay canales radiales en el xilema y en el floema de P. halepensis, pero que están cerrados en el cámbium. En cambio, encuentro que en B. copallifera los canales están abiertos del xilema a través del cámbium, al floema. En esta especie hay generalmente un canal y rara vez dos canales por radio. Gómez (1977) señala la existencia de uno a dos canales en el xilema de esta especie de Bursera. Webber (1945) indica que por lo general las especies de Bursera tienen uno o dos canales radiales en el leño.

Chattaway (1951) observó conexiones entre canales axiales y radiales en el floema de las burseráceas y anacardiáceas que estudió. En algunas leguminosas se describen anastomosis tangenciales (Moens, 1955). Werker y Fahn (1969) en P. halepensis encontraron conexiones entre canales axiales del xilema sólo a través de los canales radiales. Yo observé en B. copallifera anastomosis entre canales axiales y entre-axiales y radiales en el plano tangencial. Sugiero que los canales tangenciales se pueden formar de manera esquizógena, cuando dos canales están lo suficientemente cerca para que se produzca el espacio intercelular entre los epitelios.

Sabemos que el epitelio es considerado como la capa secretora de resina, pero el lugar de su síntesis es muy discutido. Werker y Fahn (1969) indican que la síntesis se realiza en los esferosomas y según Wooding y Northcote (1965) la síntesis ocurre inicialmente en los plastidios. Las funciones de la resina son diversas (evita las infecciones, repele insectos, y otras). Por tal motivo considero que las anastomosis encontradas en la corteza secundaria de B. copallifera y B. grandifolia, les brindan mayor protección contra agentes externos.

Dado que todas las burseráceas tienen madera de porosidad difusa (Webber, 1941), es interesante la posibilidad de que quizás el número de hileras de canales que encontramos en B. copallifera y B. grandifolia (sobre todo en esta última), puedan ser un indicio para saber la edad aproximada de ramas. Pero para probar esta hipótesis será necesario realizar otros estudios.

Guillaumin (1909) indica que las burseráceas y anacardiáceas tienen canales secretores en el floema. Webber (1941) señala por un lado que las burseráceas y anacardiáceas tienen canales intercelulares normales en sus radios y que al mismo tiempo pudieron haber originado a rutáceas y simarubáceas, - las cuales en forma normal no presentan este tipo de canales; por otro lado, algunas burseráceas, simarubáceas, rutáceas y meliáceas presentan canales verticales traumáticos en la madera, carácter que no está citado para las anacardiáceas y sugiere por lo tanto un antecesor común para estas cinco familias.

## VI CONCLUSIONES

- 1.- B. copallifera y B. grandifolia tienen los tres tipos de canales (axiales, radiales y tangenciales), tanto en floema secundario funcional como en el no funcional. En el floema primario, hay canales axiales y tangenciales.
- 2.- B. grandifolia tiene fibras en el floema, mientras que B. copallifera carece de éstas.
- 3.- Hay abundancia de drusas en B. grandifolia, en cambio en B. copallifera son los cristales prismáticos los abundantes.
- 4.- Los canales axiales en el cuerpo primario se originan mediante espacios esquizógenos en el protofloema.
- 5.- Los canales axiales del floema secundario se localizan dentro de franjas de parénquima en taninos.
- 6.- En B. grandifolia se forman dos hileras de canales axiales en el primer año, en cambio en B. copallifera se forma una hilera.
- 7.- Los canales radiales en B. copallifera están abiertos a través del cámbium y pasan del xilema al floema.
- 8.- En B. copallifera existen más canales radiales que en B. grandifolia.

- 9.- El diámetro de los canales axiales y radiales aumenta - como consecuencia de divisiones anticlinales de las células epiteliales e intrusión de células extraepiteliales.
- 10.- Los canales tangenciales son conexiones entre canales - axiales o entre axiales y radiales.

## VII BIBLIOGRAFIA

- Bullock, A.A. 1936. Notes on the Mexican species of the genus Bursera. Bull. Misc. Inf. Kew 1936: 346-387.
- Chattaway, M.M. 1951. The development of horizontal canals in rays. Aust. J. Sci. Res. B. 4:1-11.
- Comisión de estudios del Territorio Nacional (CETENAL) y Secretaría de la presidencia. 1971. Carta topográfica de Cuernavaca. E-14-A59; escala 1:50 000.
- Cutter, G.E. 1978. Plant Anatomy. Edward Arnold, London. 315 pp.
- Doelker, S.J. 1949. Obtención del aceite esencial de linaloe. Tesis profesional. Universidad Nacional - Autónoma de México. Esc. Nac. Ciencias - Químicas. México. 33 pp.
- Domínguez, X., Rzedowski, K., Gutiérrez, M., y Gómez, M. - 1973. A phytochemical survey of 21 species of the genus Bursera (Burseraceae) native of Mexico. Rev. Latinoamer. Quím. 4: - 108-110.
- Eames, J.A., y MacDaniels, H.L. 1947. An introduction to - plant anatomy. 2ª. ed. MacGraw-Hill, New-York. 427 pp.

- Esau, K. 1977. Anatomy of seed plants. 2<sup>a</sup> ed. Wiley, New York. 550 pp.
  
- Fahn, A. 1974. Plant anatomy. 2<sup>a</sup> ed. Pergamon Press, Oxford.- 611 pp.
  
- Font Quer, P. 1953. Diccionario de botánica. Ed. Labor, Barcelona. 1244 pp.
  
- García, E. 1970. Carta de climas. Comisión de Estudios del Territorio Nacional, e Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. 14 Q-V escala 1:500 000.
  
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Universidad Nacional Autónoma de México. México, 246-pp.
  
- Gómez V., G.B. 1977. Anatomía de la madera y corteza de Bursera longipes y Bursera copallifera. Tesis Profesional. Univ. Aut. Edo. Morelos. Cuernavaca. 70 pp.
  
- Guillaumin, A. 1909. Recherches sur la structure et le développement des Burséracées. Application a la systématique. Ann. Sci. Nat. Bot. Ser 9, # 10: 201-301.

- Haberlandt, G. 1914. Physiological plant anatomy. Macmillan, London (New Delhi. Today & Tomorrow's-Book agency 1965). 777 pp.
- Haborne, J.B. (ed) 1970. Phytochemical phylogeny. Proceedings of the Phytochemical Society Symposium. Academic Press. London. 335 pp.
- Hayward, E.H. 1953. Estructura de las plantas útiles. (traducido del inglés por el Dr. Ovidio Núñez). Ed. ACME, Buenos Aires. 667 pp.
- Howes, F.N. 1949. Vegetable gums and resins. Chronica Botanica Company. Waltham, Massachusetts. 188-pp.
- Johansen, D.A. 1940. Plant microtechnique. McGraw-Hill. New-York. 553 pp.
- Martínez, M. 1959. Las plantas medicinales en México. Ed. Botas, México. 656 pp.
- McVaugh, R. y Rzedowski, J. 1965. Synopsis of the genus Bursera L. in western México, with notes - on the material of Bursera collected by Sessé & Mocino. Kew Bull. 18:317-382.
- Merger, F., y Echols, R.M. 1955.- Number and size of radial-resin ducts in slash pine. Science 21:-306-308.

