

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
SUBDIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



ESTUDIO MORFOANATÓMICO DE HOJAS Y ANATOMÍA DE MADERA  
DE NUEVE ESPECIES DEL GÉNERO *Eucalyptus* EN EL SUR DEL  
ESTADO DE NUEVO LEÓN

**TESIS**

QUE PARA OPTAR AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS CON  
ESPECIALIDAD EN BOTÁNICA

PRESENTA:

BIÓLOGO JAVIER RUIZ STEELE

SAN NICOLÁS DE LOS GARZA, N.L AGOSTO DE 1997

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO**

**ESTUDIO MORFOANATÓMICO DE HOJAS Y ANATOMÍA DE  
MADERA DE NUEVE ESPECIES DEL GÉNERO *Eucalyptus*, EN EL SUR  
DEL ESTADO DE NUEVO LEÓN**

**TESIS**

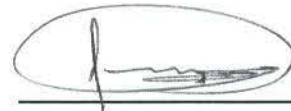
**QUE PARA OPTAR AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD  
EN BOTÁNICA**

**PRESENTA**

**BIÓLOGO. JAVIER RUIZ STEELE**

**COMISIÓN DE TESIS**

**Director : Dr. Rahim Foroughbackhch**



**Co-Director : Dr. Ratikanta Maiti**



**Asesor : M.C. Jorge Hernández Piñero**



**SAN NICOLÁS DE LOS GARZA, N.L. AGOSTO DE 1997**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO**

**ESTUDIO MORFOANATÓMICO DE HOJAS Y ANATOMÍA DE  
MADERA DE NUEVE ESPECIES DEL GÉNERO *Eucalyptus*, EN EL SUR  
DEL ESTADO DE NUEVO LEÓN**

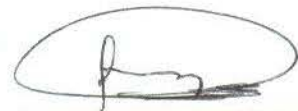
**TESIS**

**QUE PARA OPTAR AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD  
EN BOTÁNICA**

**PRESENTA**

**BIÓLOGO. JAVIER RUIZ STEELE**

**Director : Dr. Rahim Foroughbackhch**



**Co-Director : Dr. Ratikanta Maiti**



**Asesor : M.C. Jorge Hernández Piñero**



**Asesor externo Dra. María de los Angeles Von Roth**



**SAN NICOLÁS DE LOS GARZA, N.L. AGOSTO DE 1997**



## AGRADECIMIENTOS

La conclusión de este trabajo no hubiera sido posible sin la colaboración de maestros, compañeros y amigos, a quienes les estoy profundamente agradecido.

Dr. Ratikanta Maiti por sus valiosos consejos para realizar este trabajo y por brindarme su amistad.

Dr. Rahim Forougbakhch por su eficaz asesoría y atinadas sugerencias al realizar la revisión de esta tesis.

M.C. Jorge Hernández Piñero por su apreciada asesoría en el manejo del microscopio electrónico de barrido al realizar el estudio ultraestructural.

Lic Martha Arizpe Tijerina, Directora de la preparatoria No. 3 U.A.N.L. por darme el tiempo y apoyo necesarios para obtener el grado.

Biól. Joaquín R. Fernández Solís por su ayuda en el trabajo de laboratorio, invaluable consejos al hacer este trabajo y su perdurable amistad.

Ing. Ricardo Oziel Flores Salinas, Coordinador de preparatorias U.A.N.L., por el apoyo para realizar este estudio y en la impresión de esta tesis.

Ing. Juan E. Moya Barbosa por amablemente ofrecerse a realizar la encuadernación de este trabajo.



## AGRADECIMIENTOS

A mi amiga Dra. Rosalinda Esquivel Zamora por respaldarme y animarme en la obtención del grado.

Biol. María Elena Montero Villalobos por apoyar con su amistad y palabras de animo a la conclusión de este trabajo.

M.C. Roberto Mercado Hernández por su gran disposición para ayudar en la elaboración de material para presentar los seminarios

Biol. Adolfo Reyes García por su colaborcion al proporcionar equipo necesario en el trabajo de laboratorio.

A mis hijos Javier A. y Erika G. Ruiz Alanís quienes colaboraron en la elaboración y corrección de esta tesis, con su trabajo computacional.

Lic. Alfredo Alanis Durán y Lic Lilia López Vera por apoyar a la terminación de esta tesis, al facilitarme su computadora

A mis compañeras y amigas Biól. Myrella Solís Pérez y Blanca Alicia Bustos Luna por su apoyo durante el tiempo que duró este estudio.

## AGRADECIMIENTO ESPECIAL

Mercedora de un especial y extraordinario agradecimiento es la Bióloga Rosa María González García por su tenacidad y persistencia al invitarme y motivarme para estudiar la maestría y obtener el grado, así como por su valiosa ayuda en el trabajo de laboratorio.

## DEDICATORIA

- A mi madre                      Sra. Amparo Steele Luévano por darme la vida, por darme amor y por heredarme el carácter.
- A mi esposa                      Sra. Elsa Alanís Durán quien me ha dado su apoyo incondicional durante el desarrollo de este estudio e investigación.
- A mis hijos                      Javier Alejandro y Erika Gabriela Ruiz Alanís por darme la energía que mantiene viva la flama de la superación académica personal.
- A mis hermanos                Dr. Arnulfo Steele Luévano, José Luis y Juany Elsy Ruiz Steele, con quienes conviví mi infancia y juventud y llenaron muchos momentos de felicidad.
- A mis sobrinos                Vanessa Vida, Cinthia Aime, Walther Orlando, José Roberto, Luis Angel y Federico, a quienes amo y deseo un hermoso futuro.
- A mis maestros                Profra. Ana María Galindo quien me enseñó las primeras letras y al Dr. R. K. Maiti quien me enseñó los primeros pasos para hacer investigación.



## DEDICATORIA

Dedico especialmente esta investigación .....

A mi padre.

Lic. José I. Ruiz Gutiérrez quien me ha dado el mejor ejemplo de honestidad, integridad y trabajo.

Es fácil ser integro

Si se tiene un padre como tú

Es fácil mantener una

Línea de pensamiento

Si se tiene un padre como tú

Es fácil seguir en la lucha

Si se tiene un padre como tú

Es difícil dejar

Un día sin huella

Si el ejemplo lo diste tú.

Con Amor Javier

## ÍNDICE

	Pag.
RESUMEN	
1. INTRODUCCIÓN _____	1
2. ANTECEDENTES _____	3
2.1 Importancia económica de la familia Myrtaceae. _____	3
2.2 Características botánicas del género <i>Eucalyptus</i> _____	4
2.3 Importancia económica del género <i>Eucalyptus</i> _____	4
2.4 Características taxonómicas _____	6
2.5 Ecología _____	6
2.6 Distribución _____	7
2.7 Estudios estructurales de la hoja (morfología) _____	8
2.8 Anatomía _____	9
2.9 Cera epicuticular _____	10
2.10 Resistencia a factores bióticos y abióticos _____	13
2.11 Estudios anatómicos de la madera _____	13
3. IMPORTANCIA _____	17
4. ORIGINALIDAD _____	17
5. HIPÓTESIS _____	18
6. OBJETIVO GENERAL _____	18
7. OBJETIVOS ESPECÍFICOS _____	18
8. MATERIALES Y MÉTODOS _____	19
8.1 Ubicación del área de estudio _____	19
8.2 Características del área de estudio _____	20
8.3 Especies estudiadas _____	21
8.4 Origen de especies estudiadas _____	22

	pag.
9. RESULTADOS _____	25
9.1 Morfología de la hoja _____	25
9.2 Características cuantitativas de hojas en especies de <i>Eucalyptus</i> _____	28
9.3 Índice estomático _____	30
9.4 Descripción comparativa de estructura superficial y cera epicuticular de nueve especies del género <i>Eucalyptus</i> _____	34
9.5 Estudio de la anatomía de la madera _____	41
10. DISCUSIÓN _____	48
10.1 Características morfológicas y estructurales de la hoja _____	48
10.2 Anatomía de la madera _____	52
11. CONCLUSIONES _____	56
12. LITERATURA CITADA _____	57



## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Pag
1. Especies del género <i>Eucalyptus</i> , seleccionadas para el estudio y su lugar de origen. _____	21
2. Comparación múltiple entre los valores promedio y su desviación estándar de parámetros de hojas. _____	28
3. Análisis de varianza sobre diferentes parámetros de hojas del género <i>Eucalyptus</i> . _____	29
4. Número de estomas por área, índice estomático y proporción de índices estomáticos. _____	30
5. Comparación múltiple de los valores promedio y su desviación estándar de parámetros de estomas presentes en el haz de las hojas de diferentes especies de eucalipto. _____	31
6. Comparación múltiple de los valores promedio y su desviación estándar de parámetros de estomas presentes en el envés de las hojas de diferentes especies de eucalipto. _____	32
7. Análisis de varianza para los parámetros largo y ancho de estomas en posición haz/envés. _____	33
8. Valores promedio de parámetros de vasos de nueve especies del género <i>Eucalyptus</i> . _____	44
9. Valores promedio para fibras de nueve especies del género <i>Eucalyptus</i> . _____	46
10. Análisis de varianza sobre variables de fibras entre las especies del género <i>Eucalyptus</i> . _____	47

## ÍNDICE DE FIGURAS

### Figura

1. Morfología de hojas del género *Eucalyptus*, 1. *E. tessellaris*, 2. *E. tereticornis*,  
*E. nomelaphloia*, 4. *E. microtheca*
2. Morfología de las hojas del género *Eucalyptus*, 6. *E. microtheca* 13548, 7. *E. camaldulensis*, 8. *E. populnea*, 9. *E. crebra*.
3. Epidermis de la hoja de eucalipto mostrando los estomas anisocíticos característicos del género *Eucalyptus*.
4. Características de estomas presentes en haz y envés en hojas de eucalipto  
1. *E. tereticornis*, 2. *E. melanophloia*, 3. *E. camaldulensis*, 4. *E. tessellaris*.
5. Características de estomas presentes en haz y envés en hojas de eucalipto  
1. *E. microtheca*, 2. *E. crebra*, 3. *E. camaldulensis*, 4. *E. populnea*.
6. Ultraestructura de la hoja mostrando sus características de cera epicuticular y estomas, 1. *E. camaldulensis*, 2. *E. crebra*, a) haz y b) envés.
7. Ultraestructura de la hoja mostrando sus características de cera epicuticular y estomas, 1. *E. melanophloia*, 2. *E. microtheca*, a) haz y b) envés.
8. Ultraestructura de la hoja mostrando sus características de cera epicuticular y estomas, 1. *E. microtheca* 13548, 2. *E. populnea*, a) haz y b) envés.
9. Ultraestructura de la hoja mostrando sus características de cera epicuticular y estomas, 1. *E. tereticornis*, 2. *E. tessellaris*, a) haz y b) envés.
10. Ultraestructura de madera, 1. *E. crebra*, 2. *E. melanophloia*, a) corte longitudinal mostrando el tipo de radios, b) corte transversal mostrando el tipo de parénquima y poros.



## ÍNDICE DE FIGURAS

11. Ultraestructura de madera, 1. *E. microtheca* 13548, 2. *E. ochrophloia*,  
a) corte  
longitudinal mostrando el tipo de radios, b) corte transversal  
mostrando tipo  
de parénquima y poros.
12. Ultraestructura de la madera, 1. *E. populnea*, 2. *E. tessellaris*, a) corte  
longi-  
tudinal mostrando el tipo de radios, b) corte transversal mostrando el  
tipo de  
parénquima y poros.
13. Características de los elementos de vasos y fibra celular, en especies de  
eucalipto  
1. *E. camaldulensis*, 2. *E. crebra*.
14. Características de los elementos de vasos y fibra celular, en especies de  
eucalipto,  
1. *E. melanophloia*, 2. *E. microtheca*.
15. Características de los elementos de vasos y fibra celular, en especies de  
eucalipto,  
1. *E. microtheca* 13548, 2. *E. ochrophloia*.
16. Características de los elementos de vasos y fibra celular en especies de  
eucalipto,  
1. *E. tereticornis*, 2. *E. populnea*.
17. Características de los elementos de vasos y fibra celular en especies de  
eucalipto,  
1. *E. tessellaris*, 2. *E. ochrophloia*.



## RESUMEN:

Nueve especies del género *Eucalyptus*: *E. camaldulensis*, *E. crebra*, *E. melanophloia*, *E. microtheca*, *E. microtheca* 13548, *E. ochrophloia*, *E. populnea*, *E. tereticornis* y *E. tessellaris* adaptadas a las condiciones edafoclimáticas extremas del sureste de Nuevo León fueron objeto de un estudio sobre la morfoanatomía de las hojas y anatomía de las ramas secundarias.

Las especies fueron seleccionadas bajo un muestreo aleatorio simple de acuerdo con Cochran, (1990). Los resultados obtenidos se analizaron bajo la aplicación de paquetes estadísticos Statgraphics ver. 4.0 donde se efectuaron los análisis de varianza, regresiones y discriminantes sobre los diferentes atributos de hoja, xilema y madera. Por medio de un estudio morfológico comparativo de las hojas se determinó su gran variación tanto en la forma: grandes alargadas, pequeñas acorazonadas o grandes ovaladas, hasta angostas como cintas o muy anchas en su parte media, con el pecíolo muy prominente o bastante corto, como en el tamaño. En lo que se refiere al aspecto cuantitativo se midieron el largo y ancho de la hoja así como el largo del pecíolo, donde se observó diferencias altamente significativa ( $p < 0.01$ ) en estas variables; además se determinó que existen correlaciones positivas significativas ( $p < 0.01$ ) tanto entre el largo y el ancho de la hoja así como entre el largo del pecíolo y el ancho de la hoja.

En cuanto a la anatomía de hoja se utilizó el método de impresión (xilol y poliuretano sobre la epidermis de haz y envés), se elaboraron 5 laminillas por especie para observar al microscopio de luz el tipo de estomas, donde se

pudo observar que existe una gran variación en el tamaño de ellos y que éstos se presentaban abiertos en las especies *E.*

*camaldulensis*, *E. melanophloia* y *E. ochrophloia* y cerrados en *E. microtheca*, *E. populnea* y *E. tereticornis*, también, se presentó variación en los índices estomáticos tanto en haz como en envés, en la mayoría de las nueve especies se presentaron estomas en el haz y en el envés, excepto en *E. crebra* donde sólo se presentaron estomas en el envés lo cual nos manifiesta un carácter xerofítico de esta última. Se realizaron cortes de hoja para observarlos al microscopio electrónico de barrido tanto de haz como envés y se observó la presencia de cera epicuticular tubular, lisa y prismática (cristales) en cantidades que difieren entre haz y envés, así como entre las especies.

Con respecto a la anatomía de la madera a partir de ramas secundarias por el método de maceración (trozos pequeños de ramas en ácido nítrico y sometidos al calor) se obtuvo xilema secundario y se elaboraron 5 laminillas por especie donde se midieron las variables de largo y ancho de 100 vasos; así como el largo, ancho y grueso de la pared celular de 100 fibras. Encontrando gran diferencia entre las variables de vasos y fibras, pudimos observar vasos cortos en *E. microtheca* y otros bastante largos como en *E. tessellaris*, con lamina terminal inclinada o truncadas en línea recta lo cual nos permitió determinar el grado de evolución entre las especies. En el caso de las fibras también existe diferencia entre sus variables, fibras largas como en *E. populnea* y cortas en *E. melanophloia* y características muy particulares como: extremos agudos o redondeados y el tipo de puntiaduras.



Se realizaron fracturas de las ramas paralela y perpendicularmente a su eje longitudinal para exponer los haces vasculares y demás elementos de la madera y observarlos al microscopio electrónico de barrido de este modo pudimos observar los diferentes tipos de poros, grandes y ovalados en *E. tessellaris* o pequeños e irregulares en *E. melanophloia* así el parénquima paratraqueal por lo general es incompleto y los radios comúnmente uniseriados en todas las especies.



## INTRODUCCIÓN

Todas las especies del género *Eucalyptus* tienen gran importancia ecológica y económica a nivel mundial. Las plantas de eucalipto han sido introducidas desde principios de siglo y numerosas especies han logrado adaptarse a condiciones edafoclimáticas y humedad extrema de muchos países del mundo. Estas plantas han sido usadas en principio como barreras rompevientos en la protección del suelo de campos de cultivo, para reforestar distintas áreas consumidas por incendios y en forma ornamental (Baker, 1982) para oxigenar el medio ambiente y con fines estéticos (Hallam y Chambers, 1970).

En lo que se refiere a su importancia económica, sabemos del uso medicinal que tiene el eucalipto gracias al abundante contenido de aceites esenciales (Li-H *et al.*, 1994). También es conocido el gran valor que tiene su madera en la obtención de pulpa para la elaboración de papel, para hacer carbón, o bien para la fabricación de diversos productos, dependiendo de la dureza o suavidad que presente la madera (Gnanaharan, 1986). Existen plantaciones experimentales que han mostrado buenos resultados de crecimiento en diferentes zonas ecológicas del país (Sangri y Díaz, 1964; Reynders, 1970; De la Cruz y Zapien, 1978). Entre 1956 y 1967 en Tamuín, San Luis Potosí, se plantaron aproximadamente 2000 ha por parte de la empresa Fibracel, S.A. (Reynders, 1970; Vázquez, 1970; FAO, 1981), en estas plantaciones se utilizaron 69 especies y procedencias de eucalipto, en donde dominaron dos especies: *E. camaldulensis* y *E. tereticornis*, (Reynders, 1970; Sangri y Díaz, 1964). En 1968 se llevó a cabo la plantación de 30 especies de eucalipto en "la Saucedá", Ramos Arizpe, Coahuila en una zona árida del altiplano, después de dos años sólo sobrevivieron 10 especies, entre ellas *E. camaldulensis* con una altura de dos metros, (Reynders 1970, De la Cruz y Zapien, 1978). Acerca de las perspectivas para una extensión de plantaciones de eucalipto creemos que son favorables si consideramos la actual situación forestal en México,



tomando en cuenta que la producción anual se utiliza el 50% para obtener celulosa y papel y al mismo tiempo se importan 3 millones de m<sup>3</sup> en forma de celulosa y papel. Estas importaciones aumentan en un 7% anualmente, lo que significa una creciente fuga de divisas (Enríquez y Equihua, 1981 ; Zerecero y Pérez, 1981). Por lo anteriormente expuesto, es necesario contrarrestar el creciente déficit de productos maderables, especialmente en el sector de celulosa, papel, leña y carbón vegetal (Vázquez, 1978), utilizando especies de rápido crecimiento como *E. camaldulensis*, *E. microtheca*, *E. tereticornis* y *E. astringens* que han mostrado gran éxito en plantaciones forestales y con fines de protección debido a su gran tolerancia a la sequía y su desarrollo en suelos pobres podría significar una alternativa para la solución del problema y además para la reforestación de extensas áreas boscosas, que han sido explotadas o abandonadas, para combatir la pérdida de bosques y la creciente desertificación.

El porque del poco uso del eucalipto en programas forestales se entiende por las escasas actividades de reforestación realizadas en México, cuyos aspectos tanto técnicos como políticos y socioeconómicos fueron analizados en dos Reuniones Nacionales sobre Plantaciones Forestales (Bonilla y Ávila, 1981 ; Enríquez y Equihua, 1981).

Es por todo esto que vemos la necesidad de realizar un estudio sobre la anatomía de la madera y conocer que las especies de *Eucalyptus* son las más apropiadas para determinados usos como: la obtención de pulpa para papel, carbón vegetal, madera para la fabricación de distintos artículos, celulosa, etc., así como realizar un estudio morfoanatómico de las hojas que ayude a la taxonomía a la identificación de distintas especies y nos permita conocer los distintos usos que tienen las hojas como obtención de aceites esenciales, comida para animales en zoológicos, usos medicinales, elaboración de jarabes, fabricación de dulces, follaje para arreglos florales, etc. Por todo lo expuesto anteriormente podemos entender que el eucalipto presenta gran importancia desde el punto de vista económico, ecológico y social.



## ANTECEDENTES

### ORIGEN Y CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS DE LA FAMILIA MYRTACEAE

La familia Myrtaceae cuenta con aproximadamente 75 géneros y 3,000 especies de plantas maderables, con fragancia aromática, presenta distribución de tipo tropical particularmente de los trópicos de América y Australia; tienen uso ornamental, en algunos géneros son comestibles los frutos, algunas de las características sobresalientes de la familia son: hojas usualmente opuestas, persistentes, gruesas y enteras, peciolada y estipulada, más o menos pelúcida; flores bisexuales, regulares, solitarias en las axilas o en corimbos o racimos, comúnmente bracteadas con 4-5 sépalos (ausentes en *Eucalyptus*) libres, persistentes en el fruto, 4-5 pétalos imbricados, estambres muy numerosos dispuestos en fascículos y opuestos a los pétalos, ovario infero de una a muchas células, con uno o muchos óvulos en cada célula, placentación axilar, raramente parietal, con un solo estigma y estilo simple. Fruto en forma de baya, cápsula o drupa. La Familia Myrtaceae se distingue particularmente por la gran cantidad de glándulas internas que presentan en sus hojas de donde son secretados aceites aromáticos (Lawrence, 1951). Según Bessey (1915) el orden Myrtales al que pertenece la Familia Myrtaceae se origina a partir del orden Rosales y ocupa un nivel semiavanzado en la escala evolutiva en base a su simetría y posición del ovario.

### IMPORTANCIA ECONÓMICA DE LA FAMILIA MYRTACEAE

La familia Myrtaceae es de considerable importancia económica en el mundo, pero de importancia limitada en los Estados Unidos, en distintas partes del mundo algunos géneros son apreciados por sus frutos comestibles: *Psidium*, *Syzygium*, *Mirciaria*, *Eugenia*,



etc., algunas otras parecidas a especias aromáticas como el clavo, como *Syzygium aromaticum* y Pimienta racemosa, otros géneros que han sido cultivados introducidos como ornamentales en zonas cálidas, donde destaca *Eucalyptus* son cerca de 90 especies cultivadas en California, Estados Unidos (Lawrence, 1951).

### **CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS DEL GÉNERO *Eucalyptus***

Cuenta con cerca de 300 o más especies de arboles en Australia y Malasia. Es muy apreciada por su madera y como planta ornamental en regiones semitropicales y de temperatura bastante caliente. Las hojas en su mayoría alternadas y verticales, rígidas, venas pinadas, enteras. Las flores 3 o más, raramente solitarias, en umbelas o cabezas, receptáculo o calix tubular (campanulado); pétalos unidos con el calix forma una capa de la cual se dispone transversalmente; muchos estambres en varias series, usualmente libre; ovario con 3-6 células con numerosos óvulos en cada célula. Fruto encapsulado, loculos dehiscente, (*Eucalyptus* del griego, *Eu* verdadero y *calyptra* capsula), se refiere a los sépalos y pétalos que están unidos en forma de capa (Baker, 1982).

### **IMPORTANCIA ECONÓMICA DEL GÉNERO *Eucalyptus*.**

Se estudió el rendimiento en la producción de carbón vegetal derivado del eucalipto en comparación con el carbón de fuentes de turba, obteniéndose resultados relativamente satisfactorios (Silva, 1987). La producción anual de madera en México aumentó de 7 a 13 millones de metros cúbicos en los últimos 10 años, de éstos se utilizan 4 millones de m<sup>3</sup> para la producción de celulosa y papel. Al mismo tiempo se importan otros 3 millones de m<sup>3</sup> en forma de celulosa y papel. Estas importaciones aumentan en un 7% por año y significan una constante fuga de divisas de acuerdo con Enríquez y Equihua,



(1981); Zerecero y Pérez, (1981). Con la actual explosión demográfica se pronostica que para el año 2000 México tendrá una demanda de madera del orden de los 50 millones de m<sup>3</sup> y un déficit de 29 millones de m<sup>3</sup> por año (Sangri y Díaz, 1964; Pinto y González, 1971; Vázquez, 1978). Para contrarrestar el creciente déficit de productos maderables, especialmente en el sector de celulosa, papel, leña y carbón vegetal, se recomiendan plantaciones forestales comerciales con eucalipto en una escala de 35 a 45 mil hectáreas por año (Vázquez, 1981). Para detectar la presencia de aceites se estudió la composición química de las hojas de dos especies de eucalipto en la localidad de Tasmania, Australia. Los resultados obtenidos mostraron que las hojas jóvenes contienen mayor cantidad de aceites que las hojas adultas (Li-H *et al.*, 1994). Se realizaron estudios en Marruecos de 16 aceites esenciales del follaje de 15 especies de *Eucalyptus* y su efecto sobre nueve microorganismos que incluían: *Salmonella typhi*, *Klesbsiella spp.* *Streptococcus*, *A. proteus*, *Staphylococcus aureus*, se observaron el efecto medicinal, de los aceites y su comportamiento antibacterial y antimicrobial (Hmamouchi *et al.*, 1992). Se realizaron estudios comparativos sobre la actividad química y antibacterial de los aceites esenciales de hojas de híbridos de *Eucalyptus* como especies de rápido crecimiento FRI-4 y FRI-5. Los resultados obtenidos demostraron que todos los aceites actuaron sobre hongos y bacterias, se usaron en el experimento 6 especies distintas de cada uno de estos microbios (Chaudhari y Suri, 1991). Bao *et al.*, (1989) estudiaron la composición y realizaron una evaluación de los ingredientes nutritivos en las hojas de 25 especies de *Eucalyptus*, introducidas en el sur de China, mediante pruebas alimenticias en la dieta de cerdos. Se estudiaron los efectos de extractos de *Eucalyptus spp.* cuando se mezclaron con el medio de cultivo del suelo en suspensión y se observó que el crecimiento de colonias bacteriales fue inhibido; sin embargo, el crecimiento de las colonias de hongos no fue afectado, la extracción se realizó por medio de solventes orgánicos (Bruna *et al.*, 1989).



