

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE BIOLOGIA

ASPECTOS MORFOLOGICOS DE *Cedrela odorata* Linnaeus
(cedro amargo), MELIACEAE

TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE LICENCIADA EN BIOLOGIA
CON ENFASIS EN BOTANICA

ELIZABETH ARNAEZ SERRANO

CIUDAD UNIVERSITARIA RODRIGO FACIO, COSTA RICA

1986

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE BIOLOGIA

ASPECTOS MORFOLOGICOS DE *Cedrela odorata* Linnaeus
(cedro amargo)., MELIACEAE

TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE LICENCIADA EN BIOLOGIA
CON ENFASIS EN BOTANICA.

ELIZABETH ARNAEZ SERRANO

CIUDAD UNIVERSITARIA RODRIGO FACIO, COSTA RICA
1986

Doy gracias a Dios

DEDICATORIA

A MI MADRE ELITA
Por su amor, paciencia
y amistad
A MIS HERMANOS
Mario, Luis, Alexis
y Willy

Agradecimientos

A la Dra. Eugenia Flores, por ser mi tutora y amiga, por estar dispuesta a ayudarme en todo momento y el permitirme realizar este trabajo.

A la M.Sc. Dora Ingrid Rivera, por toda su valiosa ayuda brindada durante el transcurso de este trabajo, por sus oportunos consejos y amistad.

Al Dr. Luis Fournier, la M.Sc. María Isabel Morales y al M.Sc. Carlos Villalobos por revisar el texto original y todas sus enseñanzas.

Al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológica (CONICIT), por financiarme la tesis.

A la Lic. Isabel Carpio y a Adalberto, del Laboratorio de Maderas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Costa Rica, por su valiosa ayuda.

Al señor Michael Wiemann de la Universidad Nacional, por facilitarme las muestras de madera.

Al personal de la Unidad de Microscopía Electrónica de la Universidad de Costa Rica, especialmente al Ingeniero Alfredo Azófeifa, a la bióloga Ethel Sánchez y a los Sres. Omar Méndez y Guillermo Vargas por toda su ayuda y apoyo brindado.

Al biólogo Carlos Coles, por su gran aporte con dibujos.

A la Lic. Nelly Vázquez por su amistad, ayuda en microscopía electrónica, diapositivas y el apoyo brindado siempre.

A mis compañeros del Instituto Tecnológico de Costa Rica, en especial al Departamento de Química y los Lics. Benjamín Mora y Silvana Alvarenga por toda su ayuda y apoyo.

A la Dra. Eugenia Sandoval y Fam., a Oscar Castro y Fam., por el amor y apoyo dado en todo momento.

A mis compañeros, Pablo Acuña, Carlos Benavides, Fiorella Donato y Carmen Hidalgo, por toda su ayuda.

A mi padre, a Noemy Vindas, Yaqueline Vindas, Margarita Bottazzi, a toda mi familia y a todas aquellas personas que en todo momento me han brindado su cariño, apoyo y amistad.

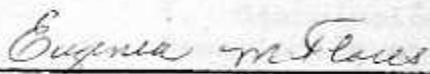
A TODOS MUCHAS GRACIAS.

Aspectos morfológicos de Cedrela odorata Linnaeus
(cedro amargo)., Meliaceae

Elizabeth Arnáez Serrano

Tesis

Presentada a la Escuela de Biología como requisito para
optar al título de Licenciada en Biología.



Director de Tesis

Dra. Eugenia Flores
Universidad de Costa Rica



Miembro del Tribunal

MSc. Dora Ingrid Rivera
Universidad de Costa Rica



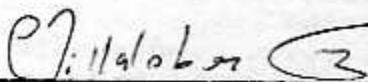
Miembro del Tribunal

MSc. M^a Isabel Morales
Universidad de Costa Rica



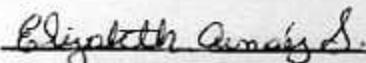
Miembro del Tribunal

Dr. Luis A. Fournier
Universidad de Costa Rica



Director Escuela de Biología

MSc. Carlos Villalobos
Universidad de Costa Rica



Sustentante

Elizabeth Arnáez Serrano

INDICE	PAGINA
Dedicatoria.....	ii
Agradecimientos.....	iii
Hoja de aprobación.....	v
Indice.....	vi
Resumen.....	vii
Lista de figuras.....	ix
Lista de cuadros.....	xvii
I. Introducción.....	1
II. Revisión de Literatura.....	4
III. Material y métodos.....	12
IV. Resultados.....	16
A. Morfología general.....	16
1. Descripción de la especie.....	16
B. Descripción anatómica.....	28
1. Anatomía de la hoja.....	28
a. Venación de la lámina.....	28
b. Vascularización del nudo, peciolo y peciolulo.....	28
c. Anatomía del peciolo y peciolulo.....	37
d. Anatomía de la lámina.....	37
2. Anatomía del tallo.....	38
3. Descripción anatómica y mor- fológica de la madera de <i>C.</i> <i>odorata</i> L. (cedro amargo).....	43
3.1 Características generales de la madera.....	43
3.2 Anatomía del xilema secun- dario.....	45
3.2.1 Vasos.....	45
3.2.2 Rayos vasculares.....	46
3.2.3 Parénquima de la madera.....	60
3.2.4 Fibras.....	60
4. Morfología de la inflorescencia....	67
a. Anatomía de la inflorescencia.	70
5. Morfología floral.....	70
a. Anatomía floral.....	78
a.1 Vascularización de la flor pistilada.....	100
a.2 Vascularización de la flor estaminada.....	107
V. Discusión.....	107
A. Consideraciones generales.....	107
B. Consideraciones taxonómicas.....	115
C. Consideraciones morfológicas.....	116
VI. Literatura Citada.....	121
Apéndice.	

RESUMEN

Debido a la importancia económica de Cedrele odorata y que la descripción morfológica de esta especie es reducida y en algunos aspectos hasta incorrecta, se planteó la presente investigación.

Se colectó muestras de inflorescencia, hoja, peridermis y madera de C. odorata, en diferentes localidades del país. Parte del material se procesó para ser observado en microscopía de luz y otra parte para microscopía electrónica de barrido y se procedió al estudio morfológico de la especie.

C. odorata es originaria de América Tropical, es pionera de bosques secundarios. Es una especie caducifolia, de fuste recto, ramas delgadas, copa ancha y redondeada. Las hojas son paripinnadas, alternas, las hojuelas pueden ser opuestas, subopuestas o alternas. En la literatura se cita a esta especie como usualmente glabra, pero se encontró que tanto las piezas foliares como las florales son pubescentes en ambas caras. También se encontró la presencia de estomas paracíticos (tipo rubiáceo) en las hojas, estigma, estilo, anteras, filamento, cáliz y ovario, éste último tiene estomas hundidos. La planta es monoi-

ca, unisexual y protándrica.

Su madera es muy importante, comercialmente se usa como chapa terciada, para fabricar artículos torneados, esculturas, muebles, construcciones, armerios, baúles, lanchas y otros. Se notó variación de la madera de esta especie en diferentes zonas de vida.

- Fig. 1. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 2. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 3. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 4. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 5. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 6. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 7. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 8. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 9. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 10. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 11. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 12. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 13. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 14. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 15. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 16. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 17. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 18. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 19. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 20. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 21. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 22. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 23. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 24. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 25. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 26. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 27. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 28. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 29. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 30. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 31. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 32. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 33. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 34. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 35. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 36. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 37. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 38. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 39. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 40. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 41. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 42. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 43. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 44. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 45. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 46. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 47. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 48. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 49. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 50. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 51. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 52. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 53. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 54. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 55. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 56. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 57. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 58. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 59. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 60. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 61. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 62. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 63. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 64. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 65. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 66. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 67. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 68. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 69. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 70. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 71. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 72. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 73. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 74. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 75. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 76. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 77. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 78. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 79. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 80. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 81. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 82. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 83. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 84. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 85. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 86. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 87. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 88. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 89. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 90. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 91. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 92. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 93. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 94. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 95. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 96. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 97. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 98. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 99. Descripción botánica de *C. ...*
- Fig. 100. Descripción botánica de *C. ...*

LISTA DE FIGURAS

PAGINA

- Fig. 1: Panorámica del árbol de *C. odorata* L., mostrando la ramificación simpodial y la disposición de las hojas..... 19
- Fig. 2: Acercamiento que muestra la filotaxia y forma de las hojuelas de *C. odorata* L... 19
- Fig. 3: Fotografía que muestre el árbol en condición decidua de *C. odorata* L..... 21
- Fig. 4: Acercamiento de la peridermis de *C. odorata* L., mostrando la corteza fisurada longitudinalmente..... 21
- Fig. 5: Cápsulas inmaduras de *C. odorata* L., obsérvense las lenticelas sobre su superficie..... 23
- Fig. 6: Fotografía que muestra la presencia de *Hypophyllum grandella* Z. en los frutos de *C. odorata* L..... 23
- Fig. 7: Cápsula de *C. odorata* L., mostrando el tipo de dehiscencia septicida..... 23
- Fig. 8: Dibujo esquemático del fruto y la semilla de *C. odorata* L..... 25
- Fig. 9: Distribución geográfica de *C. odorata* L. en Costa Rica, según especímenes colectados en el Herbario del Museo Nacional y el Herbario de la Universidad de Costa Rica..... 31
- Fig. 10: Dibujo de la venación craspedódroma de la hojuela de *C. odorata* L..... 33
- Fig. 11: Diagrama del patrón de vascularización del peciolo, peciolulo y raquis de *C. odorata* L..... 35
- Fig. 12: Epidermis de la hoja de *C. odorata* L., vista al microscopio electrónico de barrido..... 39
- Fig. 13: Panorámica de los tricomas presentes en las hojuelas de *C. odorata* L., vista al microscopio electrónico de barrido.. 39

LISTA DE FIGURAS

PAGINA

Fig. 14:	Acercamiento de un tricoma en la hojuela de <u>C. odorata</u> L., vista al microscopio electrónico de barrido.....	39
Fig. 15:	Presencia de estomas paracíticos en las hojuelas de <u>C. odorata</u> L., al microscopio electrónico de barrido.....	39
Fig. 16:	Panorámica de la peridermis de <u>C. odorata</u> L., al microscopio electrónico de barrido.....	41
Fig. 17:	Acercamiento de una lenticela de <u>C. odorata</u> L., vista al microscopio electrónico de barrido.....	41
Fig. 18:	Detalle de un corte transversal de la peridermis de <u>C. odorata</u> L., al microscopio electrónico de barrido.....	41
Fig. 19:	Acercamiento de la peridermis de <u>C. odorata</u> L., al microscopio electrónico de barrido.....	41
Fig. 20:	Acercamiento de la madera de <u>C. odorata</u> L., procedente de Florencia Sur (Turrialba), vista al microscopio de luz.....	48
Fig. 21:	Panorámica de la forma de los rayos en un corte tangencial de la madera procedente de Turrialba, al microscopio de luz.....	48
Fig. 22:	Acercamiento de los rayos de <u>C. odorata</u> L., Turrialba, vista al microscopio de luz.....	48
Fig. 23:	Acercamiento de un elemento de los vasos, donde se observe las puntuaciones de la pared lateral y la placa perforada, de la madera de <u>C. odorata</u> L., Turrialba, al microscopio de luz.....	48

LISTA DE FIGURAS

PAGINA

- Fig. 24: Panorámica de la madera de C. odorata L., procedente de A - bangaritas, Guanacaste, vista al microscopio de luz..... 50
- Fig. 25: Acercamiento donde se observa la presencia de tñlides en la madera de C. odorata L., de Guanacaste, al microscopio de luz..... 50
- Fig. 26: Vista de los rayos de C. odorata L., Guanacaste, al microscopio de luz..... 50
- Fig. 27: Panorámica de los rayos en un corte tangencial de la madera de C.odorata L. , al microscopio de luz..... 50
- Fig. 28 Panorámica de la madera de C.odorata L., El Cairo, vista al microscopio luz..... 52
- Fig. 29 Detalle de la madera de C.odorata L., procedente de El Cairo, al microscopio de luz..... 52
- Fig. 30 Acercamiento de los rayos de C. odorata L., El Cairo, al microscopio de luz..... 52
- Fig. 31 Acercamiento de un corte tangencial de la madera de C. odorata L., de El Cairo, donde se observa la pared lateral de un elemento de los vasos, al microscopio de luz..... 52
- Fig. 32 Acercamiento de un elemento del vaso de la madera de C. odorata L., visto al microscopio electrónico de barrido..... 54
- Fig. 33 Vista del sistema radial de la madera de C. odorata L., al microscopio electrónico de barrido..... 54
- Fig. 34 Panorámica del xilema secundario de la madera de C. odorata L., al microscopio electrónico de barrido..... 54
- Fig. 35 Panorámica del xilema secundario de la madera de C. odorata L, en un corte radial, al microscopio elec. de barrido..... 54

LISTA DE FIGURAS	PAGINA
Fig. 36: Acercamiento de la madera de <u>C. odorata</u> L., vista al microscopio electrónico de barrido.....	56
Fig. 37: Detalle de un vaso , visto al microscopio electrónico de barrido.....	56
Fig. 38: Panorámica de los elementos de los vasos, de la madera de <u>C. odorata</u> L., al microscopio electrónico de barrido....	58
Fig. 39: Acercamiento de las perforaciones reticuladas de <u>C. odorata</u> L., vista al microscopio electrónico de barrido.....	58
Fig. 40: Detalle de las perforaciones reticuladas de <u>C. odorata</u> L., vista al microscopio electrónico de barrido.....	58
Fig. 41: Detalle de las puntuaciones alternas, presentes en los elementos de los vasos de <u>C. odorata</u> L., al microscopio electrónico de barrido.....	58
Fig. 42: Acercamiento de las fibras septadas, presentes en la madera de <u>C. odorata</u> L., al microscopio de luz.....	63
Fig. 43: Presencia de cristales romboidales en la madera de <u>C. odorata</u> L., vista al microscopio de luz.....	63
Fig. 44: Fibras y elementos de los vasos, obtenidos de un macerado de la madera de <u>C. odorata</u> L., vista al microscopio electrónico de barrido.....	65
Fig. 45: Acercamiento de una fibra con puntuaciones simples, de <u>C. odorata</u> L., observada al microscopio electrónico de barrido....	65
Fig. 46: Dibujo esquemático mostrando la hoja, inflorescencia y primordios florales de <u>C. odorata</u> L.....	68
Fig. 47: Sistema de vascularización de la inflorescencia de <u>C. odorata</u> L.....	71

LISTA DE FIGURAS	PAGINA
Fig. 48: Vista de los primordios florales de <u>C. odorata</u> L., vistos al microscopio electrónico de barrido.....	73
Fig. 49: Panorámica de la flor de <u>C. odorata</u> L., vista al microscopio electrónico de barrido.....	75
Fig. 50: Dibujo de la flor pistilada (A) y estaminada (B) de <u>C. odorata</u> L.....	80
Fig. 51: Vista del conjunto de sépalos (cáliz) de <u>C. odorata</u> L., al microscopio electrónico de barrido.....	82
Fig. 52: Detalle del cáliz de <u>C. odorata</u> L., donde se observa la presencia de estomas paracíticos y tricomas.....	82
Fig. 53: Panorámica de un corte transversal de una flor de <u>C. odorata</u> L., al microscopio de luz.....	84
Fig. 54: Acercamiento de los rudimentos seminales de las flores pistiladas de <u>C. odorata</u> L., vistos al microscopio de luz.....	84
Fig. 55: Corte transversal de la flor de <u>C. odorata</u> L., vista al microscopio electrónico de barrido.....	86
Fig. 56: Acercamiento de un corte transversal de la flor de <u>C. odorata</u> L., al microscopio electrónico de barrido.....	86
Fig. 57: Fotografía de la cara abaxial del pétalo de <u>C. odorata</u> L., vista al microscopio electrónico de barrido.....	88
Fig. 58: Detalle del borde del pétalo de <u>C. odorata</u> L., al microscopio electrónico de barrido.....	88
Fig. 59: Detalle de la cara abaxial del pétalo de <u>C. odorata</u> L., al microscopio electrónico de barrido.....	88

LISTA DE FIGURAS	PAGINA
Fig. 60: Fotografía que muestra los tricomas presentes en la cara abaxial de los pétalos de <u>C. odorata</u> L., al microscopio electrónico de barrido.....	88
Fig. 61: Fotografía de la cara adaxial del pétalo de <u>C. odorata</u> L., al microscopio electrónico de barrido.....	90
Fig. 62: Granos de polen sobre el pétalo de <u>C. odorata</u> L., al microscopio electrónico de barrido.....	90
Fig. 63: Acercamiento de la cara adaxial del pétalo de <u>C. odorata</u> L., vista al microscopio electrónico de barrido.....	90
Fig. 64: Detalle de la cara adaxial del pétalo de <u>C. odorata</u> L., al microscopio electrónico de barrido.....	90
Fig. 65: Panorámica de las anteras de una flor estaminada de <u>C. odorata</u> L., al microscopio de luz.....	92
Fig. 66: Acercamiento de las anteras con granos de polen de la flor estaminada de <u>C. odorata</u> L., vista al microscopio de luz..	92
Fig. 67: Panorámica de la flor pistilada de <u>C. odorata</u> L., al microscopio electrónico de barrido.....	94
Fig. 68: Acercamiento del ovario de <u>C. odorata</u> L., donde se observan estomas paracíticos hundidos, al microscopio electrónico de barrido.....	94
Fig. 69: Panorámica de la flor estaminada de <u>C. odorata</u> L., vista al microscopio electrónico de barrido.....	94
Fig. 70: Acercamiento de la dehiscencia longitudinal en las anteras de la flor estaminada de <u>C. odorata</u> , al microscopio electrónico de barrido.....	94

LISTA DE FIGURAS

PAGINA

- Fig. 71: Fotografía del estigma de C. odorata L., al microscopio electrónico de barrido..... 96
- Fig. 72: Acercamiento del estigma de C. odorata L., con estomas paracíticos y granos de polen, al microscopio electrónico de barrido..... 96
- Fig. 73: Panorámica del estilo de C. odorata L., vista al microscopio electrónico de barrido..... 96
- Fig. 74: Acercamiento de un estoma paracítico y epidermis papilar, presentes en el estilo de C. odorata L., al Microscopio electrónico de barrido..... 96
- Fig. 75: Dibujo que muestra el rudimento seminal de C. odorata..... 98
- Fig. 76: Serie de diagramas de secciones transversales de la flor pistilada de C. odorata L., mostrando el patrón de distribución de los haces vasculares..... 101
- Fig. 77: Fotografía de una antera de C. odorata L., al microscopio electrónico de barrido..... 103
- Fig. 78: Polen sobre la antera de C. odorata L., al microscopio electrónico de barrido... 103
- Fig. 79: Vista del filamento del estambre, con un acercamiento, al microscopio electrónico de barrido..... 103
- Fig. 80: Detalle de los estomas paracíticos y el polen, en la antera de C. odorata L., al microscopio electrónico de barrido... 103
- Fig. 81: Panorámica del polen tetracolpado de C. odorata L., visto al microscopio electrónico de barrido..... 105
- Fig. 82: Acercamiento del polen de C. odorata L., al microscopio electrónico de barrido..... 105

LISTA DE FIGURAS

PAGINA

Fig. 83: Serie de diagramas de secciones transversales de la flor de C. odorata L., mostrando el patrón de ramificación de los haces vasculares en la flor estaminada..... 108

Fig. 84: Diagrama y Fórmula Floral de las Flores pistilada (A) y estaminada (B) de C. odorata L..... 110

LISTA DE CUADROS

PAGINA

Cuadro 1:	Clasificación de fibras según el Factor Runkel, en la fabricación de pulpa para papel.....	A-III
Cuadro 2:	Características meteorológicas y edáficas de las zonas donde se colectó material de <u>C. odorata</u> L....	29
Cuadro 3:	Datos de ejemplares de <u>C. odorata</u> L. (Meliaceae), existentes en el Herbario Nacional (H.N.) del Museo Nacional de Costa Rica y en el Herbario de la Universidad de Costa Rica (H.U.C.R.), 1985.....	30
Cuadro 4:	Características de los elementos de los vasos y rayos de <u>Cedrela odorata</u> L., (cedro amargo), procedente de tres zonas de Costa Rica, 1985.....	47
Cuadro 5:	Tamaño de las fibras de la madera de <u>C. odorata</u> L. (cedro amargo), proveniente de tres zonas de Costa Rica, 1985.....	61
Cuadro 6:	Factor Runkel y Coeficiente de Flexibilidad de Peteri en <u>C. odorata</u> L. (cedro amargo), según la clasificación de fibras de madera proveniente de tres zonas de Costa Rica, 1985.....	62
Cuadro 7:	Información referente a los árboles de <u>C. odorata</u> L., de los cuales se obtuvo muestras de madera en diferentes plantaciones de esta especie en el país.....	A-I

I. INTRODUCCION

Cedrela odorata Linnaeus (Meliaceae), es una especie originaria de América Tropical; se distribuye en América y Asia, Australasia y las Islas del Pacífico (Lamb, 1969; Record y Hess, 1949; Ronald, 1974; Smith, 1960; Styles, 1981). En Costa Rica se encuentra presente en bosques secos y húmedos, de 0 a 2000 msnm. Este taxón se conoce comercialmente con el nombre vernáculo de cedro, en las Islas del Caribe y América Latina. Además recibe otros nombres vernaculares, entre ellos: cedro paraíso (Argentina), cedro cebolla (Panamá), nogel cimarrón (Guerrero, México), cedro còbano (Centro América), cedro amargo, cedro colorado (Chiapas, México, Centro América, Venezuela), ceder, cigarbox, red cedar (Ciudades de habla inglesa) y otros más (Lamb, 1969; Mendieta y Amo, 1981; Record y Hess, 1949; Styles, 1981). C. guianensis Adr. J.; C. paraguariensis M.; C. mexicana M.J. Roemer y otros sinónimos de C. odorata L. (Smith, 1969; Styles, 1981).

El cedro es un árbol de gran importancia económica. Desde hace muchos años se utiliza su madera para la fabricación de cajas de tabaco; por su resistencia y durabilidad se usa en la construcción de lanchas. En América Latina se emplea en construcciones, muebles, tableros, baulas y armarios (Lamb, 1969; Record y Hess, 1949; Roig, 1935). La madera de cedro es más valiosa que la de caoba [Swietenia macrophylla], no

sólo desde el punto de vista comercial, sino también de explotación (Acosta, 1949; Hans, s.f.; Llach, s.f.; Roig, 1935).

La explotación de cedro fue y es excesiva, tanto en América Latina como en la zona del Caribe. Son escasos los especímenes utilizables, por lo que actualmente se le sustituye por otras especies y materiales; no obstante, la madera del cedro es más liviana y durable que la del pino y caoba, es más fácil de trabajar, seca fácilmente sin alabeo ni cuarteo, mantiene su forma cuando se manufactura y conserva un atractivo olor, color y grano (Lamb, 1969; Record y Hess, 1949). En Costa Rica esta especie es muy usada como sombra en cultivos de café y cacao.

C. odorata L. es una especie de rápido crecimiento (2-3 m por año) y vida larga (Lamb, 1969); se regenera fácilmente en claros de bosque y en bosque secundarios bien drenados y con condiciones nutricionales favorables (Lamb, 1969; Smith, 1960). No se conoce mucho sobre su comportamiento en plantaciones, por lo que sugiere cultivarlo en forma extensiva. Deben hacerse estudios de las propiedades físicas, mecánicas y anatómicas de la madera de especies cultivadas en plantaciones de diferentes lugares y con base en esto, deben formularse programas para mejorar la especie, tomando en consideración la calidad de la madera dentro de los rodales, la forma del árbol, la velocidad de crecimiento y la resistencia al ataque.

de insectos. De ahí la importancia de hacer estudios más detallados de esta especie que permitan un adecuado manejo y su posterior explotación, ya sea en forma aislada o en combinación con otras especies.

La descripción morfológica de C. odorata L. es reducida y en ciertos aspectos, incorrecta (E. Flores, com. pers.). Por esta razón y en vista de su importancia económica, se planteó la presente investigación, que tiene los siguientes objetivos:

- 1) Describir la morfología de la inflorescencia y de las flores pistiladas y estaminadas;
- 2) Comparar la estructura floral de C. odorata L. con la de C. mexicana M. J. Roemer ;
- 3) Describir la morfología foliar de la especie;
- 4) Analizar las características anatómicas de la madera con el fin de determinar los mejores usos;
- 5) Determinar la factibilidad de utilizarle como pulpe para papel, basándose en el Factor Runkel y el Coeficiente de Flexibilidad de Peteri.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1 Características generales.

El género Cedrela es originario de América Tropical y Subtropical. Los exploradores españoles le denominaron cedro, debido al olor aromático de su madera, el cual está asociado con los verdaderos cedros del Viejo Mundo ; su nombre genérico apareció en 1759 (Smith, 1960).

Algunos autores señalan que C. odorata L. se separa fácilmente de las otras especies del género, porque habita principalmente en zonas de baja altitud, mientras que otras ocurren en zonas entre 1500-3000 msnm (Ramírez y Styles, 1978). Sin embargo, en Costa Rica su ámbito de distribución es bastante amplio; se extiende desde el nivel del mar hasta los 2000 m. Con frecuencia, se le observa en bosques caducifolios de tierras secas húmedas a más de 1200 msnm. La especie es muy frecuente también en la vegetación secundaria de diversas selvas y es constantemente protegida por el hombre.

Prefiere suelos bien drenados y no crece en áreas inundadas o con desbalances nutricionales; estos árboles toleran cambios muy grandes de pH en el suelo y requieren mucha luz (Lamb, 1969; Record y Hess, 1949; Roig, 1935; Smith, 1960; Styles, 1981).

2.2 Descripción botánica de la especie.

C. odorata L. (cedro amargo) se incluye dentro de la siguiente clasificación: Orden Meliales, Familia Meliaceae, Subfamilia Swietenioideae, Tribu Cedrelee. Sinónimos: C. guianensis Adr. Jussieu, C. paraguensis Martius, C. mexicana M.J. Roemer, C. valloziana M.J. Roemer, C. glaziovii C. de Candolle in Marius, C. paraguariensis var. brachystachya C. de Candolle, C. paraguariensis var. multijuga C. de Candolle, C. dugesii Watson, C. adenophylla Martius, Surenus brownii (Loefling ex D. Kuntze) Kuntze, S. glaziovii (C. de Candolle) Kuntze, S. guianensis (Adr. Jussieu) Kuntze, S. mexicana (M. J. Roemer) Kuntze, S. valloziana (M.J. Roemer) Kuntze, C. paraguariensis var. hassleri, C. mexicana var. puberula C. de Candolle, C. occidentalis C. de Candolle & Rose, C. hassleri (C. de Candolle) C. de Candolle, C. mourse C. de Candolle, C. sintenisii C. de Candolle, C. brachystachya (C. de Candolle) C. de Candolle, C. rotunda S.F. Blake, C. yucatanensis S.F. Blake, C. witfordi S.F. Blake, C. ciliolata S.F. Blake, C. longipes S.F. Blake, C. longipatiolulata Herms, C. palustris Handro, C. odorata var. xerogeiton Rizzini & Heringer y C. cubensis Bisse (Holdridge, 1976; Pennington y Sarukhan, 1968; Pennington y Styles, 1975; Rivera, 1980; Standley, 1937; Styles, 1981).

El árbol es caducifolio, de 30 a 35 m de alto o más y

1,5 m de diámetro aproximadamente. El tronco es recto, la copa es redondeada y densa, las ramas ascendentes y gruesas, de color pardo grisáceo. Las lenticelas son redondas, protuberantes y tienen el color de la peridermis. Las ramas muy jóvenes pueden ser glabras o finamente pubescentes; las raíces son superficiales (Camacho, 1981; Pennington y Sarukhan, 1968; Pennington y Styles, 1975; Roig, 1935; Smith, 1960).

La corteza es fisurada, de color pardo grisáceo o rojiza; en la parte interna varía de rosado a pardo amarillento. La albura es de color rosado cremoso, con un olor característico y sabor amargo. Los vasos del xilema son anchos, dispuestos en anillos concéntricos y el parénquima es apotraqueal bandeado (Acosta, 1954; Pennington y Sarukhán, 1968 ; Roig, 1935).

La filotaxia es espiral y las hojas son paripinnadas, raramente imparipinnadas, con hojuelas terminales abortivas (Pennington y Styles, 1975; Styles, 1981). Las hojuelas pueden ser sésiles, subsésiles o con peciolulos pequeños. Hay cinco a once pares de hojuelas, de 8 a 17 cm de largo por 2,5 a 5,5 cm de ancho, opuestas, subopuestas o alternas. La lámina es oblonga o lanceolada, de borde oblicuamente truncada, aguda o redondeada. Es simétrica, de color verde oscuro en la haz y verde pálido o verde amarillento en el envés, generalmente glabra o con escasa pubescencia sobre la vena central

a lo largo de las venas secundarias abaxiales. Los peciólos y peciolulos son amarillentos, pubescentes o glabros. Los árboles de esta especie desarrollan las hojas cuando los frutos de la temporada han madurado [Camacho, 1981; Pennington y Sarukhán, 1968; Pennington y Styles, 1975; Ricardi, 1977; Smith, 1960; Styles, 1981].

La planta es monoica y las flores son unisexuales, subsésiles o con pedicelos glabros [Pennington y Styles, 1968; Styles, 1981]. La inflorescencia es abierta, terminal o subterminal, larga y muy ramificada [Camacho, 1981; Holdridge y Poveda, 1975; Pennington y Sarukhán, 1968; Smith, 1960; Styles, 1981]. Es una panícula, usualmente glabra, rara vez pubescente y de brácteas deciduas [Camacho, 1981; Davis, 1965; Pennington y Sarukhán, 1968]. Los pedicelos miden de 1 a 2 mm de largo; las flores son actinomorfas y suavemente perfumadas, compuestas por cinco pétalos, libres, imbricados, oblongos u oblongos-elípticos, levemente pubescentes en ambas superficies; están unidos al ginoforo por una carina a lo largo de un tercio de su longitud. El cáliz, en forma de copa, es irregularmente dentado; consta de cinco sépalos agudos, pequeños y desiguales, glabros o pubescentes, verdosos, de 2 a 3 mm de largo. Hay cinco estambres de 2 a 3 mm de largo, con filamentos glabros y adnatos a la base del angosto ginoforo. En las flores estaminadas las anteras son amarillas; en las pistiladas más delgadas, de color pardo y sin polen. El gineceo es pentalo -

cular y los lóculos son multiovulados. El estilo es glabro y apenas excede la longitud de los estambres; el estigma es verde, capitado, con cinco lóculos estigmáticos. El gineceo de las flores estaminadas es más delgado, angular, desarrolla bien los lóculos, pero presenta rudimentos seminales atrofiados y muy pequeños (Pennington y Sarukhán, 1968; Pennington y Styles, 1975; Smith, 1960; Styles, 1981). La especie florece de mayo a agosto (Holdridge y Poveda, 1975).

