

Identificación De Maderas Comerciales: Técnicas, Certificación de Identidad y Pericias

**Libro de Cátedra
Volumen I**

Año 2015

**Lic. Rivera Stella Maris
Ing. Ftal. Emilce Galiussi**

**Cátedra de Dendrología
Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales – U.N.L.P**

*A María Silvana Villegas con mucho cariño, quien fuera nuestra compañera
de ruta en este hermoso desafío de enseñar .
Te extrañamos ...*

Prólogo

El Ingeniero Forestal realiza, en su práctica profesional, pericias relacionadas con la identidad de maderas en estado natural así como puesta en servicio (muebles, aberturas, pisos, embalajes, objetos de arte y otros).

El Libro se vincula con temas tratados en las Áreas de Dendrología y Xilotecología. Se profundizan aspectos descriptivos relacionados con la anatomía de la madera, se amplía el número de maderas estudiadas, tanto del mercado local como internacional (MERCOSUR), se pone énfasis en la resolución de pericias vinculadas al ámbito comercial local, aduanero y forense y se posibilita la capacitación en técnicas a escala laboratorio.

Los ejes fundamentales son la Anatomía de Maderas (macro y microscópica) y la implementación de Técnicas (de preparación de muestras, descripción, e identificación) para la Resolución de Pericias.

Con esta guía pretendemos que se logre:

- 1) Identificar y dominar las técnicas apropiadas para la certificación de la identidad en muestras de madera
- 2) Ampliar el marco teórico referido a los caracteres macro y microscópicos de la madera
- 3) Conocer los procedimientos legales para participar como perito en conflictos judiciales
- 4) Integrar conceptos teóricos con la aplicación práctica en intervenciones profesionales, a través de la resolución de pericias relacionadas con la materia prima madera.

| | |
|--|----|
| Unidad 1 – Laboratorio de Análisis de Maderas | |
| 1. Generalidades | 7 |
| 1.1. Origen de la Madera | 7 |
| 1.2. Sistemas celulares Axial y Radial | 7 |
| 1.3. Cambium | 8 |
| 1.4. Divisiones cambiales | 9 |
| 1.5. Estructura estratificada | 10 |
| 2. Secciones de estudio | 12 |
| 2.1. Análisis Macroscópico | 12 |
| 2.2. Análisis Microscópico | 14 |
| 3. Laboratorio de Análisis de la madera | 15 |
| 3.1. Elementos Necesarios en un Laboratorio de Análisis de Maderas | 15 |
| 3.2. Preparación de la muestra | 16 |
| 3.3. Técnicas para la obtención de preparados permanentes | 17 |
| 3.4. Técnicas para la obtención de preparados transitorios | 19 |
| 3.5. Técnicas para la obtención de disgregados | 20 |
| Unidad 2 – Caracteres Diagnósticos de Maderas Comerciales | |
| 1. Xilología de Gimnospermas | 23 |
| 1.1. Características generales del leño de las Gimnospermas | 23 |
| 1.2. Análisis macroscópico | 24 |
| 1.3. Análisis microscópico | 26 |
| 1.3.1. Elementos del sistema axial | 27 |
| 1.3.1. Elementos anatómicos del sistema radial | 33 |
| 1.3.2. Campos de cruzamiento | 36 |
| 1.4. Caracteres diagnósticos a considerar en cada sección de estudio | 39 |
| 2. Xilología de Angiospermas | 42 |
| 2.1. Análisis macroscópico del leño de las Dicotiledóneas | 42 |
| 2.2. Análisis microscópico | 44 |
| 2.2.1. Elementos anatómicos del sistema axial | 44 |
| 2.2.2. Elementos del sistema radial | 50 |
| 2.2.3. Clasificaciones | 51 |
| Distribución de vasos o poros | 51 |
| Distribución del parénquima axial | 55 |
| Radios leñosos | 60 |
| Estructura estratificada | 63 |
| Contenidos y tilosis | 65 |
| Caracteres diagnósticos a considerar en cada sección de estudio | 69 |
| 3. Aspectos estéticos de la madera | 72 |
| Diseño | 72 |
| Grano | 72 |
| Textura | 76 |

| | |
|---|-----|
| Diseños según el grano y la superficie de corte | 78 |
| Otros caracteres estéticos | 85 |
| Unidad 3 – Identificación de maderas | |
| Manejo de claves | 88 |
| Listado bibliográfico con descripciones de maderas y/o claves | 89 |
| Enlaces de interés | 92 |
| Clave de Identificación macroscópica de maderas indígenas y exóticas | 93 |
| Clave de Identificación de Especies exóticas | 96 |
| Clave de Identificación de Especies Nativas | 98 |
| Clave de Identificación de Géneros de Gimnospermas | 102 |
| Unidad 4 – Aspectos legales para la resolución de pericias | |
| Resolución de pericias | 104 |
| Anexo 1 | |
| Lista estándar de caracteres microscópicos para la identificación de maderas duras - IAWA | 107 |
| Anexo 2 | |
| Lista estándar de caracteres microscópicos para la identificación de maderas blandas - IAWA | 116 |

Unidad 1

Laboratorio de Análisis de Maderas



1.1. Origen de la Madera

Llamamos **madera** a la parte sólida de los árboles debajo de la corteza (Font Quer, 1977). Además de los muchos tejidos vegetales que el hombre utiliza para su alimentación, ningún tejido vegetal ha tenido un papel tan importante para la supervivencia humana como la madera o xilema secundario.

La disciplina encargada de su estudio es la **XILOLOGIA**.

En la estructura participan diferentes tipos de células que varían si se trata de una *Gimnosperma* ó una *Angiosperma*.

Los diferentes tipos celulares de acuerdo a su función son:

| Función | Gimnospermas | Angiospermas |
|-------------------------------|--------------|--------------|
| Conducción | Traqueidas | Vasos |
| Sostén | Traqueidas | Fibras |
| Elaboración Almacenamiento | Parénquima | Parénquima |

1.2. Sistemas Celulares Axial y Radial

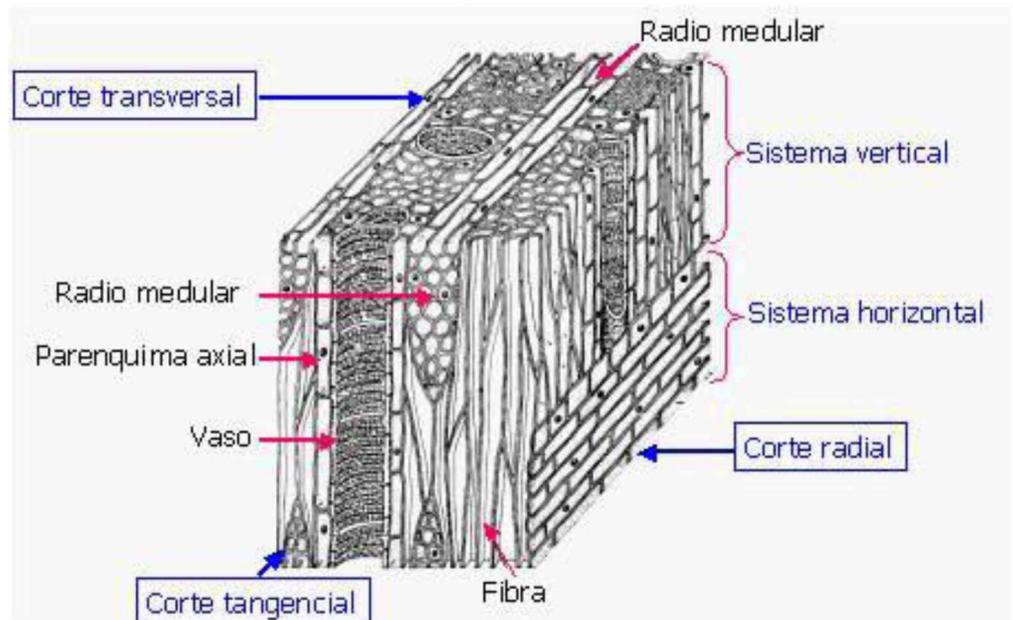


Fig.1: Diagramas tridimensionales de la madera, donde pueden observarse los elementos anatómicos organizados en dos sistemas uno longitudinal o vertical y otro horizontal o radial.

El sistema axial contiene células o filas de células con sus ejes mayores orientados verticalmente, es decir paralelos al eje principal o longitudinal; el radial está formado por filas de células orientadas horizontalmente.

El sistema axial está constituido por: traqueidas y parénquima en la mayoría de las *Gimnospermas* y por fibras, elementos de vaso y parénquima en las *Angiospermas*. El sistema radial está compuesto casi exclusivamente por parénquima ya que solo en algunos casos de coníferas existen traqueidas en este sistema.