- Metcalf, C.R., y Chalk, L. 1950. Anatomy of the dicotyledons. Clarendon Press, Oxford, 2 vol.
- Miranda, F., y Hernández X.E. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. Bol. Soc. Bot. Méx. 28:29-107.
- Moens, P. 1955. Les formations secretrices des copaliers congolais. Etude anatomique, histologique et histogenetique. Cellule 57: 355-364.
- Record, S.J. 1918. Intercellular canals in dicotyledonous woods. J. For. 16:429-441.
- Record, S.J. 1921. Further notes on intercellular canals in dicotyledonous woods. J. For. 19:255-266.
- Record, S.J., y Hess, R.W. 1943. Timbers of the new world. Yale University. New Haven, Connecticut. 640 pp.
- Record, S.J., y Mell, C.D. 1922. Timber of tropical America. Yale University. New Haven, Connecticut. 610 pp.
- Roth, I. 1969. Características estructurales de la corteza de árboles tropicales en zonas húmedas. Darwiniana 15:115-127.

- Rzedowski, J. 1968. Notas sobre el género Bursera (Burseraceae) en el Estado de Guerrero (México)- An. Esc. Cien. Biol. México. 17:17-36.
- Soria, R.G. 1978. Contribución al conocimiento de la flora del "Cañón de Lobos" Morelos. Tesis profesional. Univ. Aut. Edo. Morelos. Cuernavaca. 206 pp.
- Webber, E.I. 1941. Systematic anatomy of the woods of the "Burseraceae". Lilloa 6: 441-465.
- Werker, E. y Fahn, A. 1969. Resin ducts of Pinus halepensis Mill. Their structure, development and pattern of arrangement. J. Lin. Soc. Bot. 62:379-411.
- Wooding, F.B.P., y Norhcote, D.H. 1965. The fine structure of mature resin canal calls of Pinus pinea. J. Ultrastr. Res. 13:233-244.

## CUADRO 1

MUESTRAS OBTENIDAS DE B. copallifera; en la fig. 1 se señalan los sitios muestreados.

Fecha	Muestra	Nivel	año de formación del cuerpo primario.*
13/mayo/1978	A	tallo principal	
13/mayo/1978	B	rama joven	1977
13/mayo/1978	C	rama a 90 cm. de la punta.	1970 (?)
13/mayo/1978	D	rama a 1.70 m de la punta.	
8/junio/1978	E	vástagos cortos.	1978
25/julio/1978	F	tallo principal.	
25/julio/1978	G	vástagos cortos.	1978

(\*).- La edad se calculó en base a las cicatrices de las yemas terminales.

## CUADRO 2

MUESTRAS OBTENIDAS DE B. grandifolia, en la fig. 2 se señalan los sitios muestreados.

Fecha	Muestra	Nivel	Año de formación del cuerpo primario.*
13/mayo/1978	1	tallo principal.	
13/mayo/1978	2	vástagos largos.	1978
13/mayo/1978	3	rama joven.	1977
13/mayo/1978	4	rama joven.	1976
13/mayo/1978	5	rama a 55 cm de la punta.	1970
13/mayo/1978	6	rama a 1.40 m de la punta.	
8/junio/1978	7	vástagos largos.	1978
25/julio/1978	8	tallo principal.	

(\*).- La edad se calculó en base a las cicatrices de las yemas terminales.

## CUADRO 3

Aumento en diámetro de canales axiales.

	hilerà no.	diámetro (D) de canal, $\mu$	incremento TRC* % anual	diámetro (D) de canal, $\mu$
<u>B. grandifolia</u>	1	74 (1978)	7.9	139 (1970)
<u>B. grandifolia</u>	2	22 (1978)	9.2	46 (1970)
<u>B. copallifera</u>	1	34 (1978)	3.2	33 (1970)
<u>B. copallifera</u>	2	26 (1977)	3.8	34 (1970)

$$* TRC = \frac{\log_e D_2 - \log_e D_1}{t_2 - t_1}$$

TRC = tasa relativa de crecimiento.

D = diámetro.

t = tiempo en años.

Fig. 1.- Sitios muestreados de B. copallifera, en el cuadro 1 se indica el significado de cada una de las letras.