Los frutos son cápsulas glabras, leñosas en la madurez, de 2,5 a 5 cm de largo y con cuatro a cinco valvas. Tienen forma elipsoide u oblonga y son de color pardo verdoso a pardo oscuro; la superficie externa tiene numerosos grupos de lenticelas pálidas. Exhalan un fuerte olor ajo y producen un exudado blanquecino y acuoso cuando están inmaduras. Contienen alrededor de 30 semillas de color pardo claro, aladas, de dos a tres cm de largo, incluyendo el ala (Camacho, 1981; Pennington y Sarukhán, 1968; Pennington y Styles, 1975; Smith, 1960; Styles, 1981).

Los trabajos realizados sobre las características de la madera versan únicamente sobre Cedrela en general y no puntualizan acerca de las especies presentes en Costa Rica. De acuerdo a las propiedades físicas y mecánicas de la madera de *C. odorata* L., González y González (1973) le clasifican como moderadamente pesada, de fácil secado al aire, apta para tra-

bajarla, de grano mechudo y muy dureble.

2.3 Problemas taxonómicos.

Entre las especies de importancia forestal, se encuentra *C. odorata* L.; según algunos investigadores este nombre es sinónimo de *C. mexicana* M.J.Roemer. El error en la identificación se debió a la inadecuada colección del material y a la pobre descripción de las especies; además, las descripciones se basaron en material de herbario, donde se encontraban muchos especímenes intermedios (Lamb, 1969; Osmar, 1973; Smith, 1979; Styles, 1981).

2.4 Propegación.

La germinación es fanerocotilar y ocurre en un período de dos a cuatro semanas. Los cotiledones son epigeos, foliáceos, opuestos, pedicelados, cartilagíneos, exestipulados y persistentes hasta la aparición de las primeras metafilas. Los pecíolos son cortos, más o menos un milímetro de largo, de 5-6 mm de ancho, glabros, pubescentes en la nervadura pinnada, verde claro, con margen entero (Lamb, 1969; Ricardi, 1977). El porcentaje de germinación es superior al 90 % (Roig, 1935; Record y Hess, 1949).

El cedro se puede propagar vegetativamente por medio de púes, que deben hacerse antes de que se inicie el brote del follaje. Las plántulas pueden ser trasplantadas durante la estación seca cuando no hay hojuelas; al brotar el follaje, se poda. Los patrones a usar deben ser vigorosos, incluso fertilizados con anterioridad. Este método de púes puede permitir la propagación de árboles naturalmente resistentes a su mayor enemigo, Hypsiphyla grandella, además de facilitar la resistencia mediante métodos tales como la hibridación (Giménez, 1973).

Quijada y Gutiérrez (1971) y Zanoni (1975), realizaron estudios sobre la propagación vegetativa de C. odorata L. y concluyeron que esta especie no es adecuada para la dispersión por medio de estacas; contrario a este criterio es el de Acosta y Solís (1959) quienes la consideran adecuada para este método de propagación.

Las plántulas de C. odorata L. se pueden sembrar directamente, antes de empezar las lluvias; esto es posible sólo si las plántulas obtuvieron nutrimentos a través de su sistema radicular, ramificado en el suelo antes de que ocurriera la competencia con malezas u otra vegetación. Un buen drenaje y una adecuada cantidad de elementos nutritivos en la capa superficial, son condiciones óptimas para el éxito del cultivo de C. odorata (Lamb, 1969); por otra parte, el cedro es

una especie que necesite plena luz para su germinación y desarrollo (Petit, 1969).

2.5 Principales enemigos.

Algunos insectos como el coleóptero de la familia Scolytidae, atacan principalmente las plántulas; otros como Apate sp. (Bostrychidae), taladran la albura, principalmente durante la estación seca. También algunos cerambícidos como Tragocephala y Tragiscoschema pueden llegar a causar bifurcación o escodamiento en el tallo (Lamb, 1969). No obstante, el insecto que causa mayores daños y ha provocado la disminución del cultivo de cedro, es Hypsiphylle grandella Zeller, un lepidóptero americano de la familia Pyralidae. La hembra deposita los huevos (unos 472) principalmente en flores y frutos jóvenes; estos huevos se transforman en pupas en las grietas de la corteza de los tallos. Así surgen varias generaciones que pueden dañar los frutos y perforar los tallos, lo que llega a causar un crecimiento anómalo del árbol y una disminución de su valor mederable. Son numerosos los trabajos realizados para tratar de eliminar esta plaga, pero el esfuerzo ha sido infructuoso (Whitmore, 1976).

III. MATERIAL Y METODOS

El trabajo se llevó a cabo en el Laboratorio de Anatomía Vegetal de la Escuela de Biología y en el Laboratorio de Maderas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Costa Rica, en la Ciudad Universitaria Rodrigo Facio.

Se colectó Flores de Cedrela odorata L. (Sin. C. mexicana M.J.Roemer), en diversas localidades del país (San José: Centro, Heredia: Centro y Tabarcia de Mora). Se analizó los cambios morfológicos y la vascularización de las estructuras florales, siguiendo la metodología de Fisher (1980) y Flores (1982). Las flores, hojas y peridermis colectadas, fueron fijadas en una solución de F.A.A. [Johansen, 1940]. Parte del material fijado fue usado para su observación al microscopio de luz y parte para microscopía electrónica de barrido. Se colocó flores y hojas en una solución de NaOH al 5% por varios días hasta alcanzar la transparencia. Se deshidrató utilizando una batería ascendente de etanol-xileno, se tizó con safranina, lo cual hizo posible el estudio del sistema vascular. Las láminas se montaron en Permount.

Mediante dibujos y fotografías se hizo un diagrama secuencial del desarrollo floral y se tomó nota de los caracteres morfológicos y anatómicos. Además se obtuvo el número de Flores por inflorescencia, la longitud del requis de la

inflorescencias, el porcentaje de flores pistiladas y estaminadas presentes en cada inflorescencia.

Se hizo dibujos microscópicos y macroscópicos de secciones transversales de flor, peciolo y peciolulo, utilizando una cámara lúcida adaptada a un microscopio American Optical y una panorámica del sistema de venación del foliolo, utilizando un proyector de imágenes.

Las muestras de madera fueron colectadas en plantaciones forestales de: El Cairo (Limón), Florencia Sur (Turrialba-CATIE) y Abangaritas (Guanacaste). Los árboles tenían aproximadamente quince años de edad y una altura promedio de 18,5 m [Apéndice 1]. El material botánico colectado para la descripción de las muestras fue donado al Herbario de la Universidad de Costa Rica.

El color de la albura y el duramen se describió de acuerdo a la Carta Standard de Colores (Fujihira, 1965). Además, se definió apariencia de la madera, la textura, el grano, lustre, figura, olor y sabor, así como las características de los anillo de crecimiento y el número de anillos por pulgada de radio. La descripción macroscópica se realizó siguiendo las normas de Identification of Hardwoods, a Lens Key (1960). Las características observadas se refieren a la forma y distribución de los poros, rayos, cantidad y disposi-

ción del parénquima axial y otros elementos accesorios típicos de la especie. Para la descripción se utilizaron discos de madera, de 20 cm de alto, observando la estructura con ayuda de una lupa de 10 aumentos y una escala milimétrica.

Para la descripción microscópica, se utilizó muestras de un cm^3 y se orientó de acuerdo al sistema de rayos. Además, se separó los elementos estructurales siguiendo el método de Jeffrey (Johansen, 1940). También se hizo cortes de 20 μm de grosor, en sentido transversal, radial y tangencial. Estos se deshidrataron mediante una serie ascendente de alcoholes y se tiñó con safranina al 2 %. Luego se colocó en portaobjetos sellando con Permount.

Para determinar la estructura microscópica de las muestras, se usó la metodología dada por Moseley y Beeks (1955) (Apéndice 2). Se describió los componentes de la madera, entre ellos: elementos de los vasos, parénquima, fibras, rayos, etc. Con la posterior separación de los elementos estructurales de la madera, se midió la longitud de los vasos y las fibras. El método de separación, consiste en colocar pequeñas astillas ya limpias en peróxido de hidrógeno al 35 % por 10 minutos para su aclaramiento; luego se continúa lavando con agua destilada y por último, se tiñe con safranina al 2 % en alcohol de 50 %.

Se midió 50 Fibras y 50 elementos de los vasos para cada región. Esta medición se llevó a cabo en una pantalla de 14 cm de diámetro, adaptada a un microscopio Olympus modelo FH-203125. Las Fibras se clasificaron de acuerdo a las dimensiones de sus partes, a saber: diámetro tangencial, promedio, longitud total, diámetro del lumen y grosor de la pared. La clasificación de pulpa de papel se hizo de acuerdo al Factor Runkel (Runkel, 1952); a la vez, se determinó el Coeficiente de "Flexibilidad de Peteri" (Apéndice 3).

Los especímenes utilizados en microscopía de luz, se deshidrató mediante una serie ascendente de alcoholes y se infiltró en Paraplast-Plus. Se hizo secciones transversales y longitudinales de 15 μ m de grosor y se tiñó siguiendo la técnica de Sharman (1943) y la técnica de Safranina- Fast Green. Se montó las secciones en Preservaslide y se observó en un microscopio Leitz Dialux 20.

Para el examen con el microscopio electrónico de barrido, las muestras se deshidrataron mediante una serie ascendente de alcohol etílico y se llevó hasta el punto de secado crítico con CO_2 líquido. Los especímenes se montaron en soportes de aluminio empleando pintura conductora de plata. Se colocó en un cobertor iónico 1B-3 y se cubrió con película de oro. Se observó las secciones en microscopios de rastreo Hitachi HHS-2R y S-570, bajo un voltaje de aceleración.

ción de 10-15 KV. Las fotografías se tomaron con película Verichrome Pan Kodak VP-120.

Parte del macerado de madera se deshidrató y se dejó en alcohol etílico al 100 %. Se hizo cortes transversales, radiales y tangenciales de cubos de madera de 40 um en un micrófono de deslizamiento. Tanto el macerado como los cortes de madera, se observaron en el microscopio electrónico de barrido como se describió anteriormente.

Para completar las ilustraciones, se hizo dibujos con una cámara lúcida Olympus Bh-DA adaptada a un microscopio Olympus CHB. Se obtuvo fotografías de algunos cortes utilizando películas para diapositivas en color Asa 100 y película en blanco y negro de 135 mm, Asa 100.

IV. RESULTADOS

A. Morfología general.

1. Descripción de la especie.

Cedrela odorata Linnaeus (cedro amargo), es una especie pionera de bosques secundarios, común en Bosques Húmedos Premontanos y Secos Tropicales. Es un árbol decíduo (Fig.3), de 15 a 25 m de altura, de copa redondeada y densa, fuste

recto, en algunos casos muy ramificado cerca de la base, presenta ramificación simpodial (Figs 1,3). La corteza es de color pardo-grisáceo; es fisurada, con una gran cantidad de lenticelas redondeadas (Fig. 4), de forma y distribución irregular, dispuestas longitudinalmente a lo largo de la peridermis, del mismo color que la corteza, aromática, con grandes gambas. Los entrenudos son cortos cerca del ápice, alargándose hacia la base, con lenticelas evidentes. Las hojas son paripinnadas, alternas; las hojuelas pueden ser opuestas o subopuestas. El raquis tiene una longitud promedio de 25 cm, está compuesto de 6 a 10 pinnas de forma lanceolada, de lámina asimétrica (Figs 2,11,54); el ápice varía de cuspidado a caudado, la base puede ser atenuada o petiolada, el margen es entero y liso (Figs 10,11). La venación es craspedódroma (Fig. 10). La superficie adaxial es de un color verde brillante más oscuro que la cara abaxial; ambas son pubescentes.

Las flores están dispuestas en panículas, con ramitas terminales en forma de dicasios simples, con un número de 230 hasta 1000 flores por inflorescencia; muchas de ellas no alcanzan la madurez (Figs 6,46,47). Las flores son unisexuales, la antesis floral a lo largo de la inflorescencia ocurre en forma desordenada, madurando primero las flores estaminadas. Simultáneamente se observan primordios florales, flores y en pocos casos, frutos.

Las flores son actinomorfas, de forma tubular, subglobosa y salviforme (en forma de campana); biseriada, sinsépalas y apopételas (Figs 49,50). Los pétalos son de color crema y presentan estivación imbricada; los sépalos son cóncavos, en forma de copa, dentados, de color pardo amarillento a pardo rojizo, persistentes en la mayoría de los casos. El cáliz es muy evidente durante los primeros estadios del desarrollo (Fig. 48); conforme la flor madura, éste se hace conspicuo y se le empieza a observar una ranura (Figs 76, 83) que se hace profunda hasta llegar a interrumpir completamente el cáliz.

El androceo consta de cinco estambres con dos teclas color crema; la entera es dorsifija, versátil y tiene dehiscencia longitudinal; los filamentos son delgados, amarillos, fusionados proximalmente al ovario en tres cuartas partes de su longitud (Fig. 69). El gineceo está constituido por un ovario súpero, globoso, sincárpico, pentalocular, con placentación axilar.

El fruto es una cápsula, pentasepticida, de forma alargada a globosa (Figs 5,7,8), de color pardo, con gran cantidad de lenticelas. Las semillas son aladas, de color pardo claro, encontrándose de 30 a 40 semillas fértiles por fruto.

La floración ocurre por lo general, entre los meses de

Fig. 2: Acercamiento que muestra la filotaxia y forma de las
hojas de *C. odocata* L.

Fig. 1: Penetración del árbol de *C. odocata* L.; mostrando la
ramificación simpodial y la disposición de las hojas.

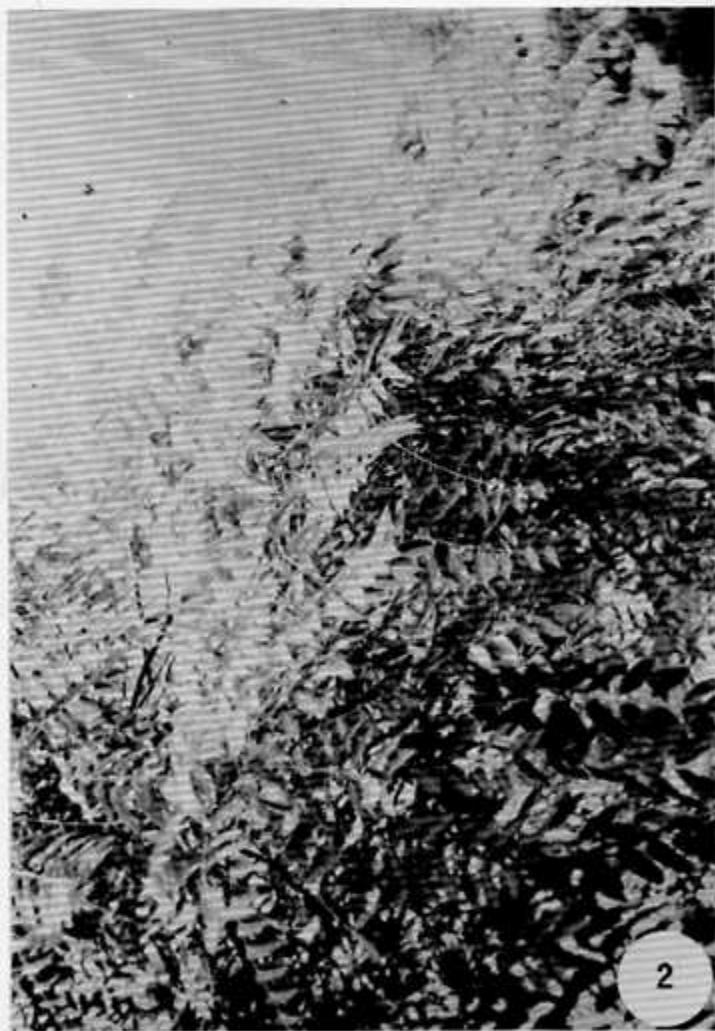


Fig. 4: Acercamiento de la peridermis de *C. odorata* L., mostrando la corteza fisurada longitudinalmente.

Fig. 3: Fotografía que muestra el árbol en condición de séquia de *C. odorata* L.

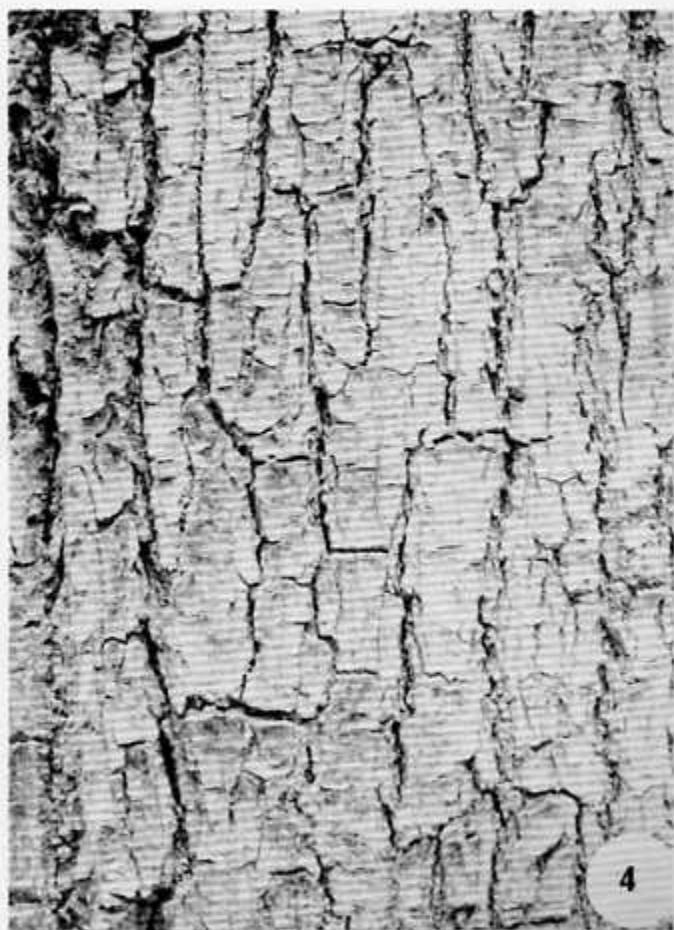
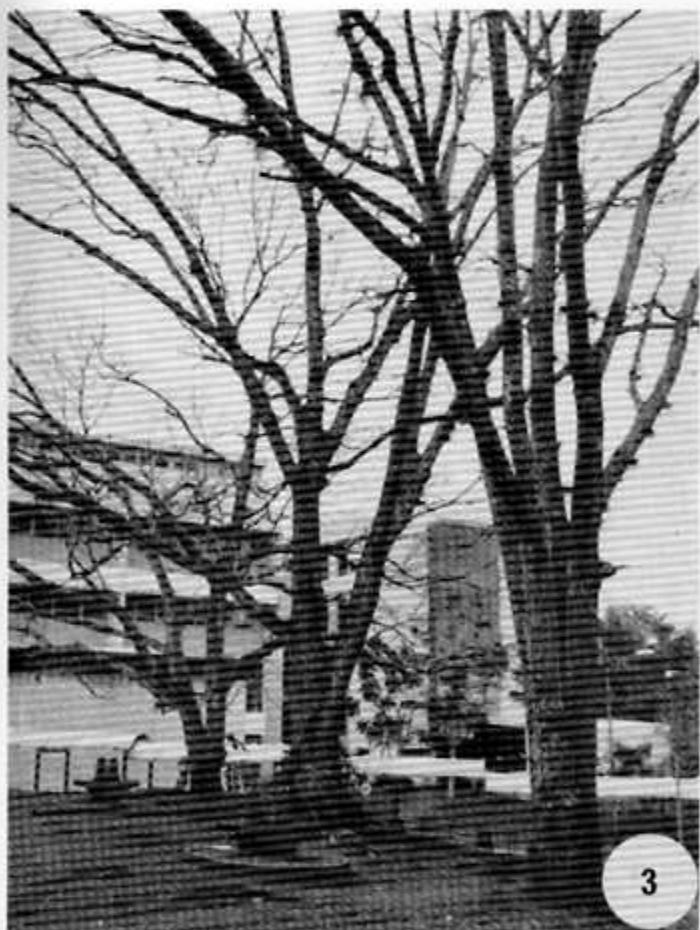


Fig. 7: Cápsula de *C. odorata* L., mostrando el tipo de dehiscencia septicida.

Fig. 6: Fotografía que muestra la presencia de *Hyalophya grandella* Z. en los frutos de *C. odorata* L. H: *Hyalophya grandella*.

Fig. 5: Cápsulas inmaduras de *C. odorata* L. Obsérvense las lenticelas sobre toda su superficie.

Fig. 5: Cápsulas inmaduras de C. odorata L. Obsérvense las lenticelas sobre toda su superficie.

Fig. 6: Fotografía que muestra la presencia de Hypsiphyla grandella Z. en los frutos de C. odorata L.
H: Hypsiphyla grandella.

Fig. 7: Cápsula de C. odorata L., mostrando el tipo de dehiscencia septicida.

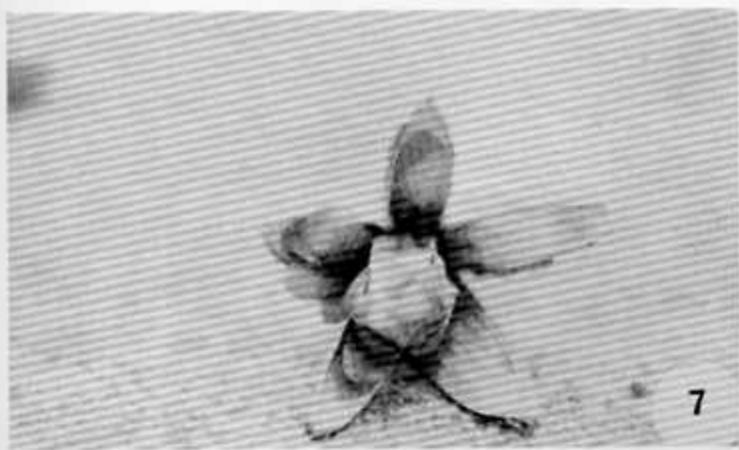
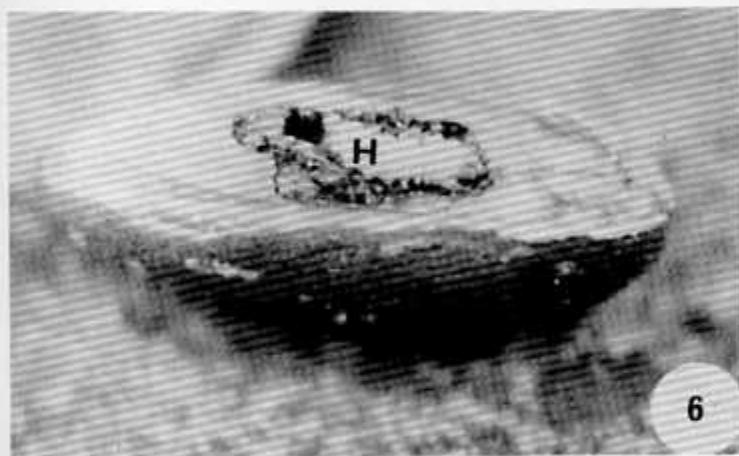


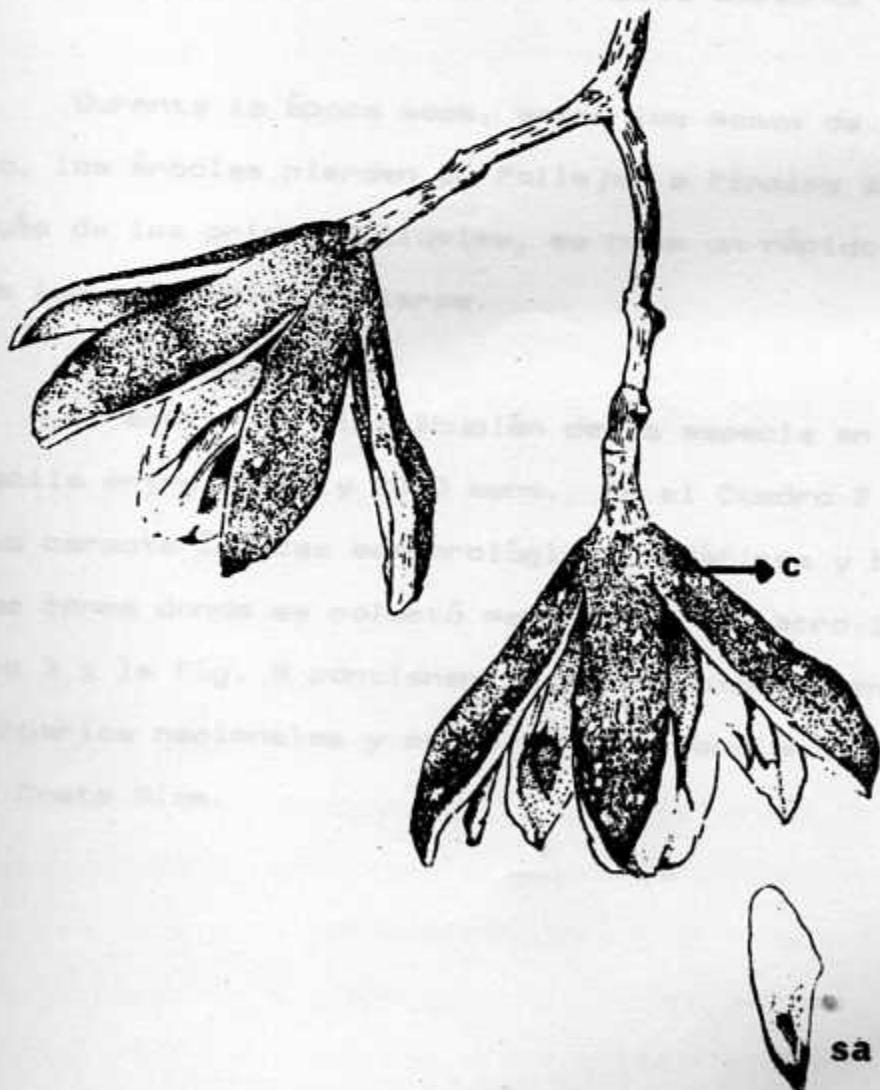
Fig. 6: Cápsulas inmaduras de *C. odorata* L. Observación
con lentejuela entre 200x y superficie.

Fig. 8: Dibujo esquemático del fruto y la semilla de
C. odorata L.
s.a.: semilla alada
c. : cápsula

Fig. 7: Cápsula de *C. odorata* L. mostrando el tipo de
debilidad septicial.

mayo y junio. Se observó una gran variación en la floración de esta especie durante el año de 1959. En época de floración varió entre una región y otra; cuando la floración de un lado estaba terminando en Heredia, en Talamanca estaba en su apogeo y viceversa. En las zonas de Talamanca fue frecuente encontrar la presencia de frutos ya maduros y flores y la gran mayoría son en frutos bastante vacíos.

Durante la época de floración, las flores de un lado y otro de la planta, las flores pierden sus pétalos y se quedan al final, cuando uno de los lados de la planta, se termina un período de floración de un lado y otro de la planta. En la zona de Talamanca en Costa Rica, esta especie se encuentra en el Cuadro 2 en un área de las cercanías de la zona de Talamanca y biólogos de las zonas de un lado y otro de la zona de Talamanca en el Cuadro 3 a la Fig. 8, por lo tanto, esta especie es una de las especies nativas y se encuentra en Talamanca en Costa Rica.



1mm

mayo y junio. Se observó una gran variación en la fenología de esta especie durante el año de 1985. La época de floración varió entre una región y otra; cuando la floración de cedro estaba terminando en Heredia, en Tabarcia estaba en su mayor pico de floración. En los árboles de Tabarcia fue frecuente encontrar la presencia de frutos ya maduros y flores y la gran mayoría tenían un fuste bastante recto.

Durante la época seca, entre los meses de enero y febrero, los árboles pierden su follaje; a finales de abril, después de las primeras lluvias, se nota un rápido crecimiento de los primordios foliares.

El ámbito de distribución de la especie en Costa Rica, oscila entre los 0 y 2000 msnm. En el Cuadro 2 se observa las características meteorológicas, edáficas y biológicas de las zonas donde se colectó material. Por otro lado; el Cuadro 3 y la Fig. 9 contienen la información obtenida de los herbarios nacionales y sobre la distribución de C. odorata en Costa Rica.

B. Descripción anatómica.

1. Anatomía de la hoja.

a. Venación de la lámina.

La venación es reticulada, craspedódroma simple; las venas secundarias se extienden a los lados de la vena media hasta el borde de la lámina en forma semiarqueada y alterna, tienen un grosor moderado con respecto a la vena media y mayor con relación a las venas de tercer y cuarto orden. En la terminación de las areolas se encuentran venas ciegas (Fig. 10).

b. Vascularización del nudo, peciolo y peciolulo.

En cada nudo se origina una traza foliar, que entra a la base del peciolo; esta última traza tiene una forma de herradura, cuya abertura esté dirigida hacia la cara adaxial. Continuando acrópétamente en el peciolo, se observa un cilindro medulado; al llegar al punto de origen peciolular, el cilindro cambia su forma cilíndrica y da origen a dos haces menores, uno medio y uno lateral, cuando la hojuela es alterna (Fig. 11-F) o tres, uno medio y dos laterales cuando las hojuelas son opuestas (Fig. 11-C).