3.3. Cambium

El origen de los tipos celulares de la madera es un tejido ubicado en la periferia del tronco, debajo de la corteza denominado cambium. Este tejido meristemático, también está organizado en **células axiales y radiales** y presentan dos morfologías celulares distintas: **células iniciales_fusiformes** alargadas verticalmente y **células iniciales radiales** isodiamétricas. Estos tipos celulares dan lugar, respectivamente, a los sistemas axial y radial. Cuando las células iniciales del cambium se dividen periclinalmente (tg), producen xilema hacia el interior y floema hacia el exterior. Después de la división de una inicial, una célula hija permanece en estado meristemático y la otra (la derivada de la inicial) forma una ó mas células del tejido vascular.

La actividad cambial tiene un ritmo periódico característico según la especie. Esto determina períodos de crecimiento y de reposo durante el año. Los factores que controlan este crecimiento son endógenos (genéticos y fisiológicos) y exógenos (fotoperíodo, humedad, temperatura, etc). Existen numerosos trabajos con referencia a los cambios estacionales en la actividad del cámbium vascular, tanto para zonas templadas como para tropicales (Detienne, 1989; Worbes, 1989).

En el inicio de la estación de crecimiento, las iniciales fusiformes y las iniciales radiales se dividen **tangencialmente**, dando como resultado un gran número de células llamadas derivadas. Durante el máximo de actividad cambial la adición de células ocurre tan rápidamente que se acumulan formando una **zona cambial** de células indiferenciadas (iniciales + derivadas). Este tipo de división que adiciona células de xilema hacia el interior y de floema hacia el exterior es el responsable del crecimiento en diámetro del tronco, ramas y raíces.

El crecimiento en diámetro es acompañado por el aumento de perímetro. Este último se produce por divisiones longitudinales **radiales**, que sufren las células cambiales, dando origen a nuevas iniciales.

Por último las iniciales fusiformes también sufren divisiones **transversales** para originar nuevas iniciales radiales y así mantener la proporción de radios existentes en el tejido maduro. El origen de los nuevos radios puede ser un proceso complicado que involucra varios tipos de división transversales y pseudotransversales, variables según los grupos taxonómicos considerados. En *Gimnospermas* y *Angiospermas* los nuevos radios comienzan como radios de una a dos células de altura y solo gradualmente llegan a la altura típica de la especie. El aumento en altura se produce mediante divisiones transversales de las iniciales radiales establecidas y por fusión de radios situados unos sobre otros. El aumento en ancho de estos radios se produce por divisiones radiales y fusión de radios lateralmente aproximados. También puede ocurrir el proceso inverso de división de radios.

3.4. Divisiones cambiales

A esta etapa de activa división celular sigue un proceso de diferenciación celular. Generalmente se agregan más células hacia el xilema que hacia el floema.

En *Eucalyptus camaldulensis* por ejemplo la adición de células hacia el xilema es cuatro veces mayor que hacia el floema, en *Thuja occidentalis* se observó una mayor diferencia (Esau, 1982).

Como se mencionó anteriormente, tanto el estímulo de la iniciación de la actividad cambial como el mantenimiento de dicha actividad están relacionados con factores internos de índole hormonal (suministro de auxinas y otras hormonas de crecimiento por las yemas en expansión y fuentes locales de producción a nivel cambial), disponibilidad de sustancias de reserva, ritmo de crecimiento característico de la especie; y factores externos como temperatura y fotoperíodo apropiado.

La precedente discusión de las transformaciones en la región inicial del cambium durante el desarrollo indica claramente que este meristema está continuamente en estado de cambio. El concepto de iniciales cambiales debe tener en cuenta esta falta de estabilidad.

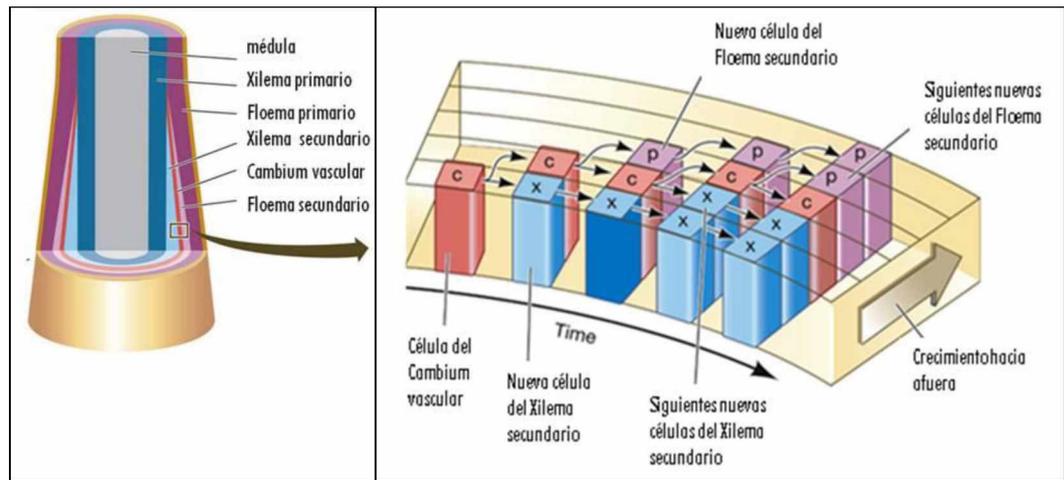


Fig.2: Esquema que muestra la división de las iniciales del cambium con la formación de las células madres del xilema y del floema. Estas a su vez se dividen y sus derivadas se agrandan y se diferencian en células de xilema y floema secundarios.

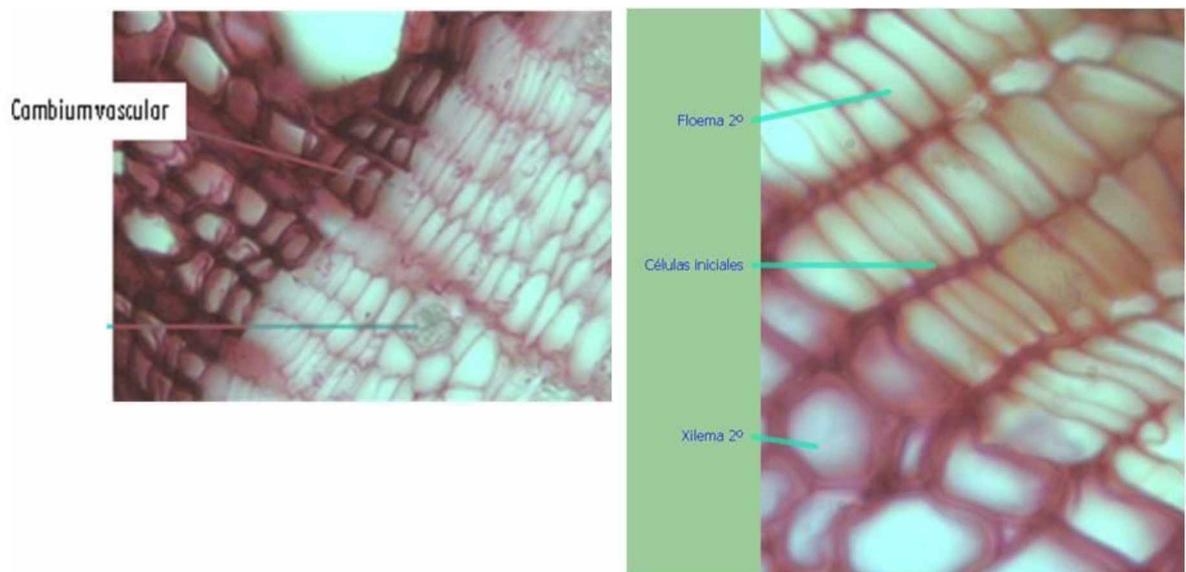


Fig.3: Zona de la actividad cambial.

3.5. Estructura estratificada

En *Dicotiledóneas* con xilema altamente especializado como en algunas *Leguminosas*, *Bignoniáceas* y *Tiliáceas*, las iniciales cambiales vistas en sección tangencial se encuentran alineadas en pisos o estratos definidos. A este tipo de cambium se lo denomina **estratificado** y da origen a maderas con sus elementos total o parcialmente estratificados. Esta disposición ordenada se mantiene debido a que las derivadas de esas iniciales cambiales no aumentan su longitud por crecimiento intrusivo.

Este carácter es de gran importancia y se lo considera diagnóstico para la identificación de maderas debido a que su presencia se restringe a algunas especies por ejemplo: *Pterogyne nitens*, *Tabebuia impetiginosa*, *Tipuana tipu*, *Holocalyx balansae*, *Luehea divaricata*, *Myrcarpus frondosus*.