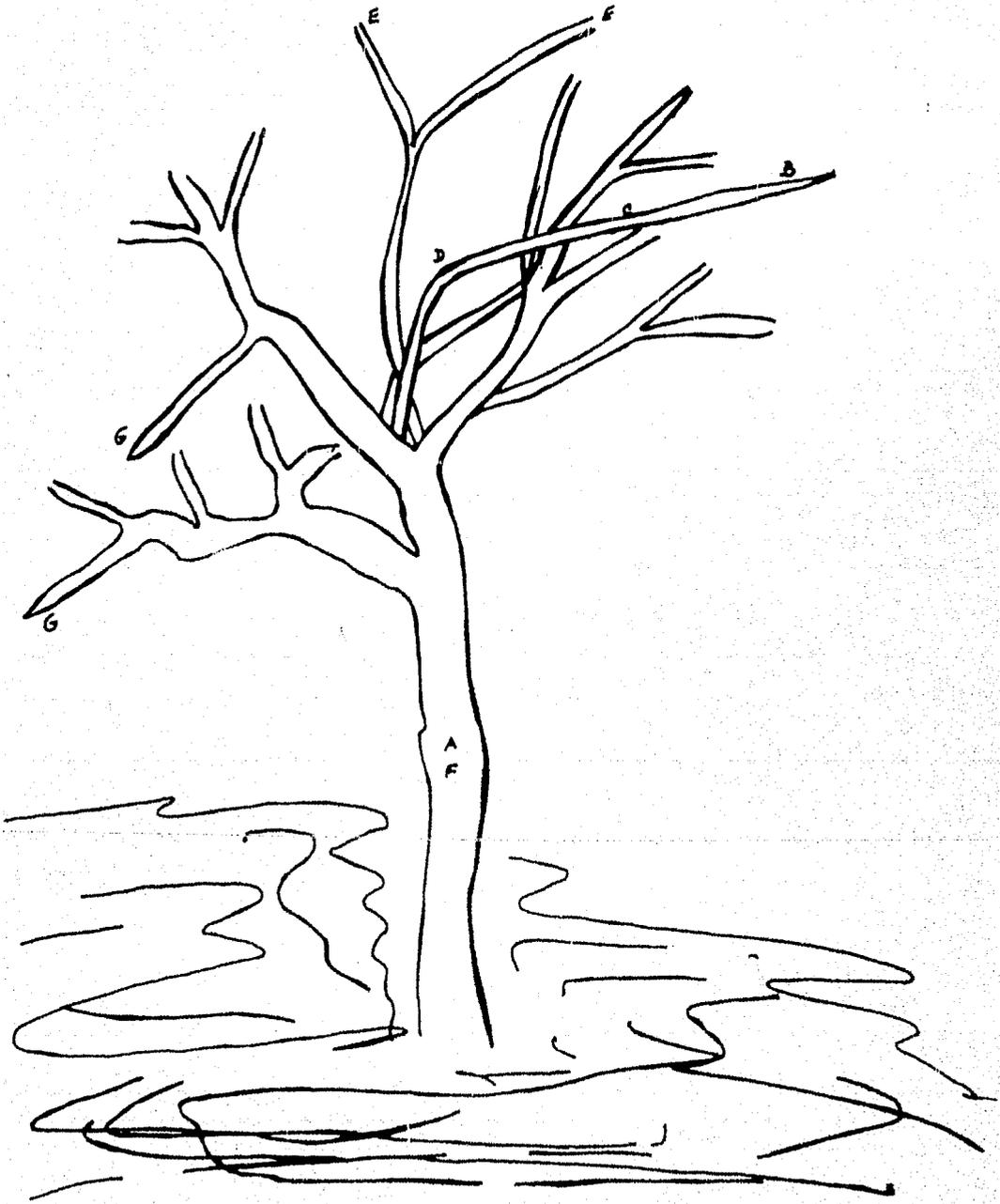


Fig. 2.- Sitios muestreados de B. grandifolia, en el cuadro 2 se indica el significado de cada uno de los números.



Fig. 3.- Colecta de tallo principal de B. copallifera. (0.37 X).



Fig.- 4.- Diámetro de canales axiales en B. copallifera.

△ cerca del meristemo apical, nivel E.

□ rama de 1977, nivel B.

○ rama de 1970 (?), nivel C.

1= primer hilera de canales formados en floema primario.

2-10= hileras subsiguientes, en secuencia hacia el cámbium.

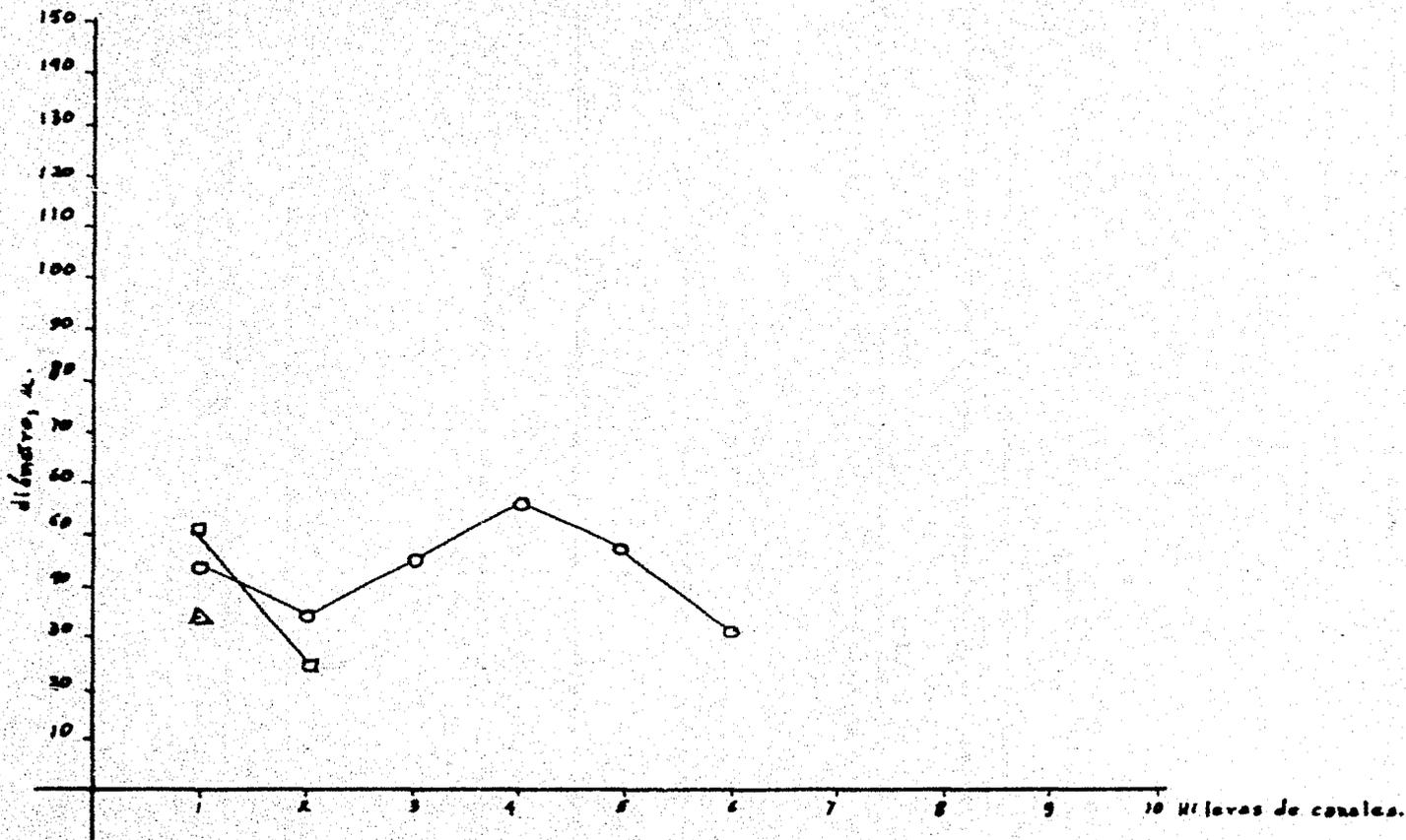


Fig. 5.- Diámetro de canales axiales en B. grandifolia.

△ cerca del meristemo apical, nivel 2.

▣ parte vieja de 1978, nivel 2.

⊙ rama de 1970, nivel 5.

1= primer hilera de canales formados en floema primario.

2-8= hileras subsiguientes, en secuencia hacia el cámbium.