Cuadro 2: Características meteorológicas y edáficas de las zonas donde se colectó material de *Cedrela odorata* L. (Meliaceae) 1986

Variables	Heredia Universidad Nacional	San José-San Pedro Ciudad Universitaria Rodrigo Facio	Abangaritas Guanacaste	El Ceiro Limon	Tabarcia San José	Florencia Turrialba
Latitud [°]	10 02'	09 56'	10 10'	10 50'N	09 55'	09 53'
Longitud [°]	84 00'	84 05'	84 55'	83 310'0	84 11'	83 38'
Altitud (m) ^a	14 50	11'72	110	70 m	800 m	602
Precipitación (mm)						
Máxima	333 (Set.)	335,0 (Set)	864 (Oct)	884,7 (Nov)	581 (Oct)	620,6 (Dic)
Mínima	44,8 (Marzo)	6,1 (Feb)	0 (Ene-Feb)	29 (Marzo)	0 (Ene-Feb)	90,6 (Marzo)
Media ^a	213,6	158,10	191,88	275,68	234,6	254,1
Brillo Solar (en horas y décimas)						
Máxima	9,5 (Feb)	7,6 (Marzo)	9,1 (Feb)	47 (Marzo)	8,5 (Feb)	5,1 (Feb-Mar-Abr)
Mínima	4,6 (Junio)	3,8 (Julio)	5,2 (Junio)	3,3 (Jun)	3,8 (Jun)	3,8 (Julio)
Media ^a	6,6	5,3	7,4	4,1	5,4	4,6
Temperatura (°C)						
Máxima	23	24,4	32,5	29,2	28,99	26,8
Mínima	15,12	16,06	22,5	19,9	19,10	17,9
Media ^a	18	19,38	27,5	24,4	23,53	22
Humedad relativa						
Máxima	88 (Agost-Oct-Nov)	89 (Jun-Nov)	84 (Set)	89 (Jun-Jul-Ago)	92 (set)	89 (Jul-Nov)
Mínima	83 (marzo)	72 (Abril)	66 (Marzo)	84 (Feb) Nov	75 (Feb)	84 (Marzo)
Media ^a	86	82	75	87	85	88
Zonas de vida ^{aa}	Bosque húmedo Premontano	Bosque húmedo Premontano	Bosque seco Tropical	Bosque muy húmedo Premontano, transi- ción a basal	Bosque húmedo Premontano	Bosque muy húmedo Premontano
Tipo de suelo ^{aaa}	Typic Dystrandept Suelo oscuro y pro- fundo, bajo en ba- ses, derivado de cenizas volcánicas.	Typic Dystrandept Suelo oscuro y pro- fundo, buen conte- nido de materia or- gánica, bajo en ba- ses, suelos de tex- tura gruesa y baja saturación de bases	Lithic Ustropept Suelo poco profun- do, seco por más de 90 días al año, asociado con sue- los de caracterís- ticas similares con arcillas 2:1 y suelos arcillo- sos oscuros (lito- sol).	Oxic Palehumult Suelo rojizo, pro- fundo, arcilloso, pH ácido, baja sa- turación de bases, se asocia con sue- los mal drenados.	Typic Dystrupept Acido, tendencia arcillosa, proble- mas de drenaje, la- tosol amarillo roji- zo.	Typic humitropept Suelo pardo rojizo, profundo, bajo en bases y otros con influencia de cen- zas volcánicas (ta- tosol).

^a Instituto Meteorológico de Costa Rica (1960,1984)

^{aa} Tosi, J (1969)

^{aaa} Pérez, S. Alvarado, A y Ramírez, E. (1976).

Cuadro J: Datos de ejemplares de *Cedrela odorata* L. (Meliaceae) existentes en el Herbario Nacional (H.N.) del Museo Nacional de Costa Rica y en el Herbario de La Universidad de Costa Rica (H.U.C.R.), 1985

ESPECIE	LICENCIACION	COLECTOR	# DE COLECTOR	TIPO DE ESPACIMEN	# HERBARI(O)	FECHA
<i>Cedrela odorata</i> L. Sin: <i>Cedrela neriifolia</i> W.P. Rose	Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San Pedro-San José.	Luis A. Fournier	LAFD:1311	Follaje - Flor	HUCR 1130	22/6/67
	Finca Taboga, Cañas, Guanacaste	R. Daubermire	272	Follaje - Fruto	HUCR 9034	16/11/70
	Río Segundo, Alajuela	Luis Fournier y Carlos Gutiérrez	-	Follaje - Flor	HUCR 3661	10/6/68
	Rumbo a Cañas, Tilarán, Guanacaste	Luis Poveda	587	Follaje - Fruto	HUCR 12911 HN 55527 y 53233	9/8/73
	Upala, Canalete, Alajuela	M. Jiménez Saa	83	Follaje	HUCR 11610 y 4833 HN 39570	-/10/66
	Cerca de Cañas Finca Taboga, Guanacaste	R. Daubermire	96	Follaje -Fruto	HUCR 9200	4/8/69
	25 km S.E. de Cañas, Guanacaste	E. Little y Gerardo Budowski	20158	Follaje - Fruto	HUCR 23324 HN 42805 y 78666	6/12/64
	Pasto entre Bebedero y Taboga, Guanacaste	M. Brenes	12564	Follaje - Flor	HN 19981 y 19982	14/6/30
	Monte Verde, Guanacaste	W.A. Haber	-	Follaje	HN 54264	-/12/73
	Turrúcaros, Alajuela	Rafael Ocampo	946	Follaje - Flor	HN 58209	6/6/75
	Parque Nacional de Santa Rosa, Guanacaste	R. Chardon	ACM:76172	Follaje	HN 61985	2/6/76
	Alrededores de Nicoya, Guanacaste	Adolfo Tonduz	-	Follaje - Fruto	HN 13507	-/1.1900
	Cabo Blanco, (Reserva Natu- ral) Puntarenas, Península de Nicoya.	W. Burger y R. Leisner	6563	Follaje- Fruto	HN 57575 78667	1 -7 /12/69
	25 km Este, Turrialba	E. Little y G. Budowski	20257	Follaje - Fruto	HN 42530 78667	7/2/65
	Abangaritas, Guanacaste	Michael Weismann	122	Follaje	HN s.n.	13/9/84
	CATIE- Turrialba Florencia Sur	Michael Weismann	91	Follaje	HN s.n.	8/2/84
	El Cairo. Limón	Michael Weismann	59	Follaje	HN s.n.	26/1/83
	Universidad Nacional Heredia	Elizabeth Aráez S.	EAS 1	Follaje - Flor	HUCR	17/4/85
	Camino San Francisco Heredia	Elizabeth Aráez S.	EAS 2	Follaje - Flor	HUCR	2/5/85
	Cerca de CONDUCEN Heredia	Elizabeth Aráez S.	EAS 3	Follaje - Flor	HUCR	7/5/85

Fig. 9: Distribución geográfica de C. odorata L. en Costa Rica, según especímenes colectados en el Herbario del Museo Nacional y el Herbario de la Universidad de Costa Rica.

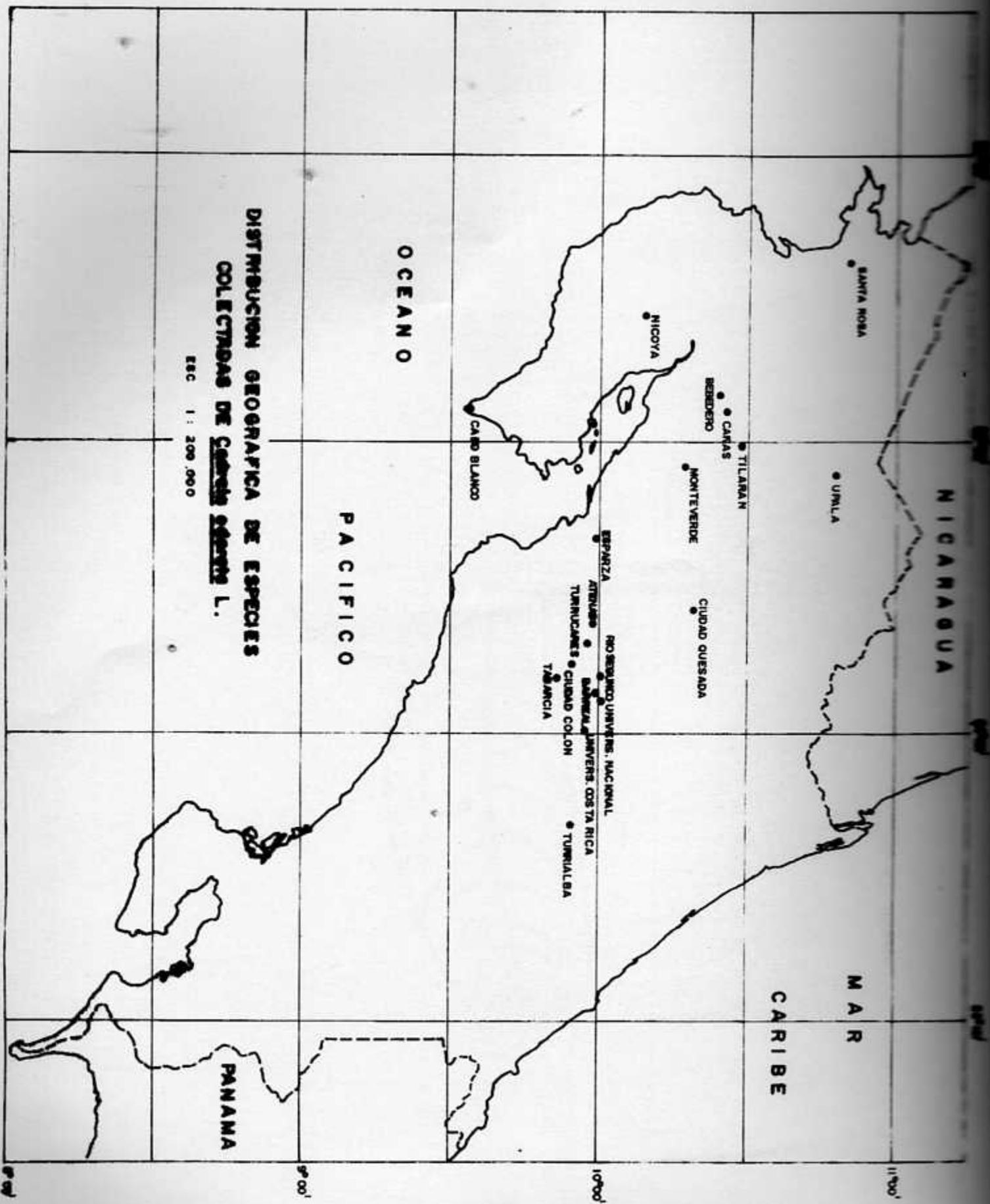


Fig. 10: Dibujo de la venación craspedódroma de la
hojuela de C. odorata L. (10 X)

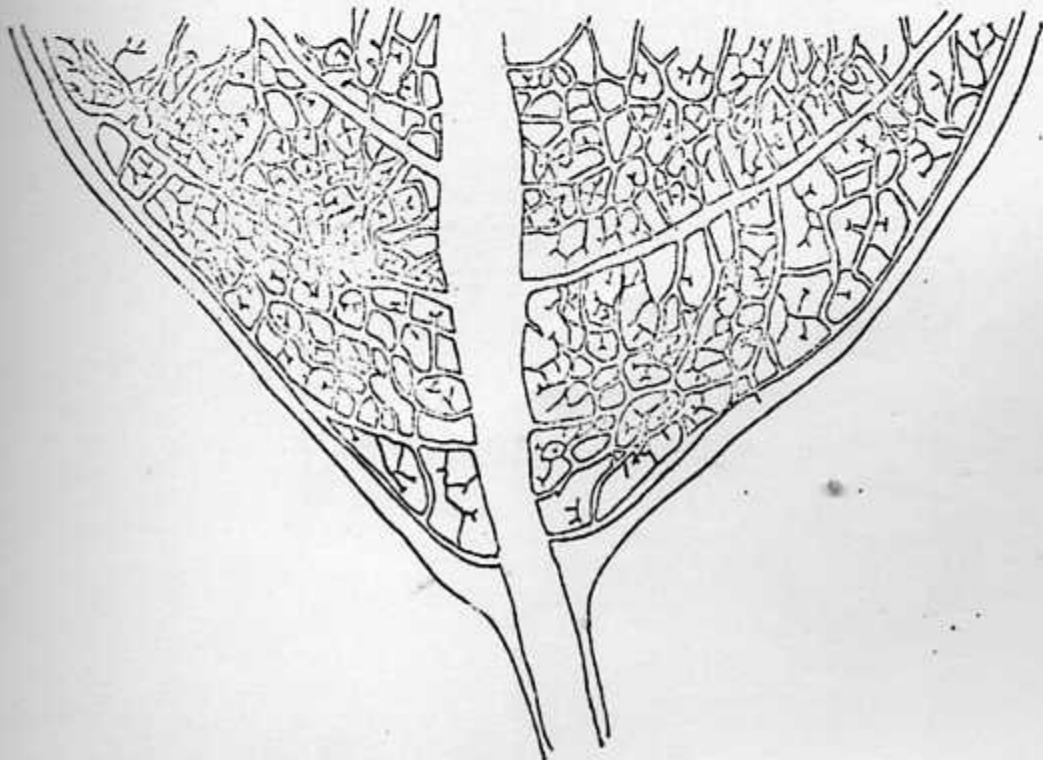
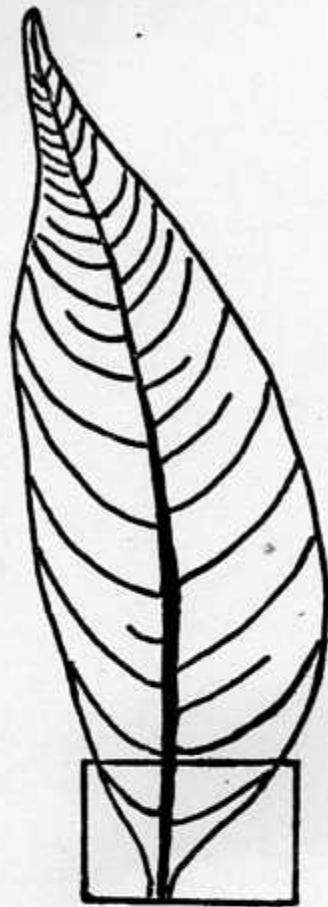
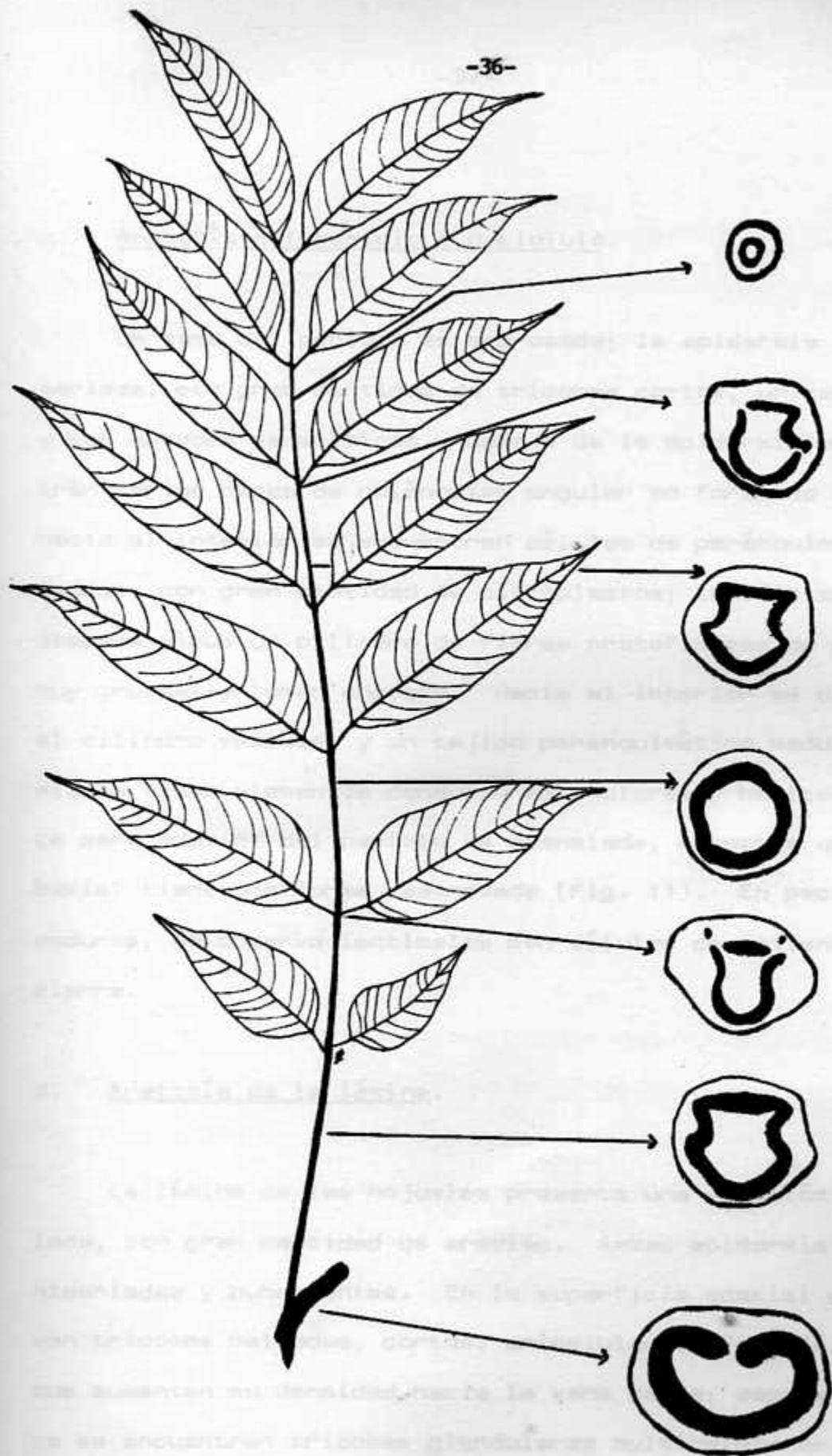


Fig. 11: Diagrama del patrón de vascularización del peciolo, peciolulo y raquis de C. odorata L. (4 X)
hl : hojuela
pe : peciolo
pel: peciolulo
r : raquis



c. Anatomía del peciolo y peciolulo.

La base del peciolo es engrosada; la epidermis es uniseriada, con gran cantidad de tricomas cortos, unicelulares y con estomas paracíticos. Debajo de la epidermis se encuentran varias capas de colénquima angular en forma de anillo. Hacia el interior se encuentran células de parénquima, redondeadas, con gran cantidad de cloroplastos; inmediatamente después sigue un cilindro de fibras protofloicas de paredes muy gruesas y lumen angosto. Hacia el interior se distingue el cilindro vascular y un tejido parenquimático medular; el xilema tiene elementos conductores anulares y helicoidales. La cara adaxial del peciolo es acanalada, mientras que la abaxial tiene una forma redondeada (Fig. 11). En peciolos maduros, se observa lenticelas con células de relleno y de cierre.

d. Anatomía de la lámina.

La lámina de las hojuelas presenta una venación reticulada, con gran cantidad de areolas. Ambas epidermis son uniseriadas y pubescentes. En la superficie adaxial se observan tricomas peltados, cortos, unicelulares (Figs 12,13,14), que aumentan su densidad hacia la vena media; esporádicamente se encuentran tricomas glandulares multicelulares. En la superficie abaxial, se encuentran ambos tipos de tricomas pe-

no en menor cantidad. La hoja es hipoestomática; los estomas son paracíticos (tipo rubiáceo), de ostiolo alargado, protuberante y células subsidiarias globosas (Fig. 15).

Cerca de la vena media hay parches de colénquima angular. La hoja es dorsiventral; el parénquima de empalizada está formado por células alargadas, rectangulares, con gran cantidad de cloroplastos. El mesofilo esponjoso abarca casi todo el grosor de la hoja, presenta células muy redondeadas, con pocos cloroplastos; además, se observa algunos espacios intercelulares grandes. Los haces vasculares están rodeados por fibras protofloicas; el xilema tiene elementos traqueales anulares y helicoidales.

2. Anatomía del tallo.

El tallo presenta una cutícula delgada, epidermis uniseriada y gran cantidad de tricomas unicelulares, peltados. La corteza consta de varias capas de parénquima con muchas células idioblásticas. Los haces vasculares están rodeados por un anillo de fibras protofloicas; los elementos de los vasos son helicoidales y la diferenciación es endarca. La médula es parenquimatosa.

En el crecimiento secundario, la peridermis presenta un felógeno de células rectangulares y de paredes delgadas. El

Fig. 12: Epidermis de la hoja de C. odorata L., vista al microscopio electrónico de barrido (350 X)

Fig. 13: Panorámica de los tricomas presentes en las hojuelas de C. odorata L., vista al microscopio electrónico de barrido (1300 X)

Fig. 14: Acercamiento de un tricoma en la hojuela de C. odorata L., al microscopio electrónico (1300 X) de barrido
t: tricoma

Fig. 15: Presencia de estomas paracíticos en las hojuelas de C. odorata L., al microscopio electrónico de barrido (2000 X)
es: estoma

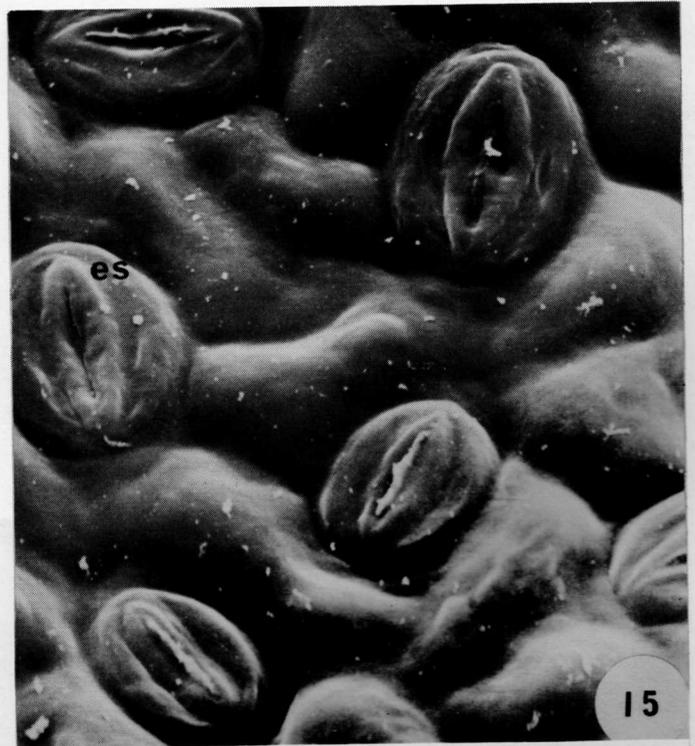
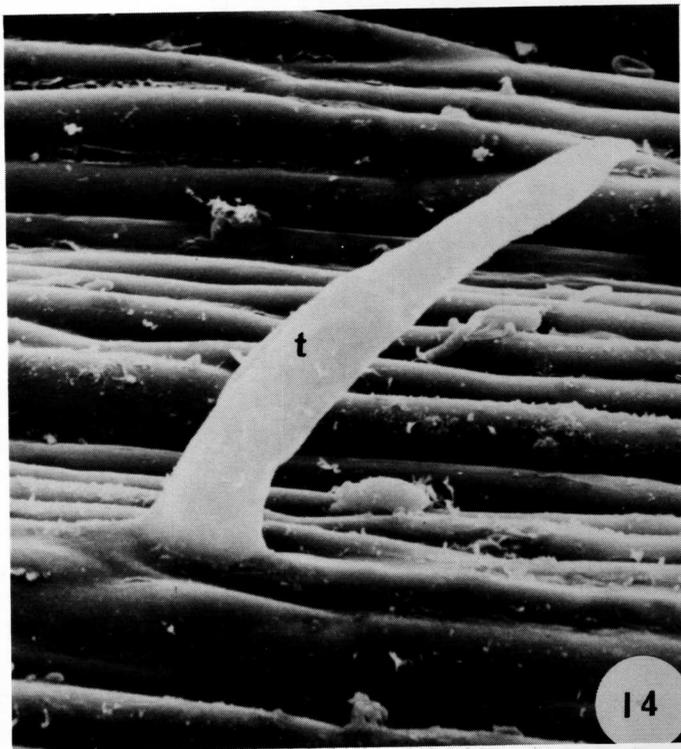
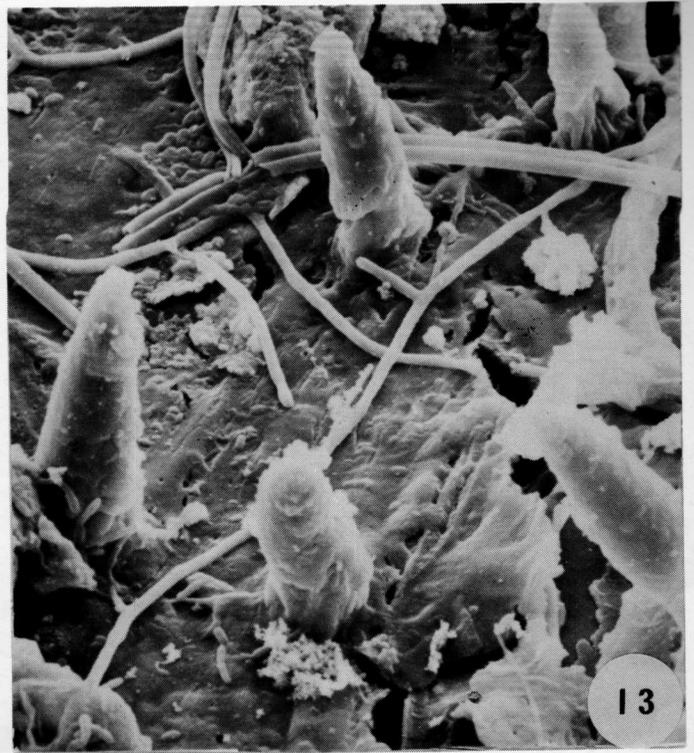
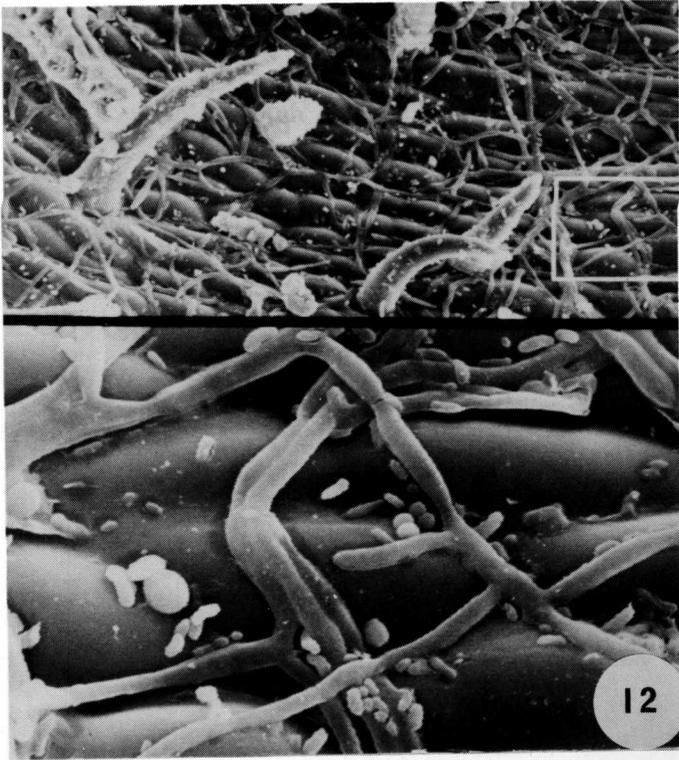
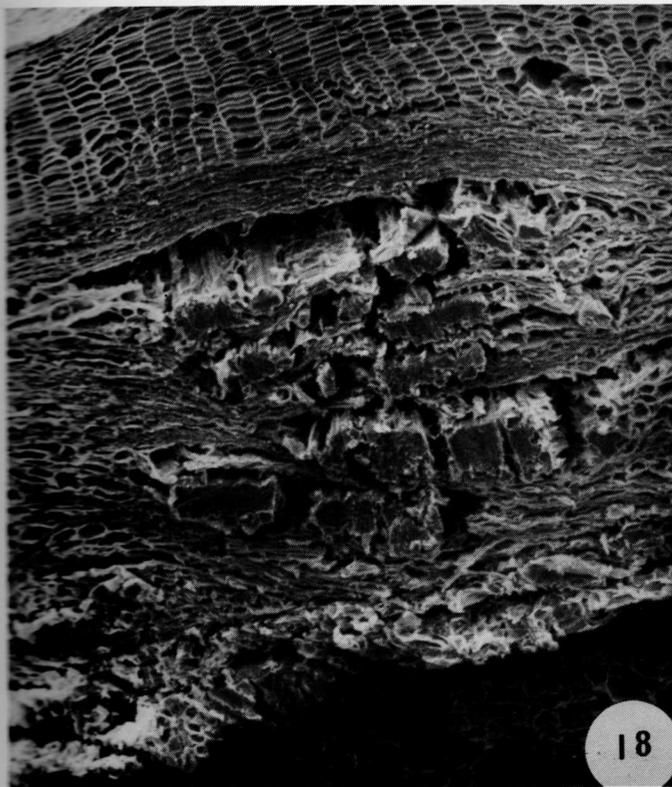
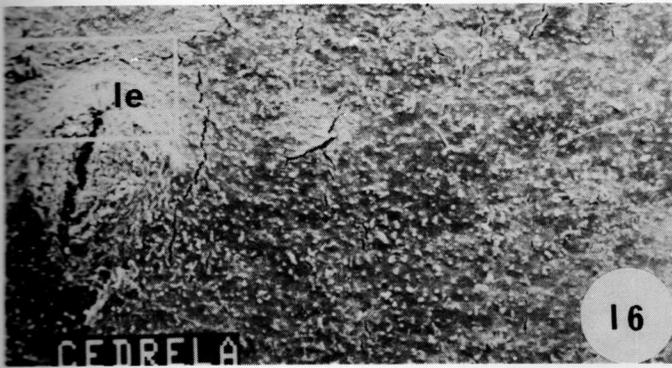
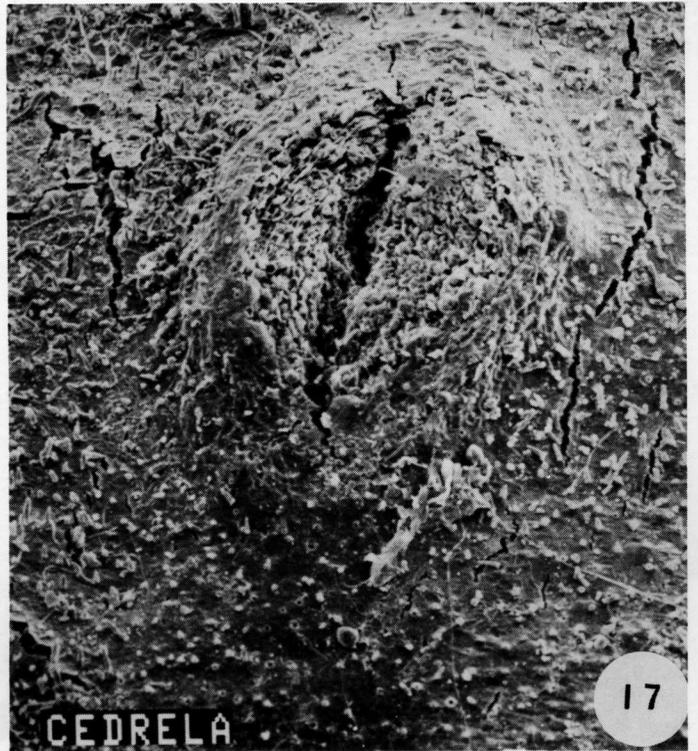


Fig. 16: Panorámica de la peridermis de C. odorata L., al microscopio electrónico de barrido (150 X)
le: lenticela

Fig. 17: Acercamiento de una lenticela de C. odorata L., vista al microscopio electrónico de barrido (70 X)

Fig. 18: Detalle de un corte transversal de la peridermis de C. odorata L., observada al microscopio electrónico de barrido. (80 X)

Fig. 19: Acercamiento de la peridermis de C. odorata, al microscopio electrónico de barrido (22 X)



felema o súber consta de varias capas de células comprimidas radialmente en sección transversal. La felodermis contiene también gran cantidad de células [Fig. 18]. Las lenticelas son longitudinales, protuberantes, de forma alargada; además, se observan remanentes de la epidermis [Figs 16,17,19].