## CARACTERÍSTICAS TAXONÓMICAS

Como parte de un estudio taxonómico se seleccionaron 12 especies del género *Eucalyptus* para ser comparadas desde el punto de vista morfológico y composición de los aceites esenciales de las hojas, flores y frutos. Usando análisis espectral se vió que alphapinina, linonina, cineole (eucaliptol) y citronellol fueron identificados como los constituyentes más comunes en la mayoría de las especies (Erazo *et al.*, 1990). Boland, *et al.*(1986) realizó una investigación sobre la morfología de las flores del género *Eucalyptus*, la estructura y función del estilo y estigma, y su relación taxonómica de un total de 20 especies. Patrones de variación en *Eucalyptus globulus* son valorados por una combinación de estudios anteriores y este estudio con una colección reciente (principalmente de subespecie *globulus*) en Tasmania y Victoria. Se estudiaron cuatro grupos de poblaciones que están emparentadas entre sí, las subespecies son: *mailenii*, *pseudoglobulus*, *bicostata* y *globulus* (Jordan *et al.*, 1993). La importancia de los constituyentes volátiles de los aceites esenciales y su importancia taxonómica fue motivo de discusión en un estudio realizado en Canberra, Australia, (Brooker y Lassak, 1981). La relación taxonómica de insectos lepidópteros que atacan a determinadas especies de eucaliptos a sido objeto de estudio por investigadores en Minas Gerais, Brasil,(Anjos ; Santos ; y Zanuncio, 1987).

## ECOLOGÍA

Liu *et al.*,(1993) analizaron datos de crecimiento de *E. saligna* de una plantación experimental en Hawaii y Sud Africa, se determinaron relaciones entre rendimiento y tipo de suelo y entre clima y variables en el manejo de cultivo. Se investigaron características como crecimiento, espacio, fertilizantes, condiciones de siembra y diámetro de los árboles. La variable independiente usada fue el crecimiento, edad,



densidad de plantación, aplicación de nitrógeno como fertilizante, temperatura, nivel de precipitación, radiación solar, contenido de nitrógeno en el suelo, altitud y pH. Los mismos autores realizaron una investigación de los factores ecológicos y fisiológicos que afectan el establecimiento de plantas de eucalipto a partir de semilla. Con referencia particular a los bosques de Australia, entre estos factores podemos citar al agua, temperatura, luz; en algunos casos las semillas tienen patógenos, alelopatías, alta densidad. Los semilleros tienen un alto potencial de germinación y emergencia de la plantula. La mortalidad de las plantulas de eucalipto es atribuida a la deficiencia de agua, alta temperatura de la superficie del suelo, hongos patógenos, baja intensidad de luz, frío, nieve, fuego, granizo y alta densidad de las plantas de acuerdo con Stoneman, (1994).

#### DISTRIBUCIÓN

Las poblaciones del Género *Eucalyptus* es originario de Indonesia, Nueva Guinea y Australia, los cuales han sido distribuidos por todo el mundo (Pinyopusarerk et al., 1993). Es necesario el realizar una caracterización ecológica para *Eucalyptus*, tal como ha sido desarrollado en diferentes regiones del Brasil (Golfari, 1970, 1974 y 1975), quien estudió la acción medicinal y herbicida de 22 especies de *Eucalyptus* muy comunes en Uruguay. Desde principios de siglo se han plantado millones de eucaliptos en México, principalmente para fines de protección de suelos, como rompevientos y para la reforestación urbana (González, 1979, Bonilla y Avila, 1981). Entre 1956 y 1967 en Tamuín, S.L.P. se plantaron aproximadamente 2000 hectáreas por parte de la empresa Fibracel, S.A. (Reynders, 1970; Vázquez 1970; FAO 1981). Durante 1946-1976 se reforestaron 900 hectáreas con eucaliptos en cuencas de la presa Cointzio, en Michoacán (González, 1979). En las exitosas plantaciones de Fibracel, S.A. en San Luis Potosí, llevadas a cabo desde 1956 se utilizaron 69 especies de eucalipto, en donde dominan 2 especies: *E.camaldulensis* y *E.tereticornis* procedentes de Australia (Reynders,



1970 ; Sangri y Díaz, 1964). En 1968 se llevo a cabo la plantación de 30 especies de eucaliptos en la "Sauceda" Ramos Arizpe, Coahuila en una zona árida del altiplano, después de 2 años sólo sobrevivieron 2 especies, *E. camaldulensis* y *E. tereticornis* (Reynders, 1970 ; De la Cruz y Zapien, 1978). En las ciudades de Allende, Linares, General Terán y Montemorelos, Nuevo León existen árboles eucaliptos de 30 a 40 años de edad probablemente de la especie *E. tereticornis* (Foroughbakhch, 1984). Para estudiar el comportamiento de plantas del género *Eucalyptus* en 1983 se realizaron ensayos de introducción de 15 diferentes especies y procedencias de *Eucalyptus* en Linares N.L. (Foroughbakhch, 1984), dichas plantaciones a la fecha alcanzan una altura de 8 a 10 metros.

## **ESTUDIOS ESTRUCTURALES DE LA HOJA**

### **MORFOLOGÍA**

La estructura de la hoja nos puede servir para identificar las especies y procedencias ya que las diferencias anatómicas son muchas las cuales pudimos observar al microscopio electrónico y de luz, sin duda que estas diferencias podrán ayudar taxonómicamente a la identificación de las especies, por ejemplo se realizaron estudios sobre la morfología de las hojas, la venación y sus relaciones con la taxonomía del género *Eucalyptus* y de la familia *Myrtaceae* en cultivos de Canberra, Australia (Carr *et al.*, 1986). Se realizó un estudio sobre 22 especies de eucalipto y se reportaron datos sobre la altura de los árboles, color y forma de la hoja, fruto y flor, longitud de las ramas y el número de días durante los cuales el follaje se mantuvo fresco en agua a temperatura ambiente después de ser cortado. Bazzocchi *et al.*, (1987) reportaron que el follaje se mantuvo fresco durante 30 días. Mientras que en el caso de *E. maidenii* y *E. polanthemos* se

mantuvieron frescas durante 50 días. Este trabajo adquiere importancia ya que las hojas son utilizadas como alimento de diversas especies de animales en zoológicos del mundo. Se reportan datos sobre estudio de la morfología y relaciones hídricas de las hojas de *Eucalyptus globulus*, se investigaron los cambios diurnos del potencial hídrico de la hoja, grado de transpiración y la conductancia estomatal, las mediciones se hicieron en follaje de árboles de año y medio a dos años de edad, con 4 metros de altura y 56 cm de diámetro (Ito y Suzaki, 1990).

#### ANATOMÍA

Se realizaron estudios de la estructura de la cutícula, sección carimbose demostrando variación entre especies en morfología de epidermis de la hoja y estructura de las células subsidiarias de estoma para la identificación de especies (Carr y Carr, 1987). En Nueva Zelanda se realizaron estudios de ultraestructura de pared primaria en elementos de xilema de pecíolo, el microscopio de barrido demostró que la pared celular hidrolizada entre vasos y traqueidas difiere con relación a su composición química (Singh, 1987). Nautyal y Reynolds, (1988) estudiaron estomas de híbridos de eucalipto en Tarai India, donde las características de los estomas de ambas caras de la hoja fueron estudiadas por método de Callodion observaron la distribución tamaño y número de estomas abiertos. En las superficies abaxial y adaxial no se encontraron diferencias en el tamaño de los estomas, sin embargo, hay diferencia significativa entre diferentes árboles pero no en hojas de distinta edad, si existe diferencia entre diferentes árboles con respecto al número de estomas abiertos, los árboles que presentaban los estomas más pequeños fueron los más abiertos, el análisis de varianza indica que los árboles difieren significativamente ( $p < 0.05$ ) en las características estudiadas.



## CERA EPICUTICULAR

La cera epicuticular está presente sobre hojas juveniles y adultas de las especies de eucalipto, la cera estructuralmente se encuentra presente en forma de placas o tubos, también se presenta en forma mixta en la misma hoja (Hallan, 1964). La cera tubular sobre las hojas causa un reflejo de la luz el cual le da una apariencia tornasol que va del blanco al gris verde, este tono de colores y el tamaño pequeño de las hojas de algunas especies las hacen muy atractivas para la industria de la floricultura en expansión la cual exporta fuera de Australia con un total de \$27,750 millones de dólares al año en follaje de eucalipto usado para los arreglos florales, donde se puede usar el follaje fresco o seco preservado en glicerina. En eucálptos puede presentarse hojas opacas juveniles y adultas, como en *E. cinerea*; las hojas juveniles son opacas y las adultas son brillantes. En *E. globulus*; las juveniles y adultas son brillantes y en *E. regnans* generalmente la estructura cerosa es la misma, excepto en algunos casos como en *E. brevifolia* donde en las hojas adultas la cera es en forma de placa y en las hojas juveniles la cera es tubular (Hallam y Chambers, 1970). La importancia fisiológica de cera epicuticular fue reportada e incluida, así como sus funciones como repelencia hídrica (Jeffree *et al*, 1971). Baker, (1974); Jones y Sedgley, (1993) estudiaron el desarrollo físico en las plantas del género *Eucalyptus* en crecimiento en comparación con la estructura de la cera de algún otro género, y removieron la cera epicuticular ya que éste es un problema que baja la calidad y apariencia del follaje. En este estudio, la estructura epicuticular de la cera y el desarrollo de la hoja fué investigado en 18 especies de eucalipto, así como la regeneración de la cera epicuticular removida anteriormente. Las especies estudiadas fueron las que tienen mayor demanda en el mercado, estudios previos sobre eucalipto fueron hechos con material preservado y con hojas frescas (Hallam, 1964, 1970a, 1970b; Jones y Sedgley, 1993). Este tipo de estudios se efectuaron mediante el uso del microscopio electrónico de



registro del medio ambiente, con el cual se tiene la ventaja de que se ven las hojas frescas nuevas sin requerir de tratamiento previo, y la cera se muestra sin alteración en estado natural (Jeffree y Sandford, 1982). Freeman *et al*, (1979) al hacer una comparación de la cera epicuticular presente en áreas proximales y distales de la hoja de *Eucalyptus*, mostraron un cambio gradual de la estructura de la cera desde un estado amorfo en la base de la hoja a un estado más maduro de la cera en el ápice. Jeffree y Sandford, (1982) usando hojas de *Eucalyptus* congeladas rápidamente con nitrógeno líquido investigaron la estructura de la cera epicuticular en varios géneros incluyendo *Eucalyptus*, consideraron que la forma granular amorfa observada a bajas temperaturas (-90°C) en la superficie de la hoja fue por contaminación de la especie congelada, con partículas de hielo amorfas, lo cual no sucedió al observar material fresco al microscopio electrónico donde no se utilizó agua que se congelara sobre las hojas, en estos casos la cera fue de estructura tubular y se vieron formas cristalinas en depósitos amorfos. Esto hace pensar en una hipótesis previa (Weisner, 1871; Baker, 1974 y 1982) que la cera es secretada a la superficie de la hoja y es llevada al exterior por un solvente volátil, el cual se evapora y deja el depósito de cera sobre la hoja. Este fenómeno fue visto solamente en hojas muy pequeñas y jóvenes en estado de desarrollo y no fue observado durante la regeneración en hojas de 16 a 30 días de edad. Wirthenson y Sedgley, (1996) estudiaron la estructura epicuticular y su regeneración en hojas juveniles y adultas de 18 especies del género *Eucalyptus*, se observó una diferencia significativa en estructura epicuticular entre las diferentes especies y también en diferente posición de la hoja.

#### COMPOSICIÓN QUÍMICA DE CERA EPICUTICULAR

Entre los aspectos importantes de la cera epicuticular se incluyen su composición química, morfología y origen dentro de la misma hoja. La composición química de cera



tiene gran efecto sobre su estructura. La composición principal de cera epicuticular de diferentes especies de eucaliptos son una cadena Beta-dikitona larga y alcoholes primarios de cadena larga (Horn *et al*, 1964). Beta-dikitona de cadena larga está presente en cera de estructura tubular pero la cera primaria en forma de placa es rica en alcohol (Horn *et al*, 1964; Hallam y Chambers, 1970; Jeffree *et al*, 1976). Fueron reportadas las características físicas de aceites de 13 especies y subespecies sobre la composición química (principalmente terpenoides) para 9 especies en las cuales se produjeron aceites esenciales. Las relaciones de los aceites producidos con la taxonomía también han sido estudiadas (Lassak y Southwell, 1982). Se registraron estudios sobre los componentes de la cera de las hojas de varias especies de *Eucalyptus*, determinando el eucaliptin y el 8-desmethyl eucaliptin los que fueron aislados de la cera, indicando que el C-Metthyl es el flavonoide distintivo de la familia *Myrtaceae* (Courtney *et al*, 1983). Se estudiaron las características químicas de cera de hojas de eucalipto (Courtney *et al.*, 1983; Garrec *et al.*, 1995). Se reportó que fueron aislados 3 derivados del ácido ursólico de *E. tereticornis*, este ácido es un componente de gran valor medicinal y se propone que su producción en gran escala es posible en vista de la gran cantidad de hojas que se pueden producir en un área relativamente pequeña (Rameshwar , 1987). Se realizó un estudio sobre los constituyentes volátiles de las hojas de *E. exserta*, fueron analizados 68 muestra de las cuales 40 constituyeron el 96% de los aceites identificados a los cuales correspondieron el 44.8% a 1-8 cineole y el 37.14% Alfa-pinina que fueron los de mayor contenido (Gupta *et al.*, 1988). Se investigó el contenido de aceites esenciales en árboles de *E. citriodora* silvestre y cultivado, las hojas fueron colectadas en tres períodos diferentes de seis meses, un año y un año y medio. Los resultados indicaron que el aceite esencial citronellol se obtuvo en mayor cantidad en las hojas colectadas en los períodos de seis meses y un año en los árboles



en estado silvestre ya que en los árboles cultivados los resultados fueron muy pobres (Shiva *et al.*, 1988)

### **RESISTENCIA A FACTORES BIÓTICOS Y ABIÓTICOS**

Robinson *et al.*, (1993) estudiaron la reflexión de alta radiación. Se estudió la resistencia a patógenos vegetales por Royle, (1976). Kolattukudy, (1980) estudió la reducción de la transpiración cuticular. La resistencia al frío por los eucaliptos fueron estudiados por Bamber, (1955). Eigenbrode *et al.*, (1991) la resistencia a los insectos. La acción de distintos agentes que influyen en el crecimiento y desarrollo fueron determinados por Phellan y Miller, (1982).

### **ESTUDIOS ANATÓMICOS DE LA MADERA**

Actualmente la madera es un material muy usado para diferentes fines, es una de las materias primas que ofrece más variadas aplicaciones en la industria y continua siendo indispensable a pesar de la competencia de los metales, ya que en este campo es la única materia prima que puede ser restaurada, es más económica, más ligera, puede trabajarse con mayor facilidad y las estructuras de madera pueden ser reconstruidas fácilmente y trasladadas de un lugar a otro. De la madera se pueden obtener diversos productos como son: fibras textiles, pulpa para papel, carbón, lubricantes, combustibles para motores, productos medicinales, etc. En México, se cuenta con gran cantidad de especies maderables de muy buena calidad, las cuales son en la industria maderera un gran recurso explotable, y es aprovechado de diversas formas, actualmente se comienza a dar mayor importancia a las propiedades anatómicas de la madera, para hacer un mejor aprovechamiento de ella. Por lo que hay que profundizar los estudios en la anatomía de



la madera, ya que la composición del xilema secundario, la estructura y ordenación de sus elementos determinan las propiedades físicas de la madera y su uso comercial apropiado (Forsaith, 1926 ; Record, 1934). La madera de 13 especies tropicales de eucalipto fueron analizadas por propiedades físicas, anatómicas y químicas para la obtención de pulpa para papel fino, para la producción óptima de pulpa es recomendado que se incremente la densidad básica, el grueso de la pared celular, longitud de la fibra. Se ha visto que conforme se incrementa la longitud de la fibra el contenido de lignina de la pared celular se reduce (Foelkel *et al.*,1981). Hasuike *et al.*, (1982) reportaron estudios sobre la anatomía de la madera, los tipos de fibra en relación con la pulpa para papel presentando una breve discusión sobre la aplicación y evaluación de la longitud de las fibras de *E. grandis* y *E. maculata*. Se tabularon datos sobre las dimensiones de fibra: longitud, diámetro y grueso de la pared celular y los valores derivados fueron: medidas de radios, coeficiente de flexibilidad y longitud relativa de la fibra. Todo ello se realizó en algunos ejemplares de *E.camaldulensis*, así como especies de bambú y pastos. Se observó que las fibras de la parte superior de los árboles de eucalipto fueron menos fuertes y menos apropiadas para la fabricación de papel que las fibras de las partes bajas del árbol (Siddique y Chowdhury, 1982). Barrichelo *et al.*,(1983) realizaron estudios sobre ejemplares de *E. grandis* tomadas de 8 diferentes provincias distantes y opuestas del Brasil. Se demostró que existía una fuerte correlación entre la densidad básica y de madera suave y de duramen. Se realizaron estudios sobre la anatomía de la madera, producción de pulpa para la fabricación de papel y variación en la anatomía del eucalipto, se presentó como conclusión general que la madera de árboles jóvenes de baja densidad y fibras cortas producen mejor pulpa para la fabricación de papel que la madera de árboles viejos (Bamber,1985). Garland *et al.*, (1986) estudiaron y determinaron la composición química de duramen y madera suave de diferentes especies en Australia, y se encontraron que existe variación en la cantidad de



lignina y su relación con la oxidación de la madera. Gnanaharan, (1986) en un estudio realizado en la India se reportó importantes datos sobre las propiedades de la madera de eucalipto como densidad relativa, resistencia, permeabilidad, durabilidad y usos, construcción de productos de madera, obtención de aceites esenciales y otras sustancias químicas. Existe suficiente información sobre la calidad y cantidad de aceites que se pueden obtener de dos especies de *Eucalyptus* como *tereticornis* y *citriodora*. Gonzalez *et al*, (1986) en investigaciones sobre calidad de la madera de eucalipto se han visto que las plantas más jóvenes de 2 a 5 años, la pulpa es de mejor calidad que la de 7 años o más. Existen diferencias del tamaño de la fibra y en el contenido de celulosa y pentosa en plantas de diferente edad. El contenido de lignina es más alto en los árboles de mayor edad que en los jóvenes. Nasroun y Elzaki, (1987) estudiaron la relación entre la estructura anatómica y propiedades mecánicas de la madera en el Sudán determinando el tipo de vasos y fibras, parénquima y radios, se realizaron análisis de regresión entre mediciones anatómicas y medición mecánica, y concluyendo que los factores más importantes que influyeron sobre gravedad específica y propiedades mecánicas (compresión, fuerza y dureza) volumen de materia, grosor de pared celular, longitud de fibra promedio y diámetro de fibra, en adición a gravedad específica que fue relacionada con el volumen de radios y dureza, así como fuerza con volumen de fibras. En un estudio de propiedades físicas de madera en tallos de 3 regiones con *E. saligna*. Se investigó en dos grupos de árboles de eucalipto de 25, 40, 55 y 70 años de edad, la dureza, densidad con relación a la pared celular de fibras y radios, se encontró una correlación positiva con referencia a la dureza y densidad, mientras que entre deformaciones de la pared celular y la densidad, la correlación fue negativa, (Wilkins y Ghali, 1987). En una investigación sobre calidad de la madera de 5 especies de eucalipto en Brasil, las especies provenían de distintas regiones de Australia, se mostró que no existe diferencia significativa en porcentaje de lignina y producción de carbón. Sin



embargo, en la densidad de la madera de distintas regiones, si hubo diferencia significativa (Pereira *et al*, 1988). De acuerdo a las características morfológicas, el tipo de puntuaciones, inclinación y dimensión (largo y ancho) de los vasos, podemos conocer los caracteres evolutivos de las especies de las plantas, ya que las especies que presentan vasos largos, delgados y muy inclinados en la parte terminal son más primitivos en comparación con las especies que presentan vasos cortos, anchos y truncados. Con respecto a las puntuaciones de la pared de los vasos, las especies más primitivas tienen poros de tipo escaleriforme y gradualmente evolucionan de opuestas a alternas, estas últimas son las más avanzadas. Una de las más importantes contribuciones en el estudio de la anatomía de madera es en relación a la taxonomía, ya que nos permite identificar a las especies maderables en base a los caracteres de los componentes anatómicos de cada especie. El estudio de la anatomía de madera nos permite correlacionar las propiedades físicas de la madera como resistencia, dureza y flexibilidad, con respecto a los componentes anatómicos, por lo tanto, el estudio de la anatomía de madera puede servir como una guía para determinar la calidad y utilidad de la madera (Bailey, 1957).

## IMPORTANCIA

El estudio morfoanatómico de las hojas de las distintas especies, nos permite conocer las diferencias a nivel de especie entre los tejidos; epidérmico, en empalizada y esponjoso. Conociendo el gran valor económico del género *Eucalyptus*, el cual se puede explotar en gran escala para obtener enormes cantidades de madera, celulosa, papel y extractos químicos. Es de relevante importancia conocer la estructura morfoanatómica de la madera realizando un estudio microscópico de los tipos de vasos y fibras celulares que la forman. Así también de acuerdo a las características morfológicas, el tipo de puntuaciones, inclinación y dimensión de los vasos ; podemos conocer los caracteres evolutivos de las distintas especies. Una de las contribuciones más importantes del estudio de la anatomía de madera es en relación a la taxonomía; ya que nos permite identificar las especies maderables en base a los caracteres de los componentes anatómicos de cada especie.

## ORIGINALIDAD

Es un hecho que existe gran información sobre la taxonomía del género *Eucalyptus*, sin embargo, no existe información sobre la caracterización de la hoja y el xilema secundario que puedan ayudar a resolver problemas de tipo taxonómico, así como determinar la adaptabilidad y productividad de las especies en condiciones edafoclimáticas extremas.



## **HIPÓTESIS**

Existe variabilidad entre las distintas especies de *Eucalyptus* desde el punto de vista de características morfoanatómicas de la hoja y xilema secundario que pueden relacionarse con su delimitación taxonómica, evolutiva y el valor económico de las especies.

## **OBJETIVO GENERAL**

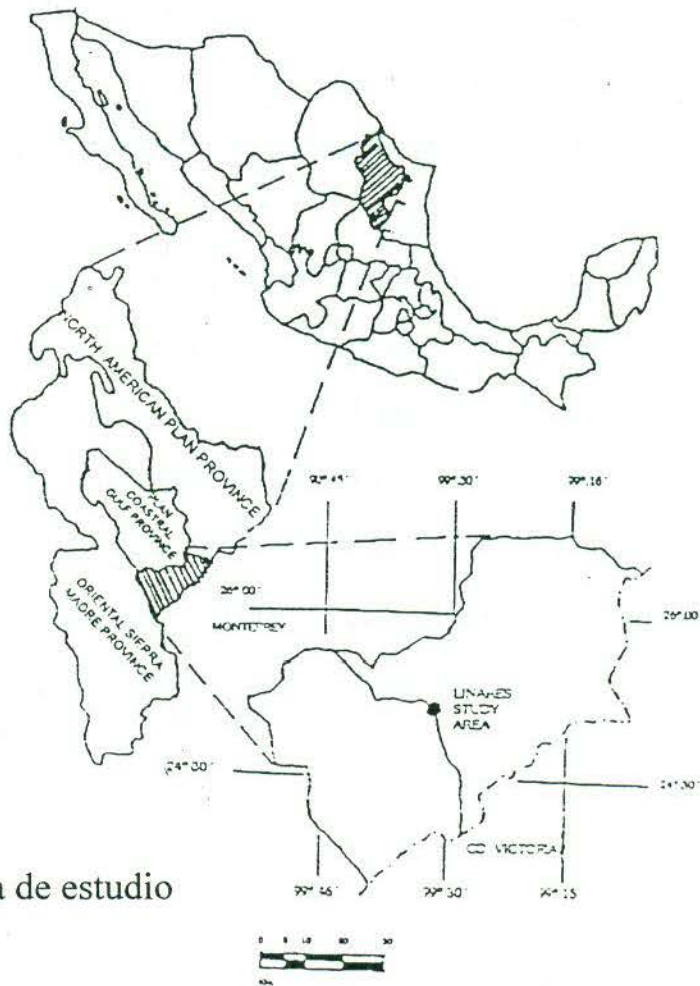
Determinar las características cualitativas y cuantitativas de la hoja y de madera para establecer su relación y delimitación taxonómica de diferentes especies del género *Eucalyptus*.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- 1.- Hacer una descripción morfoanatómica cualitativa y cuantitativa de la hoja y establecer un análisis estructural para la agrupación de especies en base a su similitud o diversidad.
- 2.- Realizar un estudio microscópico ultraestructural de la superficie de la hoja, con el fin de hacer una caracterización cualitativa de los componentes estructurales epicuticulares del haz y envés, con referencia especial al tipo de estomas, glándulas, tricomas y cera epicuticular.
- 3.- Realizar una caracterización cualitativa y cuantitativa del xilema secundario y establecer sus relaciones taxonómicas, evolutivas y utilidad de la madera.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología consiste en su primera fase en conocer y describir el área de estudio, ésta se encuentra localizada en Linares, Nuevo León, municipio situado en el sur del estado (mapa 1), donde se encuentran las especies de eucalipto objeto de este estudio como resultado de una investigación previa sobre adaptación y supervivencia a condiciones edafoclimáticas extremas. El área de estudio está localizada en el campo experimental de la Universidad Autónoma de Nuevo León cuyas coordenadas geográficas son  $24^{\circ} 47'$  latitud norte,  $99^{\circ} 32'$  longitud oeste y con una altitud de 435 msnm.



Mapa 1. Ubicación del área de estudio



El tipo de suelo es un vertisol de origen aluvio-coluvial de la planicie, muy profundo, de textura arcillo limoso, que presenta quebradizo durante la época de sequía. El pH oscila entre 7.9 y 8.5. Los valores de la materia orgánica, de nitrógeno y potasio altos en el horizonte superior, sufren una fuerte baja hacia los estratos inferiores. Los valores de fósforo son bajos, en general, el suelo presenta condiciones favorables para plantaciones de eucalipto.