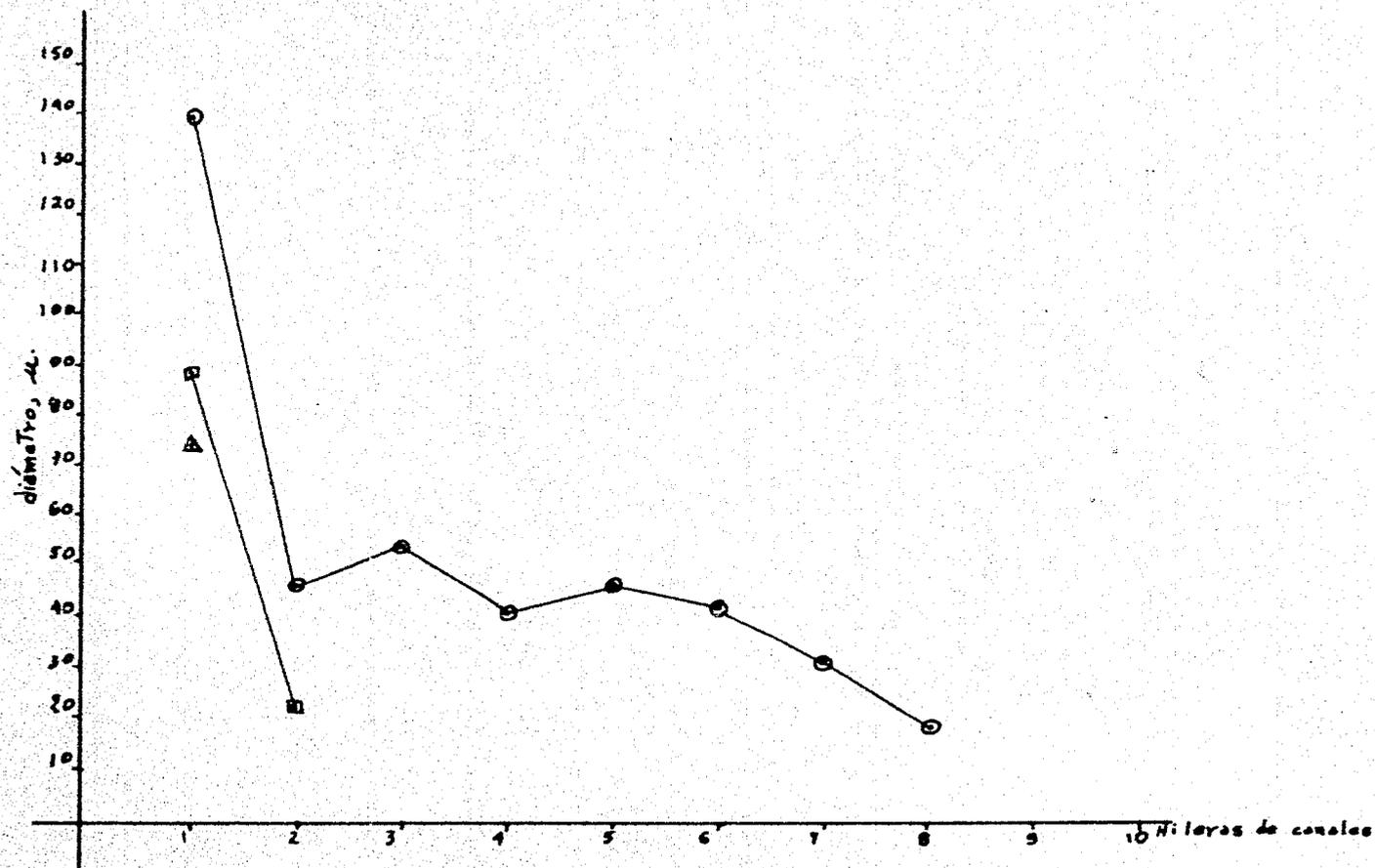


Fig. 6.- Distancia al cámbium de las hileras de canales axiales en B. copallifera.

△ cerca del meristemo apical, nivel E.

□ rama de 1977, nivel B.

○ rama de 1970 (?), nivel C.

• tallo principal (incompleto), nivel F.

1= primer hilera de canales formados en floema primario-  
(a excepción de nivel F).

2-10= hileras subsiguientes en secuencia hacia el cámbium.

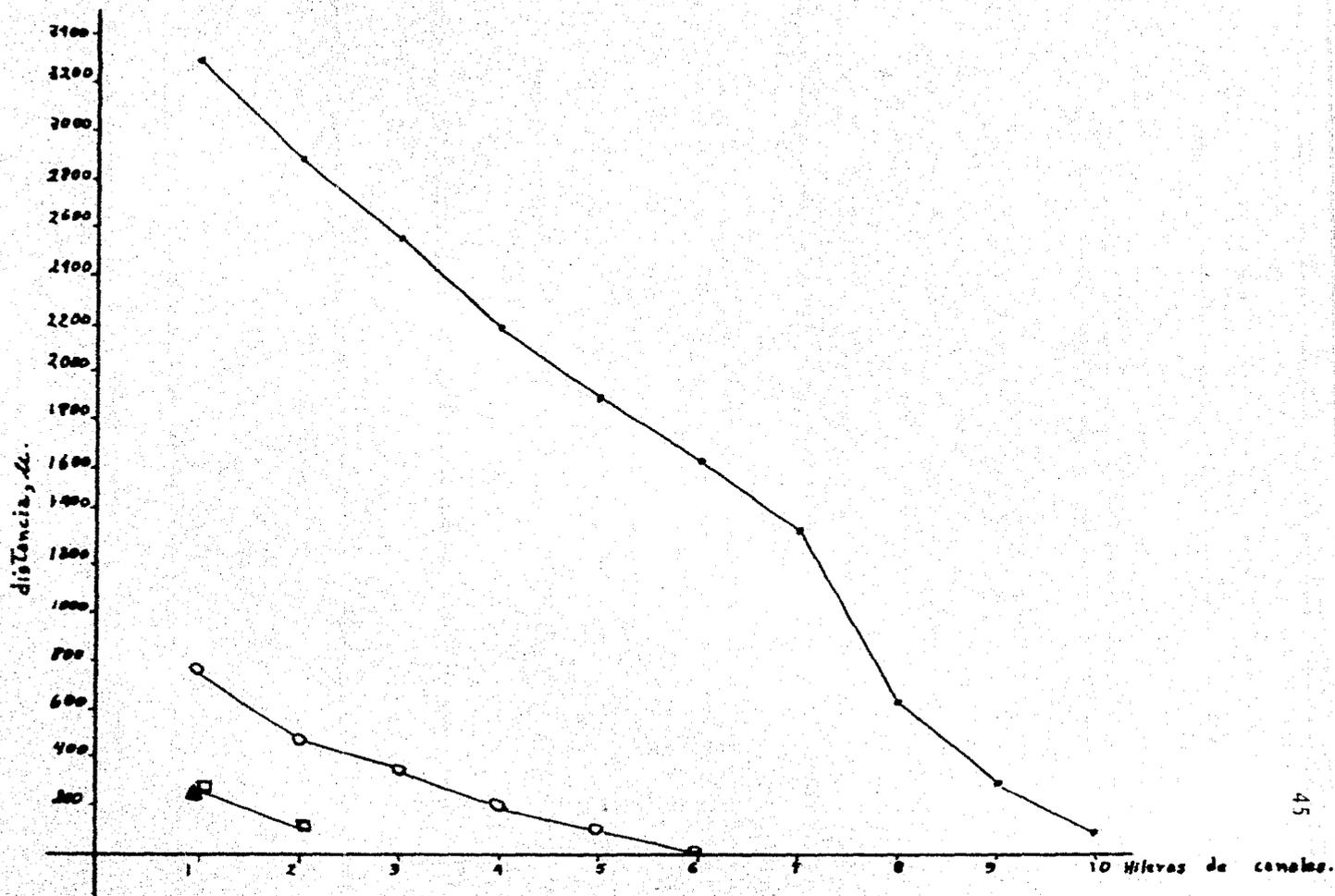


Fig. 7.- Distancia al cámbium de las hileras de canales axiales en B. grandifolia.

△ cerca del meristemo apical, nivel 2.

□ parte vieja de 1978, nivel 2.

⊙ rama de 1970, nivel 5.

+ tallo principal (incompleto), nivel 8.

1=primer hilera de canales formados en floema primario  
(a excepción de nivel 8).

2-8=hileras subsiguientes en secuencia hacia el cámbium.