3. Descripción anatómica y morfológica de la madera de *C. odorata* L. (cedro amargo).

3.1 Características generales de la madera.

Esta madera muestra un cambio gradual entre albura y duramen; la albura tiene vetas amarillo claro y pardo grisáceo (7/2 hue-10 YR, Light yellow brownish gray), mientras que el duramen tiene una coloración grisácea pardo rojiza (5/4 hue - 5 YR, Gray reddish brown).

Los anillos de crecimiento son evidentes a simple vista; los límites están definidos por bandas oscuras y regulares que pertenecen al leño tardío; estos anillos son continuos y evidentes en la madera procedente de Guanacaste y poco conspicuos en especímenes de El Cairo y Turrialba; en general, se observa, un promedio de dos a cuatro anillos en cada 2,5 cm.

El parénquima es visible a simple vista o con lupa. La

distribución y concentración del mismo varía de anillo a anillo. El color del parénquima es más claro, lo que contrasta con las fibras que son de color grisáceo. Los vasos en el leño tardío son más pequeños.

En sección transversal, la porosidad de la madera es circular, semicircular y difusa; los vasos están dispuestos en hileras oblicuas (diagonales). Son fácilmente visibles, redondos, de tamaño moderadamente grande (de 0,2 a 0,3 mm) y abundantes (de 125 a 250 en 100 mm²). La concentración de éstos cambia en la superficie transversal, de la albura hacia el centro. Se encuentran poros solitarios o agrupaciones de poros múltiples concentrados radialmente. La distribución de las fibras en el cuerpo del árbol (grano) es lineal o recto; la textura de la madera es mediana (diámetro de los poros de 150-250 µm) y heterogénea (variación entre leño temprano y tardío muy marcado). La cara tangencial, debido a la disposición del parénquima, muestra arcos superpuestos, lo que le da a la madera un lustre regular. Los rayos son escasos, visibles y de tamaño mediano (0,05 a 0,10 mm); de 25 a 50 por cada 5 mm; lineales en sección transversal, a una altura de 1 mm. La distribución de los rayos es no estratificada.

En condición verde, la madera tiene un sabor y olor desagradable (típico olor a ajo) característico de la familia Meliaceae; en condición seca el aroma es agradable y el sabor

3.2 Anatomía del xilema secundario.

3.2.1 Vasos.

El número de vasos visto en un corte transversal al microscopio de luz (4X), fue más o menos constante. En la madera procedente de Abangarites, la concentración de estos osciló entre 30 y 40; en la de El Cairo fue de 30 a 40 y en Turrialba entre 20 y 25, por lo que se clasifica como numerosa para las tres zonas estudiadas (Figs. 20, 24, 25, 29; Cuadro 4).

Los elementos de los vasos son moderadamente grandes en diámetro tangencial y medianos de acuerdo a su longitud (Cuadro 4). Las placas perforadas son simples y poco inclinadas con un ángulo menor de 15 grados (Figs 23,32,36,27). En sección transversal el diámetro de la placa perforada de los vasos fue extremadamente pequeña en las maderas de Florencia (Turrialba) y Abangarites (Guanacaste), mientras que la de El Cairo se catalogó como muy pequeña (Cuadro 4). La distribución de los vasos es predominantemente solitaria, aunque raramente ocurren dos o tres vasos juntos (Figs 20,24, 25,28,29,36,37). Las puntuaciones son reticuladas o alternas, de aperturas extendidas, largas, angostas y se unen unas a otras para formar una especie de estrías o líneas en la pared del elemento del vaso de forma lenticular (Figs 23,31,38,39, 40,41).

El número de barras se clasifica como muchas (mayor a 15) (Fig. 38). El ancho de la apertura en las paredes laterales varía de 0,5 mm a 1 mm. Se observó tálides obstruyendo los vasos en la madera procedente de Abangaritas (Figs 24,25) y se notó anillos de crecimiento (Fig. 24).

3.2.2 Rayos vasculares.

La frecuencia de rayos en sección tangencial es de dos a cinco por mm^2 (10 X). El sistema de rayos no es constante, varía en diferentes tipos heterogéneos, incluso dentro de la madera procedente de una misma zona. Se encuentran rayos uniseriados y multiseriados; estos últimos se encuentran con frecuencia compuestos por células procumbentes y células marginales erectas (Figs 22,26,30,34,35). El ancho y la altura de los rayos es variable y no se observó ningún patrón de distribución específico. El número de células medidas horizontal y verticalmente en sección tangencial, varía entre los diferentes sitios (Cuadro 4; Figs 21,27,28,34); se observa que la madera procedente de Abangaritas (Guanacaste), presenta los rayos más anchos (Fig. 27). La mayoría de los rayos multiseriados presenta un rango de 149-626 μm de alto, conteniendo de 10 a 24 células y un ancho de 216-224 μm , con un ámbito de 2 a 5 células. Los rayos uniseriados miden de 12 a 15 μm y el número de células de alto oscila entre 5 y 8. En las células de los rayos de la madera, se observan crista-

Cuadro 4: Características de los elementos de los vasos y rayos de Cedrela odorata L. (cedro amargo) procedente de tres zonas de Costa Rica, 1985

Zonas de estudio	Elementos de los vasos				Long. prom.	Altura promedio		Rayos		
	Diámetro del poro (transversal) μm	Diámetro de la pared lateral (μm)	Promedio	Máximo		Mínimo	μm	# células	μm	# células
Abangarritas (Guanacaste)	25.5	35.2	238	245	220	379	376	15	167	4
Florencia Sur (Turrialba)	24.5	32.6	244	248	220	390	294	12	55	3
El Cairo (Limón)	45.0	57.6	263	265	225	439	413	16	51	3

* Los promedios y anchos se basan en 50 mediciones hechas individualmente de cada elemento estructural de la madera.

- Fig. 20: Acercamiento de la madera de C. odorata L.,
procedente de Florencia Sur (Turrialba), vista
al microscopio de luz (10 X)
v: vaso
- Fig. 21: Panorámica de la forma de los rayos en un corte
tangencial de la madera de C. odorata L.,
de Turrialba, al microscopio de luz (20 X)
f: fibra
r: rayo
- Fig. 22: Acercamiento de los rayos de C. odorata L.,
Turrialba, vista al microscopio de luz (20 X)
- Fig. 23: Acercamiento de un elemento de los vasos, donde
se observa las puntuaciones de la pared lateral
y la placa perforada, de la madera de C.
odorata L., de Turrialba, al microscopio de
luz (20 X)
ps: placa simple
pl: pared lateral

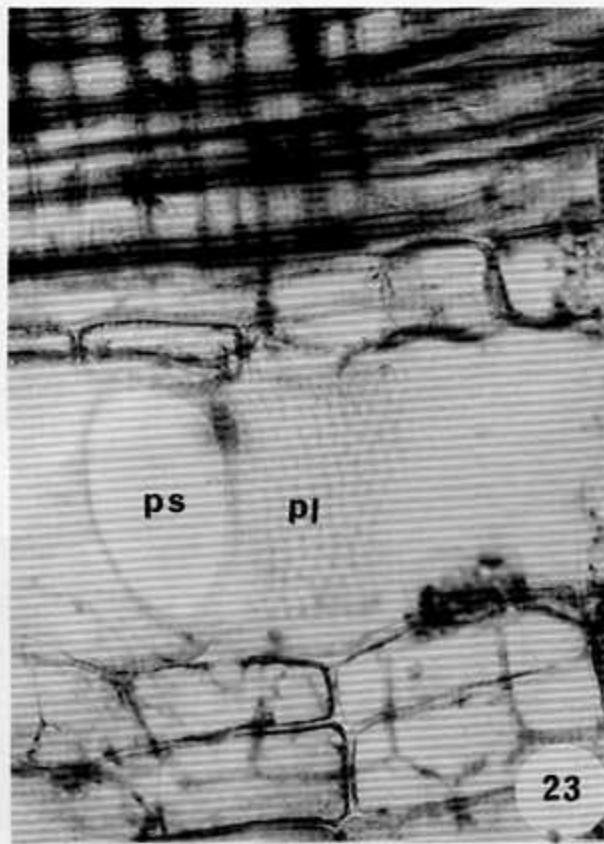
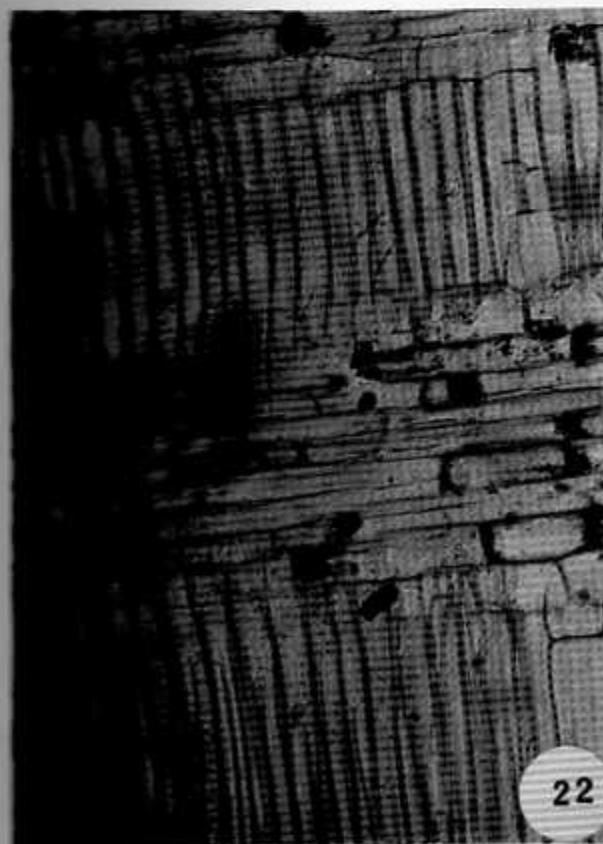
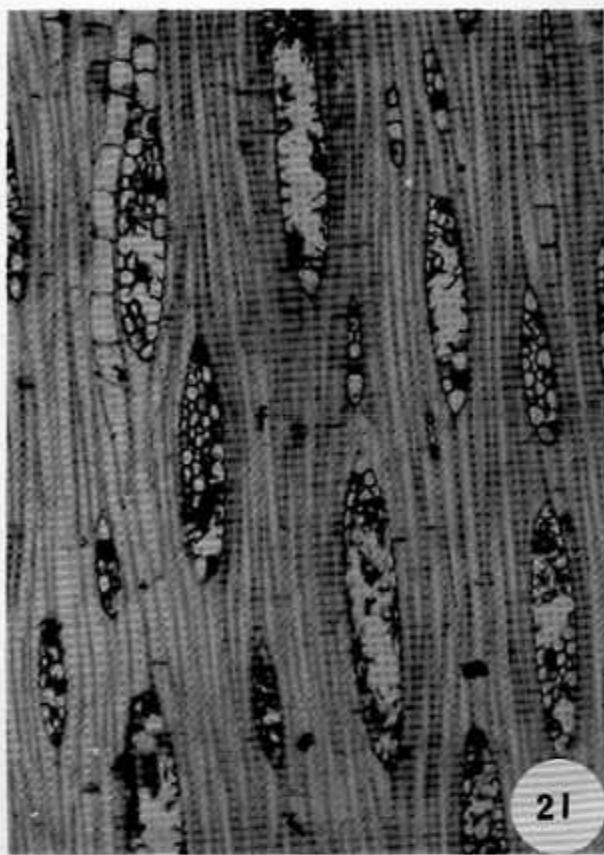
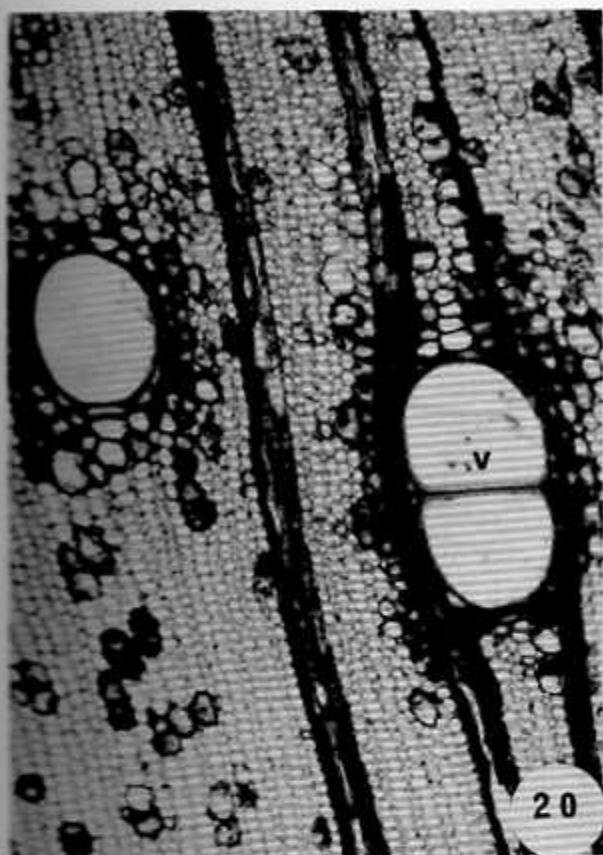
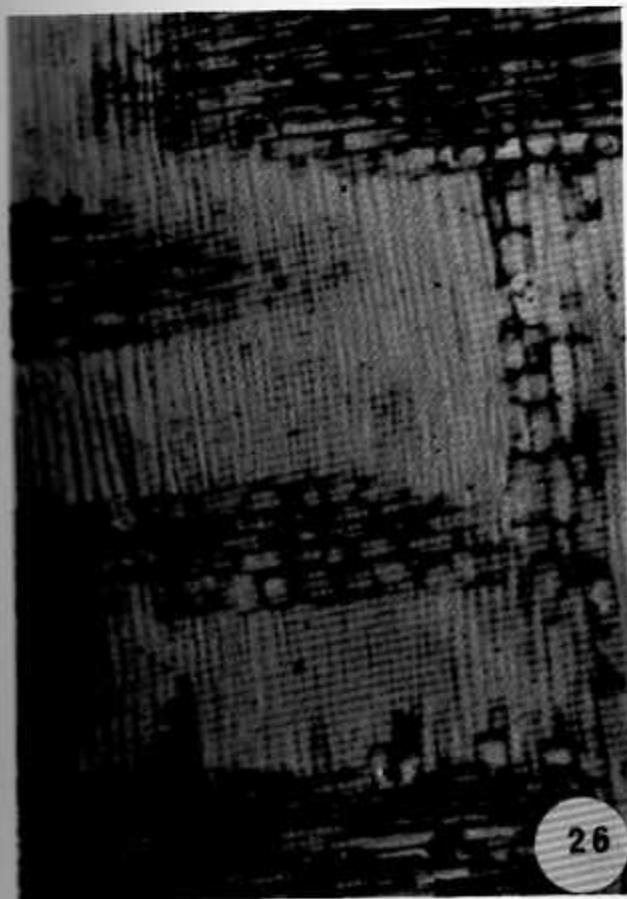
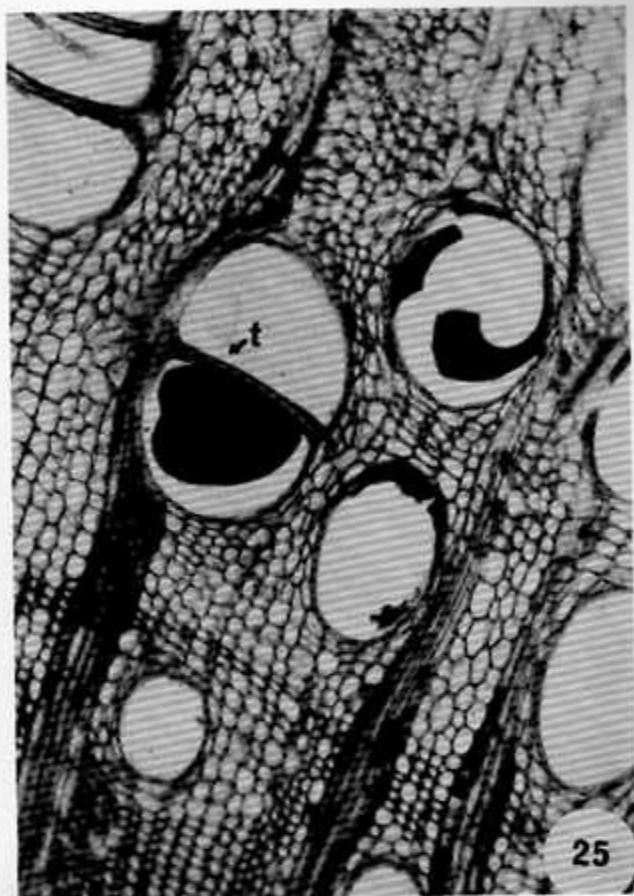
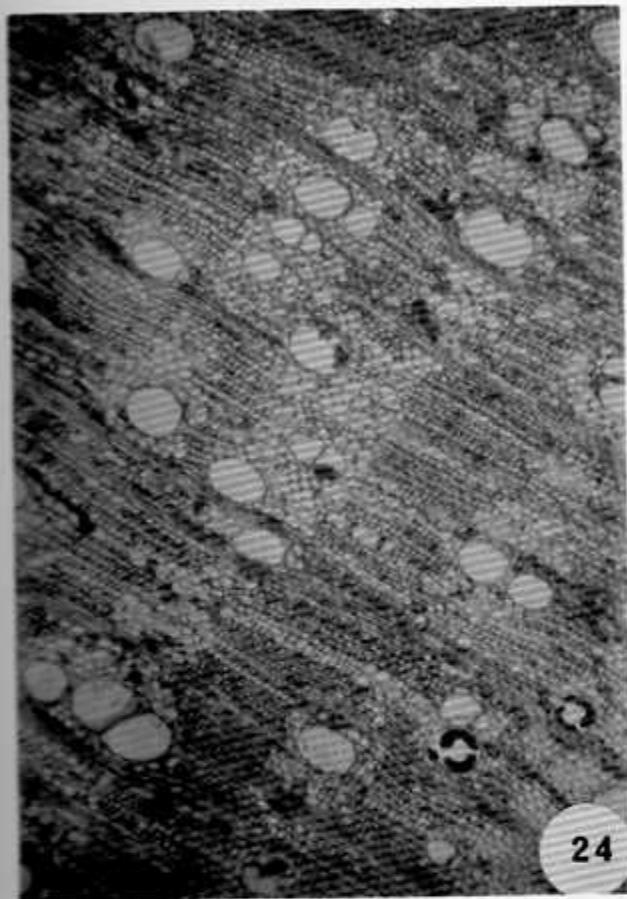


Fig. 24: Panorámica de la madera de C. odorata L., procedente de Abangaritas de Guanacaste, vista al microscopio de luz (4 X)

Fig. 25: Acercamiento donde se observa la presencia de tílides en la madera de C. odorata L., de Guanacaste, al microscopio de luz (20 X)
t: tílido

Fig. 26: Vista de los rayos de C. odorata L., de Abangaritas de Guanacaste, al microscopio de luz (20 X)

Fig. 27: Panorámica de los rayos en un corte tangencial de la madera de C. odorata L., al microscopio de luz (10 X)



- Fig. 28: Panorámica de la madera de C. odorata L., procedente de El Cairo (Limón), vista al microscopio de luz (10 X)
- Fig. 29: Detalle de la madera de C. odorata L., presente en El Cairo , al microscopio de luz (40 X)
- Fig. 30: Acercamiento de los rayos de C. odorata L., de la madera procedente de El Cairo, al microscopio de luz (20 X)
- Fig. 31: Acercamiento de un corte tangencial de la madera de C. odorata L., de El Cairo, donde se observa la pared lateral de un elemento del vaso, al microscopio de luz (20 X)

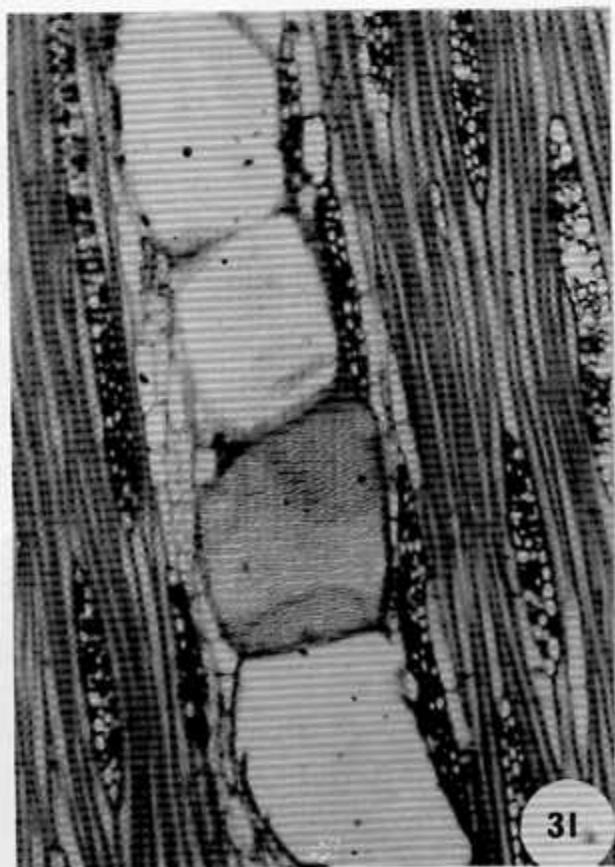
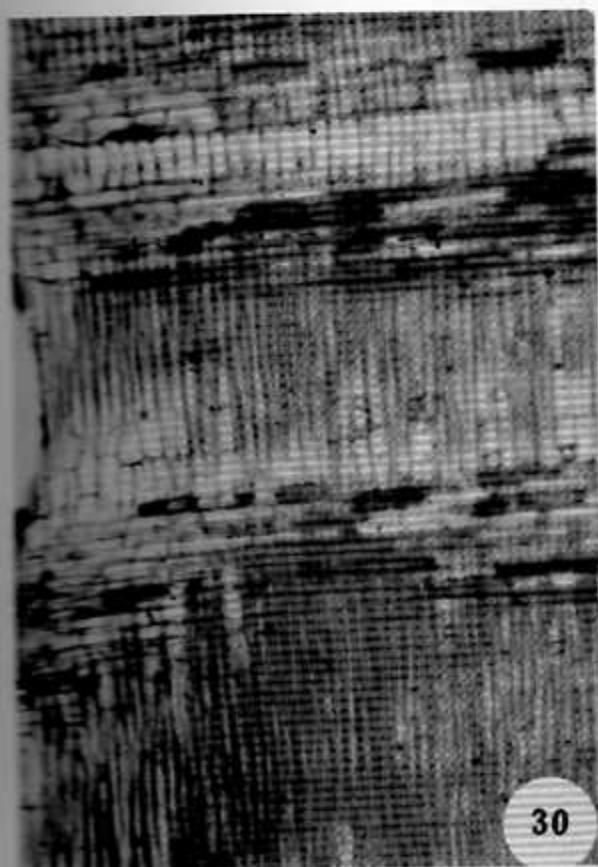
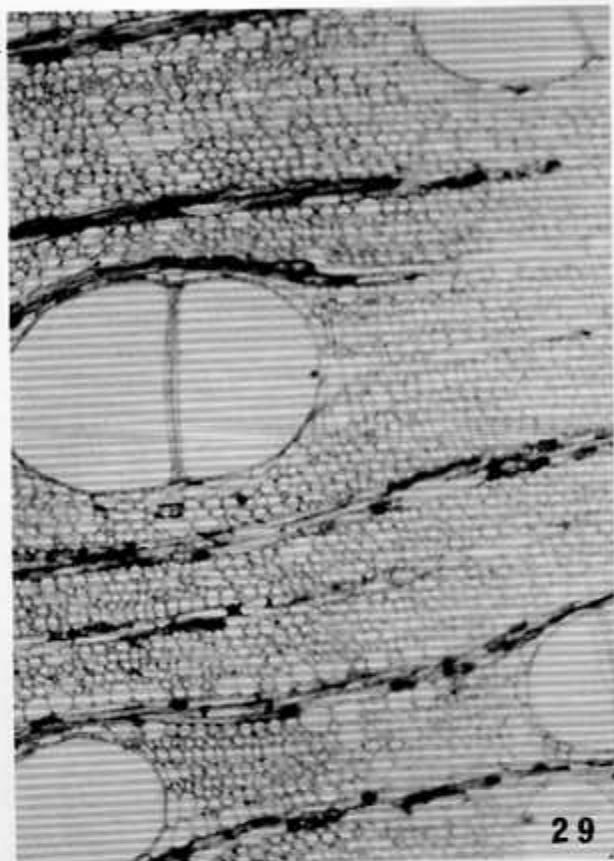
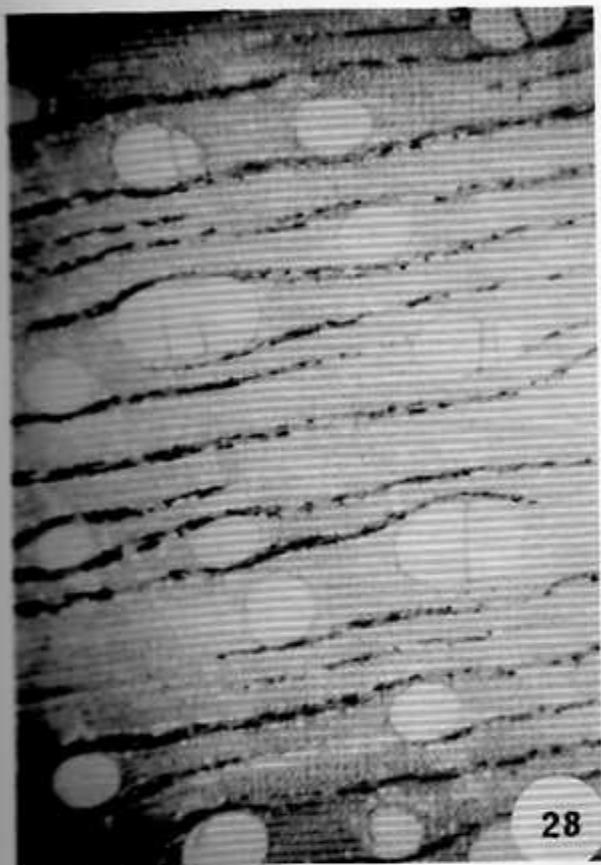


Fig. 32: Acercamiento de un elemento del vaso de la madera de C. odorata L., al microscopio de barrido (1500 X)

Fig. 33: Vista del sistema radial de la madera de C. odorata L., al microscopio electrónico de barrido (50 X)

Fig. 34: Panorámica del xilema secundario de la madera de C. odorata L., al M.E.B. (25 X)

Fig. 35: Panorámica del xilema secundario de la madera de C. odorata L., en un corte radial, visto al microscopio electrónico de barrido (20 X)

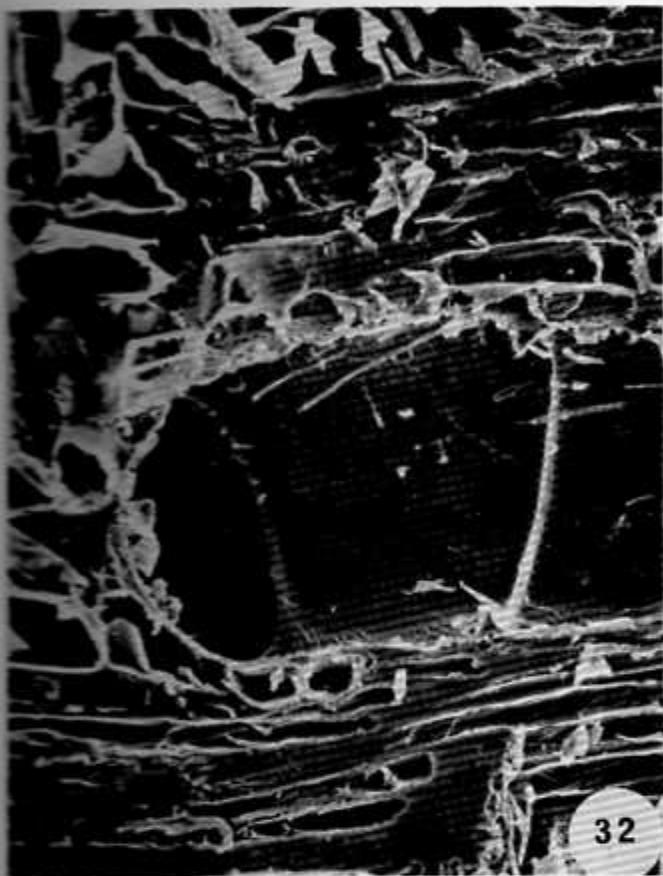


Fig. 36: Acercamiento de la madera de C. odorata L., vista al microscopio electrónico de barrido (100 X)