El clima de Linares se clasifica como semicálido-subhúmedo con dos épocas de lluvia en verano, y otoño, y con dos épocas de sequía. La precipitación anual es de 749 mm, de la cual 594 mm caen entre mayo y octubre, y 155 mm entre noviembre y abril. La temperatura media anual es de 22.3° C con oscilaciones muy fuertes. Temperaturas extremas arriba de 40° C en el verano y las heladas en el invierno en ocasiones llegan hasta -10° C.

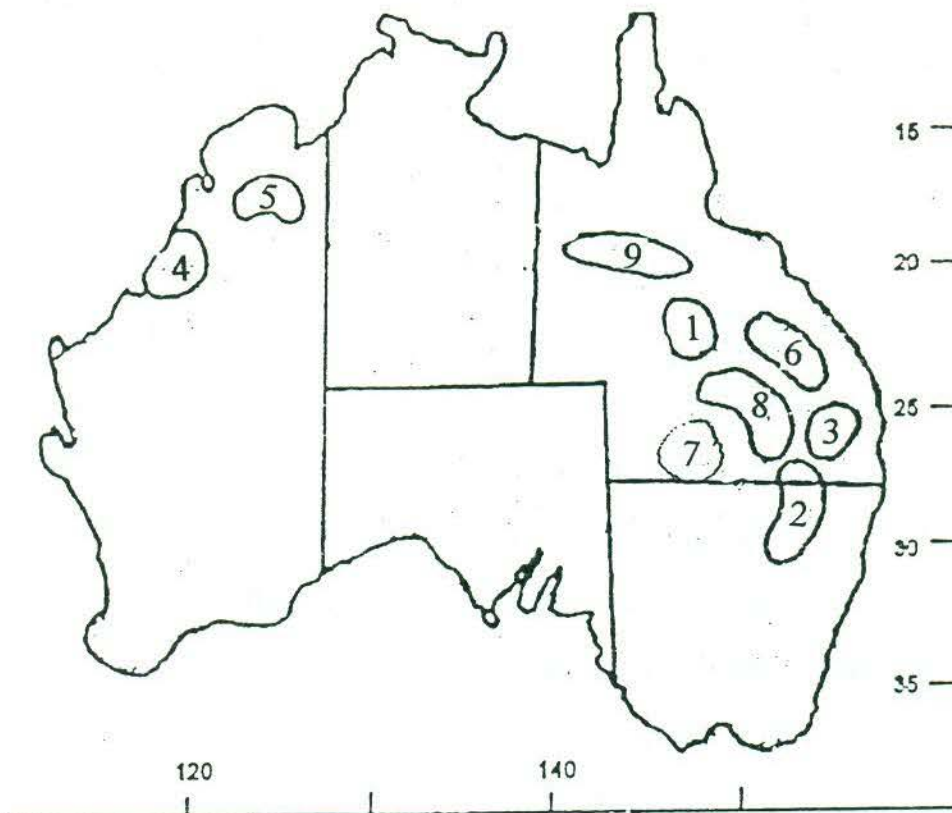
Para el estudio sobre el comportamiento y adaptabilidad a las condiciones edafoclimáticas mencionadas se seleccionaron 15 especies y procedencias de eucalipto bajo un diseño experimental de bloques incompletos al azar con 4 repeticiones para cada una de acuerdo con Zar (1996). De las 15 especies establecidas 9 de ellas fueron seleccionadas bajo un muestreo aleatorio simple de acuerdo con Cochran, (1990) cuadro 1. Los árboles que encontramos en el área son frondosos, vigorosos, con diferentes tonos de color verde y de gran tamaño, miden aproximadamente entre 8 y 10 metros.

**Cuadro 1.** Especies del género *Eucalyptus*, seleccionadas para el estudio y su lugar de origen.

<b>ESPECIE</b>	<b>LOCALIDAD</b>
<i>E. camaldulensis</i> Dehnh	Gilvert River, Queensland
<i>E. crebra</i> Dehnh	Torrens Creeck, Queensland
<i>E. melanophloia</i> Dehnh	N. de Charlesville, Queensland
<i>E. microtheca</i> F. Muell	Kununurra, Western Australia
<i>E. microtheca</i> 13548 F. Muell	R' Hampton Rececource, Queensland
<i>E. ochrophloia</i> F. Muell	Sur de Quilpie, Queensland
<i>E. populnea</i> Dehnh	Sur de Quilpie, Queensland
<i>E. tereticornis</i> Sm.	Norte de Mareeba, Queensland
<i>E. tessellaris</i> Dehnh	N.O. de Mareeba, Queensland



La selección de las especies para el noreste de México se realizó por SCIRO, Australia y el FAO tomando en cuenta las condiciones climáticas extremas y suelo marginal de dichas zonas (mapa 2).



**Mapa 2.** Origen y distribución de las nueve especies del género *Eucalyptus* en Australia.

De las especies seleccionadas se realizó un muestreo aleatorio simple, de plantas y ramas el cual consistió en tomar aleatoriamente de 3 a 5 árboles sobre los cuales se seleccionaron hojas y ramas secundarias cuyo diámetro osciló entre 5 y 8 cm se colocaron en la prensa y con esto se dio por terminada la primera fase.

La segunda fase correspondió a las actividades a nivel de laboratorio donde se realizó la determinación de las características morfológicas de las hojas, medidas de parámetros de crecimiento: ancho y largo de hojas y largo del pecíolo. En ésta misma fase, también

se aplicó la técnica de impresión en la hoja y cortes transversales de la misma con el propósito de observar al microscopio óptico las estructuras presentes en haz y envés determinando número de estomas y las células epidérmicas.

El estudio morfoanatómico de la madera se realizó sobre pequeños trozos de ramas de 2 cm de diámetro aproximadamente, se utilizó la técnica de maceración colocando los pequeños trozos de madera en un tubo de ensayo con ácido nítrico y se sometió al calor de la flama del mechero, con el material obtenido se elaboraron 5 laminillas por especie en donde se midieron 100 vasos y 100 fibras por especie, en las dimensiones de largo y ancho para ambos. En el caso de las fibras, también se midió el grosor de la pared celular, para realizar la medición se utilizó un microscopio de luz con micrómetro ocular. Los resultados obtenidos fueron analizados bajo la aplicación de paquetes estadísticos: "Statgraphics vers. 4.0" y S.P.S.S. donde se efectuaron el análisis de varianza, para detectar diferencias significativas entre y dentro de las especies en lo que corresponde a las variables morfológicas y morfoanatómicas. Los valores promedio de dichas variables fueron comparadas mediante la aplicación de prueba de Tukey (Zar, 1996). Para determinar las relaciones funcionales entre diferentes variables morfoanatómicas se procedió a análisis de regresión y correlaciones múltiples

Utilizando la técnica de secado al aire libre para la observación de las hojas al microscopio electrónico de barrido (MEB), se procedió a hacer dos cortes por hoja; uno para observar el haz y el otro el envés, se montaron en cilindros de aluminio y se cubrieron con oro mediante un recubridor iónico Balzers. Se procedió a observar la estructura superficial de haz y envés en un M.E.B. ISI Nini-SEM a 15 KV de energía de aceleración. Al realizar la observación se seleccionó el área apropiada y se tomó fotografía con cámara Polaroid con película Polapan Pro 100, magnificación 1000x.



Para realizar la observación de ramas al microscopio electrónico de barrido (MEB), tomamos pequeños trozos (2 cm aprox.) de las ramas secundarias y de estos procedimos a hacer fracturas longitudinales y transversales con ayuda de navajas de acero inoxidable, se procedió a realizar la técnica antes mencionada, (magnificación 200x).

## RESULTADOS

### Descripción general de las características morfoanatómicas de las hojas de especies del género *Eucalyptus*.

Al realizar el estudio de nueve especies del género *Eucalyptus* se evaluaron diferentes características morfoanatómicas, observándose un alto grado de variación foliar en forma, tamaño, tipo de borde, ápice, base y largo de pecíolo, (fig.1). De acuerdo a las características biológicas (genéticas, morfológicas) de cada especie y en base a los resultados obtenidos sobre las características morfoanatómicas, no existen relaciones dependientes entre las especies, por lo tanto se dará a conocer dichas características en forma independiente para cada especie.

*E. camaldulensis* .(fig.1) se destacan las hojas de ésta especie por ser las más grandes con una longitud promedio de 20.29 cm; forma lanceolada y curvada en su vena central; ápice agudo y base cuneiforme. Son hojas angostas con una medida de ancho en promedio de 1.75 cm; el margen es entero, en cuanto a su textura son delgadas y suaves al tacto; pecíolo bien definido con una longitud promedio de 1.77 cm; color verde brillante en el haz y verde grisáceo en el envés.

*E. crebra* (fig.1): las hojas se encuentran entre las medianas de las nueve especies de eucalipto con una longitud de 11.10 cm ; forma lanceolada; ápice agudo y base peciolada; son hojas anchas con relación a su longitud, su medida promedio en ancho es de 2.25 cm; su margen es entero ligeramente ondulado; la textura se presenta gruesa y poco coriacea;



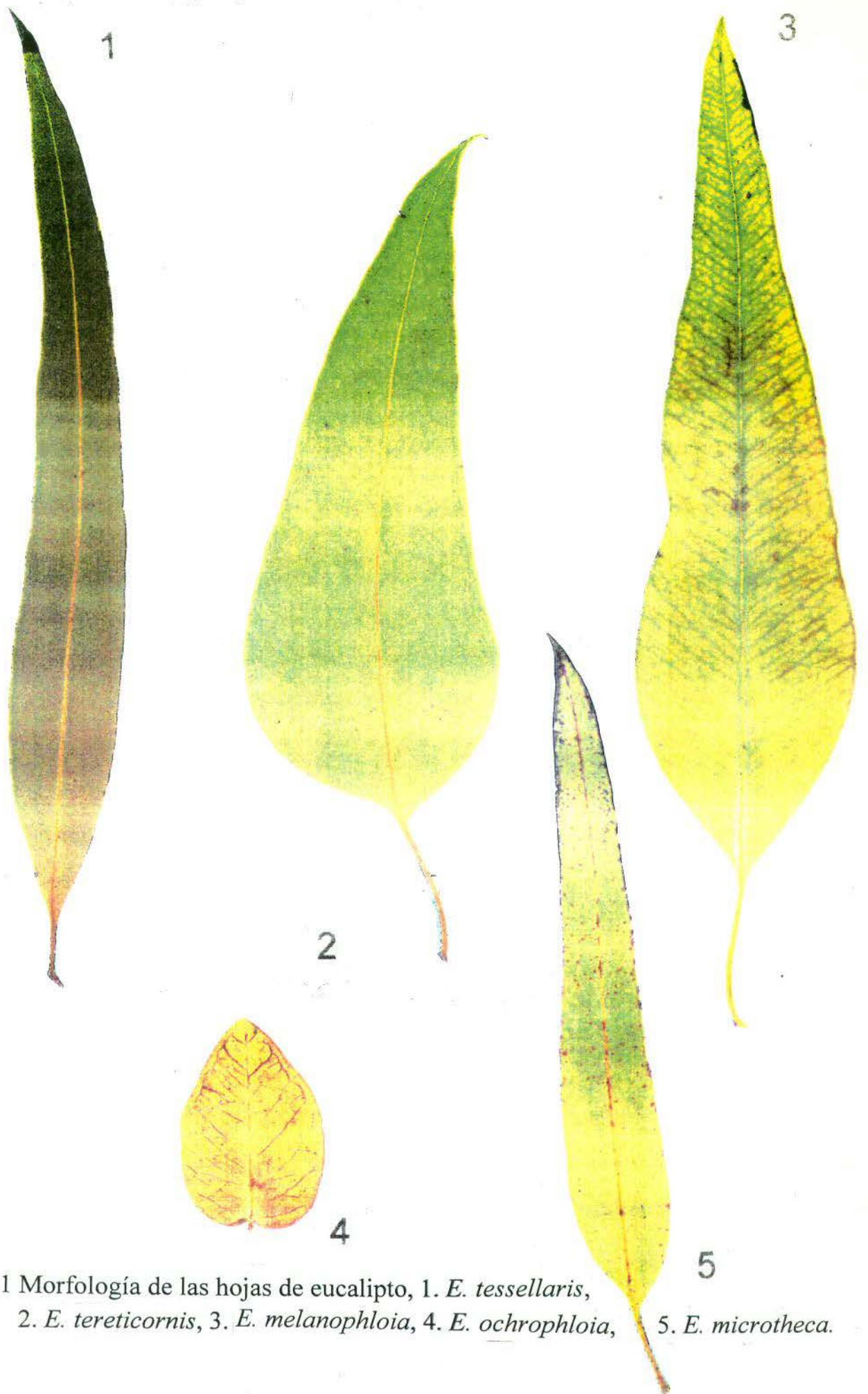


Fig. 1 Morfología de las hojas de eucalipto, 1. *E. tessellaris*,  
2. *E. tereticornis*, 3. *E. melanophloia*, 4. *E. ochrophloia*, 5. *E. microtheca*.

pecíolo corto con una longitud promedio de 1.20 cm; color verde-pardo en el haz y verde claro en el envés.

*E. melanophloia* .(fig.2) presenta hojas grandes con una longitud de 17.26 cm; forma rombica; ápice agudo y base peciolada; son hojas bastante anchas midiendo en promedio 3.37 cm; margen entero y ondulado sin presencia de cortes; textura delgada y lisa; pecíolo muy prominente con una longitud promedio de 2.51 cm ; color verde pálido y brillante en el haz y de igual color pero opaco en el envés.

*E. microtheca* .(fig.2) sus hojas son de tamaño medio entre las especies su longitud promedio es de 14.44 cm; forma lanceolada recta; ápice aguda y base peciolada; son hojas angostas midiendo de ancho en promedio 1.94 cm; margen entero y liso; su textura es delgada y ligeramente lisa; su pecíolo muy destacado con una longitud de 1.66 cm ; color verde pálido y con cierto brillo en el haz y el mismo color además de opaco en el envés.

*E. microtheca 13548* .(fig.1) hojas de tamaño medio entre las nueve especies de eucalipto su longitud promedio es de 16.70 cm; forma lanceolada y curvada en su vena central; ápice agudo y base peciolada o cuneiforme; tienen una medida de ancho promedio de 2.14 cm; margen entero y ligeramente ondulado; textura medianamente gruesa y apergaminada; pecíolo bien definido con una longitud promedio de 1.44 cm; color verde oscuro y brillante en el haz y verde claro opaco en el envés.

*E. ochrophloia* .(fig.2) se caracteriza ésta especie por tener las hojas más pequeñas de las nueve especies estudiadas con una longitud de 4.14 cm; forma ovalada; ápice redondo y base reniforme; son hojas anchas con respecto a su longitud, midiendo de ancho promedio 2.74 cm; margen entero; su textura es gruesa y apergaminada; su pecíolo es bastante corto



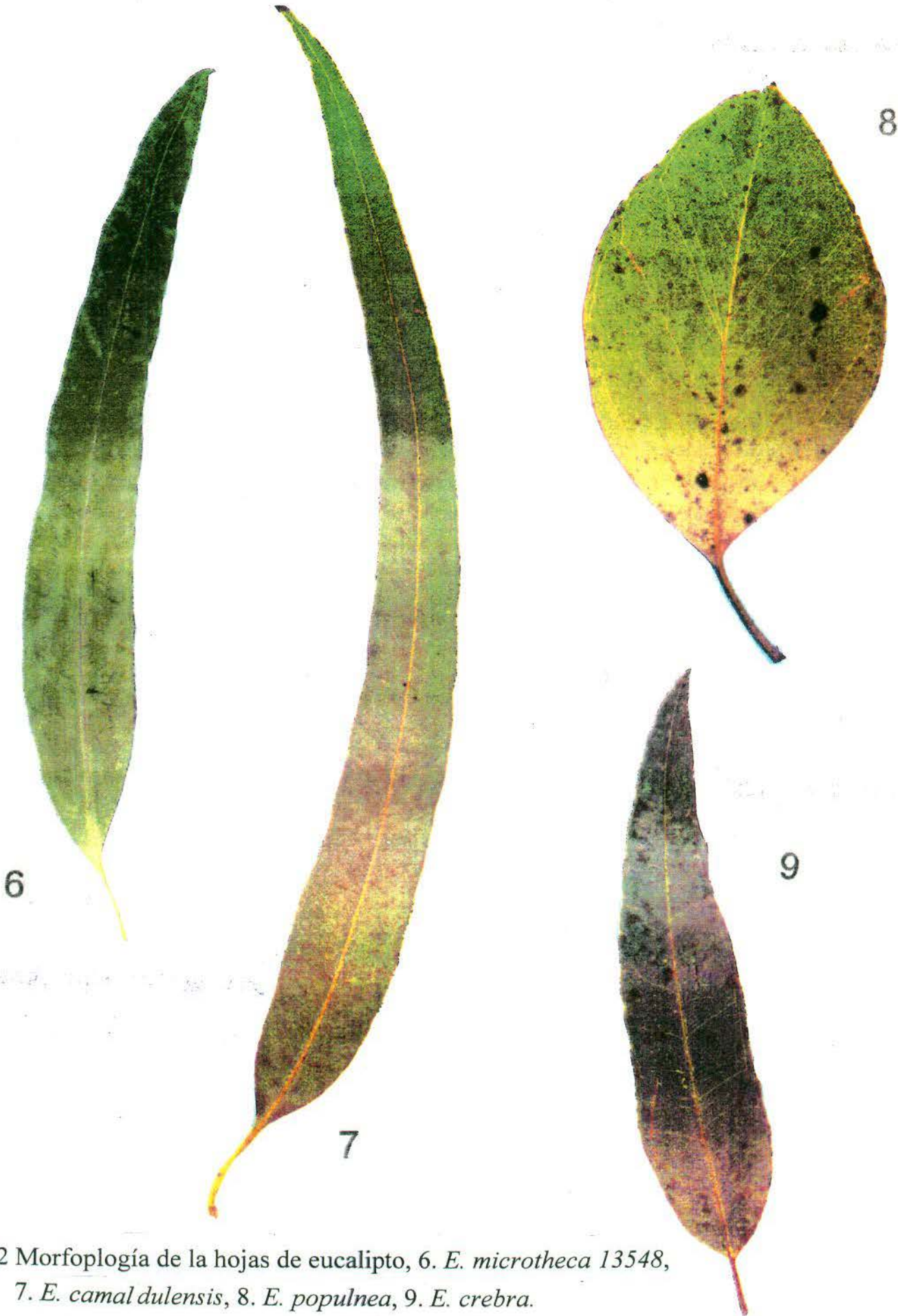


Fig. 2 Morfoplogía de la hojas de eucalipto, 6. *E. microtheca* 13548, 7. *E. camaldulensis*, 8. *E. populnea*, 9. *E. crebra*.

teniendo una longitud promedio de 0.16 cm; son de un color verde amarillentas brillantes en el haz y verde opacas en el envés.

*E. populnea* .(fig.1) hojas de tamaño medio entre las nueve especies de eucalipto con una longitud de 10.99 cm; de forma rombica; ápice agudo y base peciolada; son hojas sumamente anchas su medida promedio es 4.87 cm; margen cerrado en la parte superior y entero en la parte media inferior; textura gruesa y coriacea; pecíolo grande con una longitud promedio de 2.82 cm; color verde brillante con manchas amarillentas en la parte inferior por el haz y verde sin brillo en el envés.

*E. tereticornis* .(fig.2) las hojas son grandes con un promedio de 10.69 cm; forma rombica ligeramente curvadas en su vena central de la base al ápice; este es agudo y base peciolada; son hojas muy anchas en su parte media y base su medida promedio de ancho es 4.81 cm; margen entero; textura, son hojas un poco gruesas y suaves al tacto; peciolo muy prominente con una longitud promedio de 2.79 cm; color verde claro y brillante en el haz y el mismo color pero opaco en el envés.

*E. tessellaris* (fig.2). con hojas grandes y alargadas de una longitud promedio de 18.16 cm; forma lanceolada; ápice agudo y base cuneiforme. Son hojas un poco anchas teniendo como medida promedio 1.73 cm; margen entero ligeramente ondulado; su textura es delgada y apergaminada; peciolo con una longitud promedio de 0.96 cm; el color es verde oscuro en el haz y verde claro en el envés.



**CARACTERISTICAS CUANTITATIVAS DE LAS HOJAS EN ESPECIES DE *Eucalyptus*.**

**Cuadro 2.** Comparación múltiple entre los valores promedio y su desviación estándar de parámetros de hojas.(centímetros)

ESPECIES	LARGO	ANCHO	L. DE PEC.
<i>E. camaldulensis</i>	20.29 $\pm$ 0.47 a*	1.75 $\pm$ 0.06 e	1.77 $\pm$ 0.06 b
<i>E. crebra</i>	11.10 $\pm$ 0.41 d	2.25 $\pm$ 0.10 d	1.20 $\pm$ 0.10 de
<i>E. melanophloia</i>	17.26 $\pm$ 0.52 b	3.37 $\pm$ 0.09 b	2.51 $\pm$ 0.08a
<i>E. microtheca</i>	14.44 $\pm$ 0.27 c	1.94 $\pm$ 0.05 de	1.66 $\pm$ 0.05 bc
<i>E. microtheca 13548</i>	16.70 $\pm$ 0.47 b	2.14 $\pm$ 0.05 de	1.44 $\pm$ 0.05 c
<i>E. ochrophloia</i>	4.14 $\pm$ 0.12 e	2.14 $\pm$ 0.13 c	0.16 $\pm$ 0.01 f
<i>E. populnea</i>	10.99 $\pm$ 0.21 d	4.87 $\pm$ 0.13 a	2.82 $\pm$ 0.07 a
<i>E. tereticornis</i>	10.69 $\pm$ 0.48 c	4.81 $\pm$ 0.11 a	2.79 $\pm$ 0.09 a
<i>E. tessellaris</i>	18.16 $\pm$ 0.53 b	1.73 $\pm$ 0.05 e	0.96 $\pm$ 0.08 e

\* Letras diferentes indican diferencias significativas con una probabilidad ( $p < 0.05$ ).

El cuadro 2 muestra la comparación múltiple entre los valores promedio y su desviación estándar de diferentes parámetros de hojas de las especies de eucalipto bajo el estudio, donde la especie *E. camaldulensis* presenta el valor más alto en el largo de la hoja con 20.29 cm en comparación a *E. ochrophloia* con un valor mínimo con 4.14 cm *E. populnea* demostró el valor máximo para el ancho de las hojas (4.87 cm) en comparación

*E. tessellaris* con un valor mínimo de 1.73 cm en cuanto al pecíolo *E. populnea* presentó el valor máximo con 2.82 cm y *E. ochrophloia* el mínimo con 0.16 cm

El análisis de varianza sobre las variables morfológicas de hojas muestra diferencias altamente significativas ( $p < 0.01$ ) entre especies estudiadas; demostrando así la existencia de una amplia variabilidad entre la morfología de las hojas. Los coeficientes relativos de variación oscilaron entre 13.1% para el largo y 19.5% para el pecíolo, como indica el Cuadro 3.

**Cuadro 3** Análisis de varianza sobre diferentes parámetros de hojas del género *Eucalyptus*.

F. DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	FC	C.V.
Largo, (cm)	8	136.673 **	13.10 %
Ancho, (cm)	8	163.892 **	15.27 %
L. de pecíolo, (cm)	8	144.303 **	19.47 %

Las comparaciones de las medias mediante la prueba de Tukey (Zar, 1996) para largo, ancho de la hoja y largo de pecíolo ponen en evidencia que las nueve especies se clasifican morfológicamente en 5 grupos homogéneos para la variable de largo, 6 para el ancho y 7 para largo de pecíolo.

Con respecto a la correlación entre las diferentes variables de las hojas encontramos que existe una correlación significativa ( $p < 0.05$ ) entre largo de la hoja y largo de pecíolo ( $r = 0.4$ ), así como entre el largo de pecíolo y ancho de la hoja donde ( $r = 0.64$ ).



**Cuadro 4** .- Número de estomas por área (40X), índice estomático y proporción de índices estomáticos haz/envés

ESPECIE	#DE ESTOMAS. EN HAZ	ÍNDICE ESTOMÁTICO. PROMEDIO	#DE ESTOMAS EN ENVÉS	INDICE ESTOMÁTICO PROMEDIO	PROP. DE HAZ/ENVÉS
<i>E. camaldulensis</i>	18	17 %	18	15%	1.13
<i>E. crebra</i>	0	0	91	23	0
<i>E. melanophloia</i>	26	21	35	28	0.75
<i>E. microtheca</i>	15	15	21	23	0.65
<i>E. microtheca</i> <sub>13548</sub>	29	26	31	24	1.08
<i>E. ochrophloia</i>	14	16	30	23	0.69
<i>E. populnea</i>	15	15	20	16	0.93
<i>E. tereticornis</i>	27	21	40	33	0.63
<i>E. tessellaris</i>	31	25	40	30	0.83

En el cuadro 4 podemos observar que en la mayoría de las especies la presencia de estomas es mayor en el envés que en el haz, así mismo se puede constatar que la especie *E. tessellaris* muestra los máximos índices estomáticos tanto en el haz como en el envés con 25% y 30% respectivamente y las especies *E. microtheca*, *E. populnea* y *E. camaldulensis* presentan los índices menores con 15%.



Fig. 3. Epidermis de la hoja de eucalipto mostrando los estomas anisocíticos característicos del género *Eucalyptus*



**Cuadro 5.** Comparación múltiple de los valores promedio y su desviación estándar de parámetros de estomas presentes en el haz de la hoja de diferentes especies de eucalipto. Medidas tomadas en  $\mu\text{m}$ .