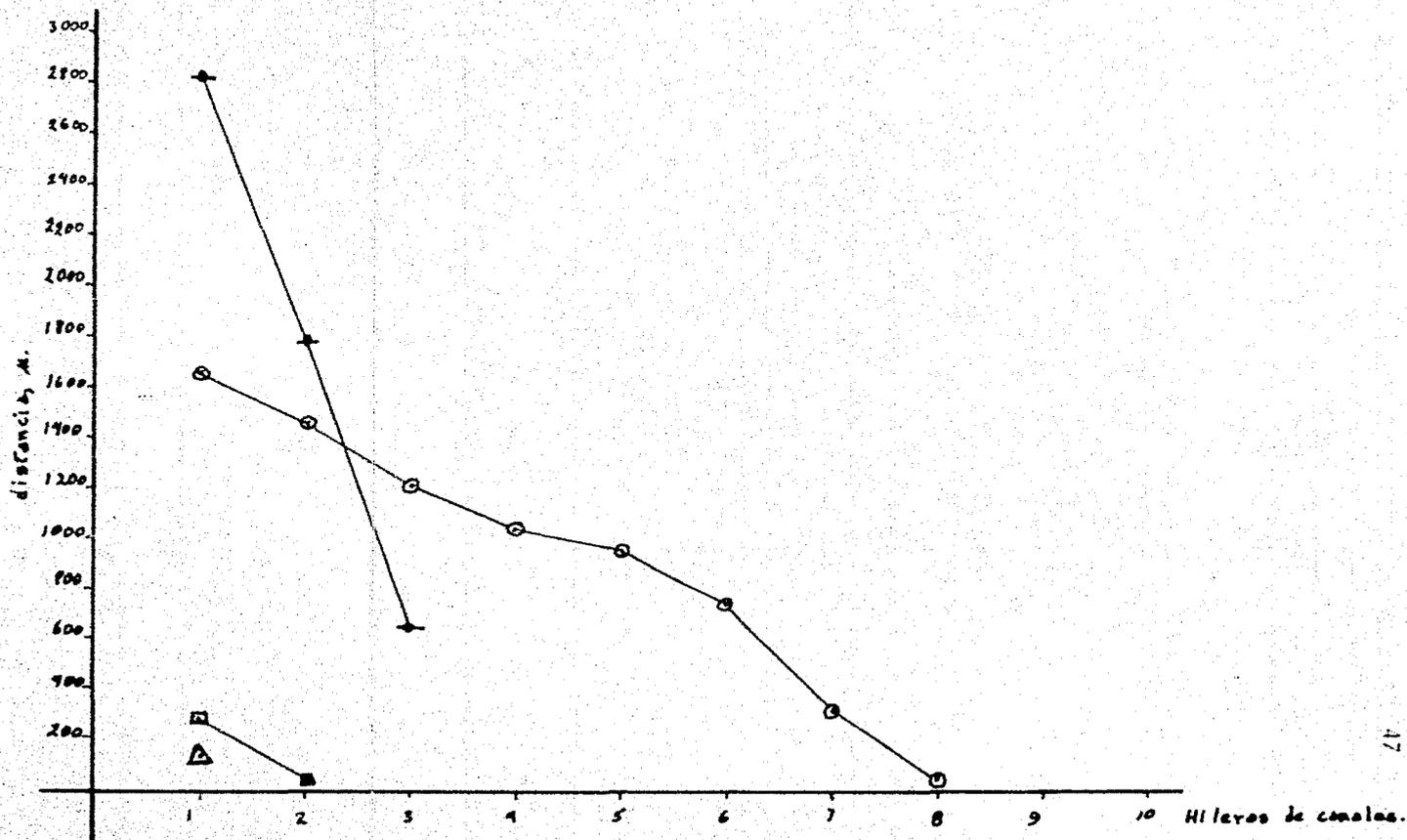


Fig. 8.- Edad estimada en B. copallifera y B. grandifolia en base a las cicatrices de las yemas terminales, en relación con el número de hileras de canales.

----- B. copallifera

△ cerca del meristemo apical, nivel E.

○ rama de 1970 (?), nivel C.

----- B. grandifolia.

△ parte vieja de 1978, nivel 2.

○ rama de 1970, nivel 5.

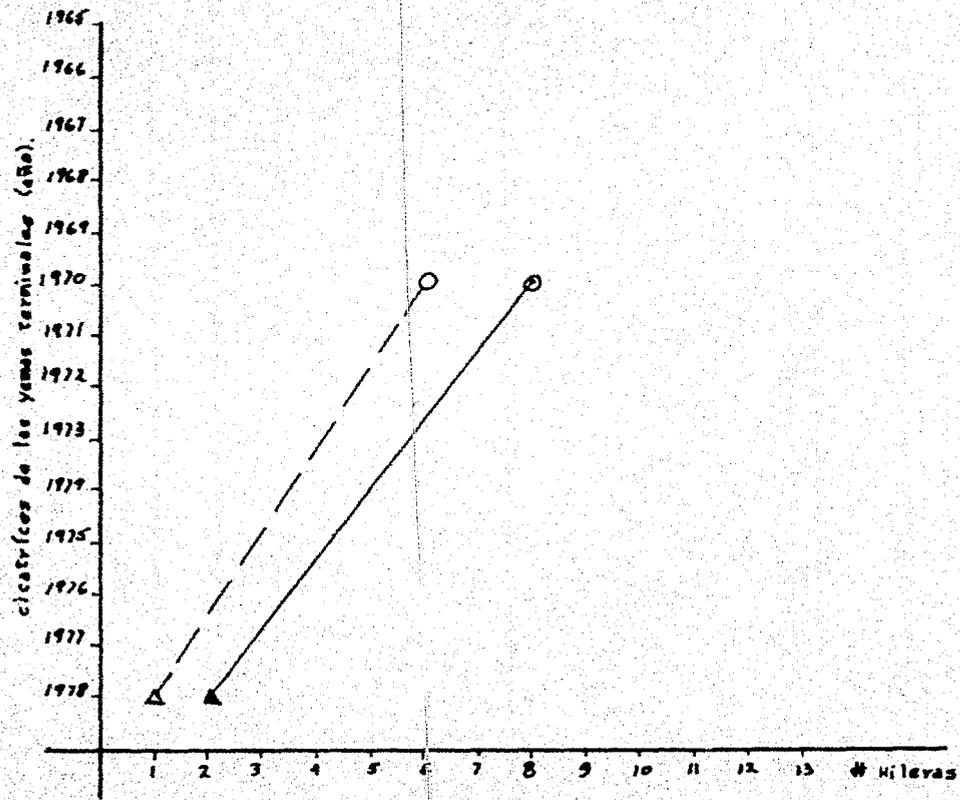
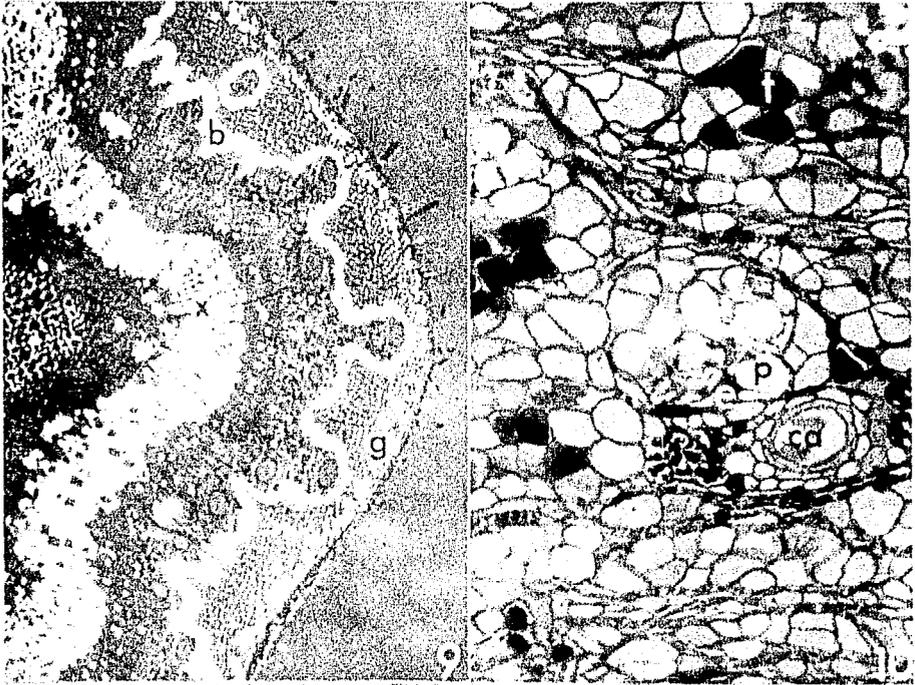