Fig. 37: Detalle de un vaso visto al microscopio electrónico de barrido (250 X)

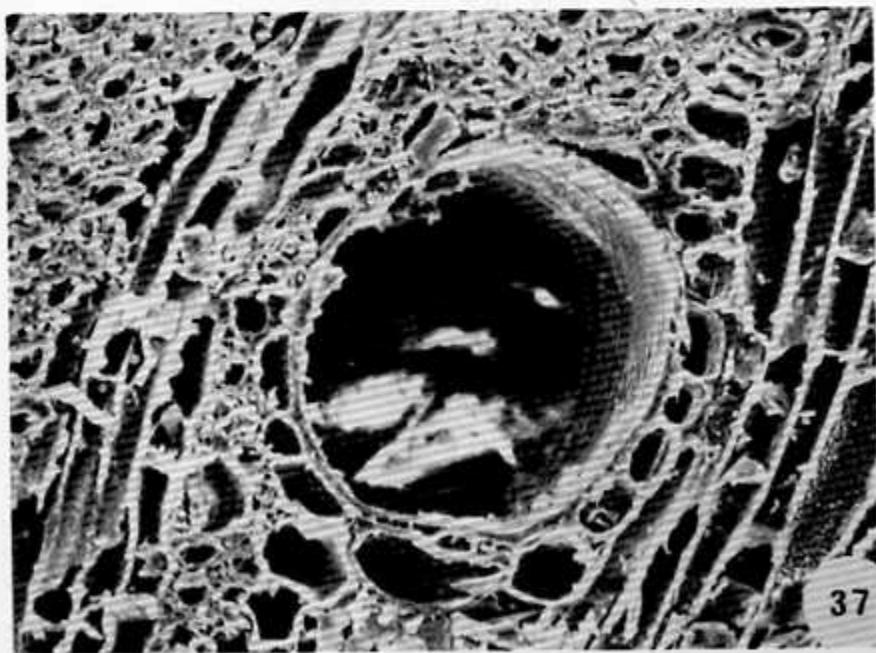
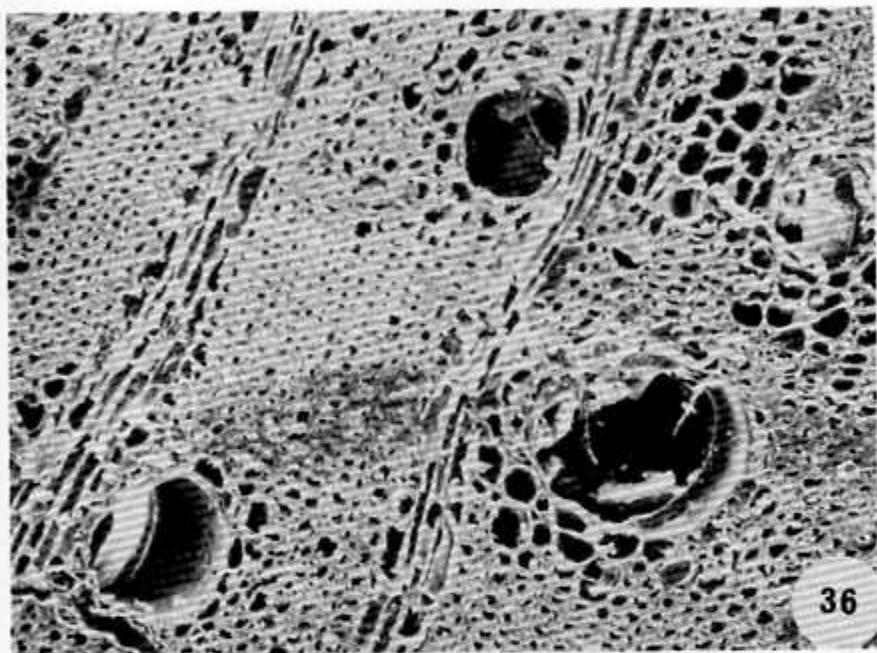
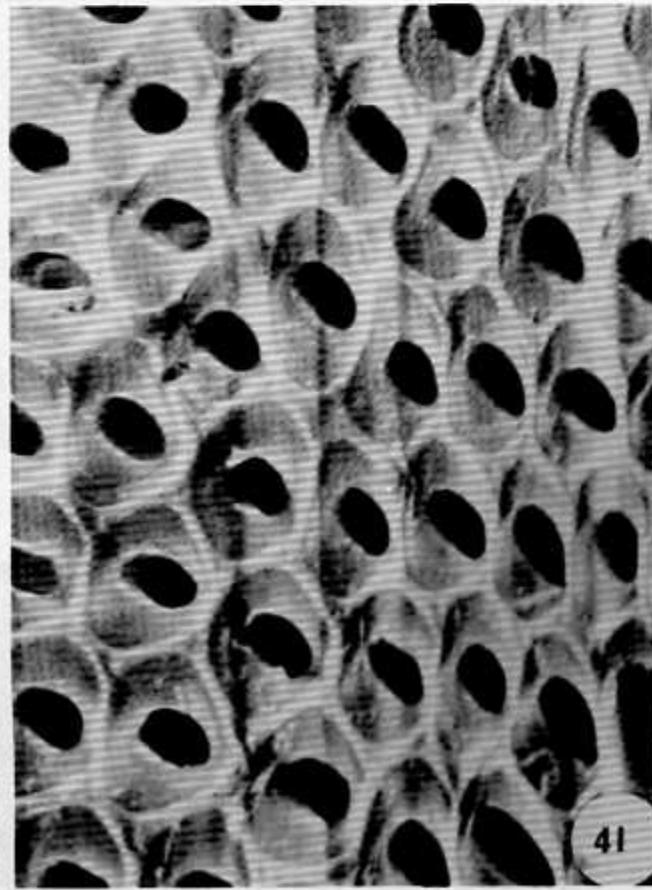
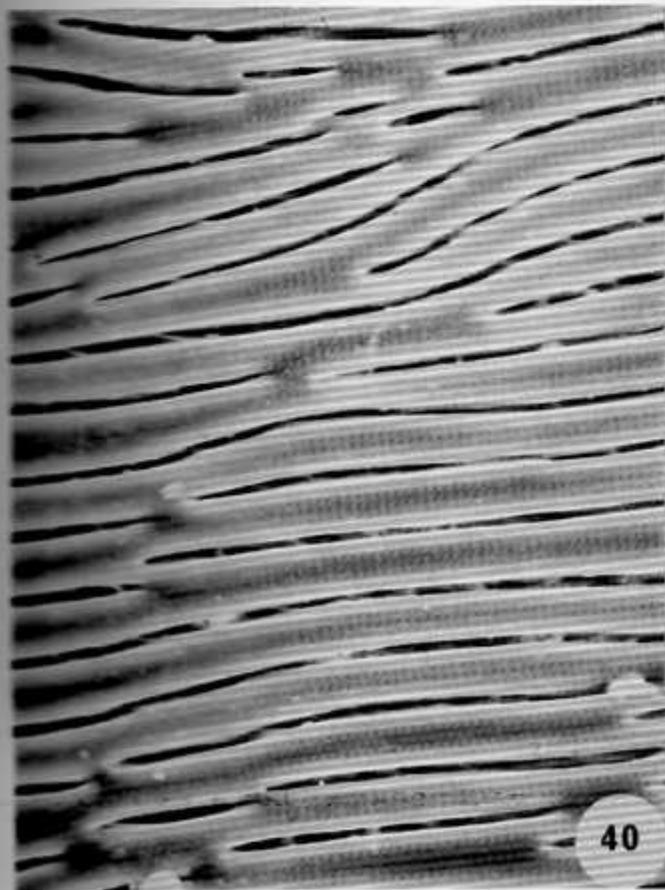
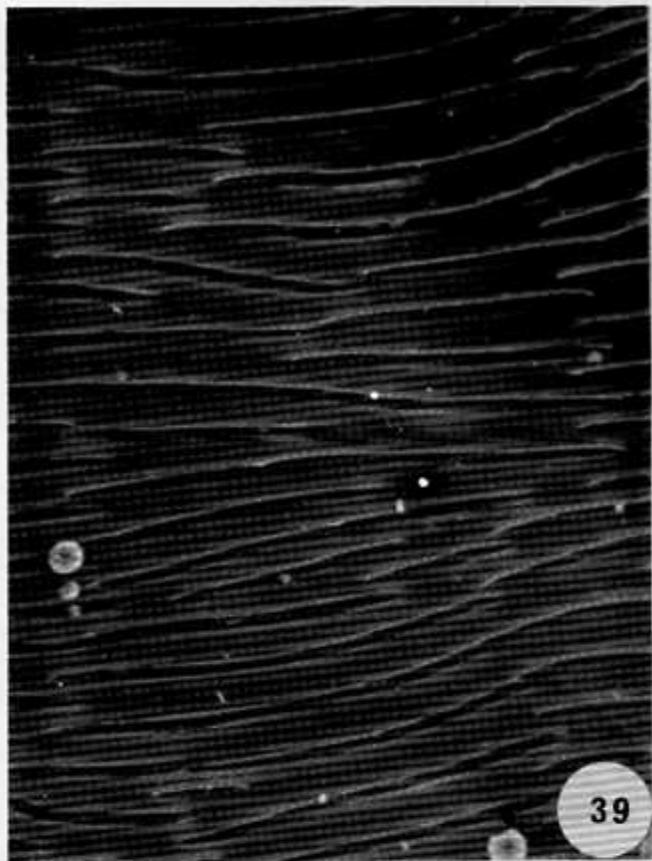
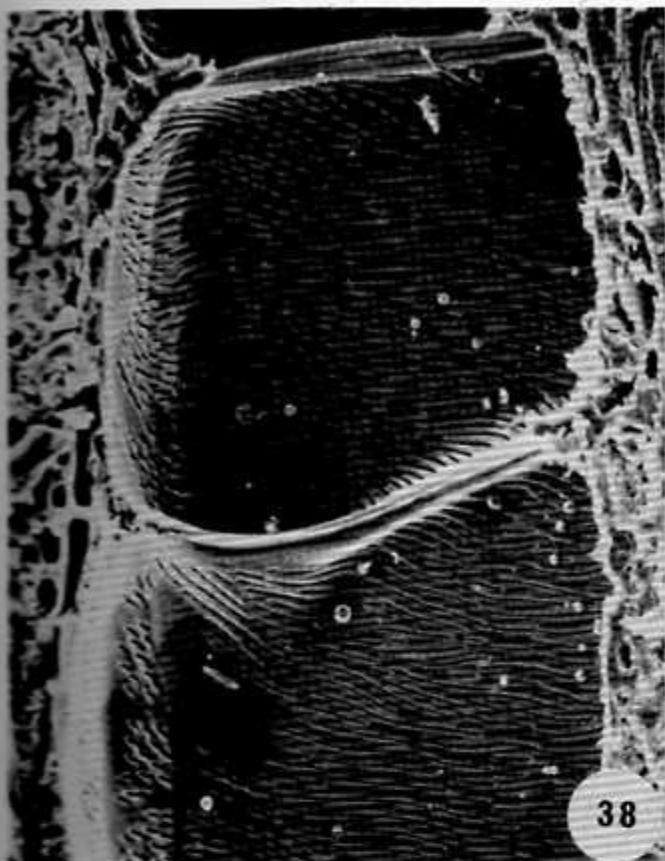


Fig. 38: Panorámica de los elementos de los vasos, de la madera de C. odorata L., al microscopio electrónico de barrido (300 X)

Fig. 39: Acercamiento de las perforaciones reticuladas de C. odorata L., vista al microscopio electrónico de barrido (1500 X)

Fig. 40: Detalle de las perforaciones reticuladas de C. odorata L., al microscopio electrónico de barrido (3000 X)

Fig. 41: Detalle de las puntuaciones alternas, presentes en los elementos de los vasos de C. odorata L., al microscopio electrónico de barrido (3000 X)



les romboidales solitarios (Fig. 49).

3.2.3 Parénquima de la madera.

En sección longitudinal, las células de parénquima son de forma alargada vertical y horizontalmente y presentan un patrón no estratificado. Se encuentra parénquima axial de tipo apotraqueal difuso y paratraqueal; este último es el más frecuente, varía de vasicéntrico, aliforme a bandeado. Las bandas son continuas, de frecuente ocurrencia y de 2 a 4 células de ancho (Figs 20,24,28). Se observan cristales romboidales solitarios en muchas de las células.

3.2.4 Fibras.

Las fibras son fueiformes en su mayoría; algunas son septadas, con un número de 2 a 7 septos por fibra (Fig. 42). Sus puntuaciones son simples (Figs 44,45). Como se observa en el Cuadro 6, el tamaño de las fibras es mediano, siendo más largas las de los especímenes colectados en El Cairo (Limón); su diámetro tangencial es algo inferior o superior a 25 μm . El diámetro del lumen es variable; es de 15,3 μm en Guanacaste, 16,2 μm en Turrialba y de 15,45 μm en Limón. El grosor promedio de la pared es de 9 μm .

Cuadro 5: Tamaño de las fibras de la madera de Cedrela odorata L. (cedro amargo) proveniente de tres zonas de Costa Rica, 1985.

	Longitud (um)			Diámetro tangencial (um)	Diámetro del lumen (um)	Grosor de la pared (um)
	Promedio	Máximo	Mínimo			
Abangarritas (Guanacaste)	1201,6	92	50	25,1	15,3	9,7
Florencia Sur (Turrialba-CATIE)	1282,0	97	61	25,45	16,2	9,25
El Cairo (Limón)	1367,4	109	70	24,10	15,45	8,80

* Los promedios y ámbitos se basan en 50 mediciones hechas individualmente de cada elemento estructural de la madera.

Cuadro 6: Factor Runkel y coeficiente de flexibilidad de Peteri en Cedrela odorata L. (cedro amargo), según la clasificación de las fibras de madera proveniente de tres zonas de Costa Rica, 1985.

Zonas de estudio	Factor Runkel	Clasificación para pulpa de papel	Coefficiente de flexibilidad de Peteri.
Abangaritas (Guanacaste)	1,27	Regular Grupo IV	47,93
Florencia Sur	1,14	Regular Grupo IV	50,36
El Cairo	1,14	Regular Grupo IV	56,74

Ver apéndice

Fig. 42: Acercamiento de las fibras septadas, presentes en la madera de C. odorata L., al microscopio de luz (20 X)
fs: Fibra septada

Fig. 43: Presencia de cristales romboidales en la madera de C. odorata L., vista al microscopio de luz (20 X)
cr: cristales romboidales

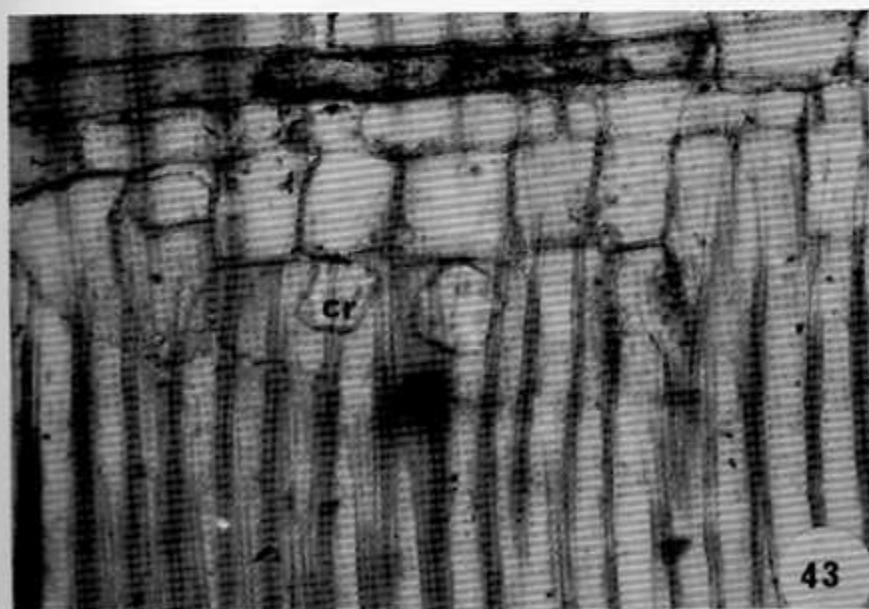
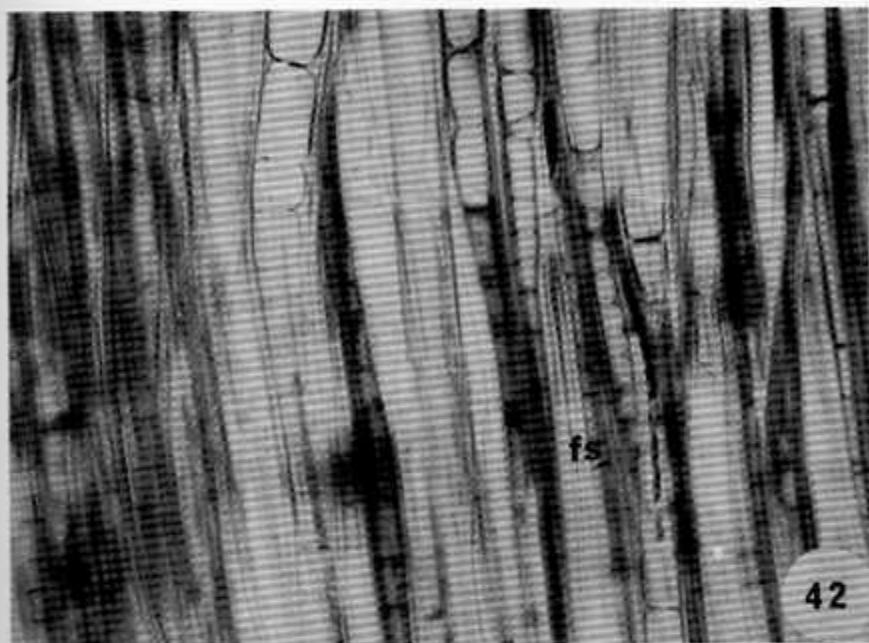
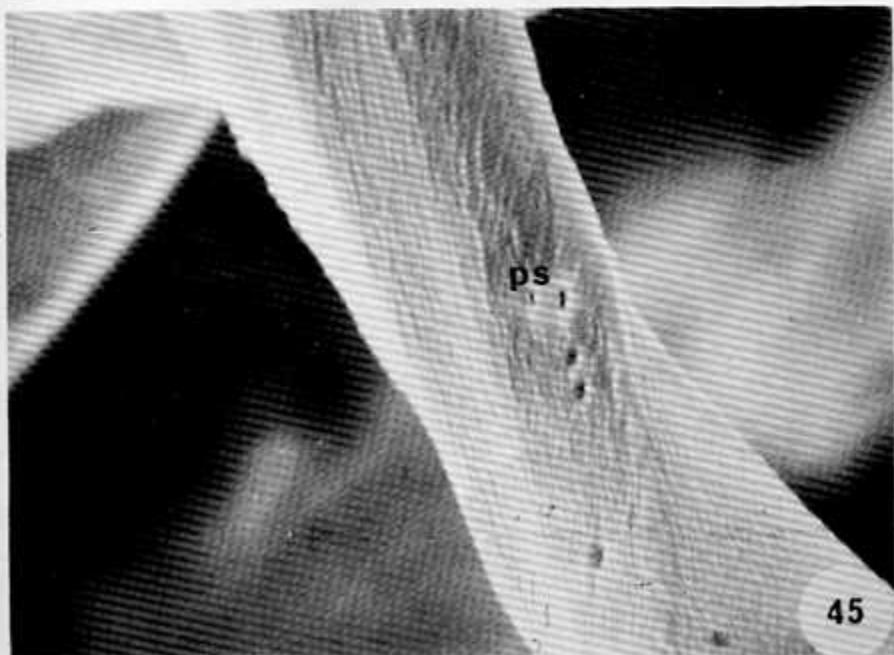


Fig. 44: Fibras y elementos de los vasos, obtenidos de un macerado de la madera de C. odorata L., vista al microscopio electrónico de barrido (500 X)

Fig. 45: Acercamiento de una fibra con puntuaciones simples de C. odorata L., observada al microscopio electrónico de barrido (2000 X)
ps: puntuaciones simples



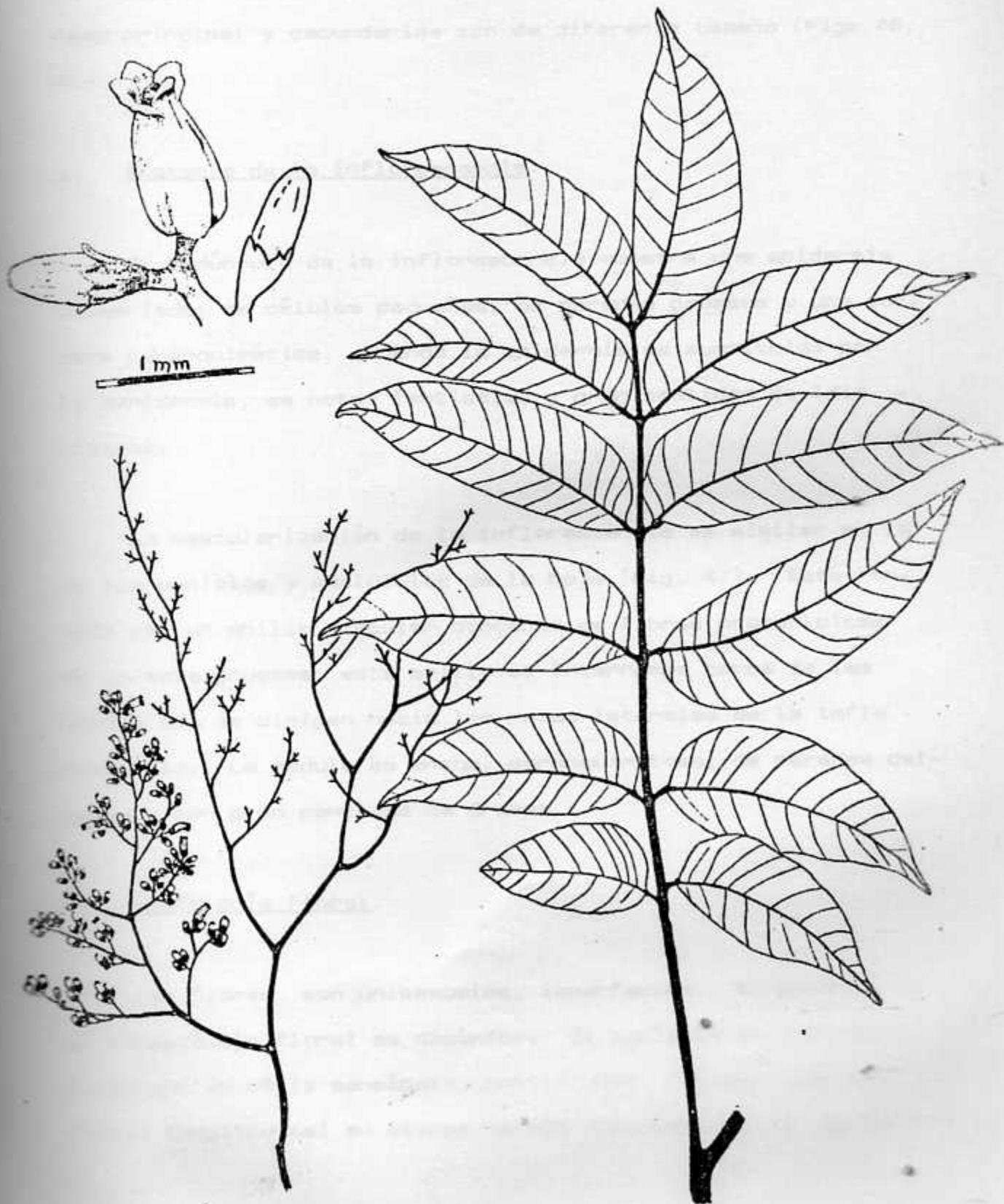
De acuerdo con la clasificación del Factor Runkel, esta especie se cataloga como regular para la fabricación de papel en los sitios estudiados y el Coeficiente de Flexibilidad de Peteri fue variable [Cuadro 6].

4. Morfología de la inflorescencia.

La inflorescencia es una panícula redondeada, racemosa y determinada; las ramas laterales presentan una filotaxia alterna en la mayoría de los casos. Las ramillas distales son dicasios simples y constan de tres flores, una central estaminada y dos laterales pistiladas (Figs 54,55). En cada ramilla la maduración floral es centrífuga. La inflorescencia puede medir de 30-40 cm de largo y de 15-30 cm de ancho y tiene de 230-245 flores estaminadas (12-40 %) y de 200 a 850 flores pistiladas; en total, se encuentran de 300 a 1000 flores por inflorescencia. En *C. odorata* L., la antesis floral no es sincronizada entre un árbol y otro, ni entre inflorescencias; la planta es protándrica, porque las flores estaminadas maduran y liberan su polen, antes que los estigmas estén receptivos (Figs 46,47). Esta planta es monoica y las flores maduran en días diferentes. Después de que las flores pistiladas han sido fertilizadas y el ovario se engrosa, se observa la antesis de las flores estaminadas.

El eje de la inflorescencia es de color pardo y se ob -

Fig. 46: Dibujo esquemático mostrando la hoja, inflorescencia y primordios florales de *C. odorata*.



serva una gran cantidad de lenticelas en su superficie. La rama principal y secundarias son de diferente tamaño (Figs 46, 47).

a. Anatomía de la inflorescencia.

El pedúnculo de la inflorescencia muestra una epidermis uniseriada; de células pequeñas, de paredes gruesas y una corteza parenquimática. Cuando la epidermis es sustituida por la peridermis, se notan lenticelas y gran cantidad de idio - blastos.

La vascularización de la inflorescencia es similar a la de los peciolo y peciolulos de la hoja (Fig. 47). Está formada por un anillo vascular continuo de fibras protofloicas de paredes gruesas; este anillo se interrumpe cerca de las trazas que se dirigen hacia las ramas laterales de la inflorescencia. La médula es ancha, parenquimatosa, de paredes delgadas y con gran cantidad de drusas.