ESPECIE	HAZ- LARGO	HAZ-ANCHO
<i>E. camaldulensis</i>	23.84 $\pm$ 0.41b	19.71 $\pm$ 0.24b
<i>E. crebra</i>	0	0
<i>E. melanophloia</i>	18.34 $\pm$ 0.25d	11.49 $\pm$ 0.14f
<i>E. microtheca</i>	21.57 $\pm$ 0.21c	14.85 $\pm$ 0.15d
<i>E. microtheca</i> 13548	16.04 $\pm$ 0.30e	13.97 $\pm$ 0.28e
<i>E. ochrophloia</i>	19.32 $\pm$ 0.30d	13.20 $\pm$ 0.26e
<i>E. populnea</i>	29.14 $\pm$ 0.29a	20.43 $\pm$ 0.18b
<i>E. tereticornis</i>	23.06 $\pm$ 0.26b	16.46 $\pm$ 0.25c
<i>E. tessellaris</i>	14.80 $\pm$ 0.14e	11.37 $\pm$ 0.15f

El cuadro 5. muestra la comparación de parámetros y la desviación estándar de estomas presentes en el haz de la hoja de nueve especies del género *Eucalyptus*, donde para la variable de largo las especies *E. crebra* y *E. Populnea* (fig.5) muestran los valores máximos con 29.63 y 29.14  $\mu\text{m}$  respectivamente y las especies *E. tessellaris* el valor mínimo con 14.80  $\mu\text{m}$ . Para el ancho del estoma la especie *E. crebra* muestra el valor máximo con 22.42  $\mu\text{m}$  y las especies *E. melanophloia* y *E. tessellaris* (fig.4) los valores mínimos con 11.49 y 11.37  $\mu\text{m}$  respectivamente.

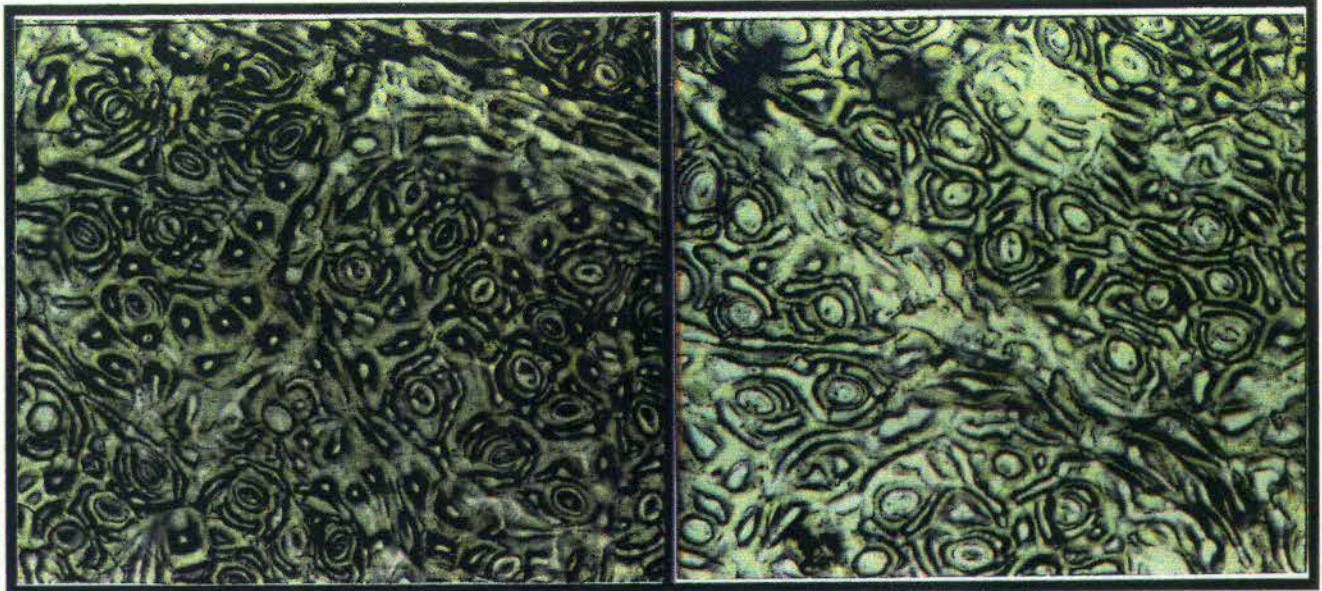
**Cuadro 6.** Comparación múltiple de los valores promedio y su desviación estándar de parámetros de estomas presentes en el haz de hojas de diferentes especies de eucalipto. Medidas tomadas en  $\mu\text{m}$ .

ESPECIES	ENVÉS-LARGO	ENVÉS-ANCHO
<i>E. camaldulensis</i>	26.02 $\pm$ 0.29c	19.07 $\pm$ 0.19b
<i>E. crebra</i>	26.51 $\pm$ 0.25c	22.10 $\pm$ 0.19a
<i>E. melanophloia</i>	16.51 $\pm$ 0.23g	12.97 $\pm$ 0.13e
<i>E. microtheca</i>	19.66 $\pm$ 0.27f	14.89 $\pm$ 0.14d
<i>E. microtheca</i> 13548	21.14 $\pm$ 0.36e	15.57 $\pm$ 0.19d
<i>E. ochrophloia</i>	22.91 $\pm$ 0.27d	17.55 $\pm$ 0.31c
<i>E. populnea</i>	30.84 $\pm$ 0.40a	22.18 $\pm$ 0.20a
<i>E. tereticornis</i>	27.25 $\pm$ 0.19b	22.27 $\pm$ 0.31a
<i>E. tessellaris</i>	17.25 $\pm$ 0.19g	13.86 $\pm$ 0.16e

El cuadro 6 muestra la comparación de parámetros y la desviación estándar de estomas presentes en el envés de las hojas de nueve especies del género *Eucalyptus*, donde para la variable de largo la especie *E. populnea* muestra el valor máximo con 30.84  $\mu\text{m}$  y *E. melanophloia* (fig.4) el valor mínimo con 16.51  $\mu\text{m}$ . Para la variable de ancho del estoma las especies *E. tereticornis* (fig.4) y *E. populnea* (fig.5) muestran los valores máximos con 22.27 y 22.18  $\mu\text{m}$  y la *E. melanophloia* el valor mínimo con 12.97  $\mu\text{m}$ .

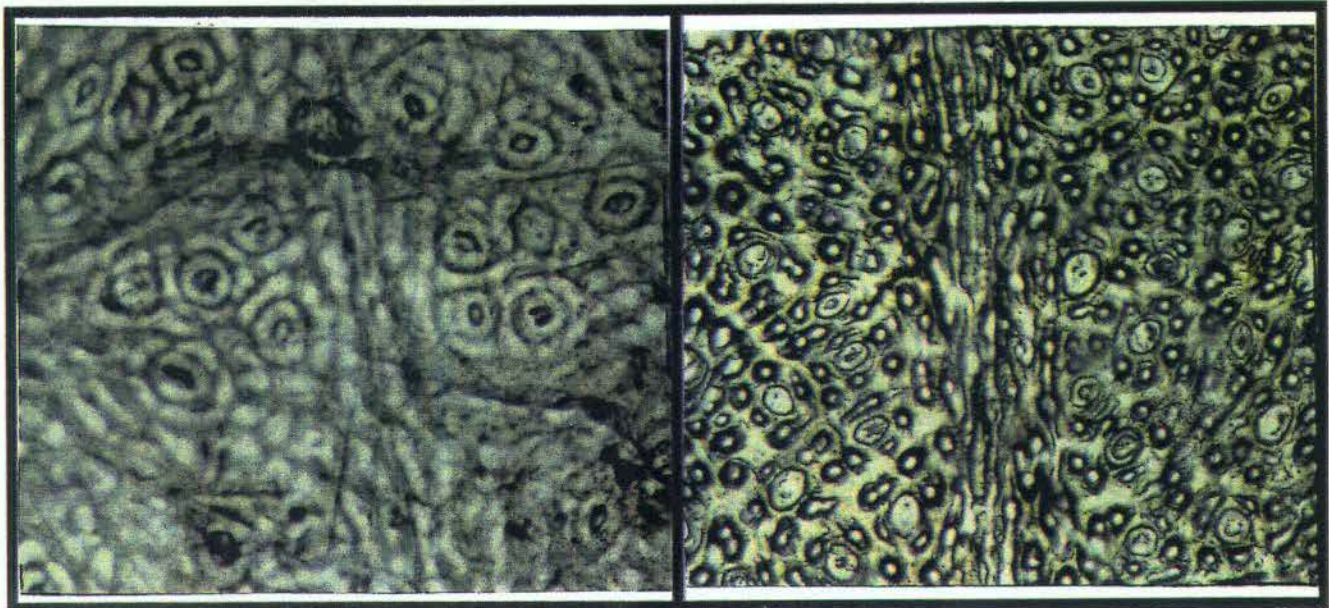
Los resultados del análisis de varianza efectuado sobre diferentes variables de estomas presentes en haz y envés, son presentados en el cuadro 6, donde indican existe diferencia altamente significativa (  $P < 0.05$  ) entre las especies del género *Eucalyptus*, para distintas variables.





1

2



3

4

Fig.4. Características de estomas presentes en el haz y envés de hojas de eucalipto 1. *E.tereticornis*, 2. *E. melanophloia*, 3. *E. camaldulensis* 4. *E. tessellaris*



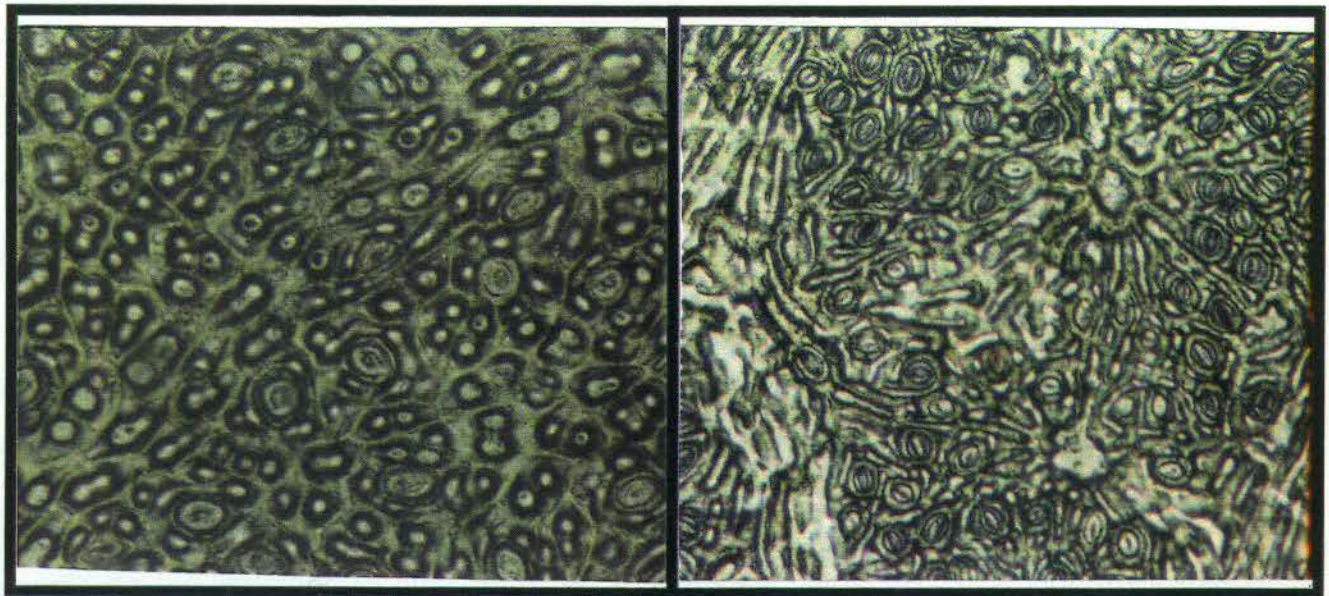
**Cuadro 7** Análisis de varianza para los parámetros largo y ancho de estomas en posición haz/envés.

F. DE VARIANZA	GRADOS DE LIBERTAD	F. CALCULADA
haz / largo	8	300.543 *
haz / ancho	8	296.796 *
envés / largo	8	344.175 *
envés / ancho	8	361.204 *

Las comparaciones de medias por medio de prueba de Tukey, ( Zar 1996 ) para largo de estomas del haz ponen en evidencia que las nueve especies pueden clasificarse en 7 grupos homogéneos (cinco para la variable de ancho). En los estomas del envés para la variable largo las especies se clasifican en cinco grupos (seis grupos para la variable ancho).

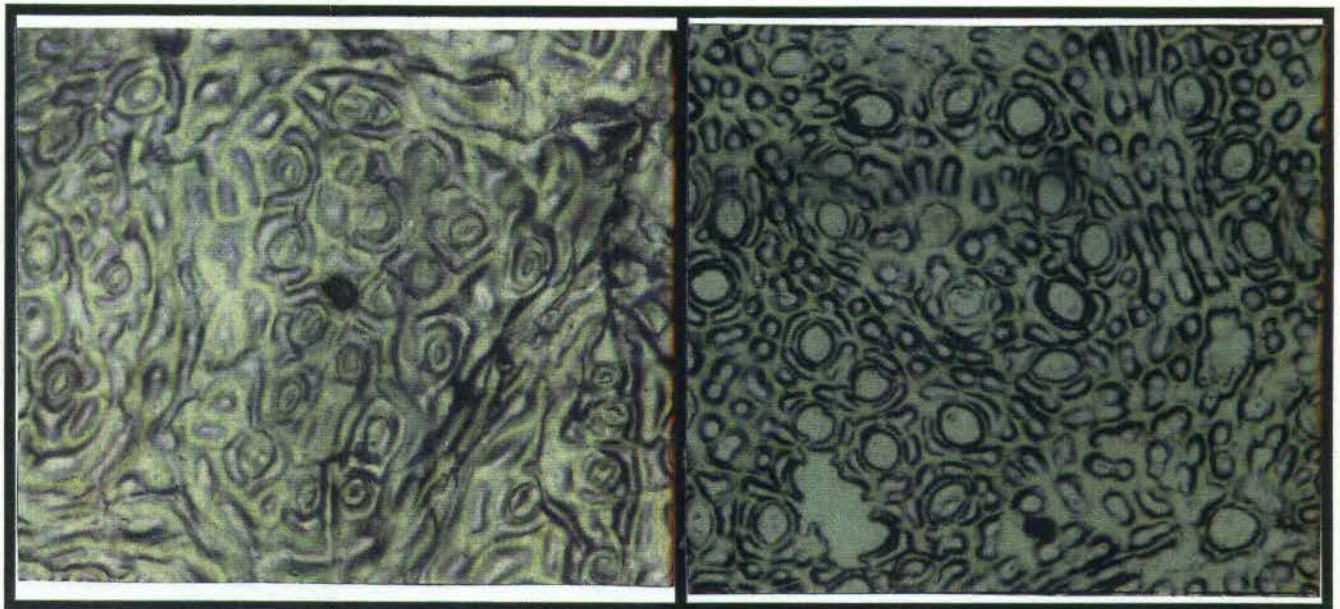
Observamos que existe una correlación altamente significativa (  $P < 0.01$  ) tanto entre el largo y el ancho de los estomas del haz con un coeficiente de correlación de 0.9097 como entre el largo y ancho de estomas en posición envés con un coeficiente de correlación de 0.9234.





1

2



3

4

Fig.5. Características de estomas presentes en el haz y envés de hojas de eucalipto 1. *E. microtheca*, 2. *E. crebra*, 3. *E. camaldulensis* y 4. *E. populnea*.



## DESCRIPCIÓN COMPARATIVA DE ESTRUCTURA SUPERFICIAL Y CERA EPICUTICULAR DE NUEVE ESPECIES DEL GÉNERO *Eucalyptus*.

Los resultados obtenidos indican que existe gran diferencia en morfología, cantidad y distribución de cera epicuticular en la superficie del haz y envés, entre las hojas de nueve especies de eucalipto estudiadas. En general se puede constatar que el haz es más liso en la mayoría de las especies lo cual permite la reflexión de la luz, se observaron tres tipos de cera epicuticular: lisa, tubular (o fibrilar) y prismática (o cristales), variando entre las especies el patrón de distribución sobre ambas superficies de la hoja.

Las células epidérmicas están cubiertas con cera y varía la cantidad de glándulas presentes tanto en el haz como en el envés; los estomas presentes generalmente muestran el ostíolo abierto, su tamaño varía de acuerdo a la especie así como su frecuencia por unidad de área.

Debido a la independencia que existe entre las estructuras superficiales y cera epicuticular, los resultados serán interpretados en forma separada presentando la descripción por especies.

1.- *E. camaldulensis* (fig.6) el haz se caracteriza por presentar dos tipos de cera epicuticular uno de estructura tubular y otro prismática o cristales, distribuidas en forma irregular sobre una superficie brillante; los estomas en número reducido son grandes y

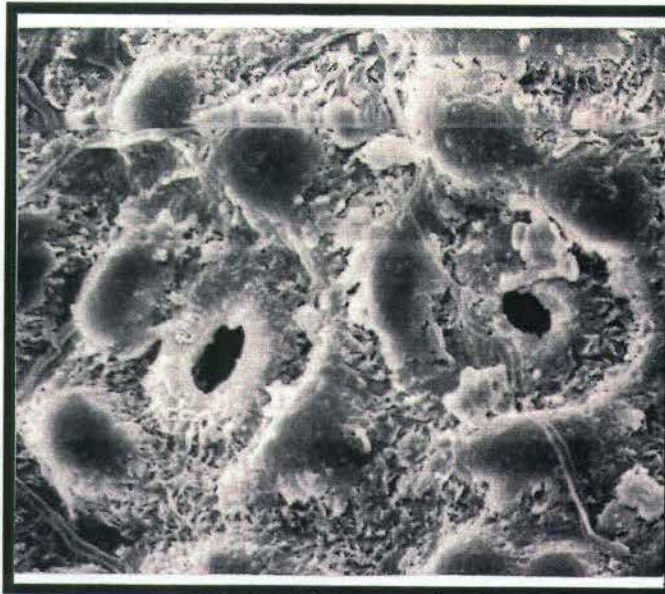


redondos con ostíolo grande y abierto. Las glándulas son de tipo elongado y esférico. En el envés se presenta menor cantidad de cera epicuticular de estructura tubular y distribuida en forma bastante irregular sobre la superficie opaca; los estomas se encuentran en mayor número y son redondos, grandes y de ostíolo abierto; las glándulas más abundantes que en el haz y de dos tipos elongadas y esféricas; se observa la presencia de escasos tricomas en haz y envés. La presencia de estomas grandes con el ostíolo abierto en ambas superficies nos permite sacar como conclusión que existe un alto grado de transpiración e intercambio de gases, lo que nos indica que la planta tiene suficiente agua en el suelo que le permite tal grado de transpiración. La mayor cantidad de cera epicuticular presente en el haz nos indica que ésta cara de la hoja está más expuesta a la radiación solar y su contenido de cera le permite la reflexión de los rayos solares con la finalidad de que no aumente la temperatura de la hoja. La presencia abundante de glándulas de dos tipos nos dice que es rico el contenido de aceites esenciales.

2.- *E. crebra*: (fig.6) en esta especie el haz se presenta cubierto de cera lisa que se distribuye en forma uniforme por toda la superficie; no se distingue la presencia de estomas y las glándulas no están bien definidas. Se presenta una superficie sinuosa pero tanto los estomas como las glándulas no son observadas, se logran ver algunos tricomas de tipo filamentosos. En cambio en el envés se observa gran cantidad de estomas ovalados, con el ostíolo grande y abierto; las glándulas se observan del tipo elongado por toda la superficie y rodeando a los estomas; la cera epicuticular de estructura tubular de corta longitud se observa distribuida en forma irregular, sobre todo alrededor de los estomas; escasa presencia de tricomas.

La presencia de cera lisa sobre la superficie del haz y la nula presencia de estomas, así como la abundante cantidad de estomas solo en el envés, nos lleva a interpretar esto de la





1a



1b



2a



2b

Fig. 6. Ultraestructura de la hoja mostrando sus características de cera epicuticular y estomas. 1. *E. camaldulensis*, 2. *E. crebra*, a) haz, b) envés.



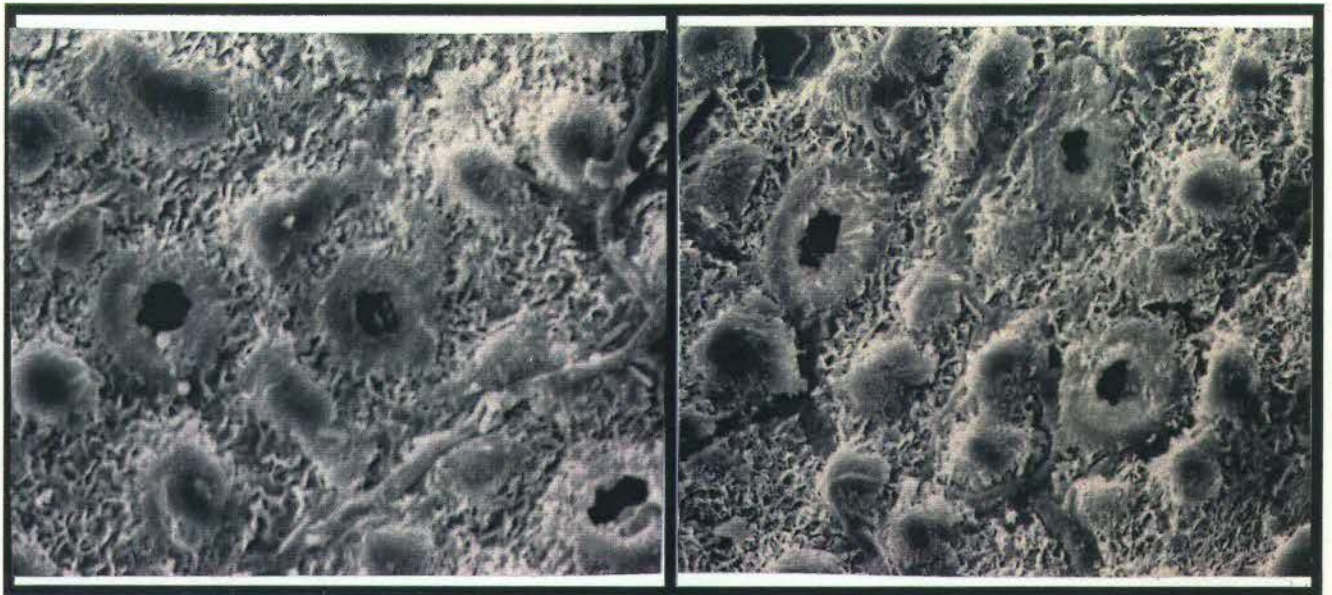
siguiente manera: primero que la disposición de las hojas en esta especie es horizontal con la superficie del haz expuesta a los rayos solares, segundo que la presencia de estomas solo en el envés reduce el porcentaje de transpiración y por lo tanto la pérdida de agua y finalmente que esta especie nos indica que presenta una condición xerofítica que le permite desarrollarse en regiones semiáridas con un bajo índice de precipitación pluvial; la presencia de glándulas sólo en la superficie del envés nos indica la poca presencia de aceites esenciales en comparación con el resto de las especies estudiadas.

3.- *E. melanophloia*: (fig.7) en esta especie el haz y envés se presentan muy semejantes, con gran cantidad de cera epicuticular de estructura tubular o fibrilar distribuido de forma uniforme; los estomas redondos, rodeados por abundante cera tubular, el ostíolo abierto y pequeño; existe presencia regular de glándulas de forma esférica también cubiertas por cera; no se presentan tricomas

La semejanza entre haz y envés en cuanto a la presencia de cera nos sugiere que la disposición de las hojas es vertical exponiendo ambas caras al sol durante ciertas horas del día; la transpiración e intercambio de gases está presente por la presencia de estomas abiertos aunque en menor número que en otras especies, lo cual nos dice que esta especie es de regiones más secas; el contenido de aceites esenciales es propuesto por la presencia de glándulas.

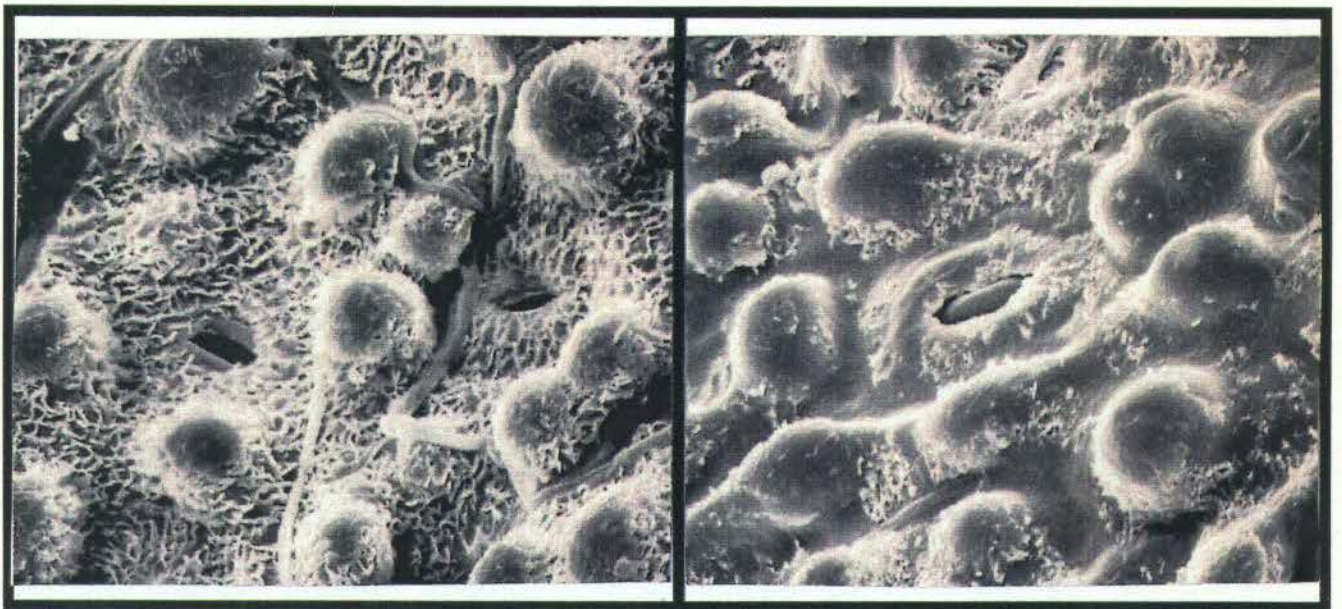
4.- *E. microtheca*: (fig.7) aquí observamos diferentes características en haz y envés. En el primero encontramos abundante cera epicuticular de estructura tubular que cubre en forma uniforme toda la superficie la cual es brillante; presencia de pocos estomas ovalados pequeños con el ostíolo semicerrado; las glándulas están presentes en buen número, son de forma esférica y están cubiertas por gran cantidad de cera. En cambio en





1a

1b



2a

2b

Fig. 7. Ultraestructura de la hoja mostrando sus características de cera epicuticular y estomas. 1. *E. melanophloia*, 2. *E. microtheca*, a) haz, b) envés



el envés se encuentra una cantidad mínima de cera epicuticular que le da un aspecto opaco; la presencia de estomas se reduce considerablemente en comparación con las otras especies; las glándulas son de tipo esférico y semejante en número al del haz, solo que sin la presencia de cera que las cubra; no hay presencia de tricomas en ambas superficies. La gran cantidad de cera en el haz y la presencia de pocos estomas semicerrados nos sugiere que esta especie tiene cierta condición xerofítica y está presente en regiones con poca precipitación pluvial, zonas secas con poca humedad. La abundante cera epicuticular permite la reflexión de los rayos solares y la cantidad menor de estomas semicerrados permite el intercambio de gases, pero poca transpiración con lo cual se evita la pérdida de agua. La clasificación como planta de esencias aromáticas está apoyada por la presencia de glándulas en el haz y envés.