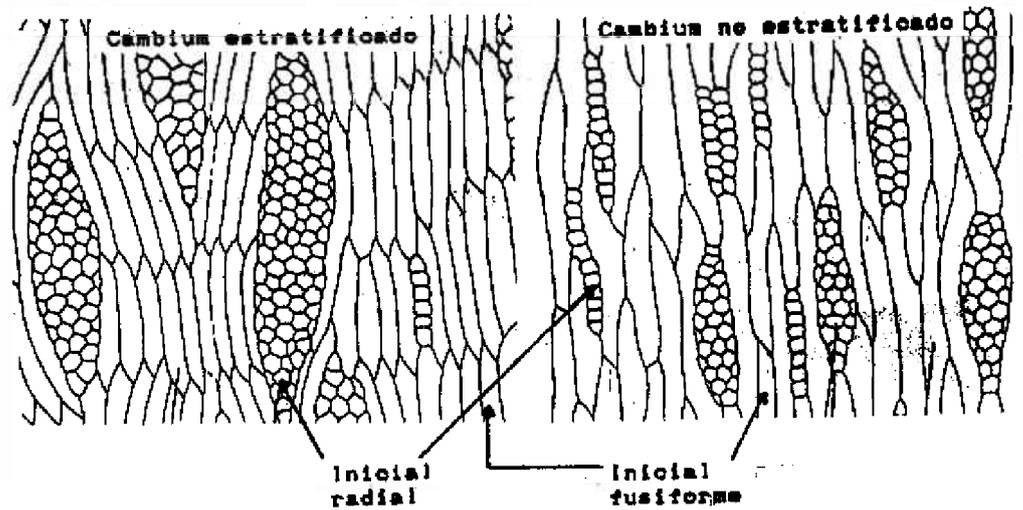


Fig.4: Cambium estratificado y cambium no estratificado

2. SECCIONES DE ESTUDIO

Cada uno de estos dos sistemas tiene su aspecto característico en los tres tipos de cortes empleados en el estudio de la madera: el corte transversal, el longitudinal radial y el longitudinal tangencial. De la combinación de los diferentes tipos celulares y el porcentaje en que se encuentran surge la variabilidad estructural de las maderas que nos permite su identificación.

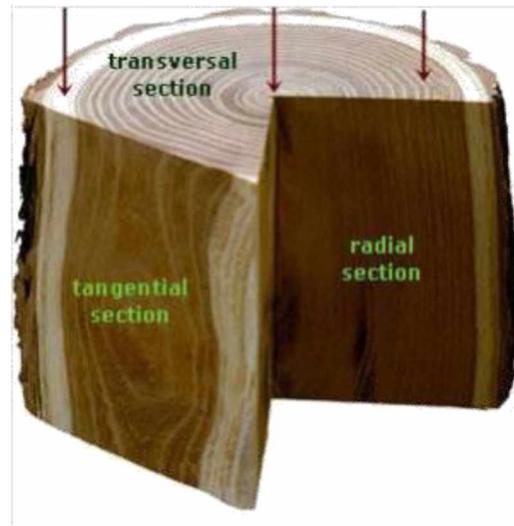


Fig. 5: Secciones de estudio en una pieza de madera

2.1. Análisis Macroscópico

Para identificar una madera debemos entender su estructura y analizarla en forma metódica. Es necesario contar con la ayuda de una lupa de 10 aumentos y un trozo de madera orientado según los tres planos para el análisis (sección transversal, sección longitudinal radial y sección longitudinal tangencial).

Una misma estructura ó célula puede ser observada en mas de una sección de estudio pero siempre hay un plano donde se obtiene mejor información de valor diagnóstico.

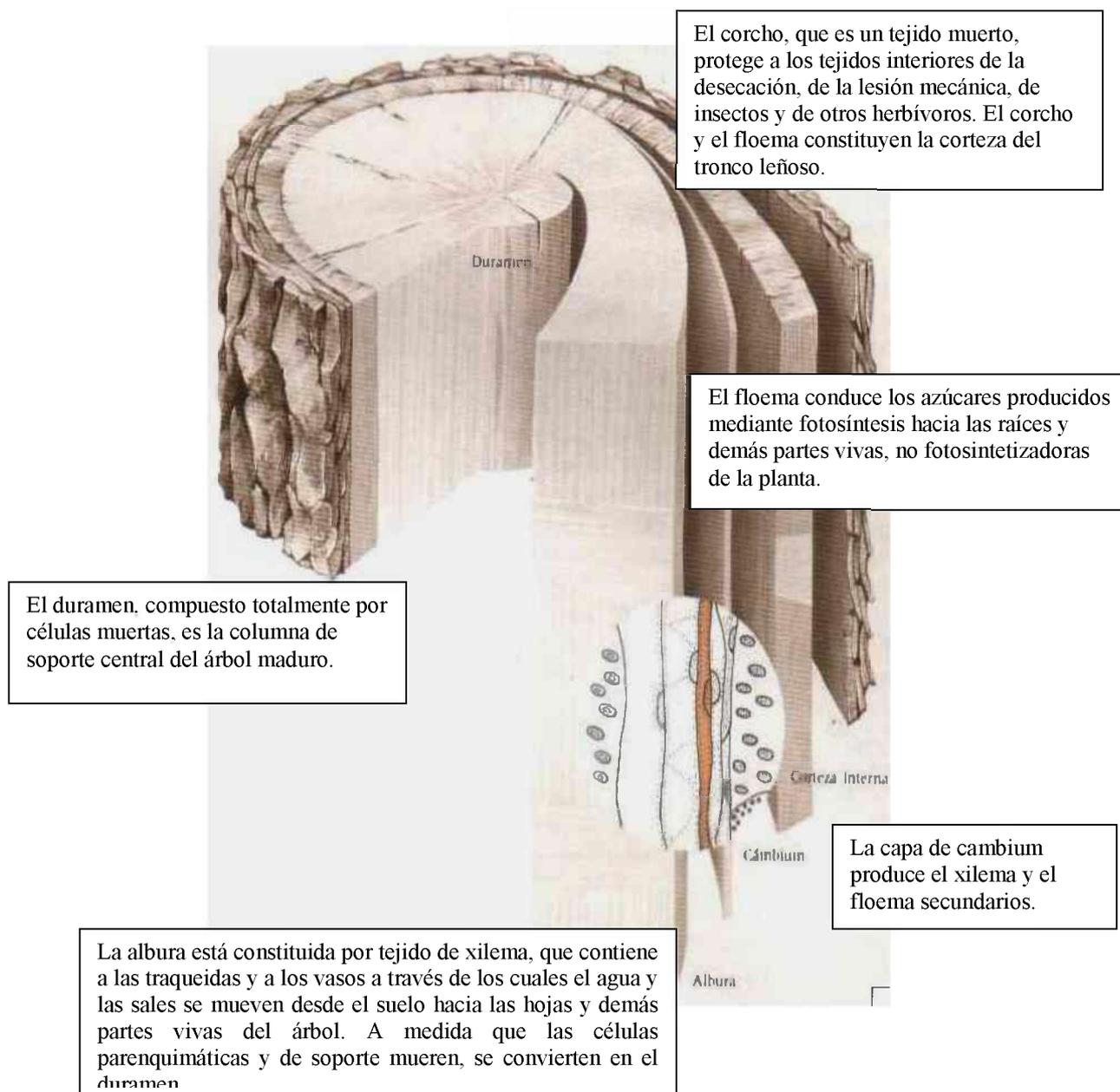
El análisis macroscópico podemos realizarlo sobre una rodaja, una tabla o una muestra de barreno.

Según el tipo de muestra podemos distinguir las siguientes estructuras o tipos celulares:

- ✚ **médula:** zona central parenquimática.
- ✚ **albura:** zona generalmente clara, periférica, formada por células fisiológicamente activas.

- ✚ **duramen:** zona central frecuentemente más oscura, cuyas células son fisiológicamente inactivas.
- ✚ **corteza:** todos los tejidos que se encuentran por fuera del cambium vascular.
- ✚ **anillos de crecimiento:** incremento producido por la actividad estacional del cambium.
- ✚ **canales resiníferos:** marcas circulares (en corte transversal) presentes en algunos leños gimnospermas.
- ✚ **vasos o poros:** orificios circulares presentes en los leños de Angiospermas.
- ✚ **fibras:** tejido oscuro.
- ✚ **parénquima:** tejido laxo más claro.
- ✚ **radios:** líneas que irradian hacia la periferia.
- ✚ **diseños:** dibujo en planos verticales.
- ✚ **textura:** relación de tamaño y abundancia entre los elementos.
- ✚ **grano:** orientación de los tejidos en sección longitudinal, con respecto al eje longitudinal.
- ✚ **estructura estratificada:** estratos en sección longitudinal tangencial. Se visualiza como tenues líneas paralelas.
- ✚ **tilosis:** taponamiento de los vasos. Brillante.
- ✚ **contenidos celulares:** taponamiento de los vasos.
- ✚ **cristales:** brillo en cavidades.
- ✚ **yemas abortadas:** rastro.
- ✚ **quino:** cavidad con contenidos oscuros rojizos que se da en algunas maderas del género *Eucalyptus*.
- ✚ **hongos:** manchas.
- ✚ **Color**
- ✚ **Olor**
- ✚ **Peso**

Fig. 6: Estructuras en un análisis macroscópico de la madera.