5. Morfología floral.

Las flores son unisexuales, imperfectas. En general, el receptáculo floral es obcónico. El perianto está constituido por un cáliz sensépalo, cotiliforme, dentado, con una fisura longitudinal en etapas tardía del desarrollo. El co-

Fig. 47. Sistema de vascularización de la inflorescencia de C. odorata L. (4 X)

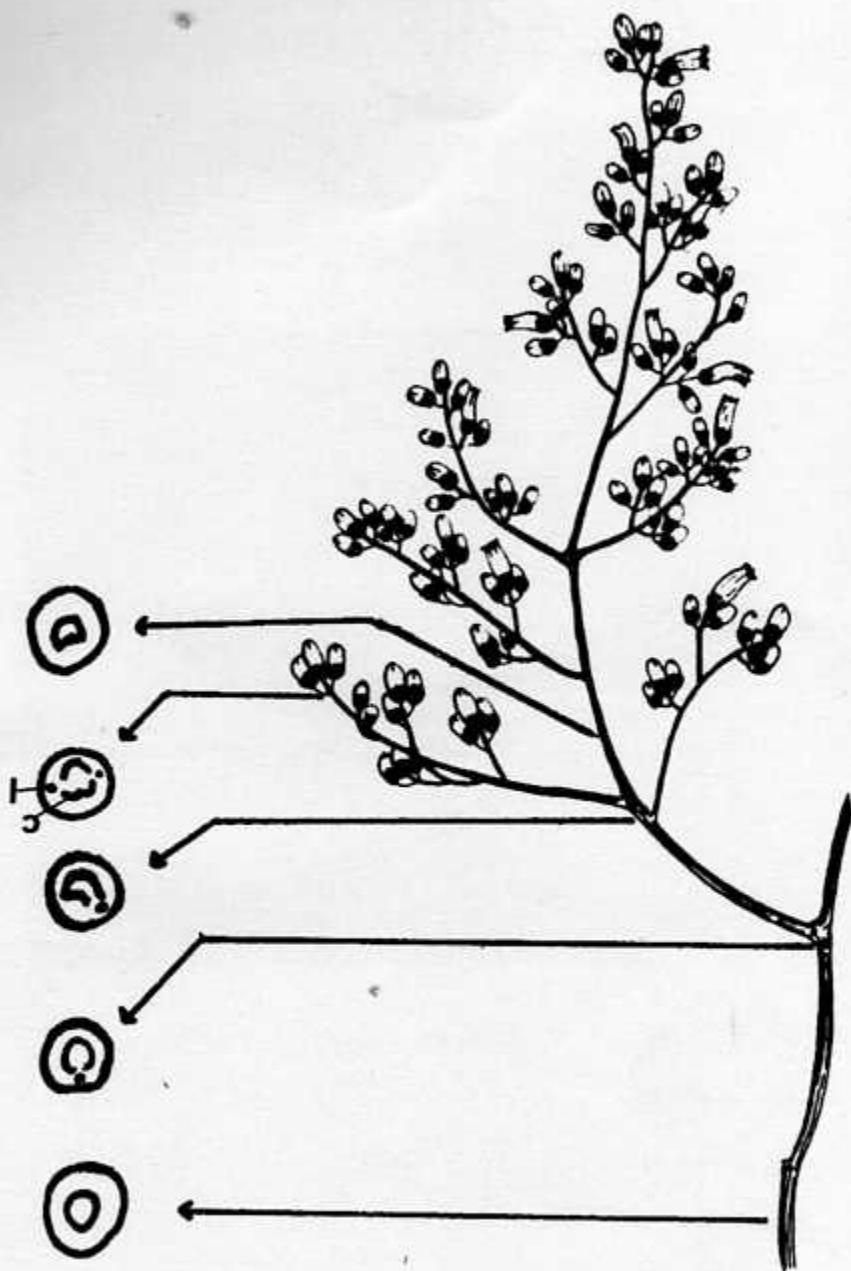


Fig. 48: Vista de los primordios florales de C. odorata
L. , vistos al microscopio electrónico de ba-
rrido (50 X)
c : cáliz

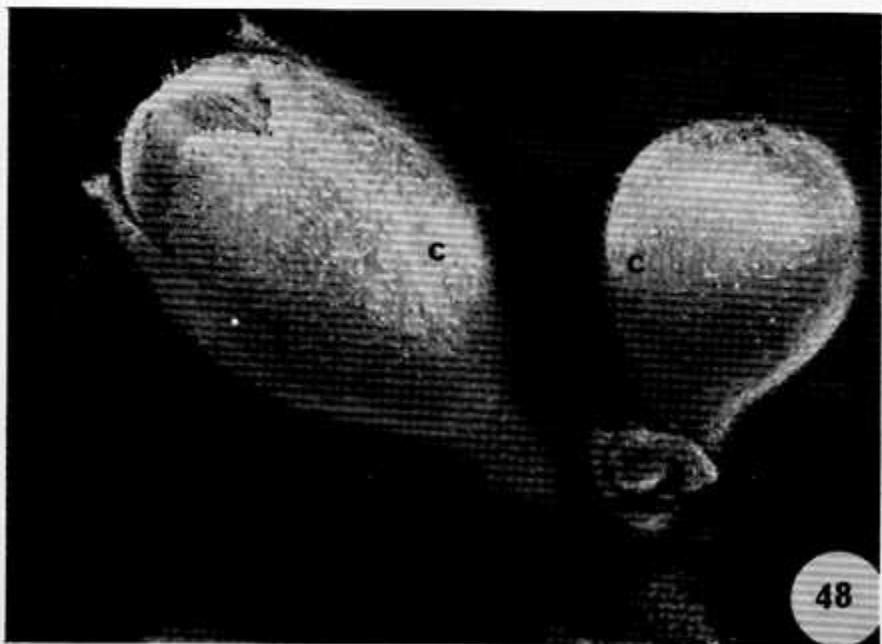
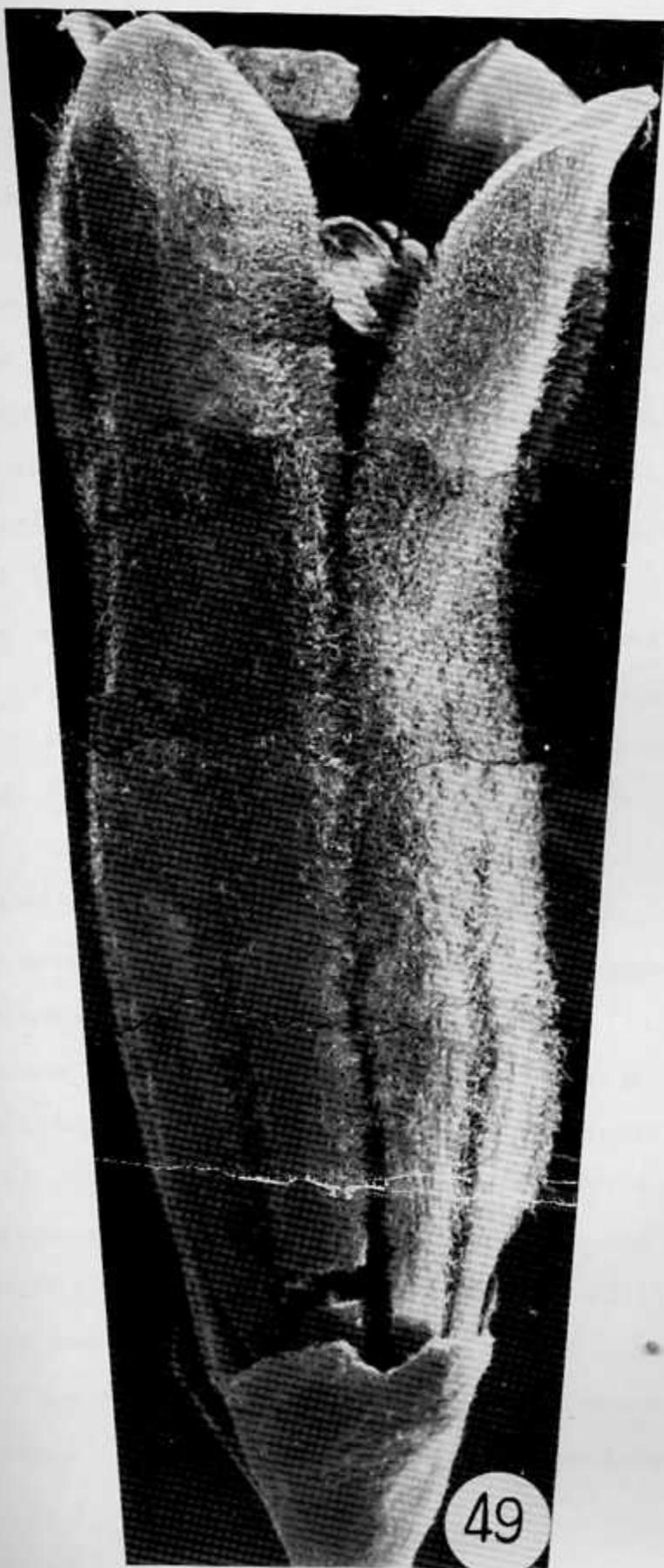


Fig. 49: Panorámica de la flor de *C. odorata* L., vista al microscopio electrónico de barrido (20 X)



lor del cáliz varía según la región; en algunas zonas es de color pardo rojizo, en otras ligeramente más oscuro que los pétalos. Puede ser persistente o no. La corola está formada por cinco pétalos de color crema, adnatos al ginoforo a lo largo de su vena media, formando una carina. Alternando con los pétalos y hacia el interior, se observan cinco estambres adnatos al ginoforo a lo largo de las tres cuartas partes de la longitud de los estambres. Las áreas de fusión, en este último caso, son amarillentas y glandulares (Figs 48,49, 69). A la altura del ginaceo se separan los filamentos y los pétalos quedando libres (Figs 76,83). El estilo y el estigma son de color verde. Hay un canal estilar que se ramifica en el estigma, este último es capitado, circular, plumoso, con gran cantidad de papilas, pentaseptado (Figs 67,71).

La flor estaminada tiene forma alargada, tubular, angosta, con anteras bien desarrolladas desde etapas tempranas, ubicadas casi al mismo nivel que el estigma (Figs 50,69). Las anteras son introrsas, aunque pueden llegar a girar y adoptar una posición extrorsa. Son grandes, presentan células papilosas, el polen es redondeado, tetracolpado, acompañado de una gran cantidad de sustancias excretadas por la exina (Figs 78,80,81,82). El filamento presenta gran cantidad de papilas y estomas con un ostiolo alargado y con células oclusivas anchas (Figs 79,80). Al hacer un corte transversal, se observan cinco lóculos muy pequeños con rudimentos seminales

atrofiados (Fig. 83-K). Los estambres son apostémonos y la antera es diteca (Figs 65,66).

La flor pistilada posee un estigma grande, circular, con gran cantidad de papilas y estomas paracíticos orientados principalmente hacia las suturas. El estilo es grueso, cilíndrico, con gran cantidad de papilas y estomas paracíticos. El gineceo es sincárpico (Figs 67,71,72,73,74). El ovario es globoso, pentalocular, súpero, placentación axilar. Los rudimentos seminales son bitégmicos, con una protuberancia funicular cerca de la calaza que se alarga para formar el ala. Tienen una posición anátropa, crasinucelada, presentan un obturador glandular en su parte proximal, lo que facilita la entrada del tubo polínico (Figs 67,68,75). En la Fig. 84 se muestra el diagrama y fórmula floral de las flores pistiladas y estaminadas.

a. Anatomía floral.

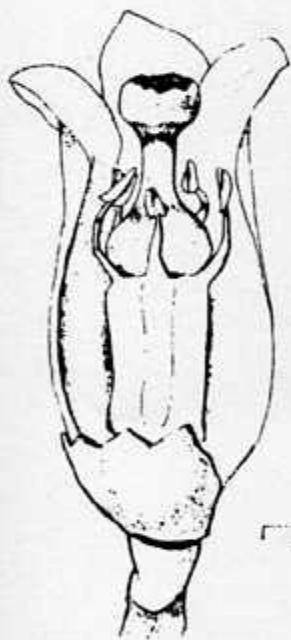
El perianto es diclamídeo o heteroclamídeo. Los sépalos tienen una epidermis uniseriada, con células de parénquima delgadas; las células epidérmicas de la cara abaxial son más grandes y redondeadas que las de la cara adaxial que son más angostas y aplanadas. Ambas presentan células con muchos contenidos ergásticos (drusas, taninos, etc.) y tiñen fuertemente. Hay gran cantidad de tricomas unicelulares

en ambas superficies; la mayor densidad se encuentra sobre la superficie abaxial. Los estomas de la epidermis abaxial son del tipo paracítico (rubiáceo). Hacia el interior, se encuentra un parénquima esponjoso compuesto de células de paredes delgadas, con numerosos idioblastos y sustancia ergásticas. Hay veinte haces vasculares formando un anillo alrededor del cáliz (Figs 78,83).

Los sépalos muestran cohesión basal y están adnatos al receptáculo en su extremo proximal; luego forman una copa que circunda al resto de las piezas florales (Figs 76,83). Los pétalos tienen una cutícula delgada y las células de la epidermis abaxial son cuadrangulares, anchas, con gran contenido de sustancias ergásticas (Fig. 53). Esta superficie presenta tricomas unicelulares, peltados, muy largos y abundantes, con mucho contenido celular (Figs 53,55,56,58,59,60). La cara abaxial del pétalo tiene células más angostas (Fig. 53), con algunos tricomas largos, unicelulares y peltados dirigidos principalmente hacia la parte media y basal de los pétalos (Figs 61,62,63,64). El parénquima esponjoso de los pétalos presenta gran cantidad de idioblastos y haces vasculares dispersos (Fig. 53). Los pétalos se desprenden del ginoforo antes que los filamentos (Figs 76,83).

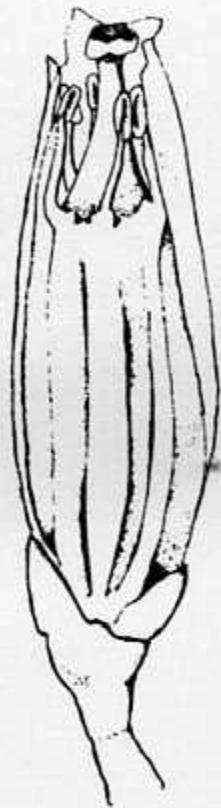
El ginoforo, presenta una epidermis de células cuadrangulares, de paredes delgadas; hacia el interior hay canti -

Fig. 50: Dibujo de la flor pistilada (A) y estaminada (B) de C. odorata L.



A

1mm.



B

Fig. 51: Vista del conjunto de sépalos (cáliz) de C. odorata L., al microscopio electrónico de barrido (30 X)
ca: cáliz

Fig. 52: Detalle del cáliz de C. odorata L.; donde se observa la presencia de estomas paracíticos y tricomas (200 X)
es: estoma
t : tricoma

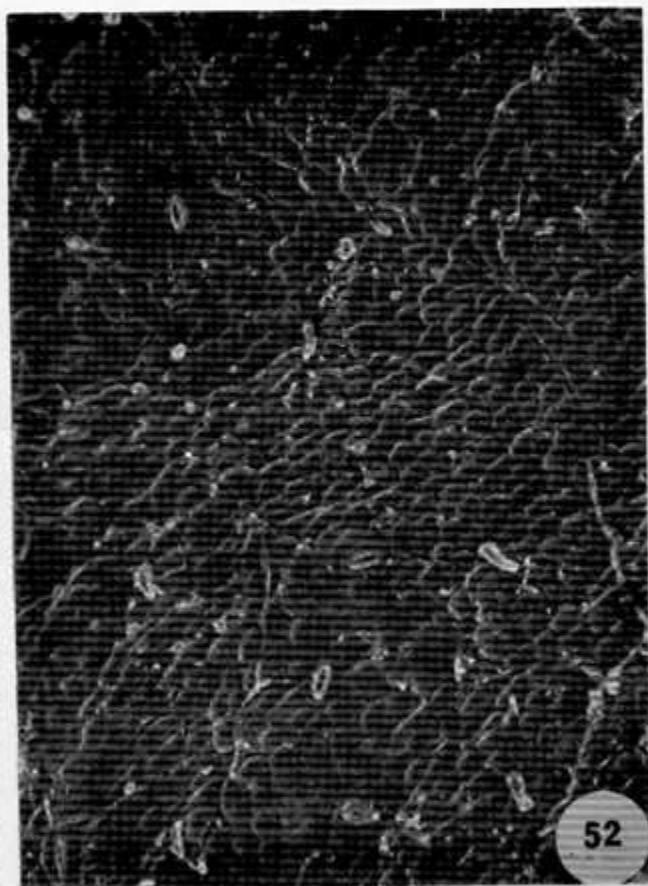
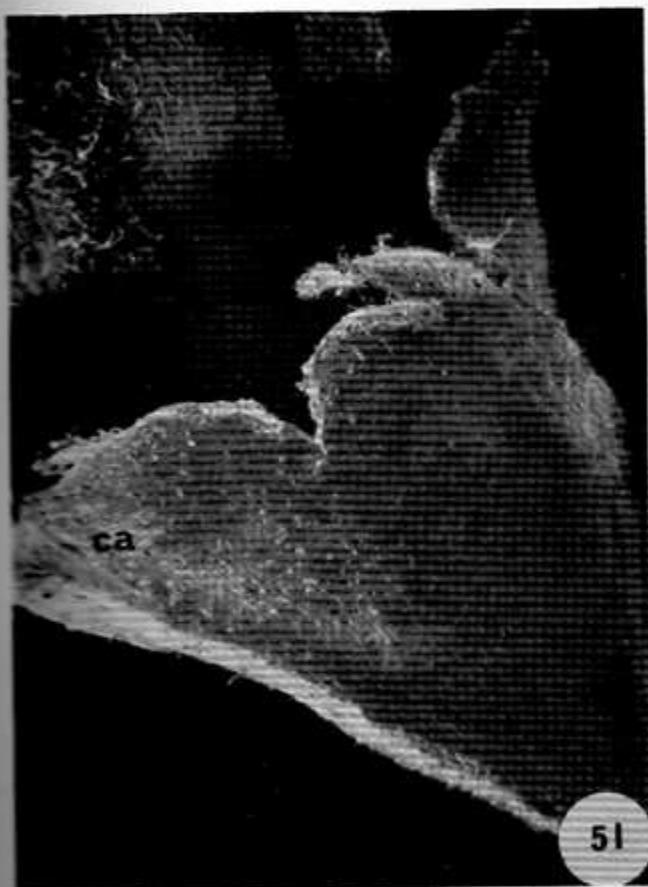


Fig. 53: Panorámica de un corte transversal de una flor de C. odorata L., al microscopio de luz (10 X)
ca: cáliz
i : idioblasto
p : pétalo

Fig. 54: Acercamiento de los rudimentos seminales de las flores pistiladas de C. odorata L., vistos al microscopio de luz (40 X)
rs: rudimento seminal
a : ala

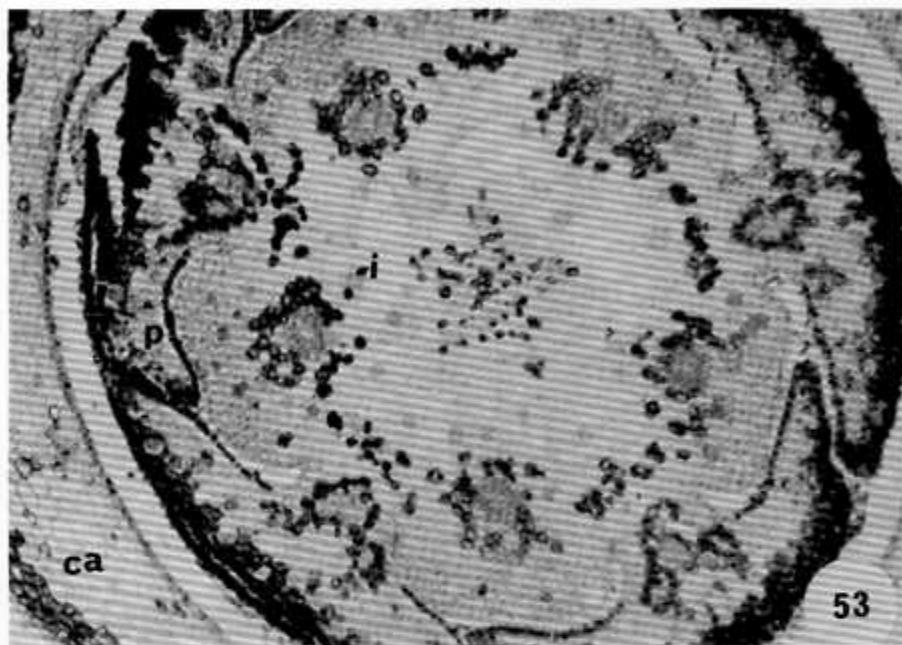


Fig. 55: Corte transversal de la flor de C. odorata L.,
vista al microscopio electrónico de barrido
(30 X)
p: pétalo

Fig. 56: Acercamiento de un corte transversal de la
flor de C. odorata L., al microscopio elec-
trónico de barrido (80 X)



- Fig. 57: Fotografía de la cara abaxial del pétalo de C. odorata L., vista al microscopio electrónico de barrido (60 X)
- Fig. 58: Detalle del borde del pétalo de C. odorata L., al microscopio electrónico de barrido (400 X)
- Fig. 59: Detalle de la cara abaxial del pétalo de C. odorata L., al microscopio electrónico de barrido (400 X)
- Fig. 60: Fotografía que muestra los tricomas presentes en la cara abaxial de los pétalos de C. odorata L., al microscopio electrónico de barrido (200 X)

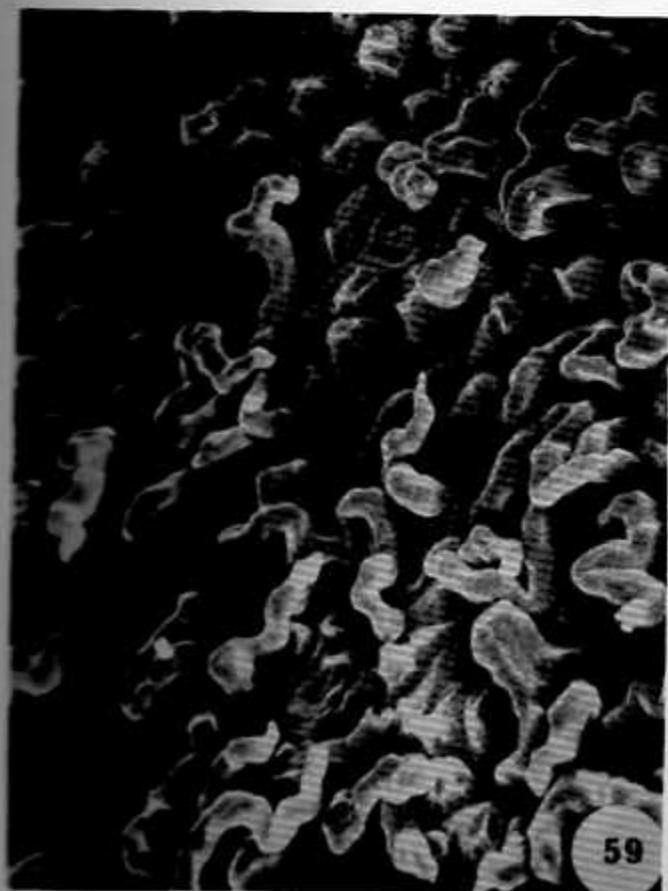
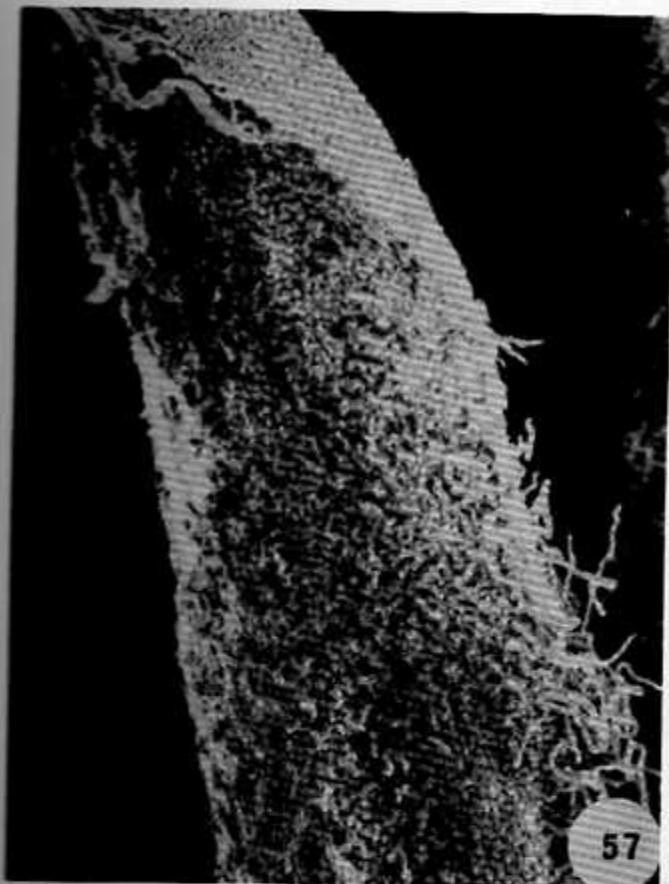


Fig. 61: Fotografía de la cara adaxial del pétalo de C. odorata L., al microscopio electrónico de barrido (50 X)
t: tricoma

Fig. 62: Granos de polen sobre el pétalo de C. odorata L., al microscopio electrónico de barrido (100 X)
po: polen

Fig. 63: Acercamiento de la cara adaxial del pétalo de C. odorata L., vista al microscopio electrónico de barrido (200 X)

Fig. 64: Detalle de la cara adaxial del pétalo de C. odorata L., al microscopio electrónico de barrido (100 X)

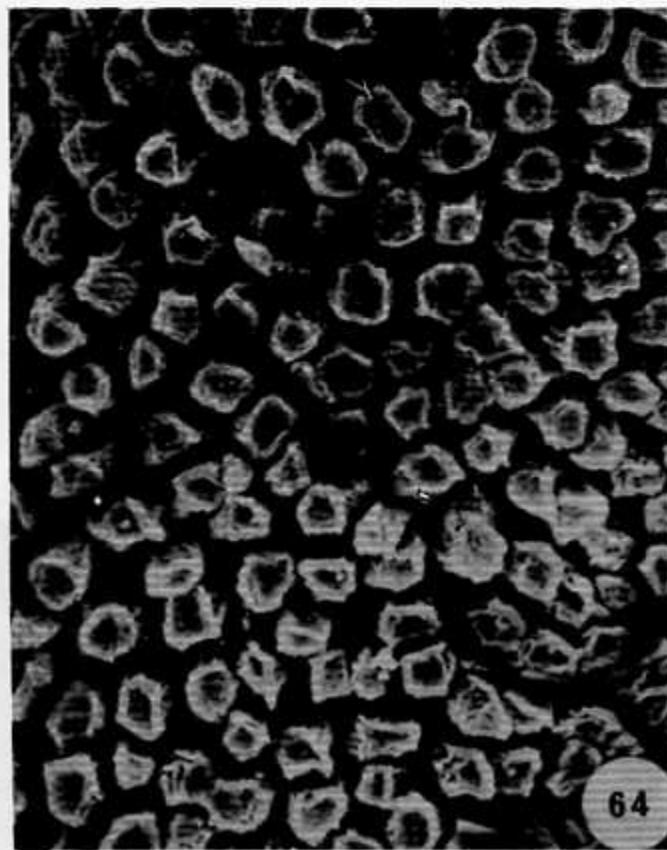
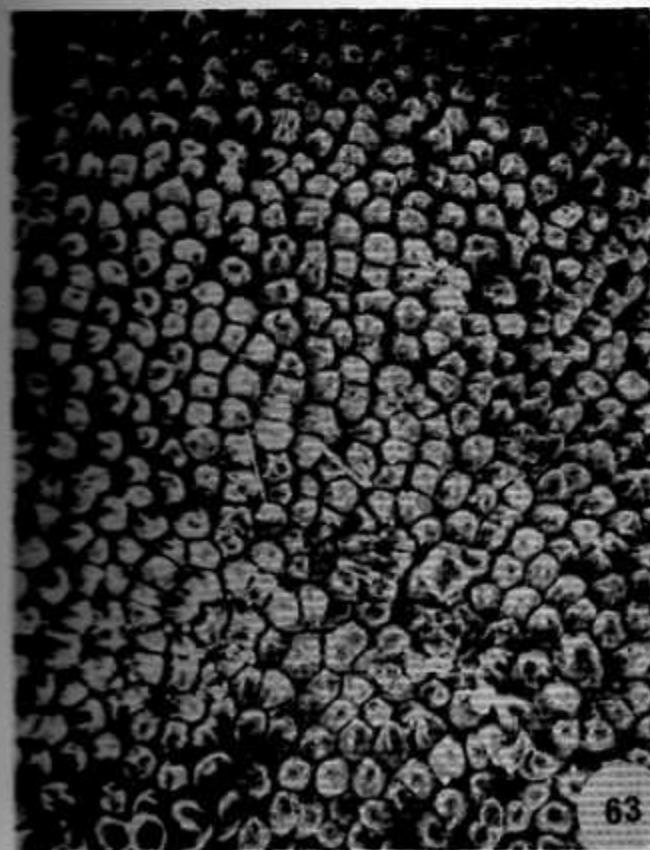
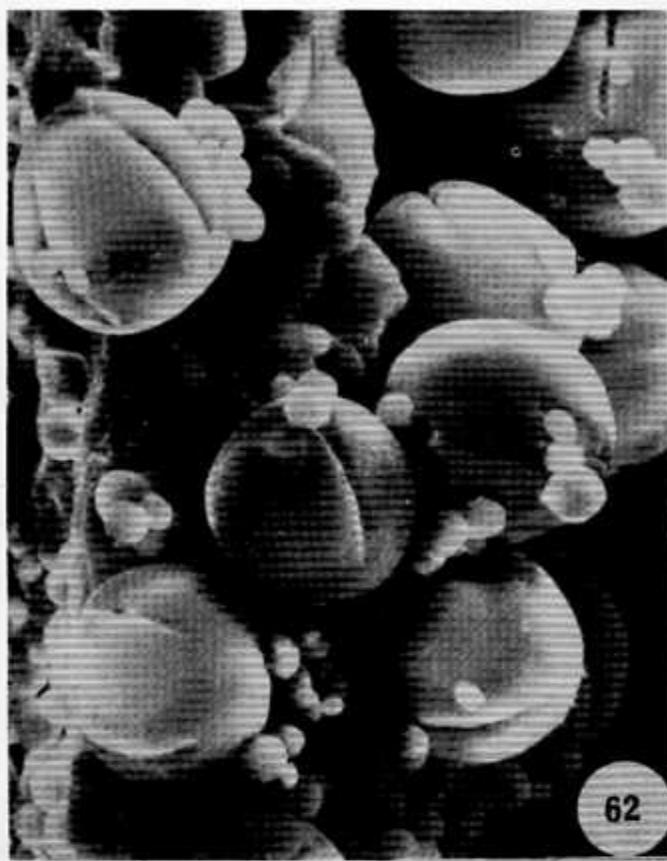


Fig. 65: Panorámica de las anteras de una flor estaminada de C. odorata L., vista al microscopio de luz (20 X)
a: antera

Fig. 66: Acercamiento de las anteras con granos de polen de la flor estaminada de C. odorata L., vista al microscopio de luz (40 X)
a: antera
po: polen

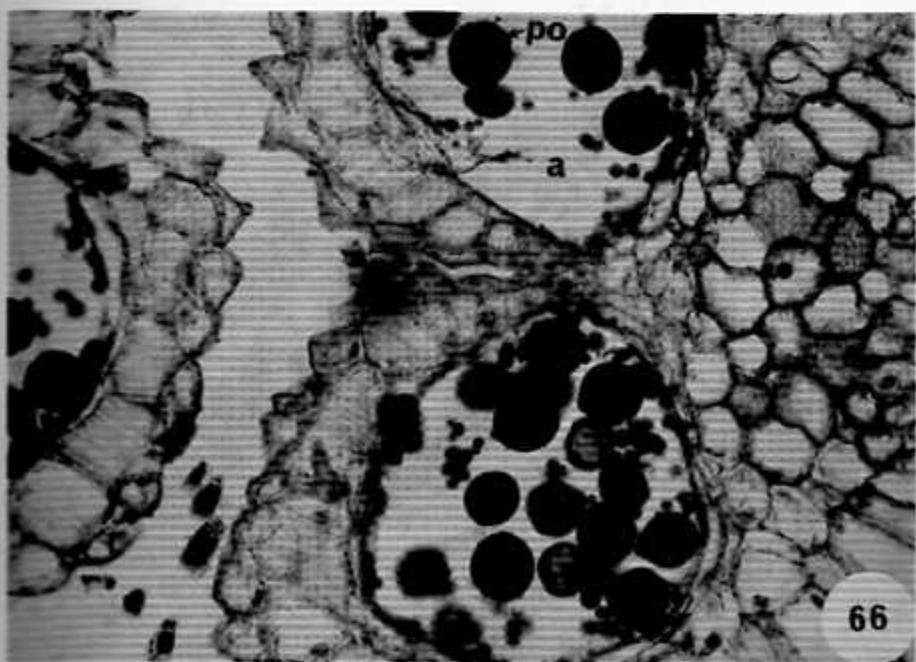
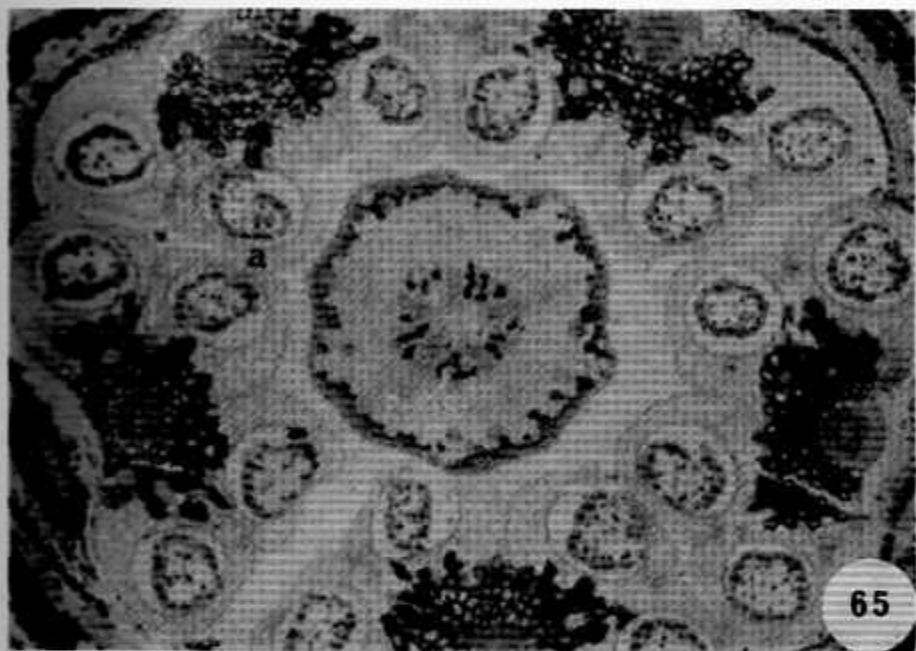