5.- *E. microtheca* 13548: (fig.8) se observa en el haz la presencia de cera epicuticular lisa que cubre la superficie en forma irregular y cera tubular de corta longitud que se encuentra en pequeñas agrupaciones sobretodo alrededor de los estomas; los estomas son grandes y ovalados, con ostíolo grande y abierto, con células guardia muy grandes; las glándulas de tipo elongado que se presentan en forma sinuosa conectándose unas con otras. En cambio en el envés podemos ver una superficie cubierta uniformemente de cera epicuticular de estructura tubular de corta longitud cubriendo las células epidérmicas y las células guardia, pero no a las glándulas de tipo elongado; los estomas son ovalados y grandes con ostíolos algunos abiertos y otros semicerrados, células guardia grandes y cubiertas de cera.

Estas características anatómicas ultraestructurales nos permiten inferir que en esta especie las hojas exponen a los rayos solares ambas caras en su estructura laminar, presentando una posición vertical. La presencia de estomas grandes y abiertos en ambas superficies nos sugieren una intensa transpiración así como intercambio de gases, lo cual nos permite

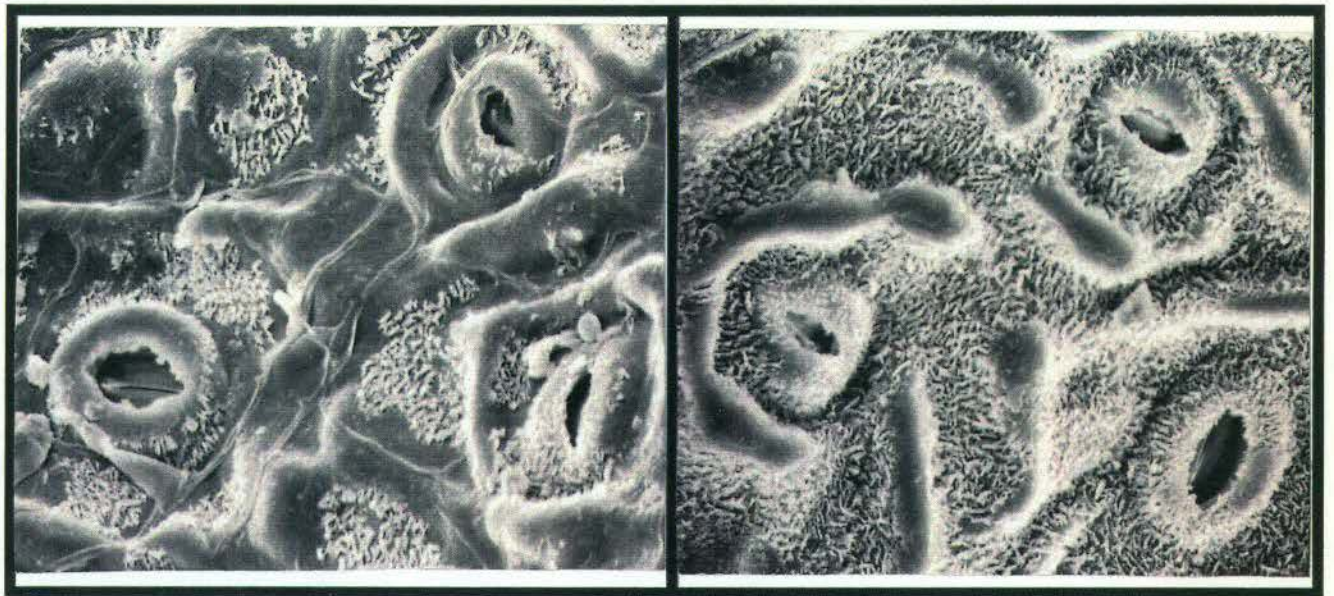


concluir que la región de donde ésta especie se desarrolla es húmeda o con un índice alto de precipitación pluvial.

6.- *E. Ochrophloia*: la superficie del haz se muestra con gran cantidad de cera epicuticular lisa distribuida uniformemente dando brillantez al haz. Los estomas son escasos y el tamaño de algunos es grande pero generalmente son pequeños, con ostíolo abierto. Las glándulas son poco numerosas y de tipo esférico. En el envés la superficie se muestra cubierta de cera epicuticular de tipo tabular en forma abundante cubriendo estomas y células epidérmicas, los ostíolos se muestran abiertos y presencia escasa de glándulas de tipo esférico. La presencia de estomas en haz y envés con el ostíolo abierto nos sugiere transpiración e intercambio de gases por la presencia de humedad en la planta. La cera epicuticular en abundancia en ambas superficies nos permite pensar que durante algunas horas del día ambas caras se exponen a los rayos solares que son reflejados por la cera, o que la cera tanto en haz como en el envés efectúa una función de protección contra insectos, hongos y bacterias. La presencia de pocas glándulas nos dicen de la reducida producción de aceites esenciales en comparación en otras especies.

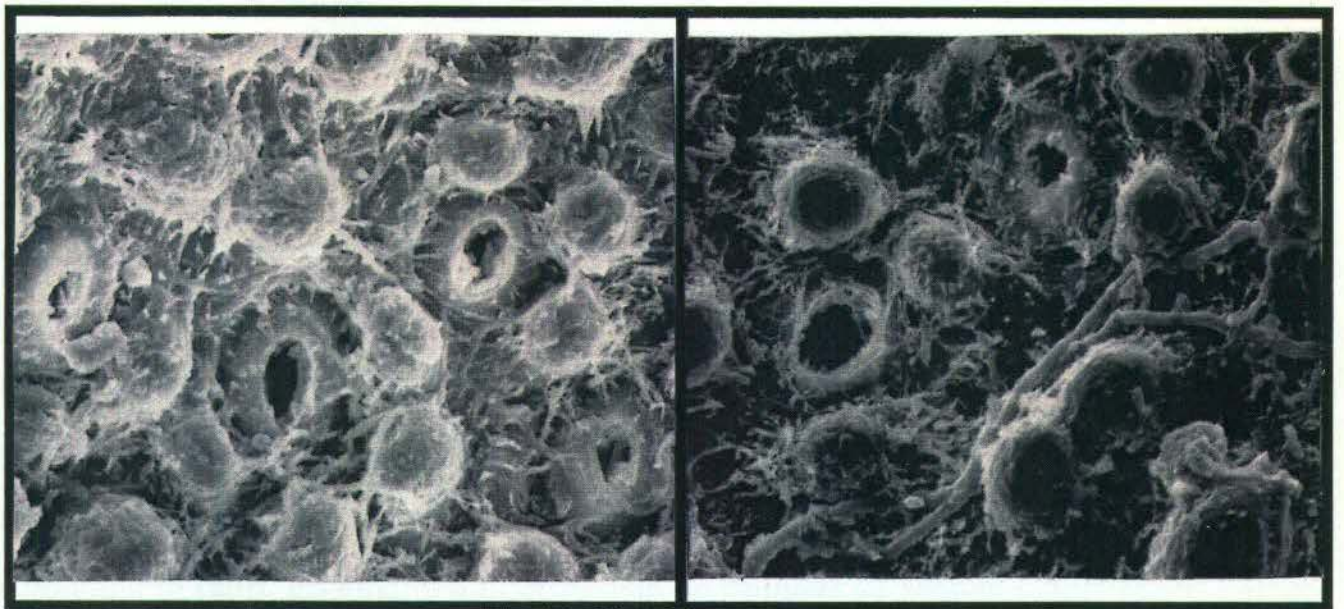
7.- *E. populnea*: (fig.8) la superficie del haz se presenta sumamente brillante gracias a la gran cantidad de cera epicuticular de estructura tubular, distribuida uniformemente sobre células epidérmicas, estomas y glándulas; los estomas son redondos y pequeños en comparación con las especies vistas anteriormente, tienen el ostíolo pequeño, abierto y son numerosos; las glándulas son del tipo esférico y abundantes. En el envés la superficie se presenta opaca y sin brillo debido a la presencia de menor cantidad de cera tubular; los estomas se encuentran en menor número que en el haz, son redondos y muy pequeños. Las glándulas son numerosas como en la mayoría de las especies y son de tipo esférico.





1a

1b



2a

2b

Fig. 8. Ultraestructura de la hoja mostrando sus características de cera epicuticular y estomas. 1. *E. microtheca* 13548, 2. *E. populnea*, a) haz, b) envés. b) envés.



La presencia de una superficie brillante en el haz nos indica que está expuesta al sol y su cera permite la reflexión de la luz, no permitiendo que suba la temperatura de la hoja y los estomas para que el índice de transpiración no sea elevado y permita la pérdida de agua.

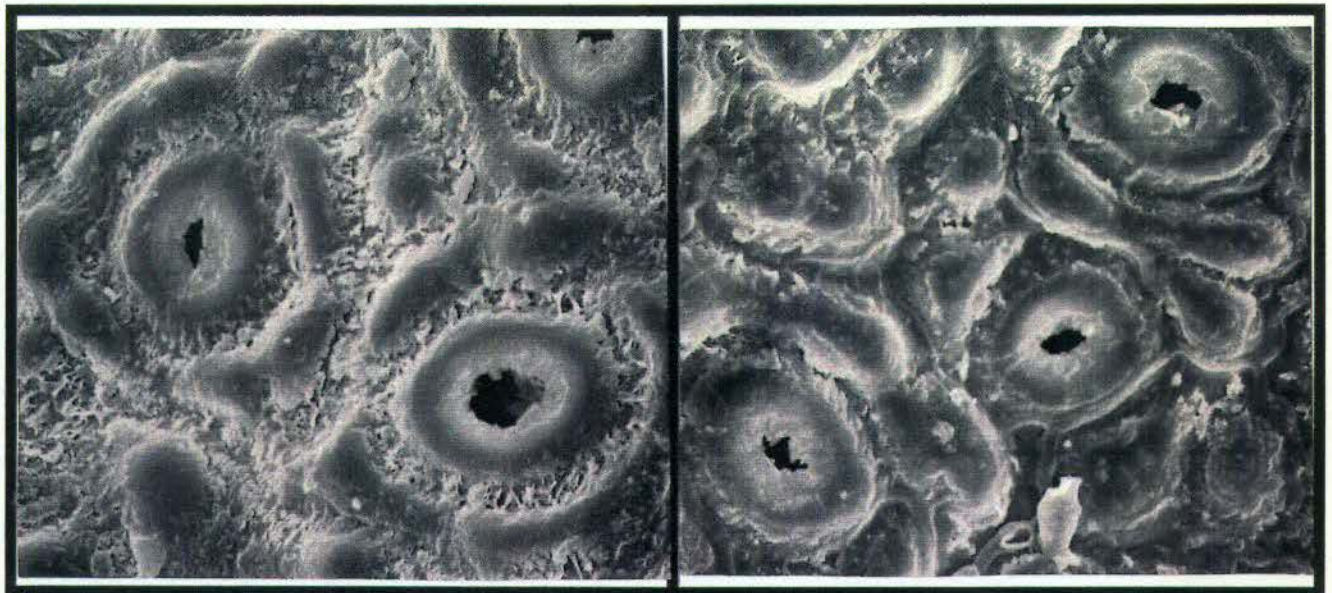
Esta especie presenta los estomas más pequeños y en menor cantidad, lo cual nos lleva a pensar que sea originario de una región semiárida con poca humedad y la planta se adaptó a las condiciones del medio ambiente. Las glándulas esféricas presentes en abundancia siguen siendo indicadores de contenido de aceites esenciales; se registra la presencia de escasos tricomas en haz y envés, más no son indicadores de la presencia de sustancias urticantes.

8.- *E. tereticornis*: (fig.9) ésta especie nos presenta un haz más brillante que el envés debido a la presencia de mayor cantidad de cera epicuticular de estructura prismática (cristales) distribuidos uniformemente sobre el haz, el envés presenta menor cantidad de cera por lo que se observa opaca su superficie; existe presencia de estomas redondos y grandes de ostíolo abierto y por lo general pequeño en ambas superficies de la hoja; presencia abundante de glándulas de forma esférica y elongada tanto en haz como en envés; no se observan tricomas en ninguna de las caras de la hoja.

La presencia de mayor cantidad de cera en el haz nos sugiere que ésta superficie está más expuesta al sol que el envés y que tal vez la orientación de la hoja es horizontal o perpendicular al tallo. En cuanto a la presencia de estomas de ostíolo pequeño nos expone que existe intercambio de gases constante, pero la transpiración es menor en comparación con la especie anterior, tal vez por la falta de humedad; el contenido de aceites esenciales en gran cantidad es sugerido por la presencia abundante de glándulas.

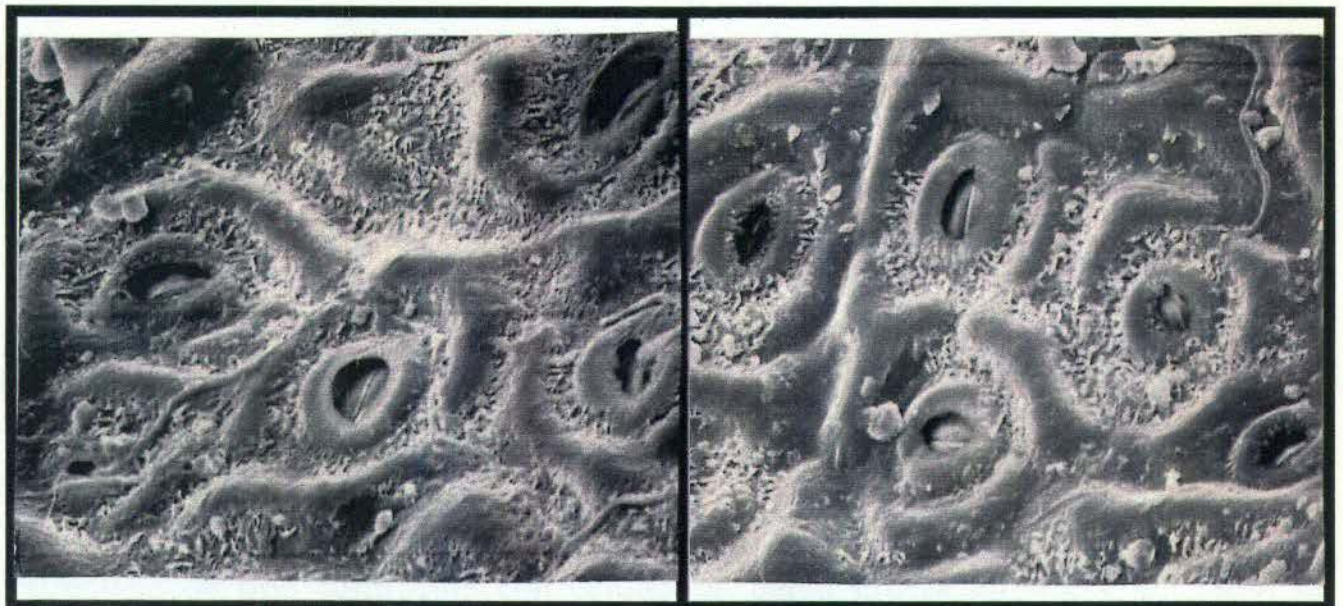


9.- *E. tessellaris*: (fig.9) se puede observar que las superficies de la hoja haz y envés son muy semejantes con la presencia de cera epicuticular de estructura tubular o fibrilar que se distribuye en forma irregular, también se observa poca cera de forma prismática o cristales. Los estomas se presentan ovalados y grandes, con el ostíolo muy abierto; la presencia de glándulas de forma elongada es abundante en ambas superficies; las células epidérmicas no pueden ser observadas por estar cubiertas con cera epicuticular. La presencia de estomas abiertos en haz y envés sugiere que existe una gran transpiración e intercambio de gases y que la posición de la hoja sea vertical colgante con el ápice hacia abajo de tal manera que expone ambas caras a la luz en distintas horas del día y la cera presente en ellas permite la reflexión. La presencia abundante de glándulas nos dice de la posible presencia de aceites esenciales en la hoja.



1a

1b



2a

2b

Fig. 9. Ultraestructura de la hoja mostrando sus características de cera epicuticular y estomas. 1. *E. tereticornis*, 2. *E. tessellaris*, a) haz, b) envés



## ESTUDIO DE LA ANATOMÍA DE LA MADERA ( XILEMA SECUNDARIO )

### Ultraestructura

En general podemos observar en cortes transversales al MEB distintas estructuras anatómicas como poros, células de parénquima (paratraqueal y apotraqueal), y en corte longitudinal, células de fibra, radios medulares, esclerénquima, en los cortes de madera observados, los elementos de los vasos no se distinguieron claramente, pero sí observamos los poros de diferente tamaño entre las especies. El grado de lignificación es alto en la mayoría de la especies.

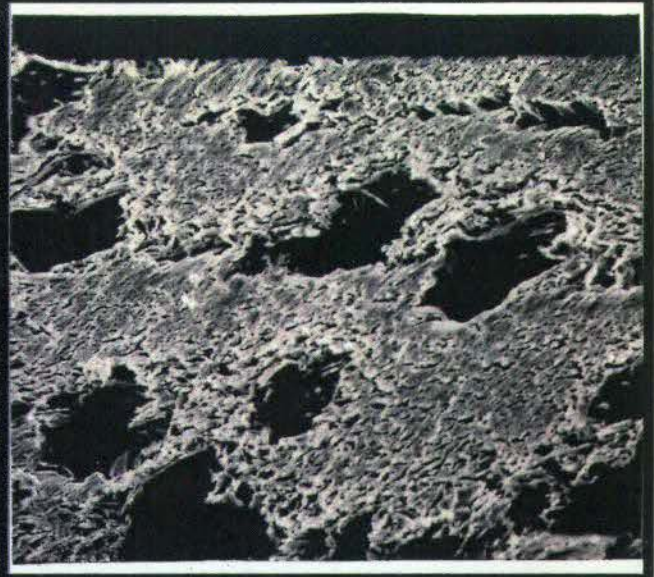
*E. tessellaris*, (fig.12) observamos poros escasos grandes y ovalados, distribuidos en forma irregular, por lo general solitarios. Parénquima paratraqueal de una capa de células asociada a los vasos, es de tipo raro e incompleto. Parénquima apotraqueal es difuso disperso y el colénquima, es poco lignificado. Radios medulares numerosos y continuos son uniseriados y heterogéneos, sus células son distintas en forma y tamaño que van desde redondas, triangulares e irregulares. Los radios están formados por un número de células de 5 a 10.

*E. tereticornis*, Poros escasos, grandes y redondos, comunmente solitarios. Parénquima Paratraqueal de tipo confluyente con células de pared gruesa alrededor del poro. El parénquima apotraqueal es difuso disperso, se presenta en forma reticular floja y esclerénquima poco lignificado. Los radios medulares son uniseriados y homogéneos, por lo general cortos de 4 a 8 células.





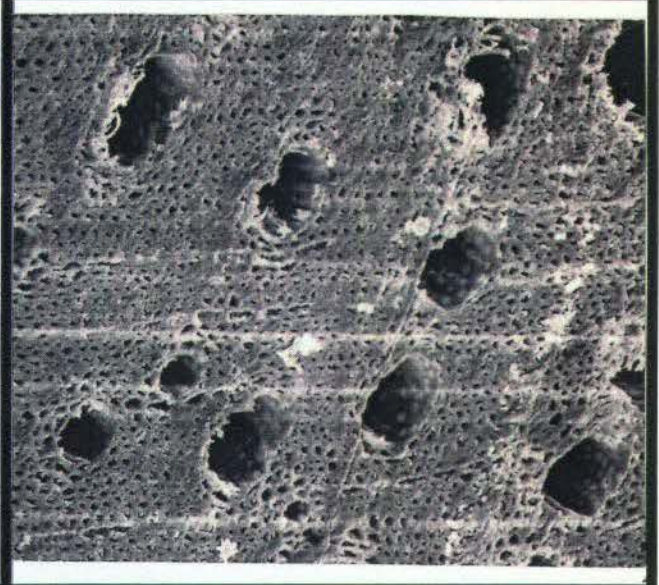
1a



1b



2a



2b

Fig. 10. Ultraestructura de la madera, 1. *E. crebra*, 2. *E. melanophloia*  
a) corte longitudinal mostrando el tipo de radios, b) corte transversal  
mostrando los tipos de parénquimas y poros.

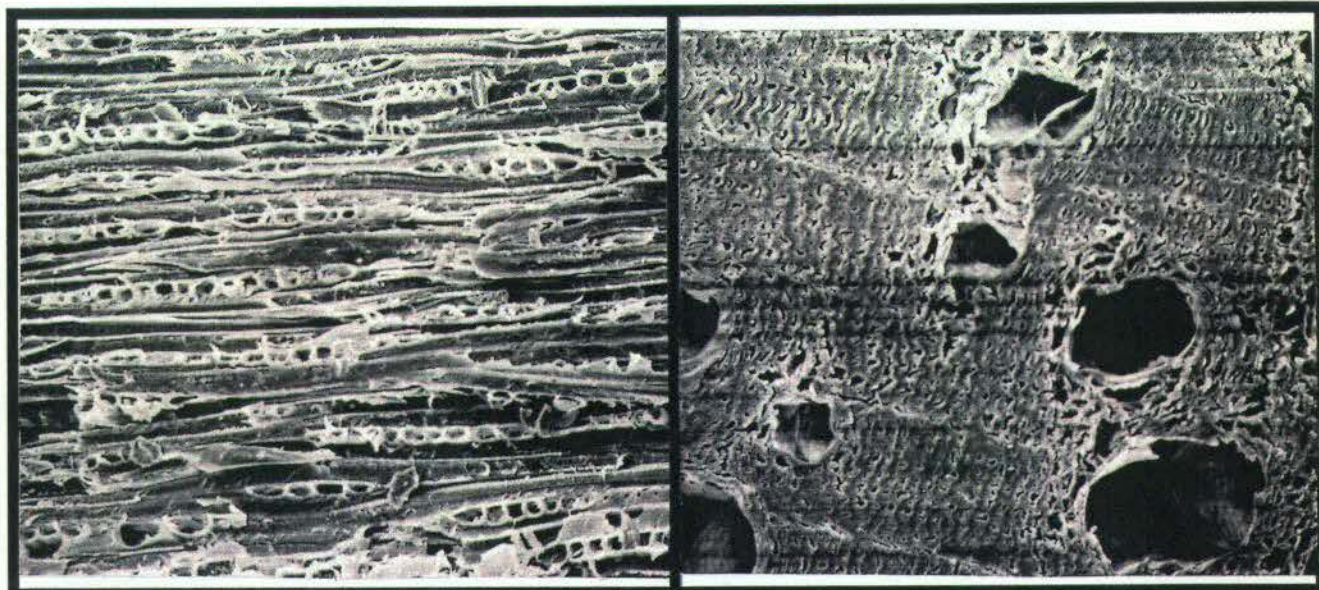


*E. Melanophloia*, (fig.10) Se observan poros pequeños de forma ovalada e irregular comunmente solitarios. Parénquima paratraqueal raro e incompleto con una sola capa de células alrededor del poro, parénquima apotraqueal difuso en agregados, se presenta en forma reticular compacto y esclerénquima altamente lignificado. Radios medulares continuos y rectos son uniseriados homogéneos, formados por 6 a 15 células, poco numerosas.

*E. ochrophloia*, (fig.11) poros numerosos, grandes y pequeños de forma ovalada, de distribución irregular, por lo general solitarios. Parénquima paratraqueal es abaxial se presentan células de pared gruesa en una capa alrededor del poro, parénquima apotraqueal disperso con aspecto semicerrado y medianamente lignificado en su esclerénquima reticular. Radios medulares discontinuos, cortos y uniseriados, formados por 6 a 12 células, poco numeroso.