2.2. Análisis Microscópico

Para identificar una madera y analizarla en forma microscópica, es necesario contar con la ayuda de un microscopio y cortes delgados obtenidos con xilótomo orientados según los tres planos para el análisis (sección transversal, sección longitudinal radial y sección longitudinal tangencial).

3. LABORATORIO DE ANATOMIA DE MADERAS

3.1. Elementos Necesarios en un Laboratorio de Análisis de Maderas

Se detallan a continuación materiales, drogas e instrumental necesario para equipar un laboratorio de identificación de maderas y conteo de anillos.

| | |
|--------------------------|---|
| Instrumental | <ul style="list-style-type: none">xilótomo o micrótomomicroscopio ópticolupa de manobarreno de Pressler |
| Material de vidrio | <ul style="list-style-type: none">cajas de Petritubos de ensayovasos de precipitadoporta-objetoscubre-objetosvarillas |
| Varios | <ul style="list-style-type: none">pinzas histológicasbroches para carbonizarmechero |
| Drogas y otros reactivos | <ul style="list-style-type: none">alcohol 96°alcohol 100°ácido nítrico HNO_3ácido crómico CrO_4H_2ácido clorhídrico HClácido acético glacial $\text{CH}_3\text{-COOH}$peróxido de hidrógeno H_2O_2 |
| Colorantes | <ul style="list-style-type: none">safraninafloroglucinolfast-green |
| Medio de montaje | <ul style="list-style-type: none">Bálsamo de CanadáEntellán |
| Diafanizante | <ul style="list-style-type: none">agua lavandina comercial $\text{Cl O}_3\text{Na}$ |
| Humectante | <ul style="list-style-type: none">detergente comercial |

Preparación de alcoholes (para preparar 500 ml)

| Graduación | Alcohol 96° (ml) | Agua Destilada (ml) |
|------------|------------------|---------------------|
| 50° | 260 | 240 |
| 60° | 312 | 188 |
| 70° | 364 | 136 |
| 80° | 416 | 84 |
| 90° | 468 | 32 |

3.2. Preparación de las muestras

- Cortar probetas de 1 ó 2 cm de lado. Pueden ser más pequeñas según el sistema de agarre del micrótom.
- Hervir el cubo de madera en agua y unas gotas de humectante.
 - Maderas duras: hervir con agua y detergente 3 horas como mínimo.
 - Maderas blandas: a veces no es necesario hervirlas, sólo sumergirlas en agua una hora aproximadamente.
- Cortar en espesores de 20-30 micrones.





B



C



D

Fig. 7: A: Preparación de la muestra. B y C: Microtomo: D: Cortes.

3.3. Técnicas para la obtención de preparados permanentes

I. Método de Safranina (1% en alcohol 50°)

a) Clarificar o diafanizar los cortes obtenidos con el micrótopo con hipoclorito de Na al 50% hasta que se observen blancos.

b) Retirar y lavar con agua destilada (2 ó 3 veces) para eliminar restos de lavandina.

c) Teñir con safranina al 1% en alcohol 50° durante 10 minutos.

d) Deshidratar progresivamente pasando por alcohol 50°, 70°, 80°, 96° y absoluto, durante 2-3 minutos en cada uno.

e) Colocar en una mezcla de xilol-alcohol absoluto en partes iguales durante 4-5 minutos y finalmente en xilol puro durante 10-15 minutos. PRECAUCION: el xilol es tóxico; tapar bien el recipiente.

f) Montar en Bálsamo de Canadá.

g) Llevar a estufa (25-30°) durante 24 hs.

Las paredes celulares se colorean de rojo, con mayor intensidad en las partes lignificadas.

II. Método de Carbonización

Es un test rápido que pone en evidencia las estructuras celulares a partir del contraste producido por el tostado del material. Recomendado para Gimnospermas.

a) Diafanizar.

b) Deshidratar en alcohol 50°, 75° y 100°.

c) Colocar el corte entre dos portaobjetos fijados con un clip.

d) Flamear a la llama de un mechero hasta lograr un color tostado.

e) Sumergir las secciones en xilol durante 5-10 minutos.

f) Montar en Bálsamo de Canadá

g) Llevar a estufa.

III. Método de Safranina-Fast-green

Idem puntos a y b (técnica de Safranina)

c) deshidratar el alcohol 50°, 70°, 80°.

d) colorear en Safranina al 1 % en alcohol 80°, durante 1 hora.

e) lavar en alcohol 80°

f) deshidratar en alcohol 96°, 100°.

g) colorear con Fast-green al 1% en alcohol 100° (sumergir 3 veces)

h) lavar con alcohol 100°.

- i) clarificar en xilol (dos pasajes)
- j) montar en Bálsamo de Canadá.

3.4. Técnicas para la obtención de preparados transitorios

I. Método de Safranina (1% en agua)

Los pasos a)y b) son iguales al método de safranina permanente.

- c) Colorear con safranina en agua
- d) Montar en gelatina-glicerina

II. Test de Floroglucinol

Test rápido, extremadamente sensitivo para determinar la presencia de lignina, en cortes microscópicos y en secciones de barreno. Los tejidos lignificados se tiñen de rojo.

En cortes:

- a) Colocar las secciones en portas con floroglucinol (1% en alcohol 70°), el cual se deja actuar 5 minutos.
- b) Drenar el exceso de floroglucinol y agregar unas gotas de HCl concentrado sobre las secciones.
- c) Lavar para suspender la acción del ácido.
- d) Cubrir y examinar.

En muestras de barreno:

- a) Remojar el cilindro de madera (o pincelarlo) con floroglucinol (1% en alc. 96°) durante 1 minuto.
- b) Pasar a HCl al 50% 1 minuto.
- c) Lavar bien con agua cuando se advierte el mayor contraste entre los anillos
- d) dejar secar.

Utilizado en maderas de porosidad difusa, para diferenciar anillos, basado en la mayor cantidad de lignina del leño tardío.

3.5. Técnicas para la obtención de disgregados

I. Método de Jeffrey

- a) Separar pequeñas astillas de madera.
- b) Colocarlas en la mezcla de Jeffrey (partes iguales de HNO_3 al 10% y CrO_4H_2 al 10%), en un tubo de vidrio con tapa.
- c) Llevar a estufa (30 – 40°C) durante 12 horas. El material está disociado cuando adquiere una consistencia blanda, pulposa, en este momento se debe interrumpir el tratamiento. Para ello, se vuelca el excedente, se agrega agua y se agita.
- d) Colocar el material disociado en un portaobjetos, puede teñirse con safranina, cubrir y observar.

II. Método de Franklin

- a) Separar pequeñas astillas de madera
- b) Colocarlas en la mezcla de Franklin (partes iguales de ácido acético glacial y agua oxigenada de 100 vol.), en un tubo de vidrio.
- c) Calentar a baño María durante por lo menos 3 horas, según la especie. Cuando el material está disgregado, volcar el excedente y lavar con agua.
- d) Colocar el material disociado en un portaobjetos, puede teñirse con safranina, cubrir y observar.

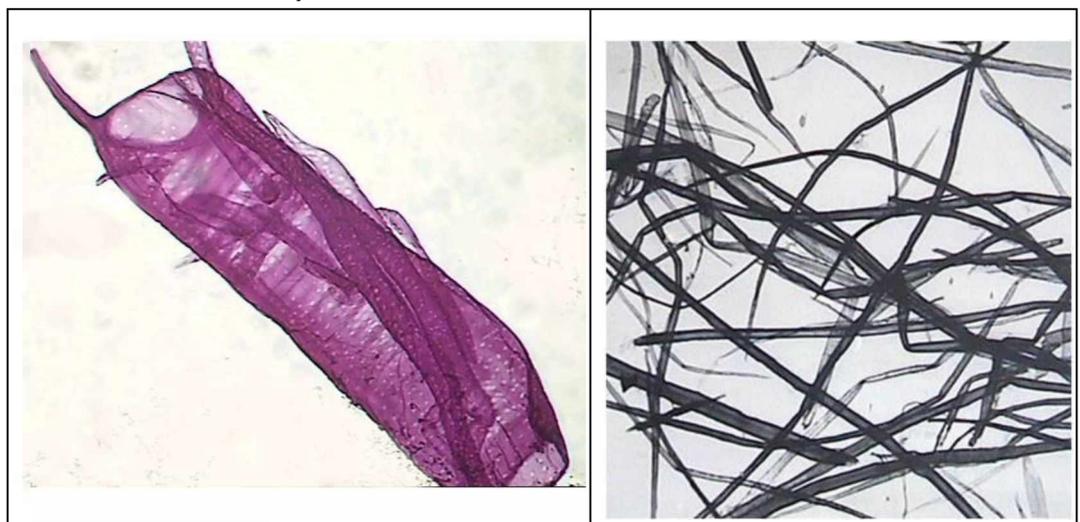


Fig. 8: Disgregados de elementos anatómicos: A la izq.: vaso, a la derecha: fibras.