Fig. 67: Panorámica de la flor pistilada de *C. odorata* L., al microscopio electrónico de barrido (25 X)
 p: pétalo
 e: estigma
 o: ovario

Fig. 68: Acercamiento del ovario de *C. odorata* L., donde se observan estomas paracíticos hundidos, al microscopio electrónico de barrido (1090 X)
 es: estoma
 o : ovario

Fig. 69: Panorámica de la flor estaminada de *C. odorata* L., vista al microscopio electrónico de barrido (25 X)
 lf: líneas de fusión

Fig. 70: Acercamiento de la dehiscencia longitudinal en las anteras de *C. odorata* L., al microscopio electrónico de barrido (70 X)
 a: antera
 f: filamento



Fig. 71: Fotografía del estigma de C. odorata L., al microscopio electrónico de barrido (100 X)
e : estigma
est : estilo
rce : ramificaciones del canal estilar

Fig. 72: Acercamiento del estigma de C. odorata L., con estomas paracíticos y granos de polen; al microscopio electrónico de barrido (500 X)
es: estoma
po: polen

Fig. 73: Panorámica del estilo de C. odorata L., vista al microscopio electrónico de barrido (60 X)
est: estilo

Fig. 74: Acercamiento de un estoma paracítico y epidermis papilar, presentes en el estilo de C. odorata L., al microscopio electrónico de barrido (500 X)
es: estoma
pa: papilas

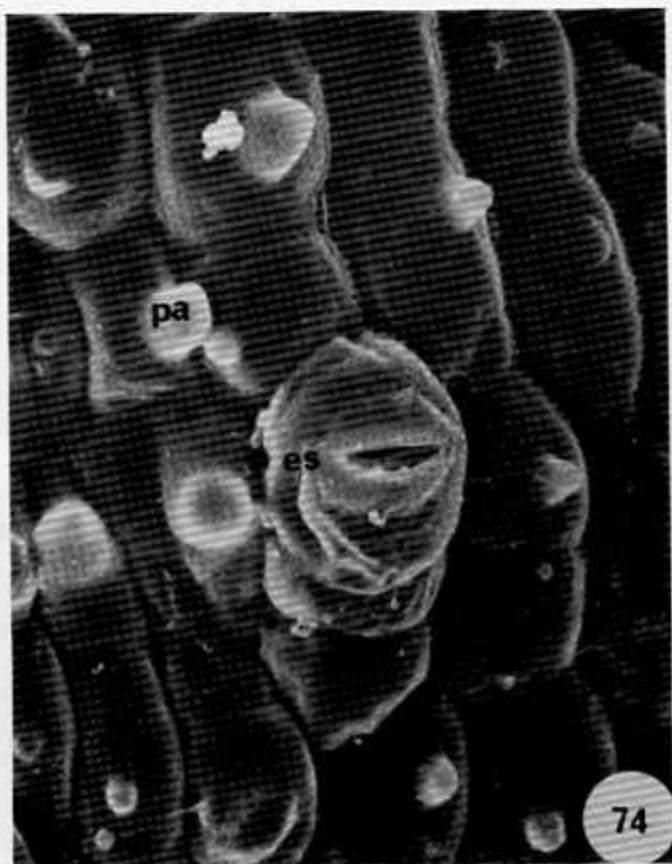
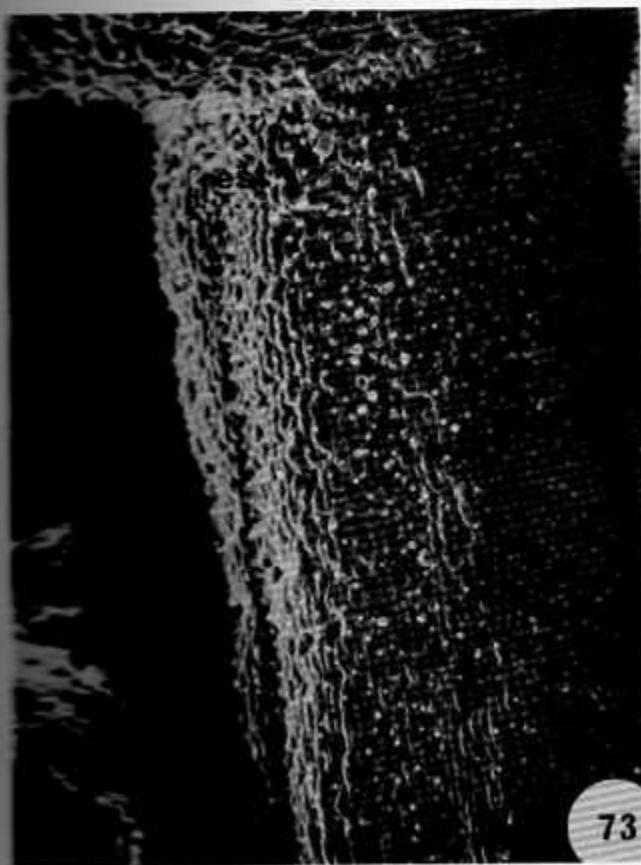
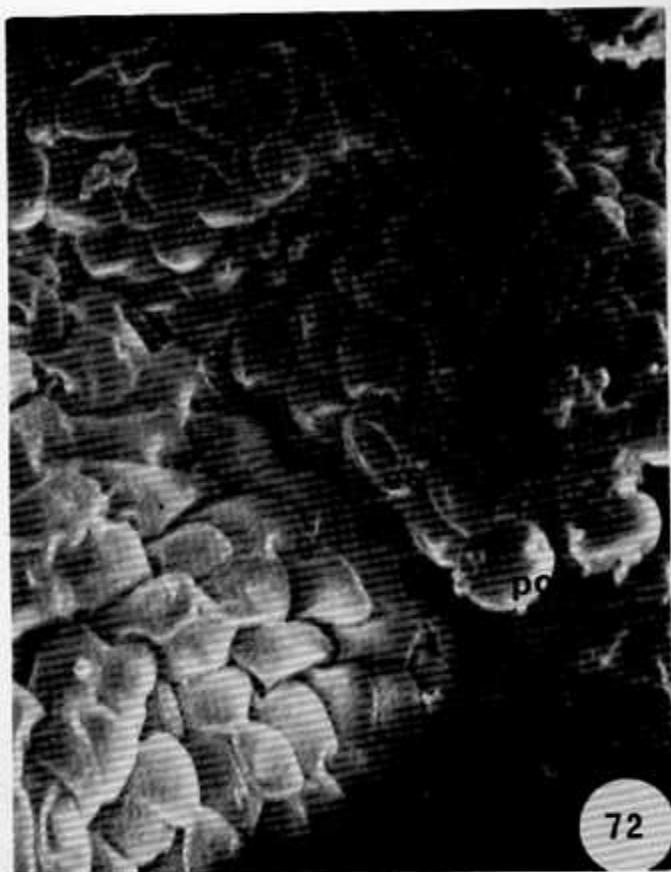
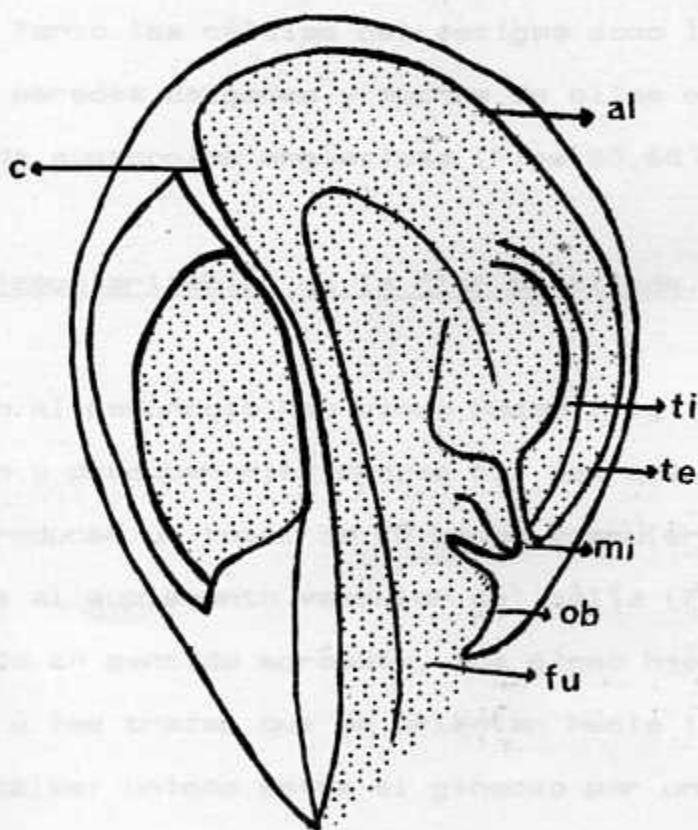


Fig. 75: Dibujo que muestra un rudimento seminal de
C. odorata L. (40 X)
al: ala
c : calaza
fu: funículo
mi: micropilo
ob: obturador
te: tegumento externo
ti: tegumento interno



dad de células parenquimáticas e idioblastos con drusas o sustancias ergásticas. Se observan cinco haces vasculares que luego dan origen a las trazas de los estambres (Figs 76, 83). Tanto las células del estigma como las de las anteras, poseen paredes delgadas y muchas de ellas contienen gran cantidad de sustancias ergásticas (Figs 65,66).

a.1 Vascularización de la flor pistilada.

En el pedúnculo hay cinco haces (Fig. 76-A). Estos se dividen y producen diez trazas por haz que se dividen de nuevo y producen un total de 20 haces vasculares laterales formando el suplemento vascular del cáliz (Fig. 76, B-C). Continuando en sentido acrópeta, los cinco haces centrales dan origen a las trazas que se orientan hacia la parte media de los pétalos; unidos estos al gineceo por una carina. En cada pétalo el haz medio se ramifica varias veces formando el sistema de ramificación característico de esta pieza floral (Fig. 76,F-K). Siempre en sentido acrópeta, cada haz central emite una nueva traza centrífugamente; éstas penetran en los filamentos de los estambres (Fig. 76, E-K). Distalmente los cinco haces centrales se ramifican de derecha a izquierda y forman los haces ventrales y dorsales de los carpelos. Posteriormente cada haz dorsal da origen a varias venas laterales o medias (Figs 76, G-I). Los rudimentos seminales reciben vascularización de ramas menores de los haces centrales.

Fig. 76: Serie de diagramas de secciones transversales de la flor pistilada de C. odorata L., mostrando el patrón de distribución de los haces vasculares (4 X)

e : estambre

p : pétalo

v : venas ventrales

vd: venas dorsales

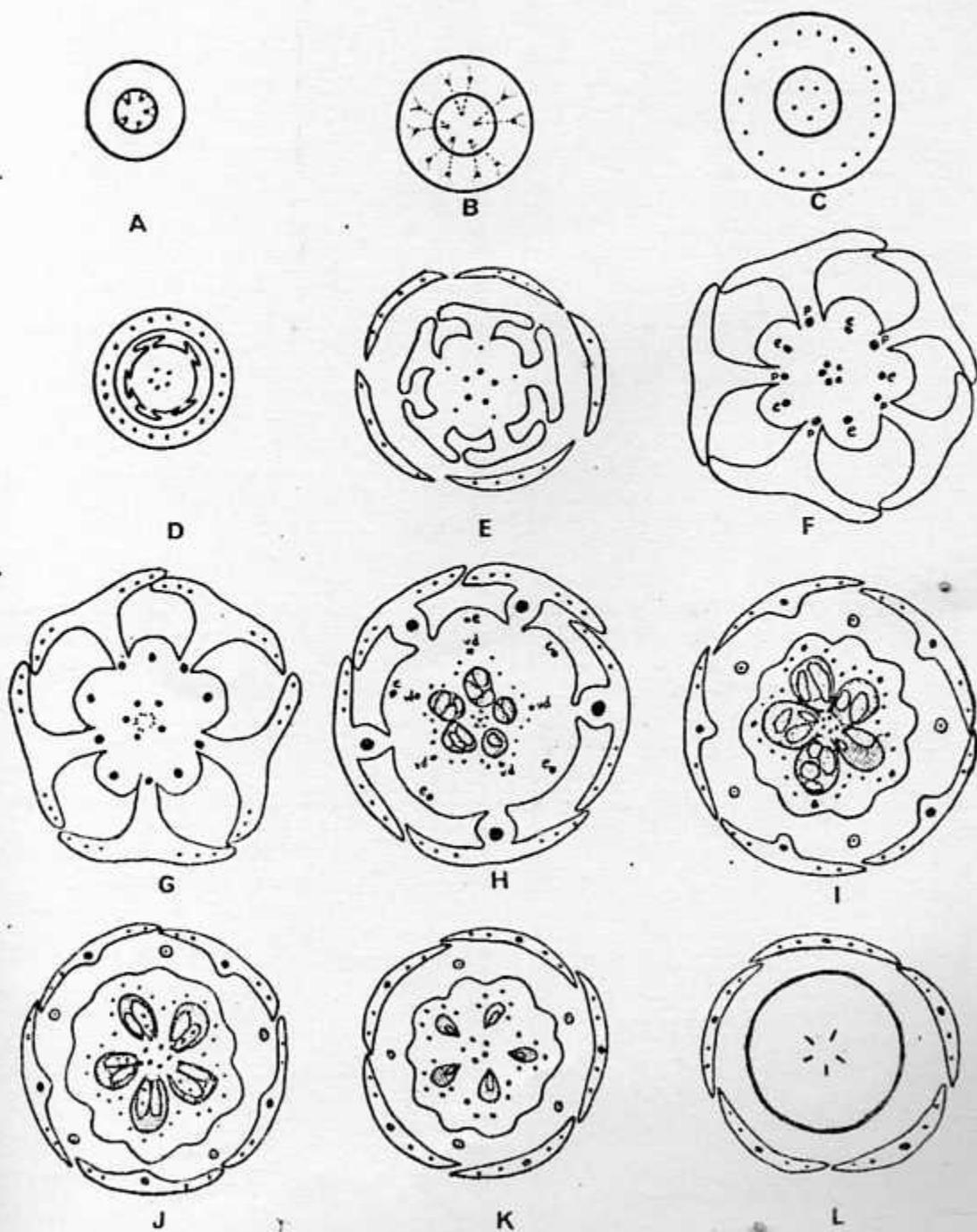
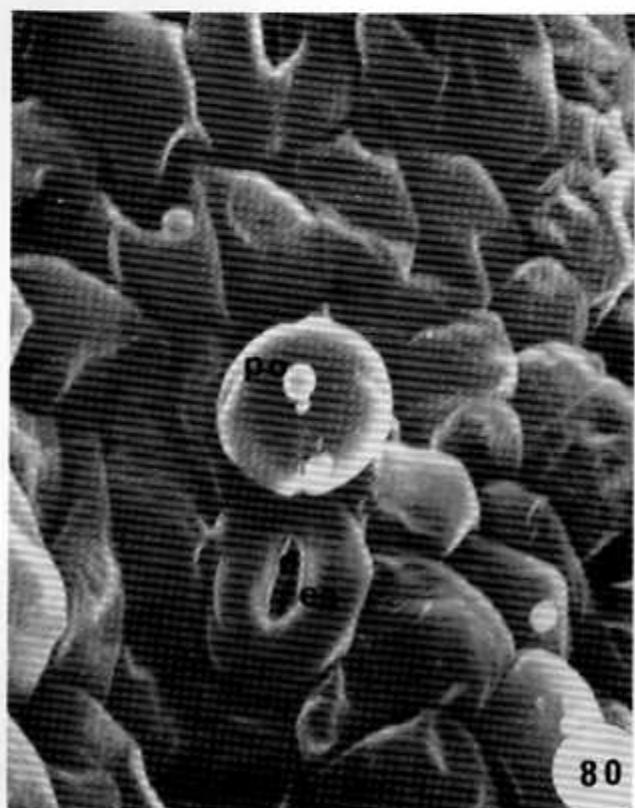
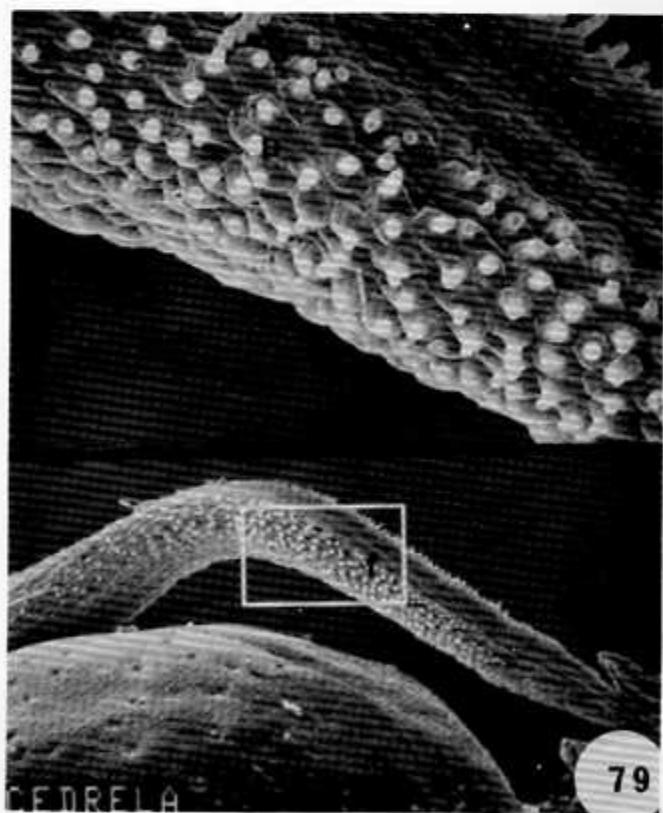
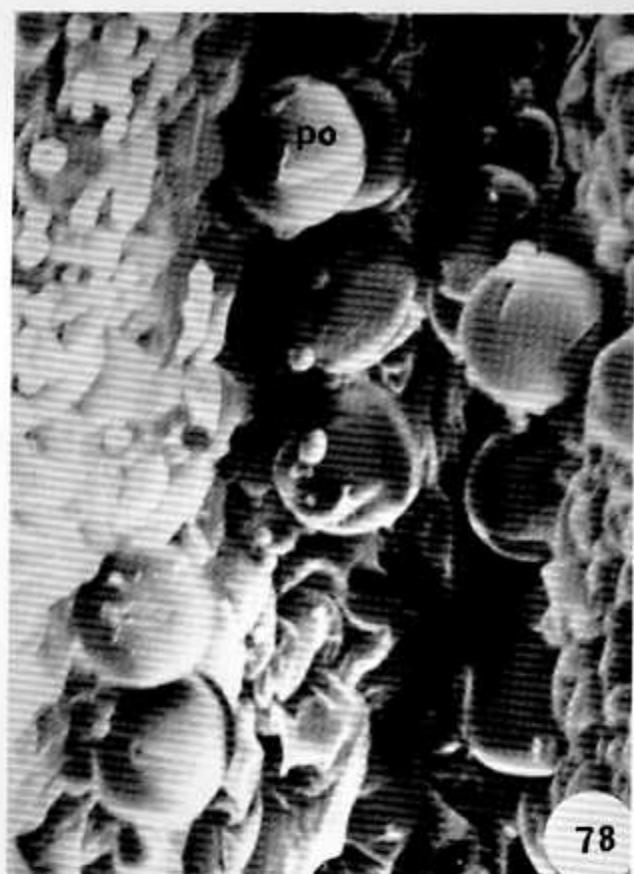
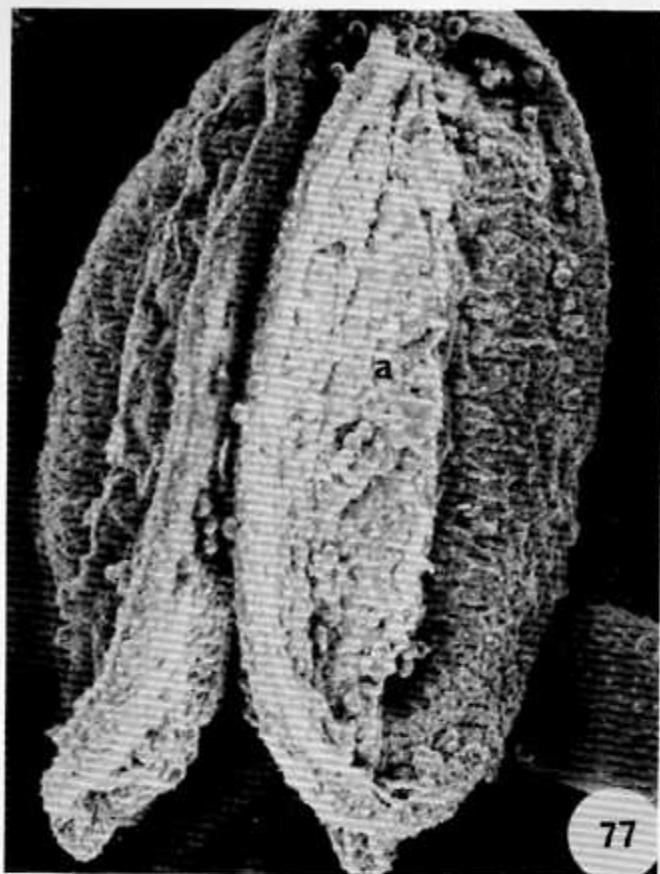


Fig. 77: Fotografía de una antera de C. odorata L., al microscopio electrónico de barrido (100 X)
a: antera

Fig. 78: Polen sobre la antera de C. odorata L., al microscopio electrónico de barrido (800 X)
po: polen

Fig. 79: Vista del filamento del estambre, con un acercamiento, al microscopio electrónico de barrido (300 X)
f: filamento
p: epidermis papilar

Fig. 80: Detalle de los estomas paracíticos y el polen, en la antera de C. odorata L., al microscopio electrónico de barrido (1000 X)
es: estoma
o : ostiolo
po: polen



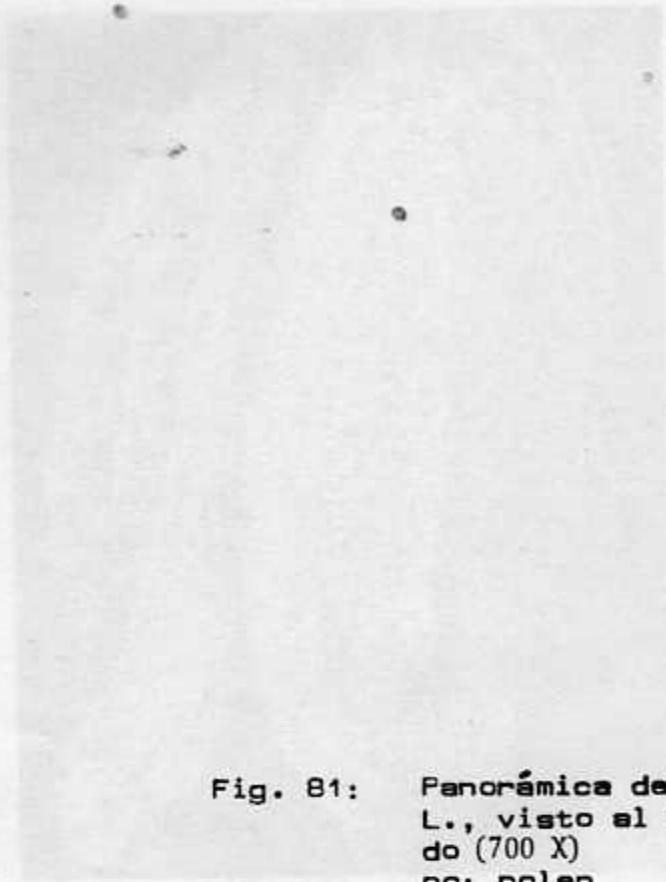
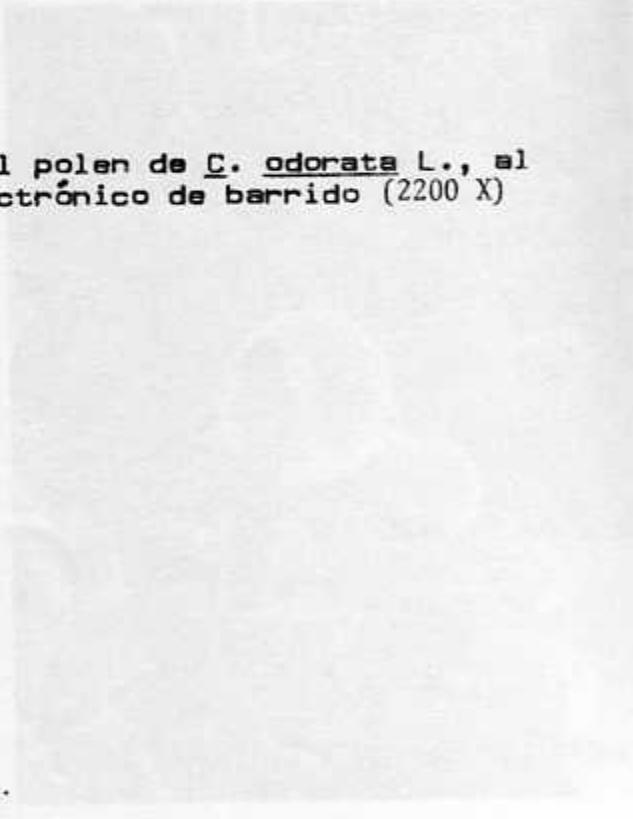
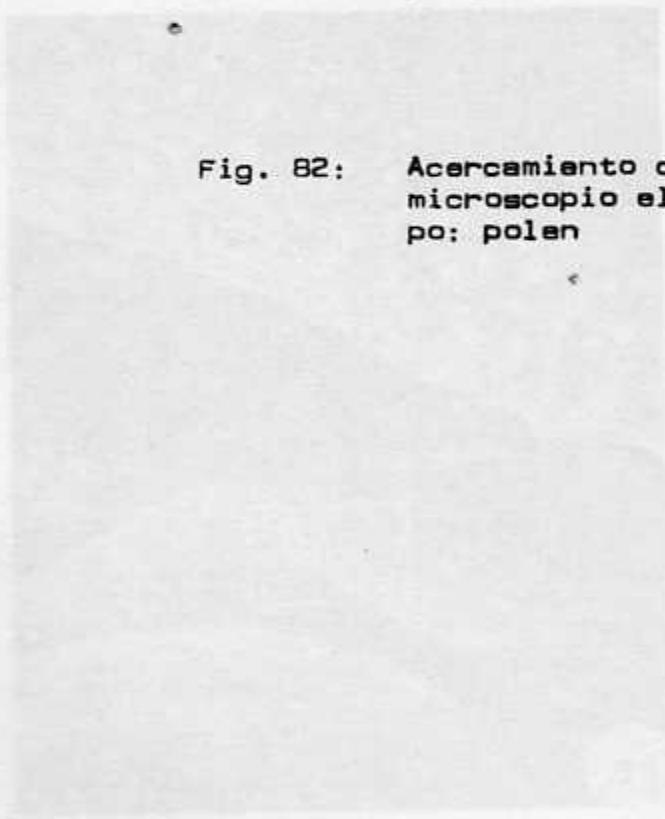
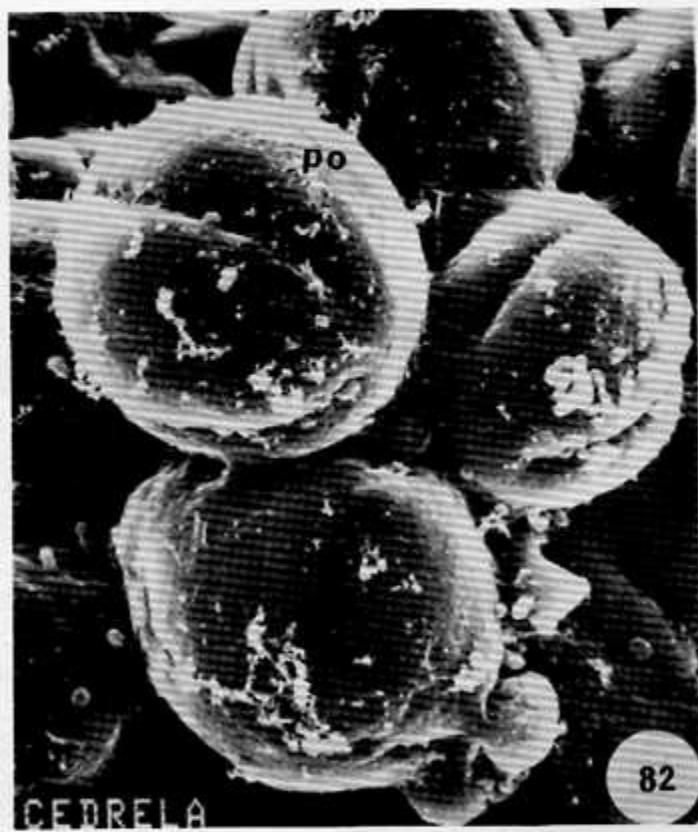
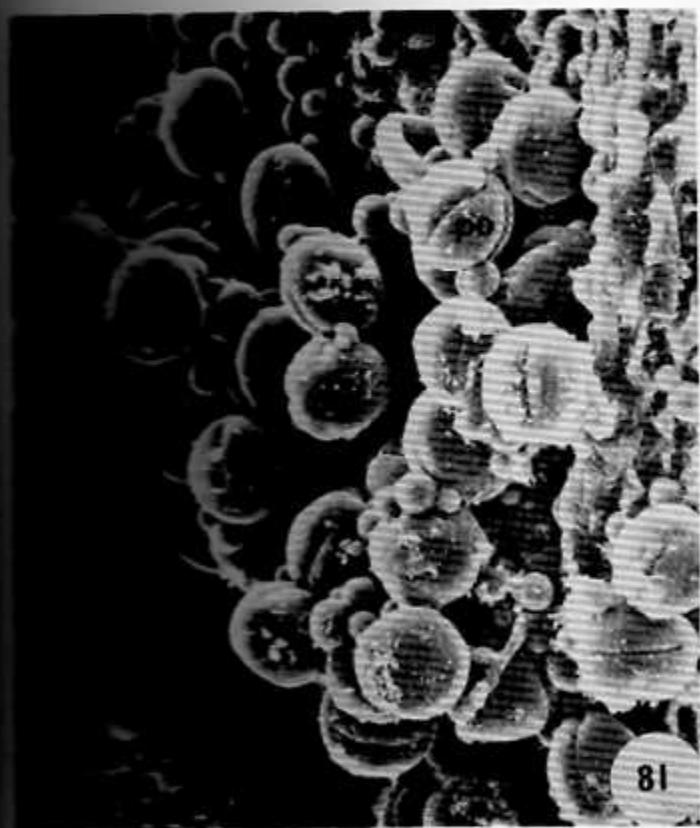


Fig. 81: Panorámica del polen tetracolpado de C. odorata L., visto al microscopio electrónico de barrido (700 X)
po: polen



Fig. 82: Acercamiento del polen de C. odorata L., al microscopio electrónico de barrido (2200 X)
po: polen





(Fig. 76, 3-1).

a.2 Vascularización de la flor estaminada.