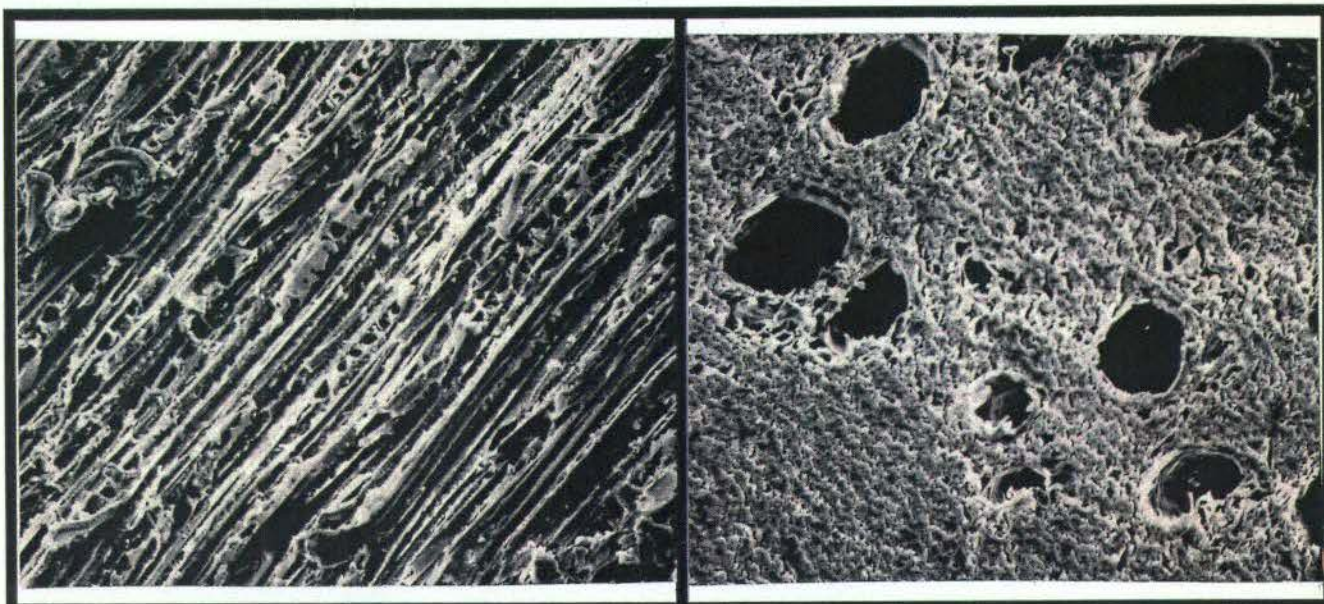
*E. microtheca*,(fig.11) se observan poros grandes y pequeños, ovalados e irregulares, el parénquima paratraqueal es de tipo abaxial, formado por varias capas de células en uno de los polos del poro y el parénquima apotraqueal se presenta muy compacto y altamente lignificado. Los radios medulares son grandes y rectos formados por 4 o 14 células y se presentan en gran número.





1a

1b



2a

2b

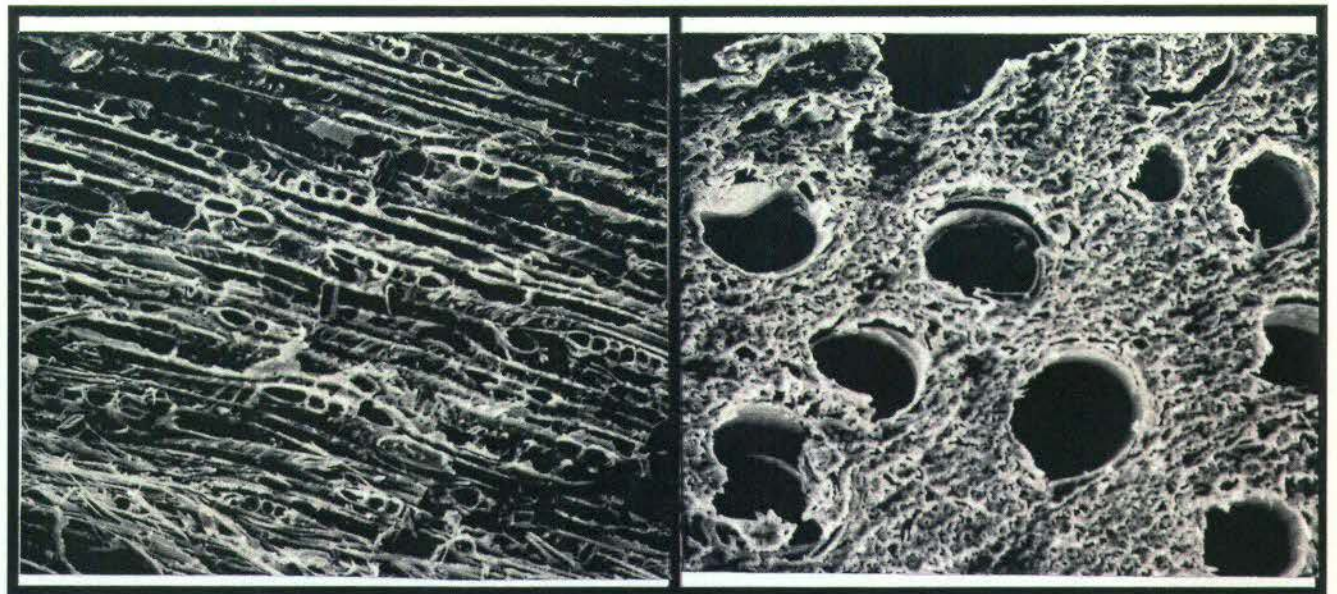
Fig. 11. Ultraestructura de la madera. 1. *E. microtheca* 13548, 2. *E. ochrophloia*  
 a) corte longitudinal mostrando el tipo de radios, b) corte transversal  
 mostrando los tipos de parénquimas y poros.



*E. creba*, (fig.10) numerosos poros grandes y pequeños de forma ovalada, distribución irregular. El parénquima paratraqueal se presenta una capa de células al rededor del poro por lo general incompleta, el parénquima apotraqueal de tipo difuso se observa semicerrado en su tejido reticular, el esclerénquima medianamente lignificado. Los radios medulares se presentan cortos con 2 u 8 células, son uniseriados homogéneos y son numerosos.

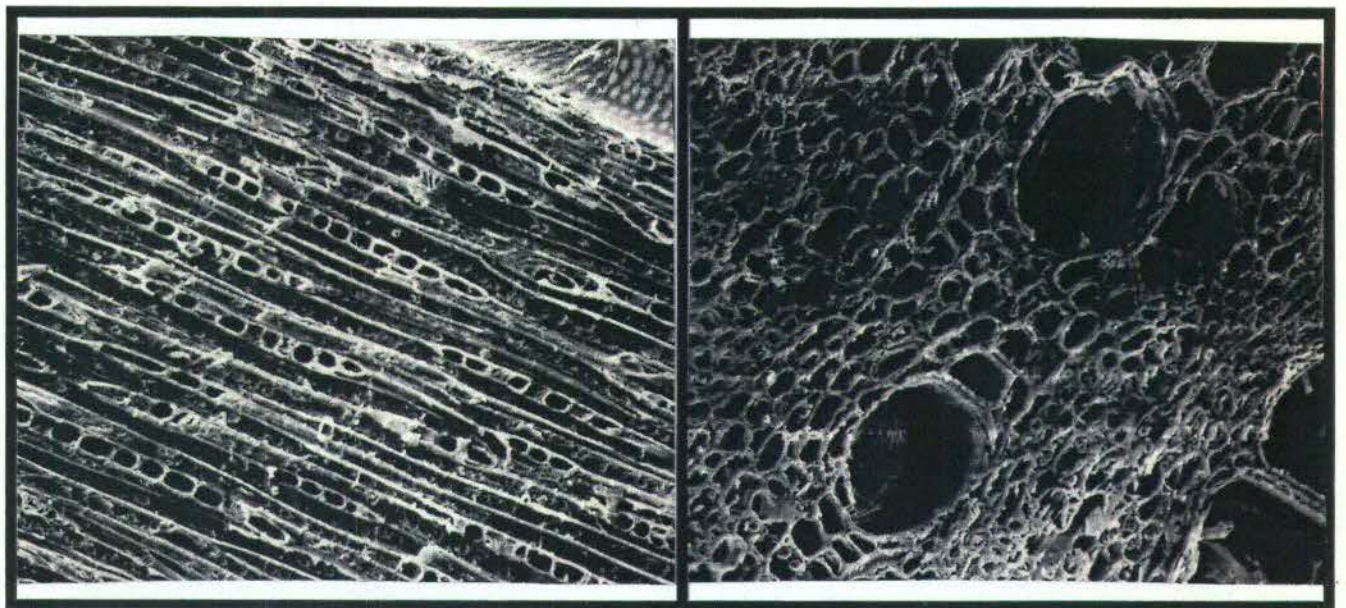
*E. populnea*, (fig.12) los poros se presentan medianos y pequeños de forma irregular, distribución irregular y son solitarios, el parénquima paratraqueal abaxial se presentan varia capas de células alrededor del poro, el parénquima apotraqueal es difuso con cantidades regulares de lignina, los radios medulares son cortos de 5 a 8 células, uniseriados, homogéneos, son poco numerosos.





1a

1b



2a

2b

Fig. 12. Ultraestructura de la madera, 1. *E. populnea*, 2. *E. tessellaris*. a) corte longitudinal mostrando el tipo de radios, b) corte transversal mostrando los tipos de parénquimas y poros.



**Cuadro 8.** Valores promedio de parámetros de vasos en nueve especies del género *Eucalyptus*, (medidas tomadas en  $\mu\text{m}$ ).

ESPECIE	LARGO	ANCHO
<i>E. camaldulensis</i>	24.77 $\pm$ 0.55 c d*	18.56 $\pm$ 0.30 c
<i>E. crebra</i>	22.69 $\pm$ 0.50 c	18.68 $\pm$ 0.25 c
<i>E. melanophloia</i>	24.22 $\pm$ 0.50 b c	14.78 $\pm$ 0.21 e
<i>E. microtheca</i>	15.19 $\pm$ 0.40 d	15.79 $\pm$ 0.25 d e
<i>E. microtheca</i> 13548	29.32 $\pm$ 0.79 a	22.72 $\pm$ 0.29 b
<i>E. ochrophloia</i>	26.37 $\pm$ 0.55 b	12.22 $\pm$ 0.21 f
<i>E. populnea</i>	22.96 $\pm$ 0.44 c	16.32 $\pm$ 0.22 d
<i>E. tereticornis</i>	22.49 $\pm$ 0.47 c	11.31 $\pm$ 0.15 f
<i>E. tessellaris</i>	30.46 $\pm$ 0.60 a	24.38 $\pm$ 0.58 a

\*Las letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ).

El cuadro 8 muestra la comparación múltiple entre los valores promedio y su desviación estándar de diferentes parámetros de vasos de nueve especies de eucalipto. En base a los resultados, *E. tessellaris* (fig.17) presenta el valor máximo para el largo de vasos con 30.46  $\mu\text{m}$  y *E. microtheca* (fig.14) el valor mínimo con 15.19  $\mu\text{m}$ . Así también la especie *E. tessellaris* presenta el valor máximo para el ancho de vaso con 24.38  $\mu\text{m}$ . En cambio *E. tereticornis* (fig.16) y *E. ochrophloia* (fig.15 y 17) presentan valores mínimos con 11.31 y 12.22  $\mu\text{m}$  respectivamente.



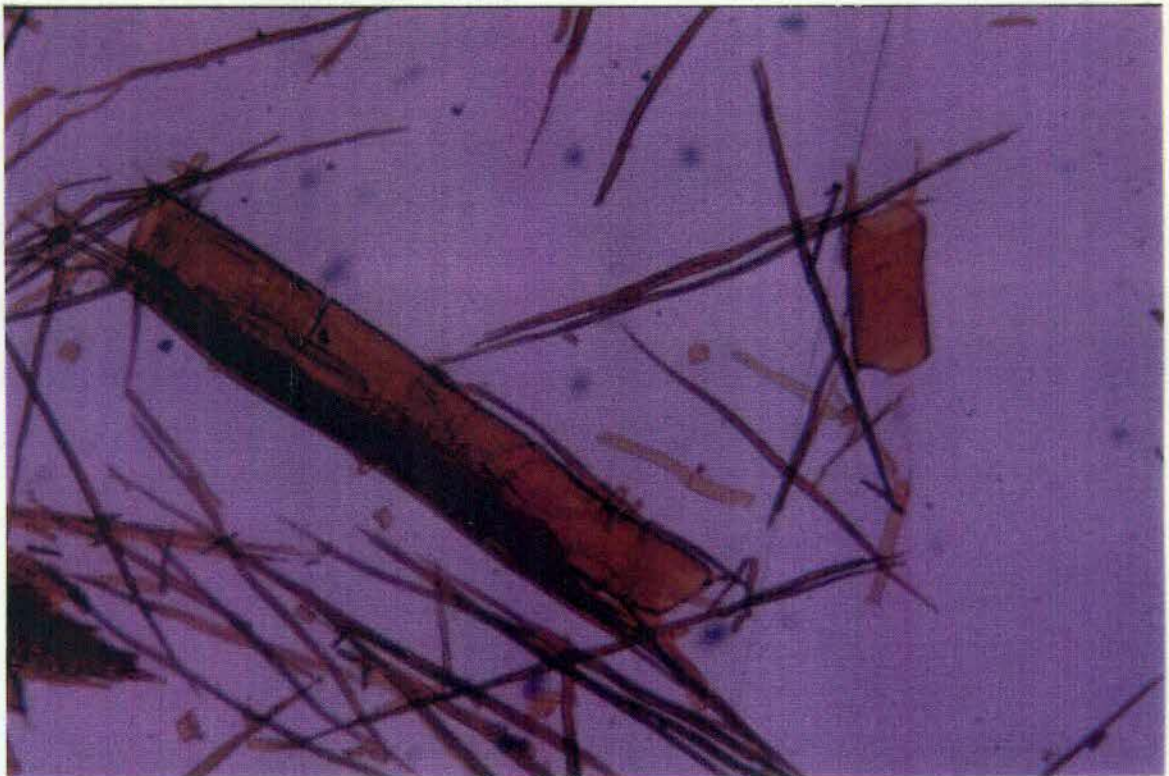
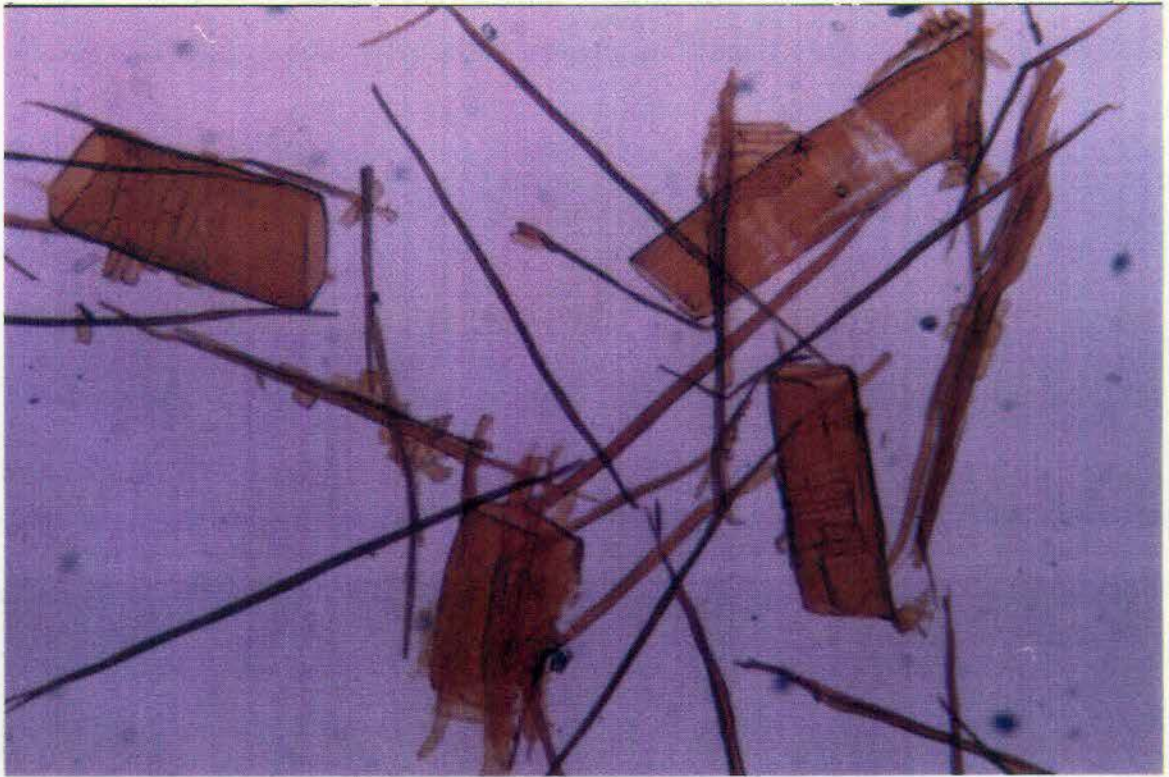


Fig. 13. Características de los elementos de vasos y fibra celular en diferentes especies del género *Eucalyptus*, 1. *E. camaldulensis*, 2. *E. crebra*.



El análisis de varianza para diferentes variables de vasos nos da diferencias altamente significativas ( $F_c = 216.23$ ) para largo y ( $F_c = 65.40$ ) para ancho lo que indica una probabilidad inferior a 0.01 tanto el ancho como el largo de vasos son distintos de una especie a otra.

La comparación de medias por prueba de Tukey para largo de vasos muestra la formación de 5 grupos homogéneos que determinan la diversidad, donde las especies *E. tessellaris* y *E. microtheca* 13548 (fig.15) presentan los valores máximos con 30.46 y 29.32  $\mu\text{m}$  en el grupo (a), así como *E. microtheca* presenta el valor mínimo con 15.19  $\mu\text{m}$  en el grupo (d). Para el ancho de vasos podemos constatar 7 grupos homogéneos, donde la especie *E. tessellaris* muestra el valor máximo con 24.38  $\mu\text{m}$  en el grupo (a) y las especies *E. tereticornis* y *E. ochrophloia* los valores mínimos con 11.31 y 12.22  $\mu\text{m}$  respectivamente en el grupo (f).

El análisis de correlación entre el largo y ancho de vasos demuestra relaciones funcionales entre las diferentes variables de los vasos, donde encontramos que existe una correlación significativa ( $p < 0.05$ ) entre largo y ancho de vasos con un coeficiente de regresión positiva de  $r = 0.4574$ .

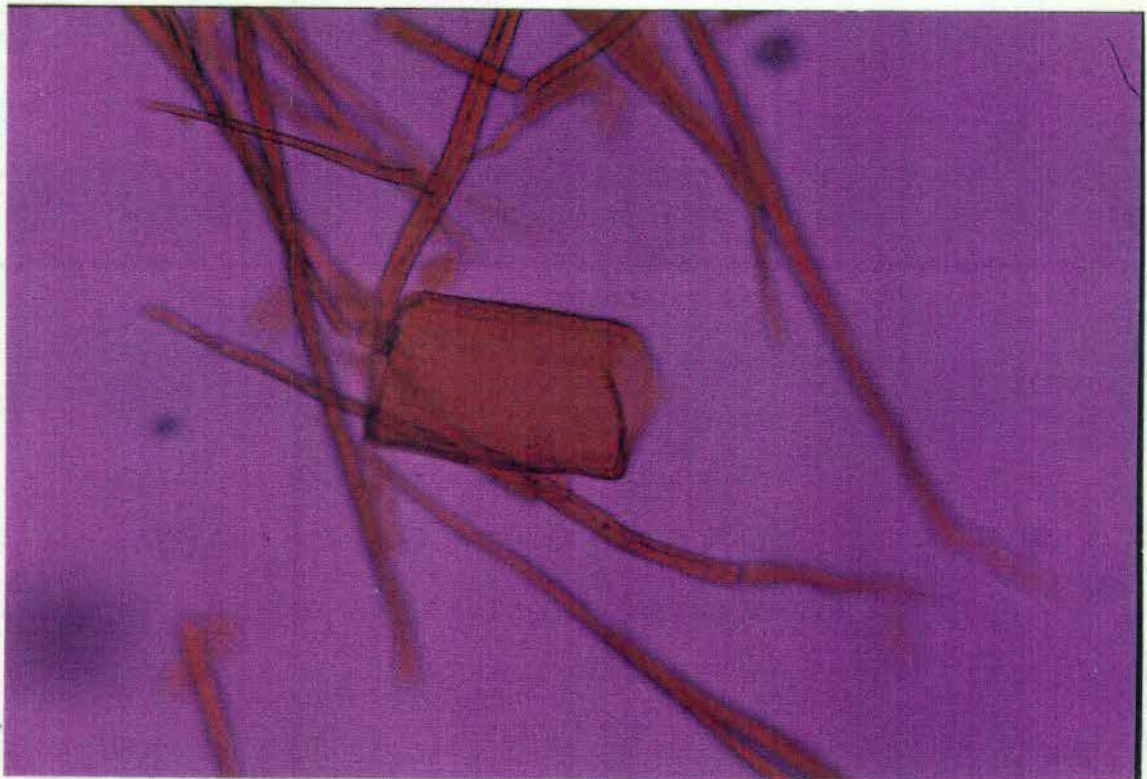
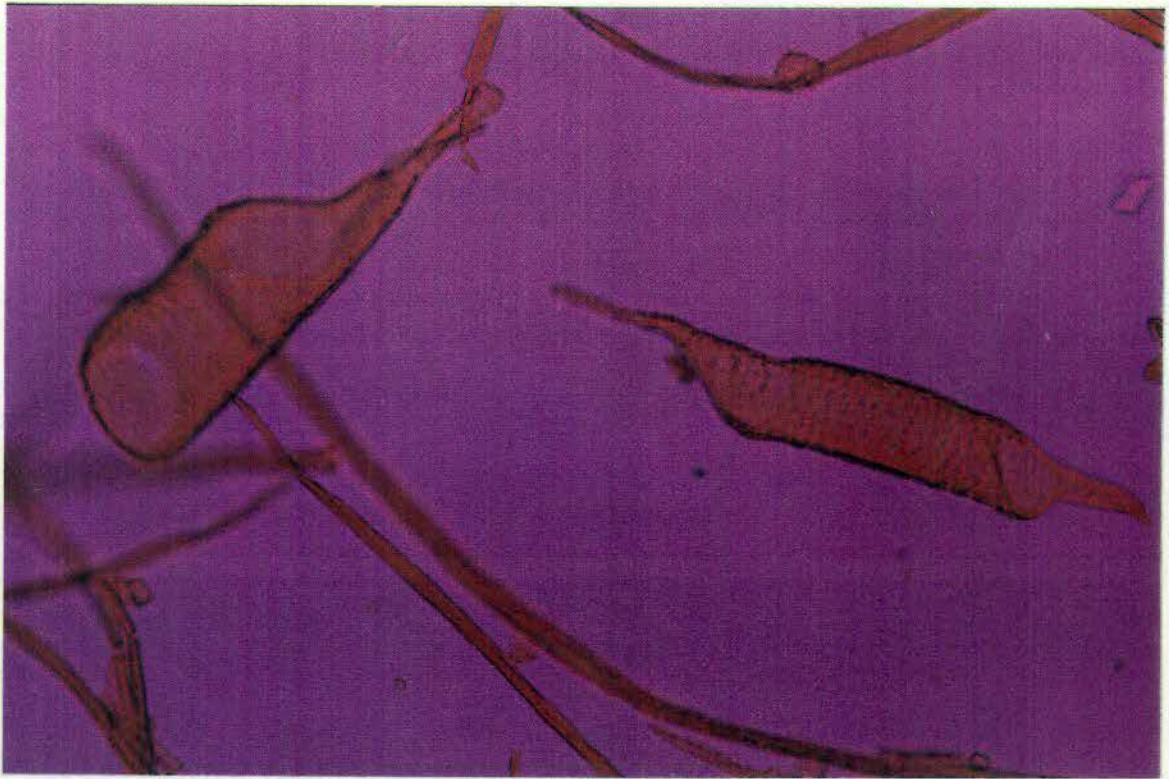


Fig. 14. Características de los elementos de vasos y fibra celular en diferentes especies del género *Eucalyptus*, 1. *E. melanophloia*, 2. *E. microtheca*.



**Cuadro 9.** valores promedio para fibras de nueve especies del género *Eucalyptus*, (medidas tomadas en  $\mu\text{m}$ ).

ESPECIES	LARGO	ANCHO	GROSOR P.C.
<i>E. camaldulensis</i>	83.59 $\pm$ 0.69 bc*	12.46 $\pm$ 0.22 c	4.39 $\pm$ 0.06 b
<i>E. crebra</i>	76.62 $\pm$ 0.85 de	11.23 $\pm$ 0.16 e	5.63 $\pm$ 0.10 a
<i>E. melanophloia</i>	59.01 $\pm$ 0.78 f	11.76 $\pm$ 0.16 cde	2.92 $\pm$ 0.07 e
<i>E. microtheca</i>	83.29 $\pm$ 1.26 bc	15.04 $\pm$ 0.19 a	3.36 $\pm$ 0.08 d
<i>E. microtheca 13548</i>	87.67 $\pm$ 1.05	11.61 $\pm$ 0.13 de	4.35 $\pm$ 0.06 b
<i>E. ochrophloia</i>	75.27 $\pm$ 1.24 e	13.92 $\pm$ 0.24 b	3.91 $\pm$ 0.08 c
<i>E. populnea</i>	123.33 $\pm$ 2.04 a	11.00 $\pm$ 0.15 e	3.47 $\pm$ 0.08 d
<i>E. tereticornis</i>	73.98 $\pm$ 0.85 e	12.36 $\pm$ 0.21 cd	4.17 $\pm$ 0.07 bc
<i>E. tessellaris</i>	81.02 $\pm$ 0.86 c,d	13.64 $\pm$ 0.22 b	4.15 $\pm$ 0.06 bc

\*Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ).

P.C. = pared celular.

La información obtenida sobre las fibras indican que la especie *E. populnea* presenta el valor máximo para largo de la fibra con 123.33  $\mu\text{m}$  y *E. melanophloia* el valor mínimo con 59.01  $\mu\text{m}$ . La especie *E. microtheca* presenta el valor máximo para ancho con 15.04  $\mu\text{m}$  y *E. populnea* el valor mínimo con 11.00  $\mu\text{m}$ , así mismo *E. crebra* (fig.13) presenta el valor máximo para el grosor de la pared celular con 5.63  $\mu\text{m}$  y *E. melanophloia* el valor mínimo con 2.92  $\mu\text{m}$ .