Bibliografía

- ✚ Castiglioni, J.A. 1958. El diseño de las maderas. Rev.de Investigaciones Forestales 1 (3): 21-44.
- ✚ Cozzo,D. 1975. Arboles forestales. Maderas y Silvicultura de la Argentina. Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería. Fasc.16-1. Tomo II. Ed. Acme
- ✚ Détienne, P; Yacquet, P. 1983. Atlas d' identification des bois de l'amazone et des régions voisines. Centre Technique Forestier Tropical.
- ✚ Esau, K. 1982. Anatomía de las plantas con semilla. Ed. Hemisferio Sur.
- ✚ Fahn , A. 1986. Anatomía vegetal. Ed. Pirámide.
- ✚ Jane, F.W. 1970. The structure of wood. Adam y Charles Blach. London.
- ✚ Johansen, D.S. 1940. Plant microtechnique. Mc Graw-Hill Book.
- ✚ Mercer, E.H; Berbeck, B.D. 1972. Manual de microscopía electrónica para biólogos. Ed. Blume pp.113.
- ✚ Metcalfe, C.R; Chalk, L. 1989. Vascular cambium in woody plants:38-43. En: Anatomy of the Dicotyledons. 2º Ed. Vol II. Oxford University Press. 311pp.
- ✚ Mezlan , B.A; Butterfield, B.G. 1972. Three dimensional structure of a wood scanning electron microscope study. Syracuse Wood Science, serie 2. Wilfred A. Cotc Ed.
- ✚ Morey,A.B. 1977. ¿Cómo crecen los árboles?. Cuadernos de Biología. Ed. Omega.
- ✚ Tortorelli, L. 1956. Maderas y Bosques Argentinos. Ed Acme
- ✚ Zimmermann, M; Brown, C. 1974. Trees structure and function. Springer-Verlag.

Unidad 2

Caracteres Diagnósticos de Maderas Comerciales



1.1. Características generales del leño de las Gimnospermas

Recordemos que los elementos anatómicos que constituyen el leño de una Gimnosperma son:

| | | |
|---|------------------------|---|
|  | Traqueidas | Elementos de conducción y de sostén |
|  | Fibrotraqueidas | Elementos de conducción y sostén. |
|  | Parénquima | Tejido de almacenamiento y producción de resinas. |

Estos elementos celulares están organizados en dos sistemas: *sistema axial o vertical* y el *sistema radial u horizontal*. El sistema axial está constituido por células con sus ejes mayores orientados verticalmente, es decir paralelos al eje principal del tronco, y el radial por células cuyos ejes mayores se orientan horizontalmente, perpendiculares al eje principal del tronco.

Los dos sistemas se hallan formando una "malla" originada por conexiones intercelulares a través de las **puntuaciones**.

El **sistema axial** de una Gimnosperma está constituido por **traqueidas y fibrotraqueidas** (80-90 %) y **parénquima axial** (que se halla en raras ocasiones y cuando está presente es escaso); por lo tanto puede decirse que el tejido leñoso es muy homogéneo. Debido a la ausencia de vasos o poros a estas maderas se las suele llamar "no porosas". El **sistema radial** está formado por **parénquima radial** y a veces **traqueidas radiales**.

De las tres secciones, la longitudinal radial es considerada la más importante en las Gimnospermas porque es la que brinda mayor información diagnóstica.

En un análisis macroscópico deben tenerse en cuenta:

| | | |
|---|---|---|
| ✚ | Anillos de crecimiento | Demarcados/ levemente demarcados/ no demarcados |
| ✚ | Cantidad de anillos de crecimiento por cm | |
| ✚ | % de leño temprano y tardío | |
| ✚ | Transición del leño temprano al tardío | Gradual/abrupta |
| ✚ | Canales resiníferos | Presencia/ausencia Tipo: normales/traumático Cantidad: escasos/abundantes Posición: en el leño tardío/en la transición/ en el leño temprano/ en todo el anillo |
| ✚ | Color, olor (perceptible/no perceptible), textura, grano y diseño | |



Fig. 9: Rodaja de *Pseudotsuga sp.*

Algunas de estas características tienen un valor diagnóstico menor en comparación con otras, pero no deben faltar en una descripción completa

del leño. Ciertos caracteres como cantidad de anillos por cm, varían mucho según las condiciones de crecimiento. Algo similar ocurre con atributos cuantitativos microscópicos como longitud de traqueidas. Por este motivo siempre hay que tener en cuenta la **procedencia** de la muestra de madera que se esté analizando.

Para poder identificar con seguridad a la mayoría de las Gimnospermas, no es suficiente el uso de la lupa, siendo necesario recurrir al análisis **microscópico**.

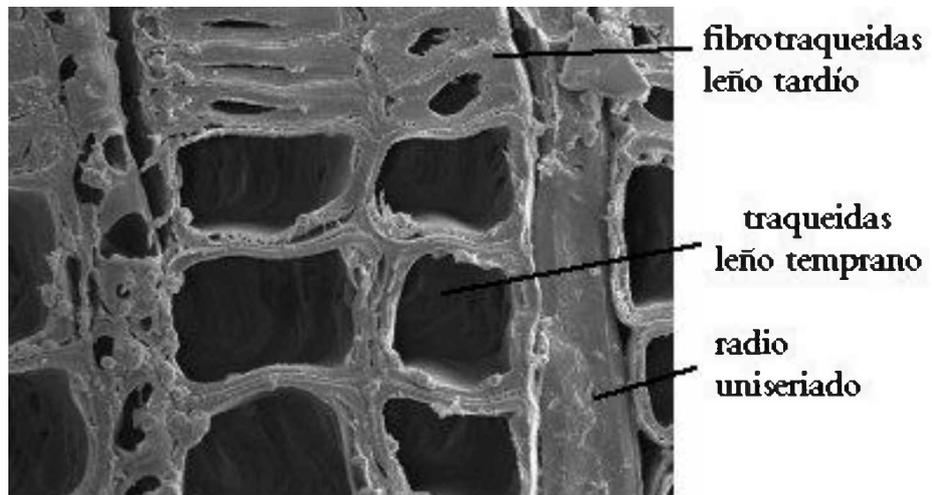


Fig. 10: *Transición entre leño temprano y tardío en Pinus sp.*

Para un análisis de este tipo es necesario contar con preparados microscópicos de las tres secciones del leño, macerados, o muestras para ser analizadas en el MEB, según el estudio que se quiera realizar.

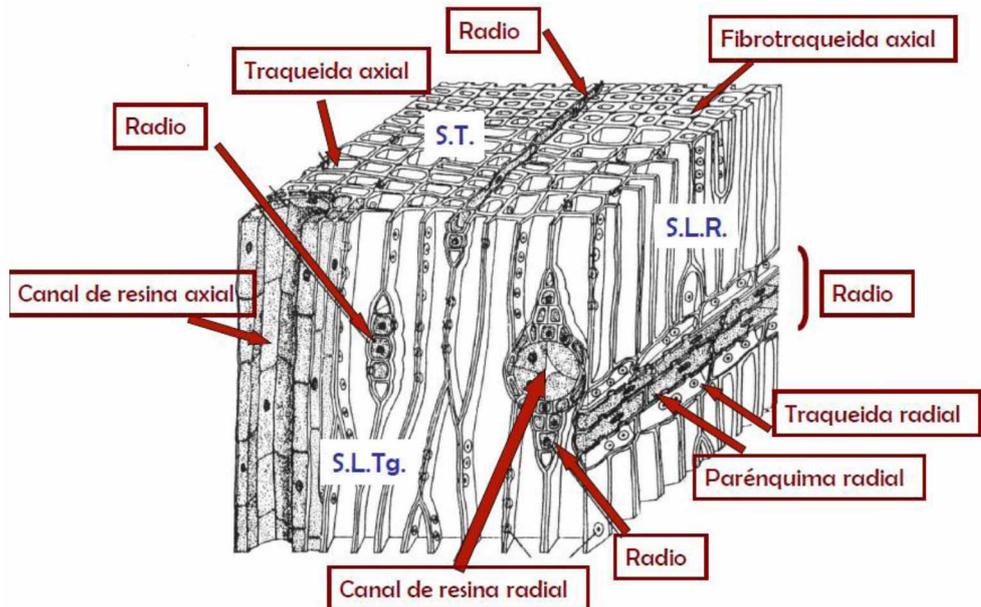


Fig. 11: Elementos anatómicos de ambos sistemas en las tres secciones de estudio.