Fig. 9.- Sección transversal de B. grandifolia (muestra 2, 1978) con luz polarizada. Compare con las figs. 11, 13 y 17. Fibras (b), cristales (g), xilema (x). (35X).

Fig.10.- Sección transversal del floema secundario no funcional de B. copallifera (muestra D, 1970) con luz polarizada. Esclereidas (e) con cristales prismáticos (p), canal axial (ca), taninos (t). (30X).

Fig.11.- Sección transversal de B. grandifolia (muestra 2, 1978) con luz polarizada. Corteza primaria (m), fibras (b), cristal prismático (p), drusa (d). (230X).

Fig.12.- Sección radial de B. grandifolia (muestra 3, 1977). - El floema primario queda a la izquierda. Fibra septada (b), cristal prismático (p), taninos (t). (580X).



- Fig. 13.- Sección transversal de B. grandifolia (muestra 2, 1978). Peridermis incipiente (s), fibras (b), canal axial (ca), corteza primaria (m), cámbium (c). (90X).
- Fig. 14.- Sección transversal de B. copallifera (muestra B, 1977). Peridermis (s), fibras (b), cámbium (c), canal axial (ca), taninos (t). (90X).
- Fig. 15.- Sección transversal del tronco de B. grandifolia (muestra 1). Hilera de parénquima con taninos (hp), fibras (b), radio (r), floema funcional (ff), floema no funcional (fo), cámbium (c), canal axial (flecha). (45X).
- Fig. 16.- Sección transversal de B. grandifolia (muestra 5, 1970). Fibras (b), canal radial (cr), canal axial (ca), cámbium (c), floema funcional (ff), floema no funcional (fo), drusa (flecha). (90X).

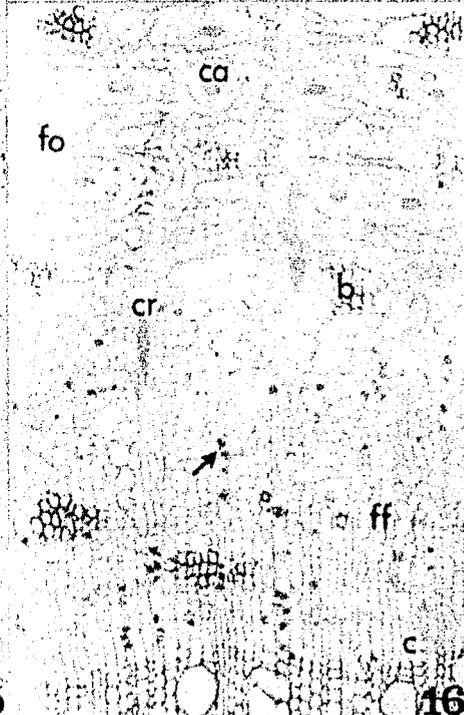
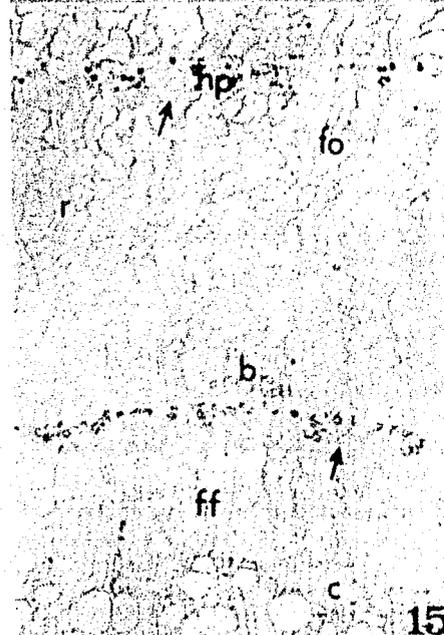
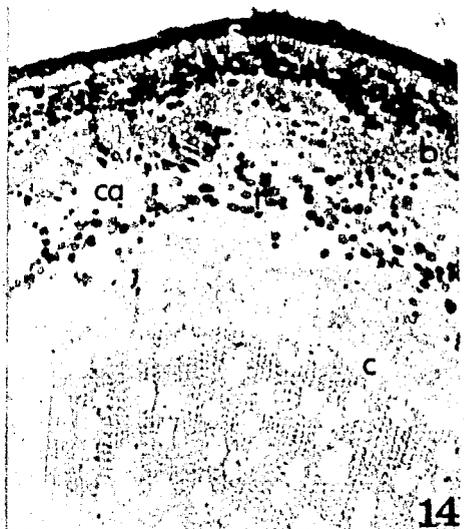
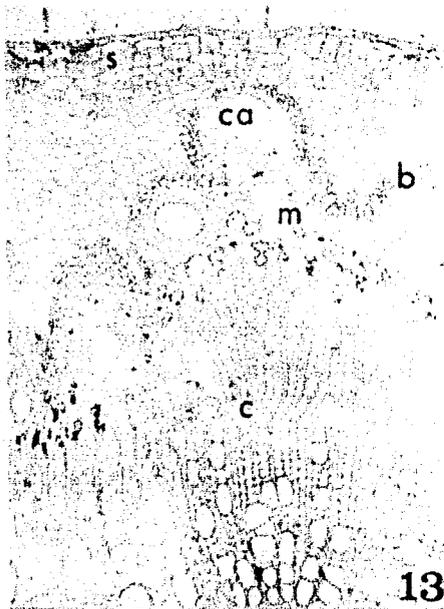
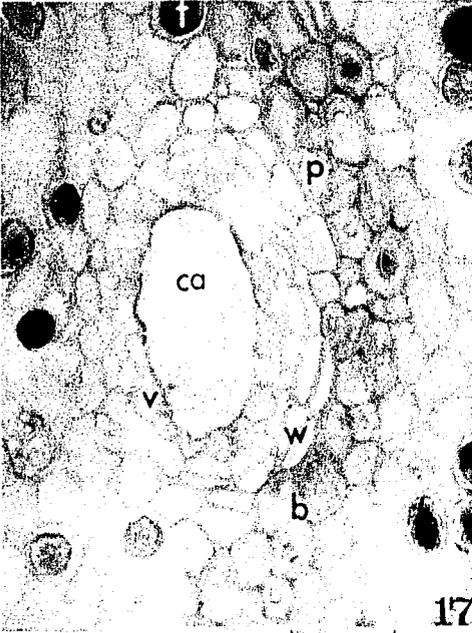


Fig. 17.- Sección transversal de B. copallifera (muestra B, - 1977). canal axial (ca) del protofloema, epitelio- (v), células extraepiteliales (w), fibras (b), tani- nos (t), cristal prismático (p), (535X).