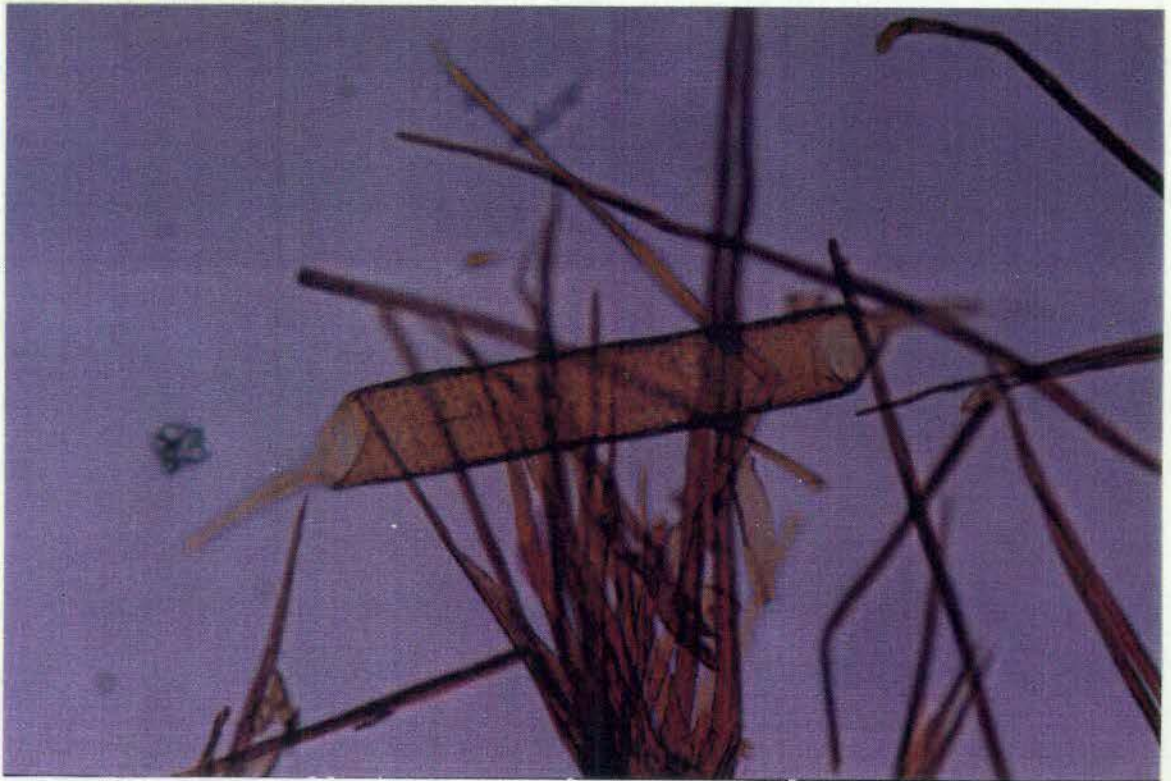
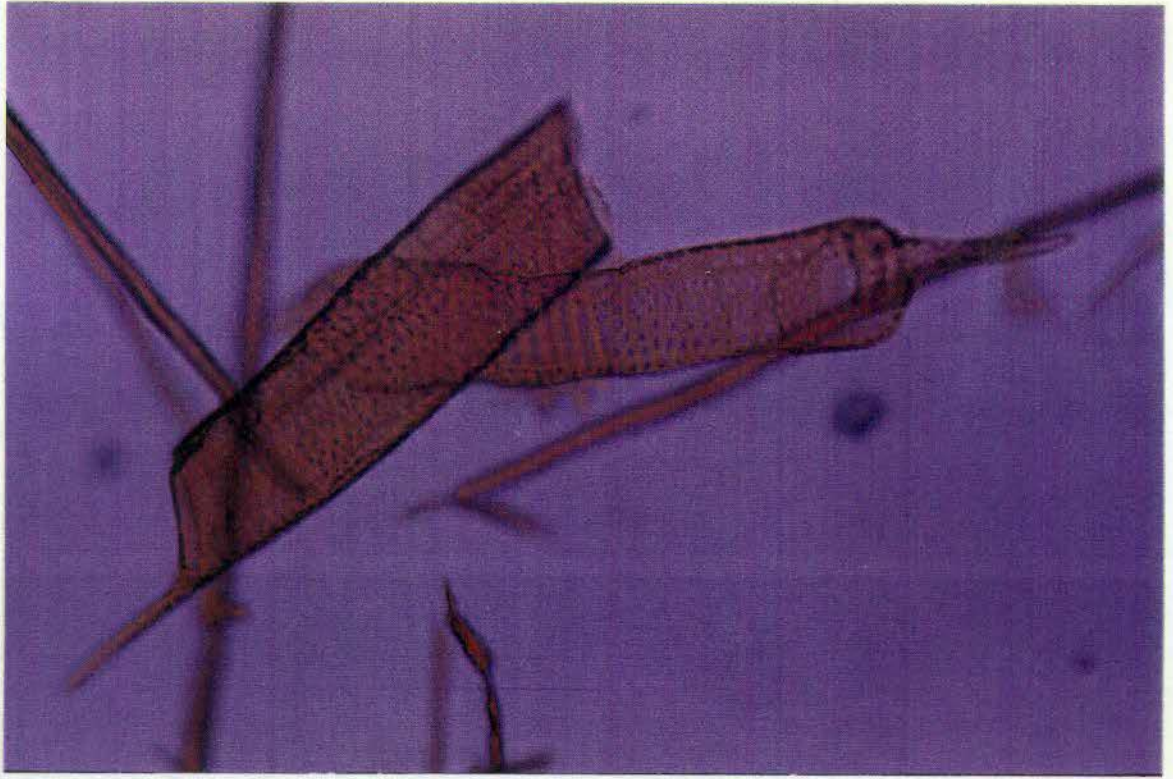


Fig. 15. Características de los elementos de vasos y fibra celular en diferentes especies del género *Eucalyptus*, 1. *E. microtheca* 13548, 2. *E. ochrophloia*.



**Cuadro 10.** Análisis de varianza sobre variables de fibras entre las especies del género *Eucalyptus*

F. DE VARIACIÓN	GRD. DE LIBERTAD	F. CALCULADA	PROBABILIDAD
Largo	8	233.409 **	P<0.001
Ancho	8	48.656 **	P<0.001
Pared celular	8	91.198 **	P<0.001

\*\* valores altamente significativos (p<0.001)

La comparación de medias por prueba de Tukey para largo de fibras nos muestra la formación de 6 grupos homogéneos que determinan la diversidad, donde la especie *E. populnea* presenta el valor máximo con 123.33  $\mu\text{m}$  en el grupo (a) y la especie *E. melanophloia* presenta el valor mínimo con 59  $\mu\text{m}$  en el grupo (f). Para ancho de fibras nos muestra 5 grupos homogéneos, donde la especie *E. microtheca* (fig.14) muestra el valor máximo de 15.04  $\mu\text{m}$  en el grupo (a) y las especies *E. populnea*, (fig.16) *E. crebra* (fig.13) con los valores mínimos de 11 y 11.23  $\mu\text{m}$  respectivamente en el grupo (e). Finalmente para grueso de la pared celular nos muestra la formación de 5 grupos homogéneos donde la especie *E. crebra* presenta el valor máximo con 5.63  $\mu\text{m}$  en el grupo (a) y la especie *E. melanophloia* (fig.14) muestra el valor mínimo con 2.92  $\mu\text{m}$  en el grupo (e). En lo que se refiere a la correlación entre diferentes variables anatómicas de la fibra, se observó que no existe ninguna correlación entre largo y ancho, así como entre largo de la fibra y grosor de la pared celular.



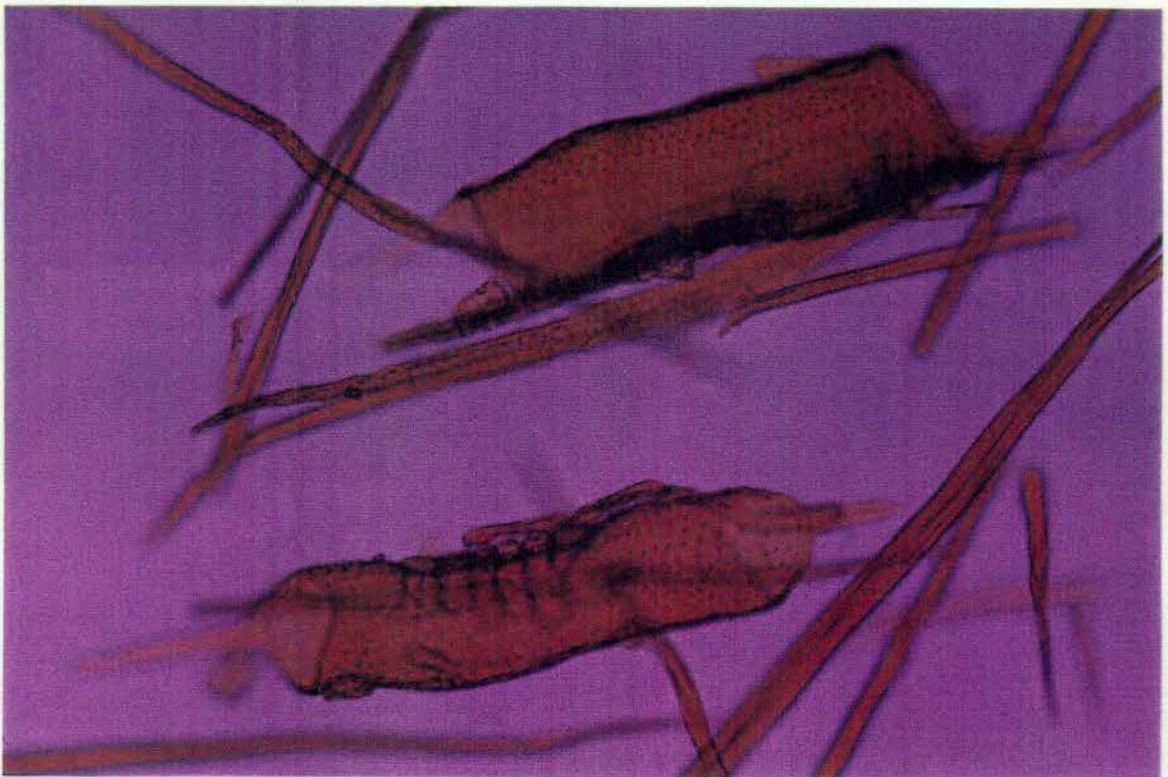
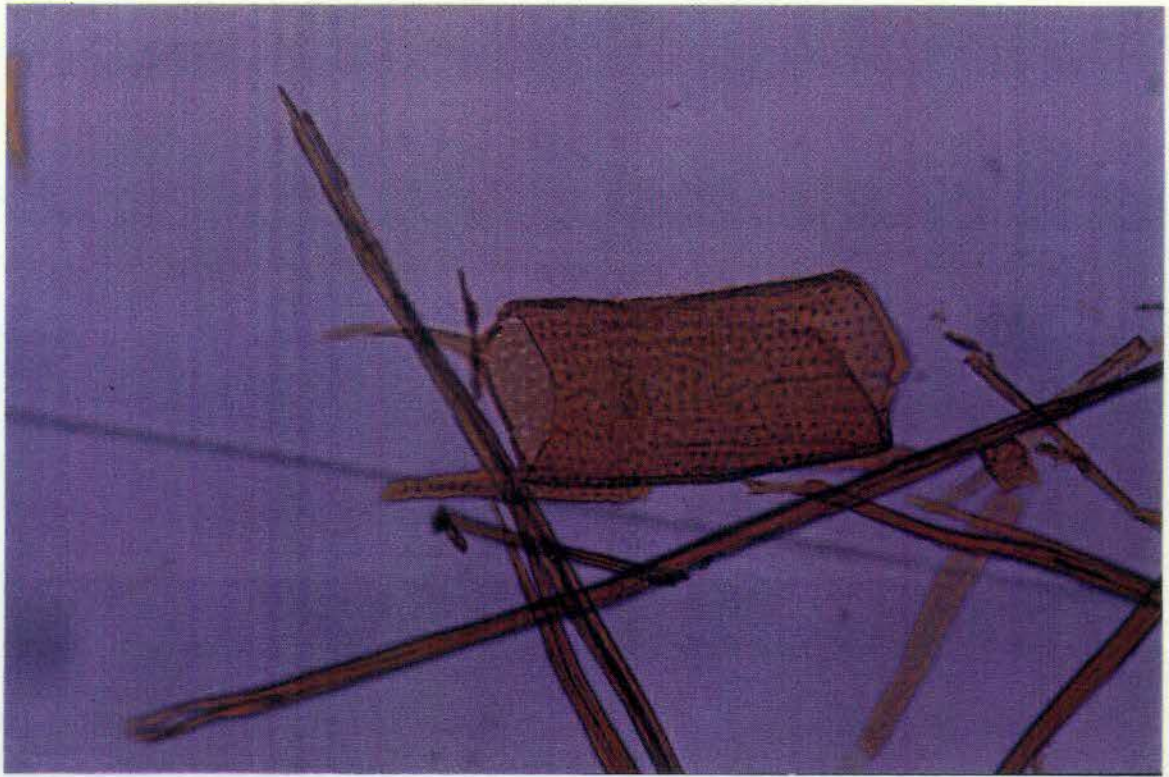


Fig. 16 Características de los elementos de vasos y fibra celular en diferentes especies del género *Eucalyptus*, 1. *E. tereticornis*, 2. *E. populnea*.



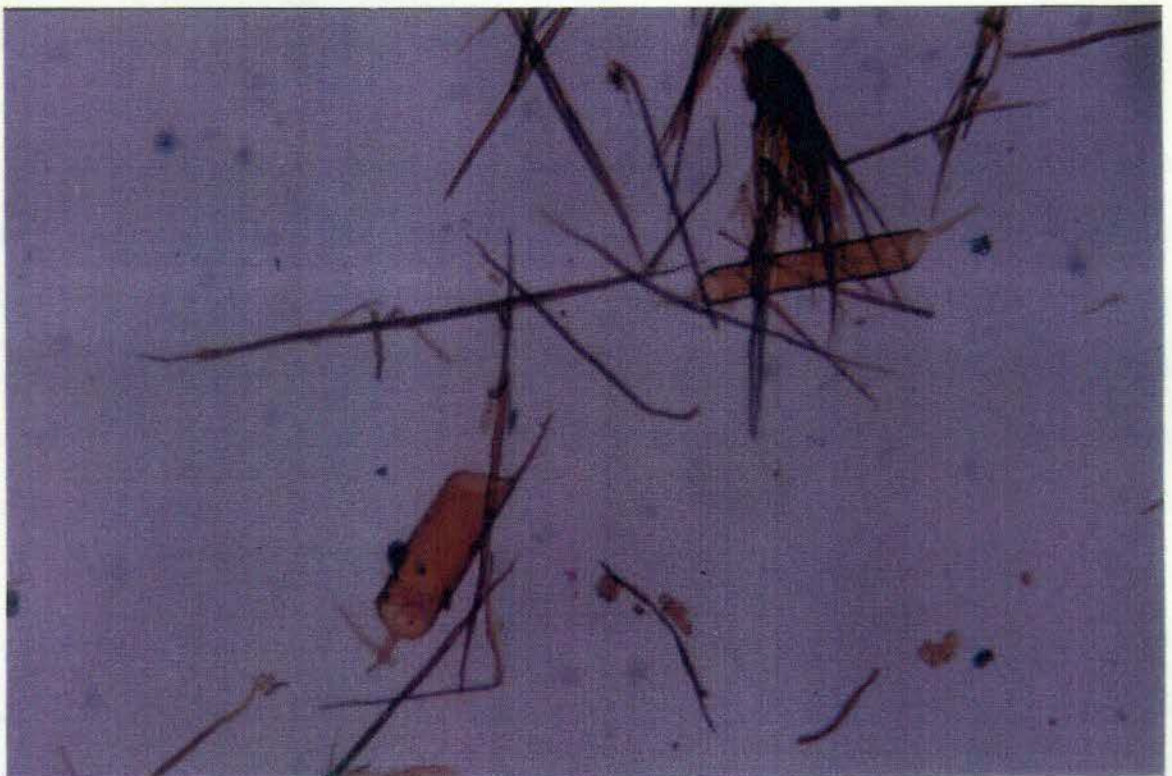
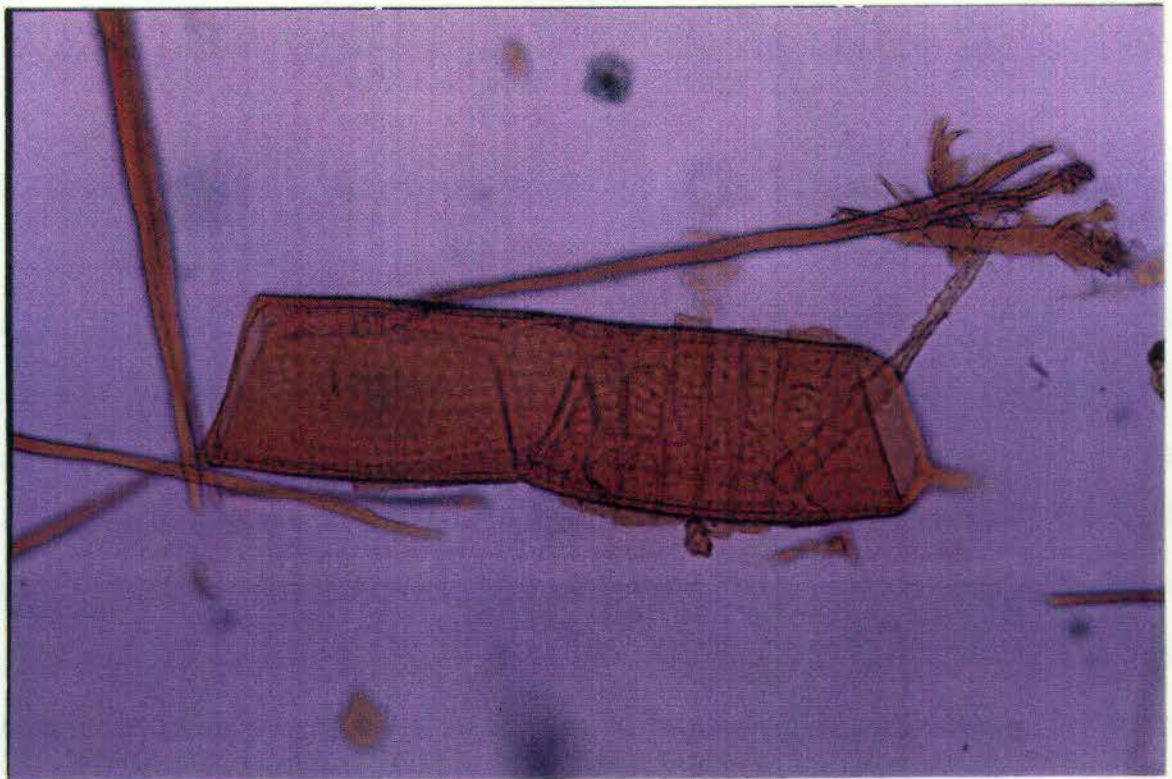


Fig. 17 Características de los elementos de vasos y fibra celular en diferentes especies del género *Eucalyptus*, 1. *E. tessellaris*, 2. *E. ochrophloia*.



## DISCUSIÓN

### CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS Y ESTRUCTURALES DE LA HOJA.

La gran importancia económica de las especies del género *Eucalyptus* queda de manifiesto por su uso medicinal estudiado por Weston, (1984) muy relacionado con el contenido de aceites esenciales reportado por Lassak y Southwell, (1982). Algunos aceites esenciales tienen efectos fungicidas corroborado por Chaudhari y Suri, (1991); Bruna, (1989). Los efectos bactericidas han determinado en los estudios realizados por Weston, (1984); Rameshwar, (1987), Hmamouchi *et al* (1992). También las hojas son usadas como alimento para animales en zoológicos esto fue reportado por Bazzocchi *et al*, (1987), Bao *et al.*, (1989), es por todo esto que el estudio de la morfología, anatomía y farmacognosia de la hoja es de gran importancia, así como para conocer las características que nos permitan identificar las distintas especies.

En este trabajo se realizó un estudio de la morfología de las hojas de nueve especies de eucalipto y se encontró un alto grado de variación foliar en forma, tamaño, tipo de borde, ápice, base y largo de pecíolo, resultados similares fueron reportados por Carr *et al*, (1986) y Esau, (1976). Los resultados obtenidos sobre los parámetros de largo, ancho y largo de pecíolo muestran una amplia variación en la morfología de las hojas permitiendo diferenciar las especies. Así pueden ser agrupadas según estas características, las especies

*E. camaldulensis*, *E. tessellaris* y *E. melanophloia* con las hojas más largas con 20.29, 18.16 y 17.26 cm respectivamente; las especies, *E. microtheca* 13548, *E. microtheca*, *E. populnea* y *E. tereticornis* muestran los valores intermedios que oscilan entre 16.70 y 10.69 cm, la especie *E. ocroploia* muestra la menor longitud que es de 4.14 cm.



En base a la variable de ancho de la hoja, son *E. populnea* y *E. tereticornis* representaron valores máximos con 4.87 y 4.81 cm respectivamente y *E. tessellaris* es la especie con el valor mínimo de 1.73 cm. Con respecto al largo del pecíolo las especies *E. populnea*, *E. tereticornis* y *E. melanophloia* muestran los pecíolos más largos con 2.82, 2.79 y 2.51 cm respectivamente y *E. ocroploia* y *E. tessellaris* muestran los pecíolos más cortos con 0.16 y 0.96 cm respectivamente. Esta información concuerda con la obtenida por Weiller *et al.*, (1994) ; Charomaini, (1990).

Con respecto a la estructura anatómica de la superficie de la hoja en haz y envés, se mostró gran variación en diferentes componentes anatómicos como tamaño y frecuencia de estomas. Se observaron al microscopio de luz los estomas y se encontró gran variación en el tamaño, en sus variables de largo y ancho, se presentaron algunos estomas abiertos y otros cerrados, por lo general se localizan tanto en el haz como en el envés, sin embargo, en una especie sólo se presentaron en el envés, se encontraron resultados similares por Ito y Suzuki en 1990, Nautiyal y Reynolds 1988. En cuanto a las variables tomados en estomas, los resultados muestran amplia variación en largo y ancho así como en el índice estomático. En base a este estudio podemos agrupar a la especie de las siguiente manera: *E. populnea* y *E. crebra* con los estomas grandes 28 y 30 micras como valor promedio; *E. tessellaris* y *E. microtheca* 13548 presentan los estomas más pequeños con 14 y 17  $\mu$  y *E. melanophloia*, *E. ocroploia*, *E. microtheca* y *E. tereticornis* con los valores promedios intermedios 18,21, 22 y 23  $\mu$  respectivamente. En cuanto al índice estomático observamos que la mayoría de las especies demostraron la presencia de estomas más grandes en el envés que en el haz, así mismo se puede ver que la especie *E. tessellaris* muestra los máximos índices estómaticos tanto en el haz como en el envés con un 25% y 30% respectivamente y las especies *E. microtheca*, *E. populnea* y *E. camaldulensis* presentan



los índices menores con 15%. En la proporción del índice estomático observamos que las especies *E. microtheca 13548* y *E. camaldulensis* con las proporciones máximas nos indican la tendencia de ser menos xerofítica entre las nueve especies y *E. crebra* como la especie más xerofítica por presentar estomas solo en el envés, lo que le permite menor transpiración y por lo tanto menor pérdida de agua y el intercambio de gases necesario para sus funciones.

En lo referente a la ultraestructura de la superficie de la hoja, al observar cortes tanto del haz como del envés al microscopio electrónico de barrido, observamos que existe gran diferencia en la estructura superficial, en cantidad y distribución de cera epicuticular en ambas superficies de las hojas de eucalipto; fueron encontrados también resultados similares por Baker (1974 y 1982), Courtney, *et al.*, (1983), Freeman, *et al.*, (1979), Hallam, (1964); Horn, Kranz y Lamberton, (1964). En terminos generales podemos observar que el haz es más liso en la mayoría de las especies lo cual permite la reflexión de la luz, resultados corroborados por Jeffree y Sandford, (1982), Jeffree, *et al.*, (1971), Jenks, *et al.*, (1994), se observaron tres tipos de cera epicuticular lisa tubular y prismática, variando entre las especies el patrón de distribución sobre ambas superficies de la hoja, estos resultados son corroborados por Kolattukudy, (1980), Robinson, *et al.*, (1993), Wirthenson y Sedgley, (1996). Las células epidérmicas están cubiertas con cera y varía la cantidad de glándulas presentes, generalmente presentan el ostíolo abierto, su tamaño varía de acuerdo con la especie, así como su frecuencia por unidad de área.

La presencia de estomas con el ostíolo abierto en ambas superficies nos permite concluir que existe un alto grado de transpiración e intercambio de gases, lo que indica que la planta cuenta con suficiente agua en el suelo que le permite tal grado de transpiración, estos resultados concuerdan con lo visto por Ito y Suzaki, (1990). La mayor cantidad de



cera epicuticular por lo general en el haz nos indica que esta superficie está más expuesta a la radiación solar y su contenido de cera lisa le permite la reflexión de los rayos solares para que no aumente la temperatura de la hoja, esto es apoyado por los estudios de Jeffree, *et al.*, (1976), Robinson, *et al.*, (1993).