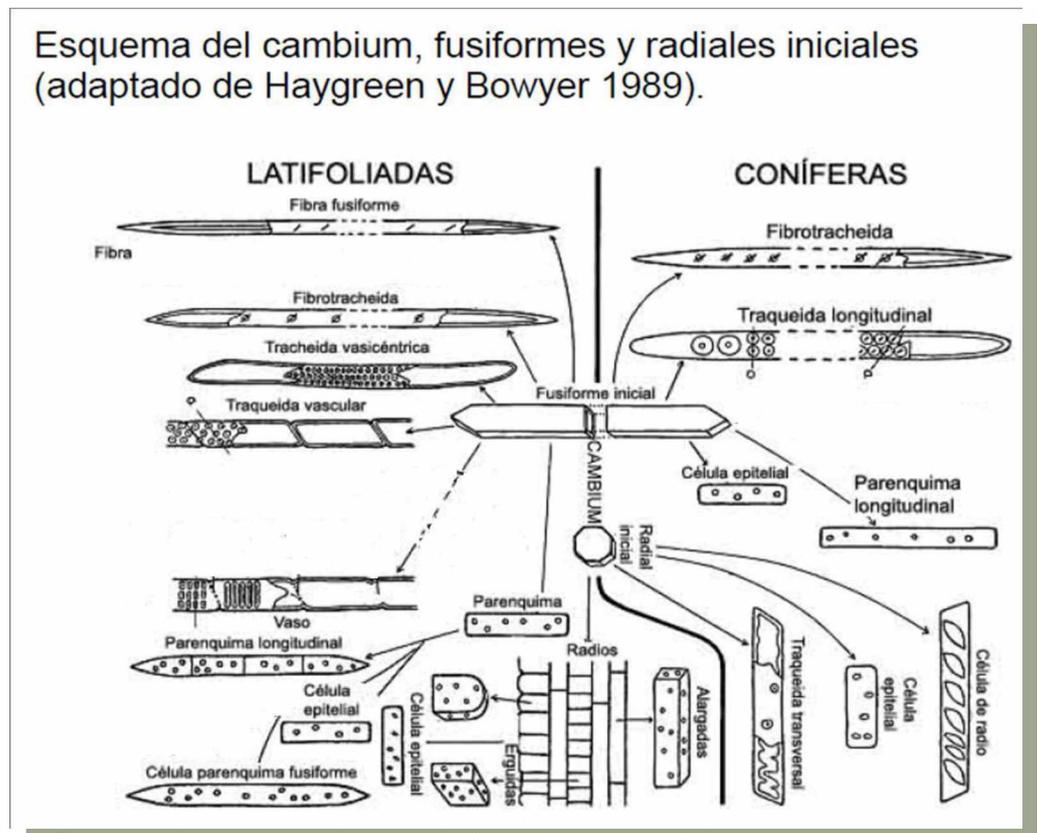


Fig. 12: Tipos celulares generados a partir de la células cambiales.

1.3.1. Elementos anatómicos del sistema axial:

A. Traqueidas longitudinales o axiales.

a) Traqueidas septadas o tabicadas.

b) Traqueidas resiníferas.

B. Fibrotraqueidas

C. Parénquima axial.

D. Parénquima epitelial (en canales resiníferos axiales).

A. Traqueidas axiales

Llamadas vulgarmente "fibras", son células alargadas en el sentido del eje del árbol, de sección aproximadamente cuadrangular y con extremos romos.

Su longitud varía entre 1 y 8 mm, aunque se han encontrado en *Araucaria angustifolia* de hasta 10 mm; su ancho oscila entre 20 y 60 micrones.

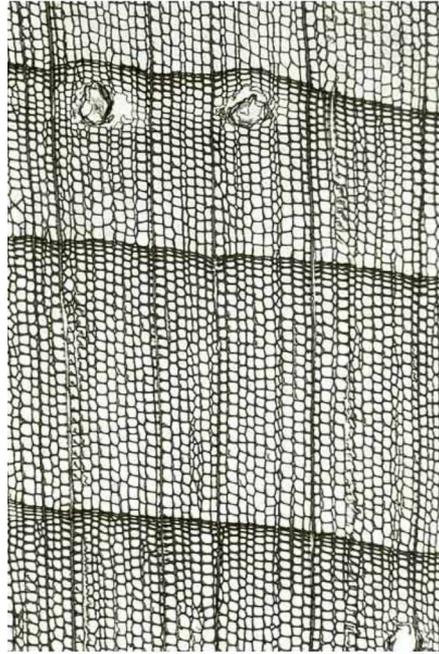
Se originan de las fusiformes del cambium. Durante la diferenciación aumentan de diámetro en sentido radial pero no en el tangencial. Mantienen su alineación con las iniciales cambiales que les dan origen. Es por eso que en secciones transversales de leños no porosos es común ver las traqueidas en hileras radiales más o menos regulares.

El paso de leño temprano a tardío dentro de un mismo anillo puede ser: **gradual** ó **abrupto**; siendo ésta una característica diferencial a nivel de géneros o especies.

La transición abrupta resulta del contraste entre el leño temprano o de primavera, con traqueidas de sección grande, paredes delgadas y lumen ancho, y las traqueidas del leño tardío o de verano en donde se hallan aplastadas radialmente y con lumen muy reducido (comúnmente llamadas fibrotraqueidas). Estas últimas forman un leño de mayor dureza y densidad, y de color más oscuro que el leño inicial.

Transición gradual

Pinus strobus



Transición abrupta

Pinus nigra

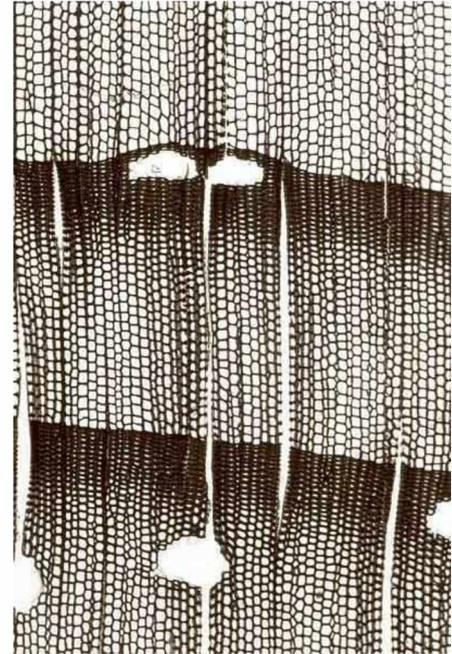


Fig. 13: Transición de leño tardío y leño temprano.

Las traqueidas se comunican entre sí a través de **puntuaciones areoladas**. Estas son interrupciones de la pared secundaria y adelgazamientos de la pared primaria y laminilla media. En las Pináceas puede presentarse un engrosamiento de la pared primaria en la membrana de la puntuación, que es característico del grupo y se denomina **toro**.

Las puntuaciones se encuentran en las paredes radiales y más raramente en las tangenciales; siendo esto último una característica diferencial.

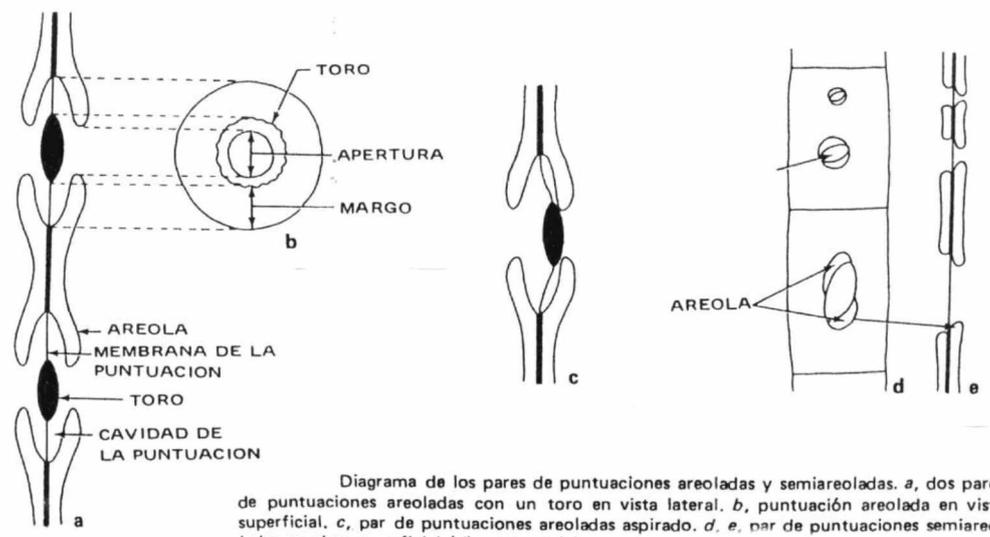


Fig. 14: Diagrama de los pares de puntuaciones de las traqueidas.