Fig. 18.- Sección transversal de un primordio de hoja de B. - grandifolia (muestra 7, 1978). El mismo haz vascu- lar está cortado en otros niveles en las figs. 19 y 20. Canal axial (ca) en protofloema, elemento cribo- so (ec). (580X).

Fig. 19.- Sección transversal de la misma hoja de la fig. 18, cortada 200 ~~μ~~ más abajo. Canal axial (ca), elemento criboso (ec) del protofloema, protoxilema (px), ta- ninos (t). (580X).

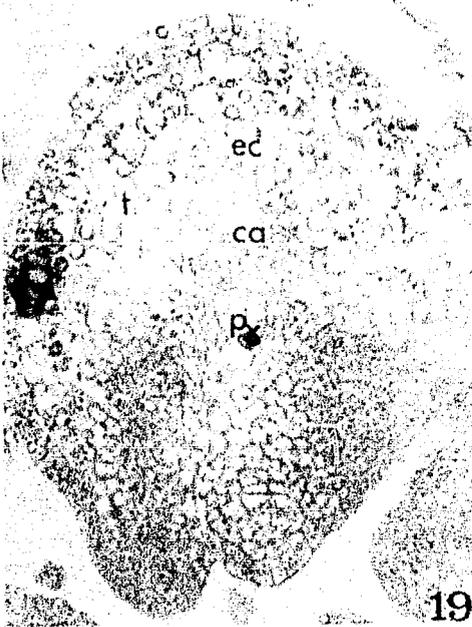
Fig. 20.- Sección transversal de la misma hoja cortada 200 ~~μ~~ abajo de la fig. 18. Elemento criboso (ec) del pro- tofloema, elemento traqueal (et) del protoxilema. - (580X).



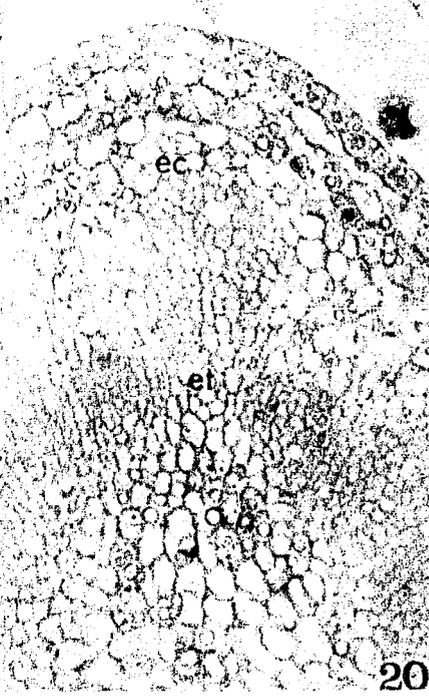
17



18



19



20

Fig. 21.- Sección transversal del tallo de B. copallifera - (muestra E, 1978) cerca del meristemo apical. Traza foliar con canales axiales (ca) en protofloema (pf) procámium (pc), elemento traqueal (et) del protoxilema, taninos (t). (580X).

Fig. 22.- Sección transversal del tallo de B. grandifolia - (muestra 7, 1978) cerca del meristemo apical. Elemento criboso (ec) del protofloema, elemento traqueal (et) del protoxilema, taninos (t), intrusión de la célula extraepitelial (flecha). (1400X).

Fig. 23.- Sección transversal del tronco de B. copallifera - (muestra f) en floema no funcional. Canal radial (cr) central, células extraepiteliales (w), otras células del radio (r), espacio intercelular (flecha) (280X).

Fig. 24.- Sección tangencial del tronco de B. copallifera - (muestra F) en el floema funcional. Canal radial (cr) excéntrico, células extraepiteliales (w), otras células del radio (r), taninos (t), espacio intercelular (flecha). (230X).