Al agrupar las especies tomando estas características como base, observamos que tanto en el haz como en el envés se presenta la cera epicuticular de distintos tipos, así en *E. camaldulensis*, *E. melanophloia*, *E. microtheca*, *E. populnea* y *E. tessellaris* muestran cera de tipo tubular o fibrilar y en *E. crebra* y *E. microtheca* 13548 observamos cera lisa y en *E. tereticornis* se presenta cera prismática. Por lo general la superficie del haz es más brillante debido a la cantidad y distribución uniforme de la cera, en cambio en el envés la distribución es más irregular y la cantidad de cera es menor, lo que hace que ésta superficie se vea opaca, como lo observamos en *E. camaldulensis*, *E. crebra*, *E. microtheca*, *E. populnea* y *E. tereticornis*. Sin embargo en *E. melanophloia* y *E. tessellaris* las superficies de haz y envés se observaron muy semejantes con abundante cera epicuticular tubular distribuida en forma uniforme en la primera especie e irregular en la segunda. La presencia abundante de cera epicuticular puede relacionarse con su contenido químico, como ha sido reportado por Horn *et al.*, (1964), Hallam y Chambers, (1970) y Jeffree *et al.*, (1976). La variabilidad de la cera se relaciona con su fisiología y mecanismos de adaptación a condiciones de semiaridez, también puede relacionarse con mecanismos de defensa contra distintas plagas, como hongos e insectos, corroborado por los estudios de Phellan y Miller, (1982).

## ANATOMÍA DE LA MADERA

Referente a la madera de eucalipto sabemos que sus distintos usos reportan grandes utilidades económicas, así la calidad de la madera para la fabricación de variados productos depende de sus distintas propiedades, tales como: dureza, densidad relativa, durabilidad, resistencia y permeabilidad dichas características fueron reportados por Gnanaharan, (1986). Es de gran importancia económica la obtención de pulpa de especies de *Eucalyptus* para la elaboración de papel. Bamber, (1985) reportó que la madera de los árboles jóvenes de baja densidad y fibras cortas producen mejor pulpa para la elaboración de papel. La obtención de celulosa a partir de la madera de eucalipto es otro recurso económico estudiado por Pereira, (1988). Así también se obtienen combustibles, fibras textiles, productos medicinales, lo cual nos da una idea de la importancia económica de la madera de eucalipto.

La calidad y dureza de la madera depende de la estructura anatómica del xilema secundario que está constituido por vasos, células de fibras, parénquima y contenido de sustancias químicas, por lo cual en el análisis estructural de las diferentes especies que se estudiaron puede servir para determinar la calidad y su posible utilidad, así observamos que el contenido de gran cantidad de esclerénquima muy lignificado y menor cantidad de parénquima, nos da como resultado una madera más dura que puede tener como uso la fabricación de muebles, por el contrario una madera con menor cantidad de lignina y mayor cantidad de parénquima podría ser de utilidad en la industria papelera en la fabricación de distintas calidades de papel.

En lo referente a la ultraestructura de la madera se observó en corte transversal de ramas secundarias que existe variedad de formas de los poros (redondos, ovalados, e irregulares)



el tamaño varía, los de grandes y pequeños y su distribución por lo general es irregular. El parénquima paratraqueal es incompleto en la mayoría de la especies y el parénquima apotraqueal, comunmente es difuso. Existe gran variación en el contenido de lignina, lo que determina la dureza o suavidad de la madera, así tenemos que la especie *E. melanophloia* y *E. microtheca* 13548 con mayor cantidad de lignina ya que la pared celular de sus fibras es más gruesa por lo tanto presentan la madera más dura y las especies *E. tessellaris* y *E. tereticornis* con menor cantidad de lignina, tienen la madera más suave, esto también es confirmado por los estudios de Bailey, ( 1957 ); Kribs, ( 1935 ), donde los radios por lo general son uniseriados.

En las especies del género *Eucalyptus* observamos que las dimensiones de los vasos son variables, así podemos ver que unos vasos son cortos y anchos y otros grandes y delgados; en la mayoría de las especies la lámina terminal es simple y se presenta recta o truncada como en *E. crebra* y *E. microtheca*. Sin embargo, en otras como *E. melanophloia* la lámina terminal es simple y muy inclinada; en cuanto a las puntuaciones por lo general son abundantes y bordeadas o aereoladas, de forma circular y con disposición alterna, aunque algunas son opuestas.

De acuerdo a las características morfológicas, tipo de puntuaciones, inclinación de la lámina terminal y dimensiones (largo y ancho) de los vasos, podemos conocer los caracteres evolutivos de las especies de las plantas, ya que aquellas que presentan vasos largos y delgados y muy inclinados en el extremo terminal son más primitivos, en comparación con las especies que presentan vasos cortos, anchos y truncados. Con respecto a las puntuaciones de la pared de los vasos y fibras, las especies más primitivas tienen poros o puntiaduras de tipo escaleriforme y éstos gradualmente evolucionan a opuestas y por último a alternas que son las más avanzadas (Bailey, 1953) ; (Kribs, 1935).



Con respecto a las fibras, se observaron algunas cortas como en *E. microtheca* y *E. tereticornis* en comparación con otras sumamente largas como es el caso de *E. populnea* y *E. microtheca* 13548; los extremos se presentan en su mayoría agudos excepto en *E. populnea* que presenta los extremos redondeados; las puntuaciones por lo general se presentan aereoladas ovaladas y en disposición oblicua lo cual las clasifica como alternas, sin embargo, en *E. microtheca* 13548 las puntuaciones se observaron aereoladas ovaladas y en disposición vertical lo cual las clasifica como opuestas.

Al hacer un análisis cualitativo de las características de vasos y fibras observadas en las nueve especies de eucalipto podemos decir que las especies *E. microtheca* y *E. crebra* son evolutivamente más avanzadas por la presencia de vasos más cortos y anchos, lámina terminal con corte recto o semirecto y el tipo de puntuaciones alternas tanto en vasos como en fibras; en cambio a las especies *E. tessellaris* y *E. microtheca* 13548 podemos clasificarlas como más primitivas por la presencia de vasos largos y delgados, lámina terminal simple e inclinada y fibras con punteaduras opuestas.

Según lo observado podemos entender que el estudio de la anatomía de madera, contribuye grandemente a la taxonomía, ya que por medio del conocimiento de las características de la madera nos permite identificar las especies maderables en base a los caracteres de los componentes anatómicos de cada especie.

El estudio de la anatomía de madera nos permite correlacionar las propiedades físicas de la madera como: resistencia, dureza y flexibilidad, con respecto a los componentes anatómicos, ya que de acuerdo a su estructura, ordenación y composición determinan tales propiedades físicas. La anatomía de madera sirve como base para predecir y determinar su calidad y utilidad. (Bailey , 1957).



Taxonómicamente la gran variedad morfoanatómica que presentan las hojas pueden servir para diferenciar las especies de eucalipto. La forma y tamaño, así como el contenido y tipo de cera epicuticular en ellas son diferentes, como el tamaño y frecuencia de los estomas. La variación observada en largo y ancho de vasos y fibras, además del grado de lignificación, nos permite observar que se pueden elaborar claves de identificación de especies del género *Eucalyptus* en base a estas características, que permitan ayudar a la taxonomía.

## CONCLUSIONES

Se cumplieron los objetivos que se plantearon al inicio de este trabajo y observamos que existe gran variación cuantitativa y cualitativa entre las hojas de las diferentes especies. Cuantitativamente comprobamos que las variables largo, ancho y largo del pecíolo de las hojas varían considerablemente. Cualitativamente encontramos variaciones en la morfología de las hojas donde las observamos grandes en *E. camaldulensis* y pequeñas en *E. ochrophloia*, también estrechas en *E. tereticornis* y anchas como en *E. populnea*.

El estudio ultraestructural de las hojas confirmó cualitativamente las diferencias entre las especies, ya que arrojó resultados muy interesantes donde encontramos que el tipo y cantidad de cera epicuticular es muy variable y es una respuesta de adaptación a condiciones de aridez. Así también el índice estomático, tamaño y frecuencia de estomas, ayudaron a determinar la variabilidad entre las hojas de las nueve especies de eucalipto.

Al realizar la caracterización cualitativa y cuantitativa del xilema secundario, observamos gran variación entre los vasos y fibras de las distintas especies que nos permitió establecer sus relaciones taxonómicas, evolutivas y la utilidad de la madera.

Estas conclusiones confirman que la hipótesis inicial de este estudio es cierta, donde planteamos que existe variabilidad entre las especies de *Eucalyptus* tanto en sus características morfoanatómicas de la hoja y el xilema secundario que pueden relacionarse con su delimitación taxonómica, evolutiva y el valor económico de las especies.



## LITERATURA CITADA

- Anjos N. , G.P. Santos y J.C. Zanuncio 1987. The *Eucalyptus* defoliator thyrintina arnobia stoll (Lepidoptera). Boletín Técnico Empresa de Pesquisa Agropecuaria de Minas Gerais, Brasil. No. 25 : 56 pp
- Atchinson, E. 1947. Chromosome numbers in the family Myrtaceae. American Journal Botany 34 : 159-164.
- Bailey I.W., 1953. Evolution of tracheary tissue of land plants. Amer. Jour. Bot. 40 : 4-8.
- Bailey I.W. 1957. The potentialities and limitation of wood anatomy in the study of the phylogeny and clasification Arnold Arboretum Jour. 38 : 243-254
- Baker, E.A. 1974. The influence of enviroment on leaf wax development in *Brassica oleracea* var. gemmifera. New Phytologist 73 : 955-966.
- Baker, E. A. 1982. Chemistry and morphology of plant epicuticular waxes. In "Linnean Society Simposium Series", 139-165. Academic Press : London.
- Baley, L. H. 1975. Manual of cultivated plants. MacMillan Publishing Co. Inc. New York,...pp.
- Bamber, H.N. 1955. Adaptive gene substitutions in Tasmanian *Eucalyptus*: I. Genes controlling the development of glaucousness. Evolution 9 : 1-14.
- Bamber R.K. 1985. The wood anatomy of *Eucalyptus* and paper making. Appita 38 (3) :210-218.
- Bao C.Y. ; Y.M. Xie y Y.F. Song, 1989. Composition and evaluation of nutritive ingredients in Eucalyptus leaves. Institute of Animal Husbandry and veterinary science. Jiangsu Academy of Agriculytural Sciences, Nanjing, China. Chemistry and Industry of forest products. 9 (4) : 49-54

Barrichelo L.E.G.; A.V. Bazanalli y J.O. Brito, 1983 Basic density and characteristics of *Eucalyptus grandis* wood fibres. Latin American cellulose and paper congress, Nov. 21-26 : 113-125.

Bazzochi R., M.E. Giorgioni and S. Calzolari 1987. *Eucalyptus* per la produzione di fronde recise. Instituto di coltivazione arboree, Universita de Bologna Italy. Culture Protette, 16( 6 ) : 27-32

Bessey, C. E. 1915. The Phylogenetic taxonomy of flowering plants. An. Mo. Bot. Gard 2: 109-164.

Boland D.J. y M. Sedgley, 1986. Stigma and style morphology in relation to taxonomy and breeding systems in *Eucalyptus* and *Angophora* (Myrtaceae). Australian Journal of botany 34 (5) : 569-584.

Bonilla B. R. y H. M. Avila 1981. Aspectos políticos de las plantaciones forestales. Segunda reunión sobre plantaciones forestales INIF, publicación especial 33 : 19-58.

Brooker M.I.H. y E.V. Lassak, 1981. The volatile leaf oils of *Eucalyptus ovata* Labill and *E. brookerana* A.M. Gray (Myrtaceae). Australian Journal of Botany, 29( 5 ) : 605-615.

Bruna E.D. 1989. Effects of *Eucalyptus* litter extracts on microbial growth. Journal Article, Pesquisa Agropecuaria Brasileira. 24( 12 ) : 1523-1528.

Carr D. J., S.G. Carr y J.R. Lenz 1986. Leaf venation in *Eucalyptus* and other genera of Myrtaceae: implications for systems of classification of venation. Australian Journal of Botany , 34 (1) : 53-62.

Carr S.G.M. y Carr D.J., 1990. The elastic sided gumleaf, or : The Ruber Cuticle and Other Studies of the Carimbose. Research School of Biological Sciences. Australian, National University, Canberra Act. Australia, Proceedings of the Linnean Society of New South Wales, 110 (2) : 101-140

Courtney J. L.; E.V. Lassak y G.B. Speirs, 1983. Leaf wax constituents of some Myrtaceous species. Phytochemistry 22 : 947-949.

Charomaini M., 1990. Characteristics, Geographic Variation of Juvenile Leaf of (5 provenances) *Eucalyptus urophylla* in South Sumatra. Buletin penelitian-Hutan, 530 : 1-10.



Chaudhari D.C. y R.K. Suri, 1991. Comparative studies on chemical and antimicrobial activities of fast growing *Eucalyptus* hybrid (Fri-4 and Fri-5) with their parents. Minor forest product division, Forest Research Institute, Dehra Dun 248006 India.

De la Cruz C. J. A. y B.M. Zapien, 1978. El campo experimental forestal de zonas áridas de la Saucedá, Ramos Arispe, Coahuila. Líneas de investigación y resultados. Boletín divulgativo No. 36, SARH, México.

Eigenbrode, S. D., K.E. Espelie y A.M. Shelton, 1991, Behavior of neonate diamondback moth larve (*Plutella xylostella*, L.) on leaves and on extracted leaf waxes of resistant and susceptible cabbages. *Journal of Chemical Ecology* 17 : 1691-1704.

Enríquez Q. M. y E.B. Equihua, 1981. Aspectos socioeconómicos de las plantaciones forestales. II Reunión sobre plantaciones forestales. Memoria. Publicación Especial No. 33 : 71-94.

Erazo S. ; C. Bustos ; A.M. Erazo ; J. Rivas ; O. Zollner ; C. Cruzat y J. Gonzáles, 1990. Plantas medicinales et phytoterapie. 24 : 4, 248-257 ; 4 : 11 ref.

Esau K., 1976. Anatomía Vegetal. Ediciones Omega, S.A. Casanova 220 Barcelona, España.

FAO., 1981. El eucalipto en la repoblación forestal. Colección FAO : Montes No. 11 Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma, Italia.

Foelkel C. E. B.; M. Borssatto ;C.A. Busnardo y C. Zvinakevicius , 1981In search of ideal quality of Eucalipto wood for producing pulp. *Papel* 42 : 52-56.

Foroughbakhch R., 1984. El eucalipto en el noreste de México. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Nuevo León.

Forsait, C., 1926. The technology of New York State timbers. N.Y. State Col. Forestry, Syracuse Univ., Tech. Pub. 18. Vol. 26.

Freeman, B., C. Albrigo y R.H. Biggs, 1979. Ultraestructure and chemistry of cuticular waxes of developing Citrus leaves and fruits. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 104 : 801-808.



Garland C. P., F.C. James ; P.J. Nelson y J.A. Wallis, 1986. Chemical analyses and oxidative studies *Eucalyptus regnans*, *E. diversicolor*, *E. Marginata* and *E. tretodonta* woods samples. *Appita* 39 (5) : 361-368)

Garrec, J. P., C. Henry y L. Le Maout, 1995. Cires épi et intracuticulaires: Etude de leur séparation, de leurs caractéristiques chimiques et de leurs roles respectifs dans la ferm, abilit, cuticulaire. *Enviromental and Experimental Botany* 35 : 399-409.

Gnanaharan R. 1986. *Eucalyptus* for non-pulp uses research needs. *Eucalypts in India, past, present and future*. Kerala forest research institute, 415-421.

Golfari L y N.F.A. Pinheiro, 1970. Escolha de especies de eucalipto potencialmente aptas para diferentes regiones de Brasil. *Brasil Forestal*, Vol. 1 (3). Brasil.

Golfari L., 1974 . Esquema y zoneamento ecológico forestal para o Brasil. Instituto Brasileiro de Desenvolvimento forestal. Brasil.

Golfari L., 1975. Zonamiento ecológico de estado de Minas Gerais para reforestaciones. Proyecto de desenvolvimiento e Pesquisa Forestal PNUD/FAO/IBDF-BRA/71/545.

Gonzalez J. C., J.L. Gomide y B.R. Vital, 1986. Technical studies of wood from *Eucalyptus grandis* coppice shoots for kraft pulp production. *Revista Arvore* 10 (1) : 1-15.

González H.G.A, 1979. Evaluación del crecimiento de las plantaciones forestales de la cuenca de Cointzio. Comisión forestal del estado de Michoacán. Serie Tecnica No. 17.

Gupta K. C.; A.K. Singh y J.J. Brophy, 1988. Volatile constituents of essential oil of *Eucalyptus excerta*. *Indian perfumer* 1 : 18-2

Hale M. D. C. y R.A. Eaton, 1988. Soft-rot decay of treated hardwoods. Symposium Cambridge, Sep. 1987 : 749-754.

Hallam, N. D., 1964. Sectioning and electron microscopy of *Eucalyptus* leaf waxes. *Australian Journal of Biological Science* 17 : 587-590.

Hallam, N. D., 1970a. Leaf wax fine structure and ontogeny in *Eucalyptus* demonstrated by means of a specialised fixation technique. *Journal of Microscopy* 92 : 137-144.



Hallam, N. D., 1970b. Growth and regeneration of waxes on the leaves of *Eucalyptus*. *Planta* 93 : 257-268.

Hallam, N. D., y T.C. Chambers, 1970. The leaf waxes of the genus *Eucalyptus* L Hérítier. *Australian Journal of Botany* 18 : 335-386.

Hasuike M.; R. Imamura ;M. Koji y T. Uesaka, 1982 Quantitative morphology of wood pulp fibres. *Journal of the Japan wood research society* 28 (4) : 230-236. 13 Ref.

Hmamouchi M.,1990. Elucidation of the antibacterial and antifungal properties of the essential oils of *Eucalyptus*. Departament de chimie et biochimie, Faculte de Medicine et de Pharmacie, Rabat, Morocco. *Plantes Medicinales et Phytotherapie*. 24 ( 4 ) : 278-289.

Hmamouchi M., 1992. Chemical and microbiological studies of essential oils of Moroccan *Eucalyptus* species. Faculté de médecine et de pharmacie, Rabat, Morocco. *Afranines* 6 ( 2 ) : 109-117.

Horn, D. H. S., Z.H. Kranz y J.A. Lamberton, 1964. The composition of *Eucalyptus* and some other leaf waxes. *Australian Journal of Chemistry* 17 : 464-476.

Ito S. y T. Susaki, 1990, Research Institute of University Forests, Faculty of Agriculture. Ryushu University, Fukuoka 812, Japan. *Bulletin of the Kyushu University Forests* No. 63 : 37-53.

Jeffree, C. E. y A.P. Sandford, 1982. Cristalline structure of plant epicuticular waxes demonstrated by cryostage scanning electon microscopy. *New Phytologist* 91 : 549-559.

Jeffree, C. E., R. P. C. Johnson y P. G. Jarvis, 1971. Epicuticular wax vapor and carbon dioxide. *Plant* 98 : 1-10.

Jeffree, C. E., E. A. Baker y P. J. Halloway, 1976. Origins of the fine structure of plant epicuticular waxes. In "*Microbiology of Aerial Plant Surfaces*" (Eds. C. H. Dickinsos and T. F. preece.) pp. 119-158. (Academic Press: London).



Jenks, M. A., O. J. Rich y E. N. Ashwort, 1994. Involvement of cork cells in the secretion of epicuticular wax filaments on *Sorghum bicolor*. (L.) Moench. International Journal of Plant Science 155 : 506-518.

Jones, M. y M. Sedgley, 1993. Leaf waxes and postharvest quality of *Eucalyptus* foliage. Journal of Horticultural Science 68 : 939-946.

Jordan G. J.; B. M. Potts ; J. B. Kirkpatrick y C. Gardiner, 1993. Variation in the *Eucalyptus* globulus complex revisited. Australian Journal of Botany 41 (6) : 763-785.

Kribs D.A., 1935. Salient lines of structural specialization in the wood rays of dicotyledons. Bot. Gaz. 96 : 547-567.

Kolattukudy, P. E., 1980. Cutin, suberin and waxes. In "The Biochemistry of plants. Volume 4, Lipids, Structure and Function". (Ed. P. K. Stumpf.) : 571-645. (Academic Press: New York).

Lassak E. V. y I. A. Southwell, 1982. The stem volatile leaf oils of some species of *Eucalyptus* subseries Strictae. Phytochemistry 21 (9) : 2257-2261.

Lawrence G.H., 1951. Taxonomy of vascular plants. The MacMillan company, New York.

Li-H. ; J.L. Miadden y N.W. Davies., 1994. Department of Agricultural Sciences, University of Tasmania G.P.O. BOX 252C, Hobart, Tasmania, Australia 7001. Biochemical- Systematics and Ecology. 22 (6) : 631-640

Liu W.; R. A. Merriam ; V. D. Phillips y D.Singh, 1993 Stimating short-rotation *Eucalyptus saligna* production in Hawaii an integrated yield and economic model. Bioresource Technology. 45 (3) : 167-176,

Lucia R.M. y B. R. Vital, 1983. Physical properties of the wood of three regions of the stem of *Eucalyptus saligna*. Revista Arvore 7 (1) : 71-75.

Metcalf, C. R, y C. Chalk, 1972. Anatomy of the dicotyledons. Clarendon Press Oxford.



Nasroun T.H. y O. T. Elzaki, 1987. The relationship between the anatomical structure and the mechanical properties of wood. *Sudan-Silva*. 6 (26) : 88-99.

Nautiyal S. y E. Reynolds, 1988. Plant Physiology Branch, Forest Research Institute. Dehra Dun up India. *Indian Forester*, 114( 6 ) : 295-306.

Pereira J.C.D., J. A. Sturion y J. Faber, 1988. Comparison of wood quality of five *Eucalyptus nitens* provenances for energy. *Boletín de pesquisa florestal* 16 : 1-6. Curitiba, Parana, Brazil.

Phellan, P. L. y J. R. Miller, 1982. Post-landing behavior of alate *Myzus pericae* as altered by (E)-beta-farnesene and three carboxylic acids. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 32 : 46-53.

Pinto, L.H. y H.S. González, 1971. La dasonomía y su importancia en el desarrollo socio-económico de México. *México y sus bosques*. Vol. 10. No. 2, 22-31.

Pinyopusarek K. ;B.V. Gunn ; E.R.Williams y L.D. Pryor., 1993. División of Forestry, CSIRO, PO BOX 4008, Queen Victoria Terrace. *Australian Journal of Botany*, 41 :1, 23-34 ; 16 Ref.

Rameshwar D. 1987. Ocurrence of ursolic acid and related compounds in *Eucalyptus* hybrid leaves. *Current Science*, - India 13 : 670-671.

Record, S. 1934. Identification of the timbers of temperate North America. New York, John Wiley and Sons.

Reynders M. I. 1970. Informe sobre los ensayos de especies en zonas tropicales de México. Chipingo, Escuela Nacional de Agricultura.

Robinson, S. A., C. E. Lovelock y C. B. Osmond, 1993. Wax as a mechanism for protection against photoinhibition- a study of *Cotyledon orbiculata*. *Botanica Acta* 106 : 307-312.

Royle, D. J., 1976. Structural features of resistance to plant diseases. In "Biochemical Aspects of Plant-Parasite Relationships". (Eds J. Friend and D. R. Threlfall) pp. 161-193. Academic Press: London.



Sangri N. L. y G. V. Díaz , 1964. Plantaciones con especies forestales para el abastecimiento de fábricas de papel. México y sus bosques. Epoca II. No. 11.

Shiva M.P.; K. R. Jaffer ; S. N. Mehra ; J. R Sachidanand y N. P. Shing , 1988. Trend of essential oil yield and citronellal content in *Eucalyptus citriodora* from coppiced and pollarded crops at different periodicity at Dehradun. Indian perfurmer 32 (1) : 29-39.

Silva D.A. y J.O. Brito., 1987. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazonia. 69,000. Manaus, A.M. Brazil. Instituto de Pesquisas e Estudos Forestais, No. 36, 21-26 ; 20 Ref.

Siddique A.B. y A.R. Chowdhuri., 1982. Fibre dimensions of some wood, bamboo and grass species wiht special reference to their use fullness in papermaking. Bono-Biggyan-Pakita 11 (1/2) : 56-62.

Singh A. P., 1987. Fine estrutura of hydrolysed primary walls in tracheary elements of petiolar xylem in *Eucalyptus delegatensis*. Annals of Botany, 60 (3) : 315-319.

Stoneman G.L., 1994. Ecology and physiology of establishment of eucalypt seedlings from seed: a review. Australian forestry 57 (1): 11-30.

Sturion J.A.; J. C. Pereira y M. S. Chemin, 1988. Wood quality of *Eucalyptus viminalis* for energy purposes as function of spacing and felling age. Boletin de pesquisa forestal. 16 : 55-59.

Suri R.K. y S. N. Mehra, 1991. Chemical examination of oils of some *Eucalyptus*. Camphor and allied products Ltd. Bareilly, India. Indian Perfumer 35( 1 ) : 8-12.

Vázquez J.L., 1970. Problemas técnicos y abastecimiento de materias primas. El caso del fibracel. México y sus bosques vol. 9 (4) : 72-85

Vázquez S.J., 1978. Política y legislación sobre plantaciones forestales. Plantaciones forestales. I Reunión Nacional. Memoria. SARH. Publicación especial 13 : 409-413.

Weiller, C. M., R. K. Crowden y J. M. Powell, 1994. Morphological and taxonomic significance of leaf epicuticular waxes in the Epacridaceae. Australian Systematic Botany 7 : 125-152.



Weisner J., 1871. Beobachtung über die wachsuberzüge der Epidermis. Botanisches Zeitung 29 : 749-774.

Weston R. J., 1984. Composition of essential oil from leaves of *Eucalyptus delegatensis* : Phytochemistry 23 (9) : 1943-1945.

Wilkins A. y M. Ghali, 1987. Wood tecnology and For. Res. Div. Po Box 100 Beecroft, Sydney. NSN. Wood Science and Technology 21 (3) 219-226 .

William, A. R. y D. M. Thomson, 1980. Guía práctica ilustrada de las plantas medicinales. Editorial Blume. Barcelona, España.

Wirthenson, M. G. y M. Sedgley, 1996. Epicuticular wax structure and regeneration on developing juvenile *Eucalyptus* leaves. Australian Journal Botany 44 : 691-704.

Zar, J.H., 1996. Biostatistical Analysis. Tercera edición Printid Hall Inc. Englewood Cliffs. N.J. 718 p.

Zerecero L.G. y C. V. M. Perez 1981. El manejo del bosque y la industria forestal en el norte del país. Ciencia Forestal 34 : 30-44.