El patrón de vascularización de la flor estaminada es semejante al de la flor pistilada. Se diferencia en que los haces de los pétalos emiten más ramificaciones; además, los haces ventrales y dorsales dan origen a menos venas medias o laterales que en las flores pistiladas. Presenta rudimentos seminales atrofiados (Fig. 83, A-L).

V. DISCUSION

A. Consideraciones generales.

Cedrela odorata Linnaeus (cedro amargo), es una especie caudifolia, pionera en bosques secundarios, se regenera naturalmente en claros de bosque, distribuidos irregularmente, en lugares alterados por el hombre y con suelos empobrecidos. También crece cultivada en setos y plantaciones de café y cacao (Lamb, 1969; Reyna, 1962). Es una especie originaria de América Tropical; en Costa Rica se encuentra distribuida en zonas comprendidas entre los 0 y 2000 msnm.

El cedro ha sido muy usado desde hace muchos años por su fuste recto, ramas delgadas-lo que facilita la poda-, la du-

Fig. 83: Serie de diagramas de secciones transversales de la flor de C. odorata L., mostrando el patrón de ramificación de los haces vasculares en la flor estaminada. (4 X)

e : estambre
p : pétalo
v : vena ventral
vd: vena dorsal

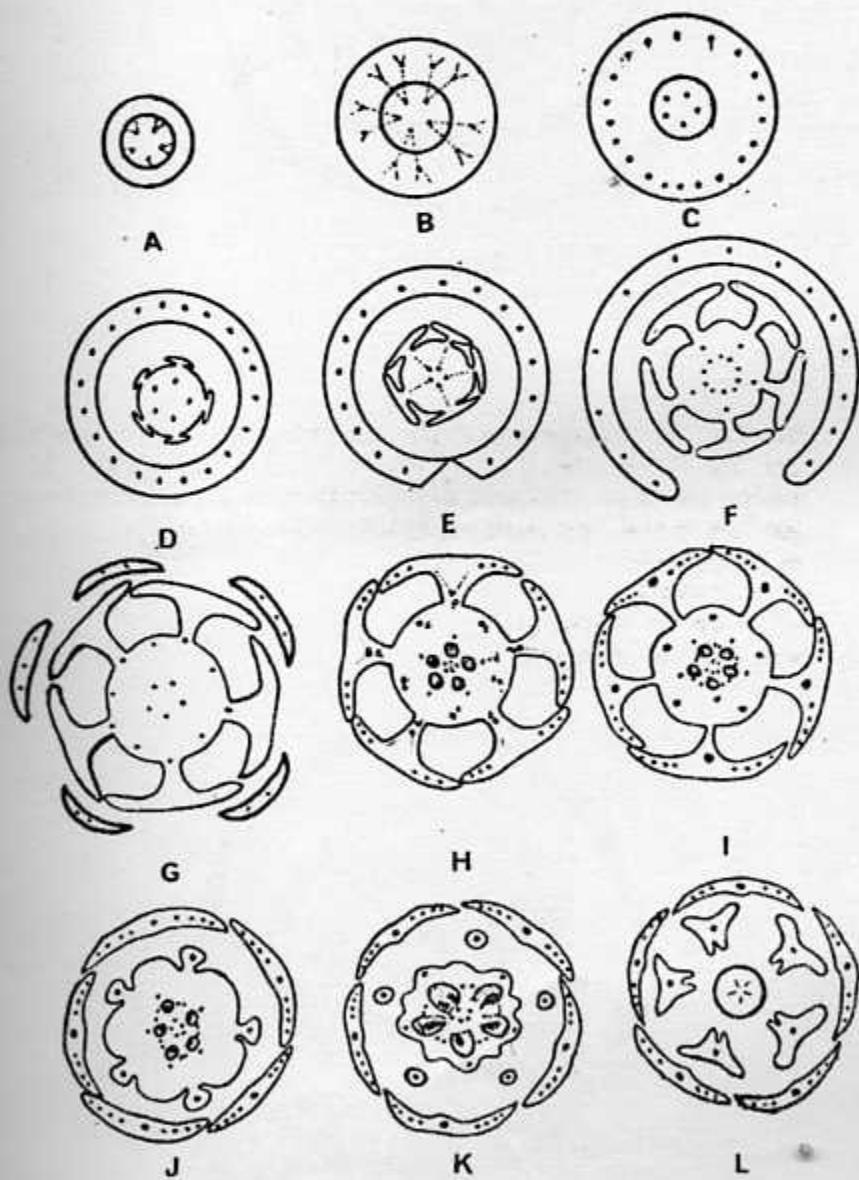


Fig. 84: Diagrama y fórmula floral de las flores, pistilada (A) y estaminada (B) de C. odorata L.



***K(5)C5A5G(5)**



***K(5)C5A5G'(5)**

bilidad de su madera y su rápido crecimiento [Lamb, 1969; Pennington y Styles, 1975; Record y Hess, 1949; Rosero, 1976]. A pesar de todas estas cualidades silviculturales, la producción de madera es limitada por el ataque del barrenador Hypsiphylle grandella Z., larva de un lepidóptero que daña los brotes terminales y frutos de C. odorata L. y provoca un retardo en el crecimiento y una deformación del fuste lo que disminuye su valor comercial [Becker, 1973; Reyna, 1962; Whitmore, 1976].

Su madera es muy importante comercialmente; se usa como chapa para madera terciada, para fabricar artículos torneados, esculturas, muebles, construcción, baúles, armarios, lanchas y otros [Acosta, 1954; Lamb, 1969; Pennington y Sarukhan, 1968; Record y Hess, 1949; Roig, 1935].

Vega (1981), menciona que los daños en plantaciones no sólo se deben al ataque del barrenador, sino también a las inadecuadas condiciones ecofisiológicas en su medio de plantación, tales como suelo mal drenado y mal fertilizados, lo que aumenta la probabilidad de mortalidad en una plantación.

El cedro soporta cambios bruscos de pH, no tolera inundaciones y las mejores zonas para cultivarlo son las partes bajas de las colinas en zonas de vida húmedas-basales, en

regiones tropicales, subtropicales y parte de la zona templada del Hemisferio Sur, donde las temperaturas no bajan de los 0°C (Holdridge y Poveda, 1976; Osmer, 1973; Reyna, 1962; Smith, 1960; Vega, 1981).

Debido al daño que Hypsiphylla provoca principalmente en los dos o tres primeros años de plantada la especie, se ha recomendado, manejar el bosque natural con el fin de obtener árboles semilleros y preveer el número de árboles esperados en la cosecha final (Vega, 1974). Si se tienen plántulas en viveros, debe dárseles cuidados químicos adecuados; al trasplantarlas en la estación seca o sembrar las semillas al voleo directamente, se debe limpiar el terreno con enterioridad, eliminando pastos y otras plantas, para evitar que éstas compitan con las raíces superficiales del cedro. A los tres o cuatro años de edad, es notorio el ataque del barrenador; se aconseja entonces, podar para mantener el crecimiento vertical y a la vez seleccionar las plantas vigorosas y eliminar las dañadas con una mezcla de aceite y esterón (Becker, 1973; Cañadas, 1963; Dourejeanni, 1976; Lamb, 1969; Rodríguez, 1980; Vega, 1974, 1976, 1981).

No obstante, la mayoría de los autores consideran que el mejor sistema de cultivo es el de plantaciones mixtas (Cañadas, 1963; Lamb, 1969; Vega, 1976, 1981). De manera que para tener una buena plantación de cedro, hay que sem-

brarlo con otras especies y darle un manejo integrado, manteniendo un óptimo grado de luminosidad por aclareo, ligado a una adecuada poda y buenas condiciones edáficas y nutritivas.

Entre las especies de rápido crecimiento y algún valor comercial que se puede plantar junto con cedro se encuentran: Ochroma lagopus, Cecropia sp., Triplaris, Enterolobium cyclocarpum, Eucaliptus sp., Spondias mombin, Pseudobombax ellipticum, Ceiba pentandra, Piscidida pisciculeta, Tectona grandis, Gmelina arborea, Virola y Trama micrantha (Becker, 1973; Dourejeanni, 1976; Lamb, 1969; Madriz, 1965; Rodríguez, 1980; Vega, 1976).

Petit (1969) menciona que en un bosque de regeneración natural, se puede encontrar C. odorata L., asociado con Swietenia macrophylla, Tabebuia rosea, Phitecelobium saman, P. guachapele, Chlorophora tinctoria, Brosimum sp., Astro-nium graveolens, Bombacopsis quinata y Terminalia sp. Por otro lado, Ford (1979), recomienda sembrarlo junto con café, ya que es una forma diversificada del uso de la tierra; además, parece ser que los árboles son más resistentes al ataque del barrenador. Probablemente esto esté ligado con el manejo cultural y químico que se le da al café.

B. Consideraciones taxonómicas.

Según la literatura revisada, C. mexicana M.J.Roemer es un sinónimo de C. odorata L., hecho que se confirmó en este trabajo, ya que no se notó una diferencia aparente entre los dos. Lamb (1969) menciona que las diferencias que se pueden encontrar entre una planta y otra están ligadas a características edáficas y climáticas; por otra parte, Ramírez y Styles (1978) señalan que tanto Cedrela como algunos otros géneros de la familia Meliaceae, pueden presentar poliploidía. En esta condición, los individuos tienen muchas posibilidades de cambiar el número cromosómico y en consecuencia, presentar variaciones en el fenotipo. Según Smith (1960) son especies de amplia plasticidad genética; no obstante, para Styles (1978) las muestras que Smith analizó eran especies genéticamente diferentes. Actualmente C. odorata L. tiene una gran cantidad de sinónimos; es probable que se deba a que muchas de las descripciones se basaron en muestras de herbario, en donde se encuentran muchos especímenes intermedios.

C. odorata L. pertenece a la familia Meliaceae, subfamilia Cedreloideae (Thorne, 1976). Houghton (1902) incluye a la familia Meliaceae en el Orden Geraniales, Takhtajan (1969) en el orden Ruteales y Hutchinson (1969) y Thorne (1976) la ubican en Meliales. Este último autor conside-

ra que este Orden es paralelo a Rutales; por falta de glándulas en las hojas y diferencias en el androceo, se coloca en otro Orden.

C. Consideraciones morfológicas.

El cedro es un árbol de copa redondeada y densa, fuste recto, algunas veces ramificado; la corteza es aromática, fisurada, de color pardo grisáceo, con gran cantidad de lenticelas. Lamb (1969), encontró que la peridermis puede exudar sustancias gomíferas.

Las hojas son paripinnadas, alternas y las hojuelas pueden ser opuestas, subopuestas o alternas; según Lamb (1969), los pares de hojuelas varían en su distribución, por lo general son opuestas en el follaje maduro; sin embargo, en los especímenes colectados se encontró hojas con foliolos opuestos, pseudoopuestos y alternos en un mismo individuo. En la literatura se cita a C. odorata L. como una especie generalmente glabra (Pennington y Sarukhan, 1968; Pennington y Styles, 1981; Smith, 1960); no obstante, se encontró en los foliolos (adaxial y abaxialmente) tricomas de dos tipos, unicelulares, peltados y con menor frecuencia, glandulares multicelulares; la menor cantidad de tricomas se observa en la superficie abaxial y aumenta hacia la vena media. Tal y como indicaron Metcalfe y Chalk (1965),

la hoja es dorsiventral e hipostomática. Presenta estomas paracíticos (tipo rubiáceo), dato contrario al encontrado por Metcalfe y Chalk (1965) quienes indican que los estomas son del tipo Ranunculáceo.

En la madera de cedro se nota un cambio gradual de albura a duramen; la porosidad es circular, semicircular y difusa. La distribución de las fibras en el árbol es lineal o recta; se encuentra parénquima paratraqueal (Lamb, 1969; Metcalfe y Chalk, 1965) y apotraqueal (Pennington y Sarukhan, 1968). La madera procedente de Abangaritas (Guanacaste), presentó anillos de crecimiento y tñlides. Fahn (1978) menciona que los tñlides se consideran como un fenómeno natural, pero que en algunas especies se puede inducir su formación por daños mecánicos o enfermedad; además, otros factores ambientales como períodos de sequía pueden disminuir el crecimiento. Es probable que factores como éste, intervengan en el crecimiento de la madera procedente de Abangaritas debido a las condiciones climáticas que prevalecen en esa zona (Cuadro 2). Según Record y Hess (1949) y Lamb (1969), los árboles de cedro producidos en regiones secas, tienden a ramificarse más abajo; la madera producida es más densa y la coloración de la peridermis se ve afectada por la acción de sustancias gomosas.

Debido al tamaño de pequeño a mediano tanto en diáme

tro transversal como lateral de los elementos de los vasos, a los pocos cristales presentes y a la distribución lineal o recta de las fibras, C. odorata L. es una especie excelente para ser trabajada en aserraderos [Cannessa, E., 1986; com. pers.]. La madera procedente de Abangaritas, presenta los rayos más anchos que los encontrados en la madera de Turrialba y Limón [Cuadro 4]. Los promedios más altos encontrados en longitudes de las fibras, pertenecen a las muestras procedentes de aquellas zonas en las que la humedad ambiental es mayor [Cuadro 3 y 5].

Los resultados obtenidos en esta investigación son un indicativo de la variación de la madera de esta especie en diferentes zonas de vida, por lo que se recomienda investigar el rango de variación en las diferentes zonas de un ámbito de distribución.

De acuerdo con el Factor Rukel, es una especie regular para papel. Ensayos hechos en Nigeria indicaron que las plantas de C. odorata L. cultivadas en plantaciones producen una calidad de papel inferior [Lamb, 1969], hecho que puede estar relacionado con el presente trabajo, ya que las muestras fueron extraídas de plantaciones [Apéndice 1]. Otro factor que influye en la calidad de la madera de cedro es el porcentaje de humedad, debido a que esta especie es muy susceptible a este factor. Dourejeanni [1976] men-

ciona que probablemente uno de los grandes problemas en las plantaciones de cedro hecha en Costa Rica es que se ubican en Turrialba, zona que no presenta condiciones óptimas para el cultivo de la especie.

La floración varía entre una zona y otra, factor que probablemente esté relacionado con factores climáticos. La antesis es desincronizada, después de que las flores pistiladas han sido fertilizadas y el ovario se engrosa, se observan flores estaminadas maduras de nuevo. Esta planta es monoica y las flores maduran en días diferentes, por lo que la autopolinización es reducida y la polinización cruzada es obligante, pero debido a la desincronización de maduración de las flores, muchas veces se podrían tener flores pistiladas y estaminadas dentro de la misma inflorescencia madura. Las muestras colectadas en Tabarcia y San Pedro presentan una coloración pardo-rojiza en el cáliz, mientras que las colectadas en Heredia tienen una coloración crema, un poco más oscuro que los sépalos; según Lamb (1969), esta condición puede estar ligada a factores edáficos y climáticos. Según Fennington y Serukhan (1968) y Styles (1981), las flores de C. odorata L. son usualmente glabras, pero se encontró que el perianto es muy pubescente, principalmente en la cara abaxial. Se observó estomas paracíticos en el estigma, estilo, filamento y cáliz. Además se notó gran cantidad de papilas en el filamento y el estilo. En los

cortes transversales de la flor, se observó gran cantidad de drusas, idioblastos y muchas células fuertemente teñidas.

La flor estaminada es más larga y angosta que la pistilada; además, presenta anteras bien desarrolladas con polen y rudimentos seminales atrofiados; por otra parte, la flor pistilada tiene anteras atrofiadas sin polen y rudimentos seminales bien desarrollados. A nivel vascular, también se observa diferencias en la cantidad y distribución de los haces vasculares. Los pétalos de las flores estaminadas presentan mayor cantidad de haces en relación a los pétalos de las flores pistiladas, mientras que estas tienen mayor cantidad de haces alrededor de cada lóculo en comparación con los de las flores estaminadas, esta diferencia probablemente está relacionada por la presencia de rudimentos atrofiados. El fruto es una cápsula que tiene dehiscencia pentaseptici- da; las semillas son aladas con alto porcentaje de germinación (Record y Hess, 1949; Roig, 1935).

VI. LITERATURA CITADA

- Acosta, M. 1954. El cedro centroamericano en el Ecuador, Cedrela mexicana Roemer. Instituto Ecuatoriano de Ciencias Naturales No. 25, Ecuador. 16 p.
- Becker, V. 1973. Microlepidópteros asociados con Carapa, Cedrela y Swietenia en Costa Rica. Turrialba, Programa de Posgrado, Universidad de Costa Rica-Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 108 p.
- Camacho, P. 1981. Ensayos de adaptabilidad y rendimiento de especies forestales en Costa Rica. Instituto Tecnológico de Costa Rica-Ministerio de Agricultura y Ganadería, Costa Rica. 287 p.
- Cañadas, P. 1963. Comportamiento de pseudoestacas en cinco especies maderables variando dosel y época de plantación. Turrialba, Programa de Posgrado, Universidad de Costa Rica-Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 103 p.
- Davis, D. y J. Cullen. 1965. The identification of the flowering plant families. Oliver & Boyd Ltd., Eddinburg. pp 45.
- Dourejeanni, M. 1976. Consideraciones sobre el problema Hypsiphylle grandella (Zeller) en las plantaciones de Meliaceae en Perú. In: Studies on the shootborer Hypsiphylle grandella [Zeller] Lep. Pyralidae. Ed. J. Whitmore; Simposio, Vol.III, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Costa Rica. 116 p.
- Fahn, A. 1978. Anatomía Vegetal. Trad. del inglés por A. García; C. Fernández; J. Fernández. Ediciones H. Blume, España. 643 p.
- Fisher, J. 1980. The vegetative and reproductive structure of papaya [Carica papaya]. Lyonia 1(4): 191-208.
- Flores, Eugenia y M. Moseley. 1982. The anatomy of the pistillate inflorescence and flower of Casuarina verticillata Lamarck (Casuarinaceae). Amer. J. Bot. 69(10): 1673-1684.

- Ford, L. 1979. An estimate of the yield of Cedrela odorata L. (Syn. C. mexicana M.J.Roemer) grown in association with coffee. ONU/CATIE, Turrialba. 8 p.
- Fujichira, Industry Co., Ltd. 1965. The Standard Soil Color Chart. Nippon Shikisaisha Co., Ltd., Japan. 149 p.
- Giménez, S. 1973. Algunos aspectos sobre la variación inter e intra específica en la propagación vegetativa por injerto de dos especies forestales venezolanas: cedro (Cedrela odorata L.) y apamate (Tabebuia rosea). Revista Forestal Venezolana 23: 49-65.
- González, G. 1976. Propiedades de la madera de algunas Meliáceas de la América Tropical. In: Studies on the shootborer Hypsiphylle grandelle [Zeller] Lep. Pyralidae. J. Whitmore [Ed.], Simposio, Vol. III, CATIE, Turrialba. pp.8-17
- González, M. y G. González. 1973. Propiedades físicas, mecánicas, usos y otras características de algunas maderas comercialmente importantes en Costa Rica. Parte II, Costa Rica. 51 p.
- Hans, G. s.f. Características generales macroscópicas y microscópicas de 113 especies panameñas. Parte II, Panamá. 453 p.
- Holdridge, L. 1976. Ecología de las Meliáceas Latinoamericanas. In: Studies on the shootborer Hypsiphylle grandelle [Zeller] Lep. Pyralidae. J. Whitmore [Ed.]; Simposio, Vol. III, CATIE, Turrialba. pp.7
- _____. 1976. Taxonomía de las Meliáceas Latinoamericanas. In: Studies on the shootborer Hypsiphylle grandelle [Zeller] Lep. Pyralidae. J. Whitmore [Ed.]; Simposio, Vol III, CATIE, Turrialba. pp. 5-6
- _____. y L. Poveda. 1975. Arboles de Costa Rica. Vol. I. Centro Científico Tropical de Costa Rica, Costa Rica. pp. 280-283
- Houghton, D. 1902. A university text book of Botany. The Mac Millan Company, New York. pp. 444

- Hutchinson, J. 1969. *Evolution and phylogeny of flowering plants. Dicotyledons: Facts and Theory*. Academic Press, London. pp. 397-401
- Johansen, D. 1940. *Plant microtechniques*. Mac Graw Hill Book, New York. s.p.
- Lamb, A. 1969. *Especies maderables de crecimiento rápido en la tierra baja tropical Cedrela odorata L.* Boletín No. 31-31. Instituto Forestal Latinoamericano de investigación y capacitación, Mérida-Venezuela. pp.15-59
- Llach, L. s.f. *Propiedades físicas y mecánicas de 113 especies panameñas. Parte III, Panamá.* pp.499-501
- Medríz, A. 1965. *Algunos datos para el manejo de bosques secundarios degradados de la parte occidental de la Meseta Central.* Turrialba, Programa de Posgrado, Universidad de Costa Rica-Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 98 p.
- Mendieta, R. y Sivia del Amo. 1981. *Plantas medicinales del Estado de Yucatán.* Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. Compañía Editorial Continental, S.A., México. pp. 90
- Metcalf, C. y L.Chalk. 1965. *Anatomy of the dicotyledons.* Oxford University Press, London. pp.349-358
- Moseley, M. y R. Beeks. 1955. *Studies of the Garryaceae. I. The comparative morphology and phylogeny.* Phytomorphology 5(2-3): 314-346.
- Osmar, V. 1973. *Microlepidópteros asociados con Carapa, Cedrela y Swietenia en Costa Rica.* Turrialba, Programa de Posgrado, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. pp. 3-24
- Pennington, T. y J. Sarukhan. 1968. *Manual para la identificación de campo de los principales árboles tropicales de México.* Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, México. pp. 238
- _____ y B. Styles. 1975. *A generic monograph of the Meliaceae.* Blumes 22: 419-540

- Pérez, S.; A. Alvarado y E. Ramírez. 1978. Asociaciones de subgrupos de suelos de Costa Rica. Escala 1:200000.
- Petit, P. 1969. Resultados preliminares de unos estudios sobre la regeneración natural espontánea en el bosque El Caimital. Revista Forestal Venezolana 18: 9-21
- Quijada, M. y V. Gutiérrez. 1971. Estudios sobre la propagación vegetativa de especies forestales venezolanas. Revista Forestal Venezolana 14(21): 43-53
- Ramírez, M. y B. Styles. 1978. Revisión taxonómica del género Cedrela P.Br.I. C. oaxacensis C.D.C. S. Rose; C. salvadorensis Stadl. y C. tonduzzii C. D.C. en México y Centro América. Turrialba 28 (4): 261-274
- Record, S. y R.Hess. 1949. Timbers of the New World. New Haven Yale University Press, London. pp.359-374
- Reyna, E. 1962. La repoblación de cedro rojo (Cedrela mexicana M.J.Roemer) por diseminación artificial. Ventajas sobre el método de plantaciones. pp. 603-606. In: World Forestry Congress, 5 th, Seattle, Washington, 1960 (Proceedings Seattle, Vol I.).
- Ricardi, M. et al. 1977. Morfología de plántulas de árboles venezolanos. I. Revista Forestal Venezolana 27: 30
- Rivera, Dora I. 1980. Introducción a la Flora de Costa Rica. Guía de Laboratorio y Campo. Edición provisional. Universidad de Costa Rica, San José. pp. 87-88
- Rodríguez, F. 1980. Situación concreta de las investigaciones realizadas sobre Hypsiphyllie grandelle Z. en el sureste de México. Revista Ciencia Forestal 5(28): 17-23
- Ronald, M. 1974. The geography of the flowering plants. Longmand Group, Ltd. pp. 201

- Rosero, P. 1976. Zonificación y silvicultura de Meliáceas. pp. 21-23. In: Studies on the shootborer Hypsiphylle grandella [Zeller] Lep. Pyralidae. J. Whitmore [Ed.]; Simposio, Vol. III, CATIE, Turrialba. 116 p.
- Roig, J. 1935. El cedro. Estudio botánico y agrícola. Estación agronómica, Santiago, Cuba. 31 p.
- Runkel, R. 1952. Pulp from. Tropical Wood Tappi 35(4): 174-178.
- Sharman, B. 1943. Tannic acid and iron alum with safranin and orange G in studies of the shoot apex. Stain Tech. 18: 105-111
- Smith, C. 1960. A revision of Cedrela [Meliaceae]. Fieldiana Botany 29(5): 295-317
- . 1959. The species of Cedrela [Meliaceae]. (Surinam). In: International Botanical Congress, 9 th., Montreal, 1959. [Proceedings Ottawa, Vol II]. pp.368
- Standley, P. 1937. Flora of Costa Rica. Part II. Field of Museum of Natural History U.S.A. 18: 577-578
- Styles, B. 1981. Swietenioideae. pp. 359-394. In: Flora Neotropica. Pennington, T.; B. Styles y D. Taylor [Eds.]. [Monograph No. 28]
- Takhtajan, A. 1969. Flowering plants origen and dispersal [Smithsonian Institution Press]. Robert Cunningham and Sons, Ltd. Great Britain. pp. 196
- Thorne, R. 1976. A phylogenetic classification of the Angiospermae. Evolutionary Biology 9: 35-106
- Tosi, J. 1979. Mapa ecológico, basado en zonas de vida, Costa Rica. Escala 1: 750000.
- Vega, L. 1981. Efecto de la poda en el crecimiento y la recuperación de la forma del tallo de Cedrela. Revista Forestal Venezolana No. 1/81: 79-97
- . 1974. Influencia de la silvicultura sobre el comportamiento de Cedrela en Surinam, Mérida. Nos. 46-48: 57-86

- Vega, C. 1976. Influencia de la silvicultura sobre el comportamiento de Cedreia en Surinam. pp. 26-49. In: Studies on the shootborer Hypsiphylle grandella [Zeller] Lep. Pyralidae. J. Whitmore (Ed.), Simposio, Vol. 3, CATIE, Costa Rica. 116 p.
- Whitmore, J. (ed.). 1976. Studies on the shootborer Hypsiphylle grandella [Zeller] Lep. Pyralidae. [Simposio]. CATIE, Turrialba (Vol. III). 116 p.
- Zanoni, -. 1975. Propagación vegetativa por estacas de ocho especies forestales. Turrialba, Programa de Posgrado, Universidad de Costa Rica-Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 100 p

APENDICE

MATERIA	CONTENUTO	CATEGORIA	ALTRA
Matematica	Algebra, Geometria	Scienze	Lettere
Scienze	Fisica, Chimica	Scienze	Lettere
Lettere	Grammatica, Storia	Lettere	Scienze
Arte	Disegno, Storia dell'Arte	Lettere	Scienze

Il presente documento è in possesso del Ministero dell'Istruzione, Università e Ricerca Scientifica. È vietata espressamente la ristampa o l'uso non autorizzato senza permesso scritto dalla Direzione Generale del Ministero.

CUADRO 7

Información referente a los árboles de Cedrela odorata L., de los cuales se obtuvo muestras de madera en diferentes plantaciones de esta especie en el país.

Localización	Turrialba Florencia Sur	Limón El Cairo	Guanacaste Abangaritas
Altura del árbol (metros)	18	-	19 (con garbas)
Diámetro a la altura del pecho (DAF-cm)	30	69	65
Elevación (msnm)	600	-	50
Colector	Michael C. Wiemann (Universidad Nacional)		
Número de colector	91	59	122
Fecha	8/2/84	26/1/83	13/9/84

Categorías empleadas por Moseley y Beeks (1955) para el análisis de la anatomía del xilema secundario.

Longitud de los elementos de los vasos (um):

Extremadamente corto	menos de 175
Muy corto	175-250
Moderadamente corto	250-350
Tamaño mediano	350-800
Moderadamente largo	800-1100
Muy largo	1100-1900
Extremadamente largo	Sobre 1900

Frecuencia de los vasos:

Pocos	0-10
Moderadamente numerosos	10-20
Numerosos	20-40
Muy numerosos	Sobre 40

Diámetro de los vasos (um):

Extremadamente pequeños	Bajo de 25
Muy pequeños	25-50
Moderadamente pequeños	50-100
Tamaño mediano	100-200
Moderadamente largo	200-300
Muy largo	300-400
Extremadamente largo	Sobre 400

Cantidad de perforaciones escaleriformes:

Pocos	5
Intermedios	5-15
Muchos	Sobre 15

Tamaño de las puntuaciones (um):

Muy pequeño	Menor de 4
Pequeño	4-7
Tamaño medio	7-10
Grande	10-15
Muy grande	Sobre 15

Cuadro 1: Clasificación de fibras según el Factor Runkel en la
fabricación de pulpa para papel

Valor numérico del Factor	Calidad de la fibra	Grupo
Hasta 0,25	Excelente para papel	I
0,25 - 0,50	Muy buena para papel	II
0,50 - 1,00	Buena para papel	III
1,00 - 2,00	Regular para papel	IV
2,00 - en adelante	Mala para papel	V