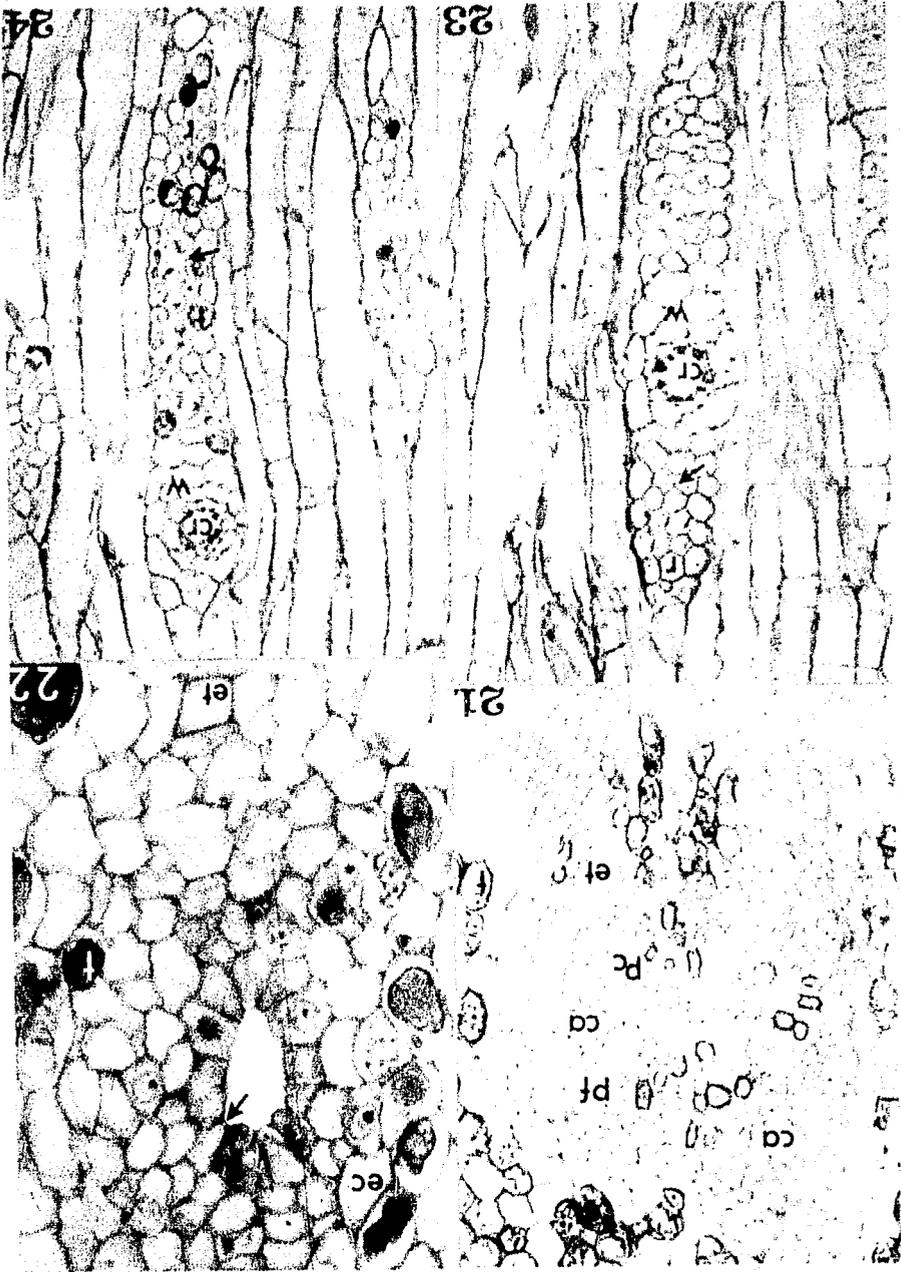


Fig. 25.- Sección tangencial del tronco de B. copallifera -  
(muestra F) en el xilema cerca del cámbium. Este -  
mismo canal radial (cr) se ve en otros niveles en -  
las Figs. 26 y 27. Células extraepiteliales no lig-  
nificadas (w), radio (r), cristal prismático (p). -  
(230X).

Fig. 26.- Sección del mismo canal radial (cr) que en la fig.-  
25, pero en el nivel del cámbium. Radio (r), xilema  
(X). (230X).

Fig. 27.- Sección del mismo canal radial (cr) que en la fig.-  
25, pero en el nivel del floema funcional. También-  
está conectado a un canal axial (ca). Placa cribosa  
(pc). (230X).

Fig. 28.- Sección tangencial del tronco de B. copallifera -  
(muestra F) en el nivel de floema no funcional. Se-  
ve una conexión entre un canal axial (ca) y un ca-  
nal radial (cr) mediante un canal tangencial (ct), -  
radio (r), cristal prismático (p). (230X).

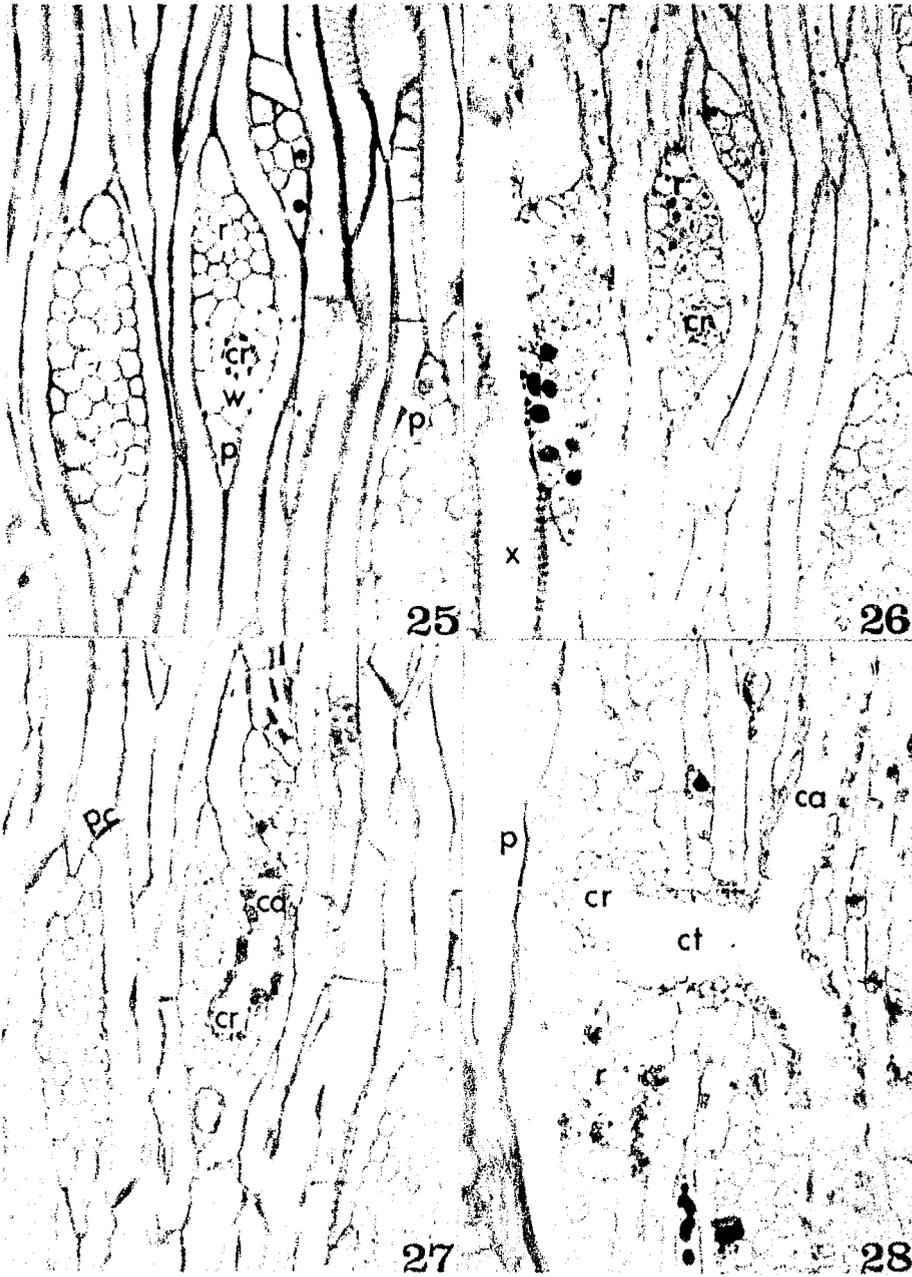


Fig. 29.- Sección transversal de B. grandifolia (muestra 7, - 1978). Los canales axiales del floema primario numerador 1, 2 y 3 también se ven en otro nivel en la - fig. 30. Corteza primaria (m), taninos (t). (230X).

Fig. 30.- Sección mostrando los mismos 3 canales de la fig. - 29 en otro nivel. Los 3 canales axiales se unen - mediante canales tangenciales (ct). (230X).

Fig. 31.- Sección tangencial del tronco de B. copallifera - (muestra F) en el nivel de floema no funcional. Se ven anastomosis complicadas (flechas) entre canales axiales (ca). Radio (r). (90X).

Fig. 32.- Otra sección tangencial del tronco de B. copallifera (muestra F) en el nivel de floema no funcional. Canales axiales (ca) y canales tangenciales (ct) - rodean a los radios (r). Canal radial (cr). (90X).