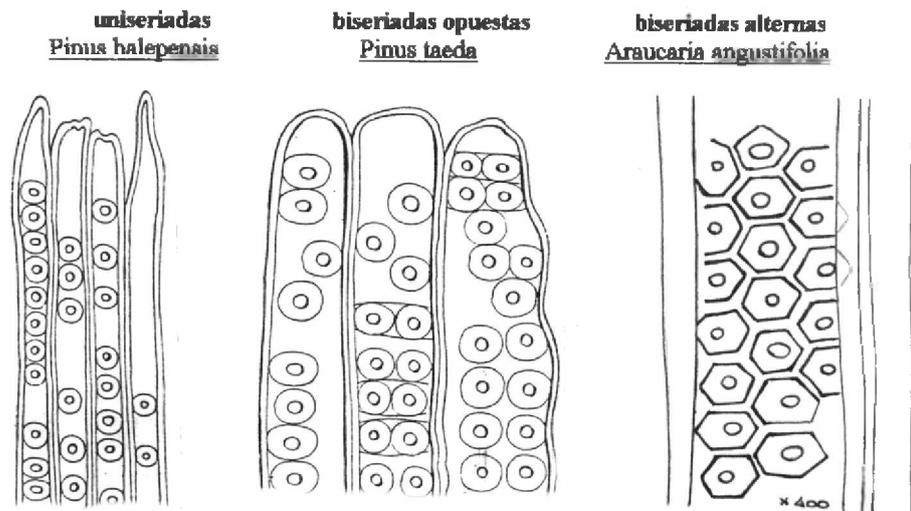
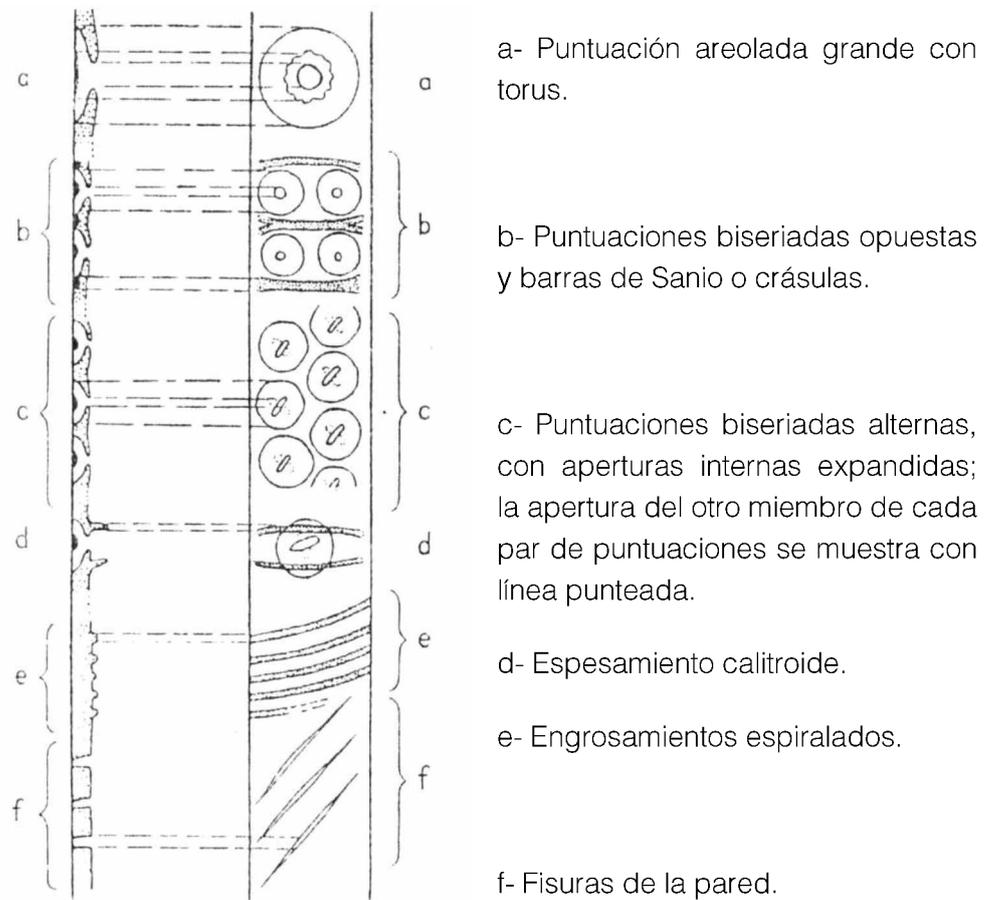


Fig. 15: Clasificación de las puntuaciones según su disposición.

Otros ornamentos que pueden presentar las paredes de las traqueidas son:

- ✚ **Engrosamientos espiralados:** engrosamientos de la capa interna de la pared secundaria de las traqueidas. Se presenta en los géneros *Pseudotsuga* y *Cephalotaxus*. Pueden aparecer en el leño temprano, en el tardío o en ambos.
- ✚ **Engrosamientos calitroides:** engrosamientos de la pared secundaria radial a modo de barras transversales que se superponen por encima y por debajo de la imagen de la areola de la puntuación. Se restringen casi exclusivamente a las especies del género *Callitris*.
- ✚ **Barras de Sanio o Crásulas:** son engrosamientos a nivel de la laminilla media y pared primaria. Se ubican en las paredes radiales y rodean a la puntuación areolada.
- ✚ **Trabéculas:** son barras radialmente alineadas que atraviesan el lumen de las traqueidas axiales dividiéndolas. Pueden observarse en sección transversal o radial.

Fig. 16: Diagrama de las características de la pared de las traqueidas axiales. Sobre la izquierda, una de las paredes de la traqueida es vista en sección tangencial, sobre la derecha, la pared en sección radial. Ambas vistas de la misma estructura están conectadas por líneas discontinuas.



a. Traqueidas septadas

Se originan de las iniciales fusiformes, cada una de las cuales, por divisiones transversales, da origen a varias traqueidas. Parecen células parenquimáticas, pues son cortas y terminan en ángulos rectos; el carácter que las distingue es que en las traqueidas septadas se observan puntuaciones areoladas. Se las encuentra en los géneros *Larix*, *Pseudotsuga*, *Podocarpus* y *Sequoia*.

b. Traqueidas resiníferas

Son traqueidas longitudinales que durante el proceso de duraminización, suelen llenarse con sustancias resinosas. Vistas al microscopio en cortes transversales, aparecen con sus lúmenes parcial o totalmente ocluidos por resinas.

Son escasas y generalmente se ubican junto a radios leñosos o en sus proximidades. Se las puede encontrar en *Agathis*, *Araucaria*, *Abies*, algunos pinos blandos y Cupresáceas.

B. Fibrotraqueidas

Se denomina así a las traqueidas del leño tardío, que se diferencian de las del leño temprano por tener sus paredes más engrosadas, lúmenes reducidos, y puntuaciones de areolas reducidas, con aperturas internas ovales o elípticas, expandidas o no.

Se consideran formas de transición entre traqueidas y fibras (de las Dicotiledóneas).

C. Parénquima axial

Tiene su origen en las iniciales fusiformes. Es poco significativo en las Gimnospermas ya que cuando esta presente, se lo encuentra en escasa cantidad.

Son células similares por su aspecto general a las células parenquimáticas de los radios, pero forman filas longitudinales repartidas entre las traqueidas y se hacen conspicuas por sus contenidos celulares. Generalmente acumulan resinas, presentando así un carácter de células secretoras. Se las encuentra en los géneros *Cedrus* y *Podocarpus* y en las familias Cupresáceas y Taxodiáceas.

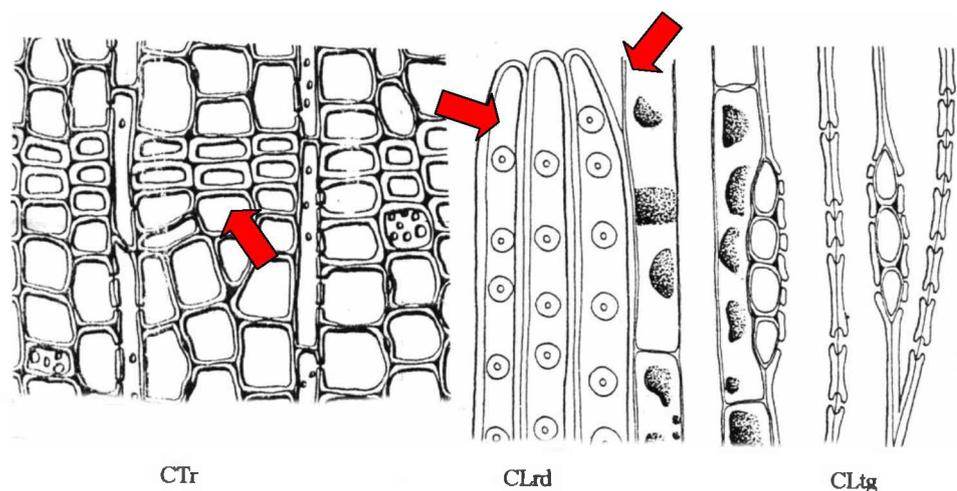


Fig. 17: Parénquima axial de las tres secciones de estudio en *Austrocedrus chilensis*

D. Parénquima epitelial en Canales Resiníferos

Los canales resiníferos son espacios que se generan por separación de las traqueidas y se hallan tapizados por células parenquimáticas que reciben el nombre de **Parénquima epitelial**. Estas son las encargadas de segregar la resina que se acumula en los canales.

Los canales resiníferos se pueden ubicar radialmente (dentro de los radios) o bien axialmente. Los canales axiales se forman a partir de un grupo de células parenquimáticas derivadas de las iniciales fusiformes. Tarde o temprano las células centrales colapsan, mientras que las células periféricas se agrandan y separan dejando el canal en el centro. Actúan como **secretores** de resina.

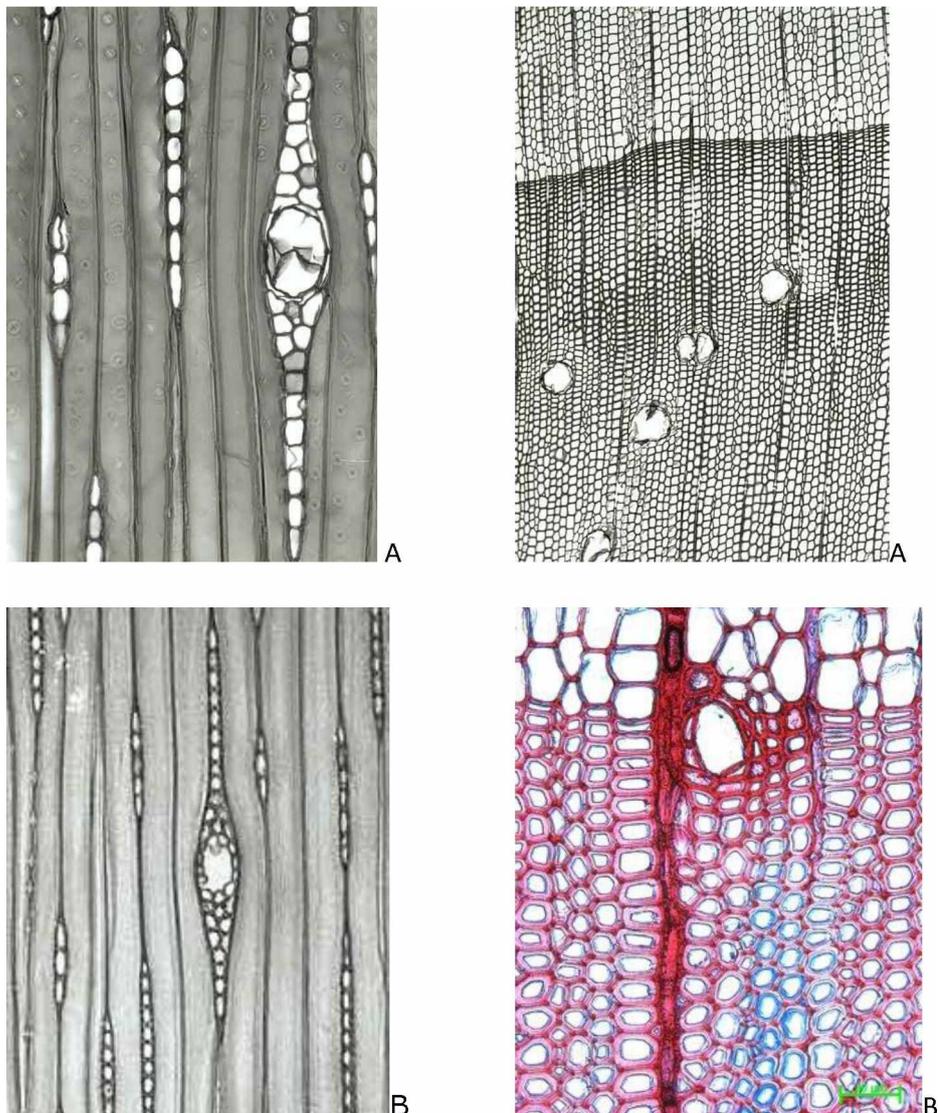


Fig. 18: A) Canales resiníferos en Pinus strobus- Imágenes: Wood Anatomy. B) Canales resiníferos de Larix decidua – Imágenes: Insidewood.

Los canales resiníferos radiales se forman de manera similar, producidos por células parenquimáticas radiales, derivadas de las iniciales radiales. Actúan como **receptores** y **almacenadores** de resinas. En ciertos lugares los canales verticales (o axiales) se cruzan con los radiales, y cuando esto ocurre las células que los revisten interiormente se separan, dando lugar a espacios intercelulares por donde la resina pasa de los canales verticales a los radiales.

Pueden aparecer naturalmente o por traumatismos. Estos últimos suelen tener un tamaño anormalmente grande y formarse en forma esporádica, en grupos, y alineados tangencialmente. Los normales generalmente se encuentran solitarios, esparcidos en el leño tardío y únicamente en los géneros *Pinus*, *Picea*, *Larix* y *Pseudotsuga*.

Es importante la naturaleza de las células del parénquima epitelial, pues según tengan paredes delgadas o gruesas dependerá la producción de resina y la posibilidad de resinación de la especie. Únicamente se resina a nivel comercial el género *Pinus*, cuyas células epiteliales son de paredes delgadas; el resto tiene paredes gruesas y lignificadas.

1.3.2. Elementos anatómicos del sistema radial

-
- A. Parénquima radial.
 - B. Parénquima epitelial (en canales resiníferos radiales).
 - C. Traqueidas radiales u horizontales.
-

A. Parénquima radial

Tiene su origen en las iniciales radiales del cambium. Está constituido por células alargadas radialmente, de paredes delgadas o gruesas, con puntuaciones simples. Sirve para la comunicación en sentido transversal y para almacenamiento. Generalmente se le da el nombre de radio leñoso.

En corte longitudinal tangencial se pueden observar dos tipos de radios:

✚ **Radios leñosos normales:** constituidos por células parenquimáticas y generalmente de una sola célula de ancho. Son radios uniseriados (es el caso típico en **Gimnospermas**). Algunas veces están constituidos por dos células denominándose radios biseriados.

✚ **Radios leñosos fusiformes:** son bastante anchos ya que poseen en su interior un canal resinífero. Pueden observarse en: *Pinus*, *Picea*, *Pseudotsuga* y *Larix*.

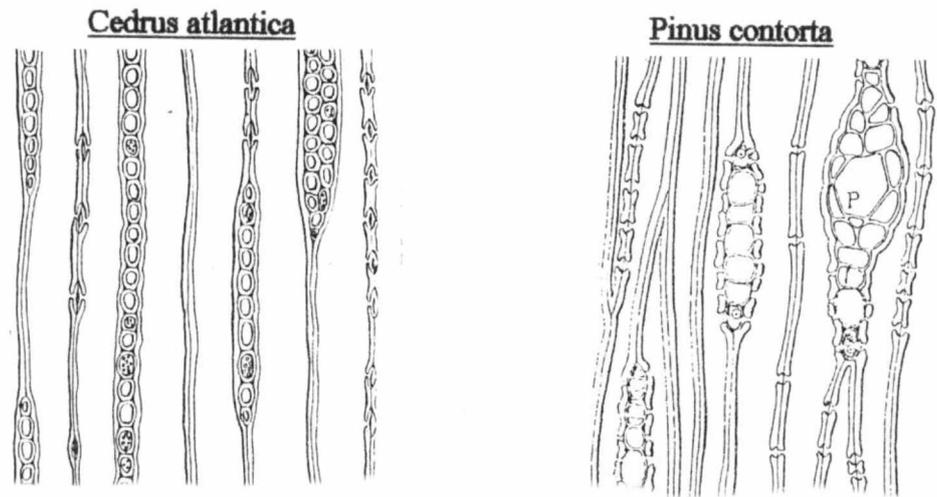


Fig. 19: Radios uniseriados y biseriados en *Cedrus atlántica*. Radios fusiformes en *Pinus contorta*.

Los radios leñosos normales se pueden separar de acuerdo a dos tipos morfológicos:

✚ **Radios leñosos homocelulares:** están formados enteramente por células parenquimáticas. Se los halla en Cycadales, Ginkgoales, Araucariáceas y Taxáceas.

✚ **Radios leñosos heterocelulares:** están formados por células parenquimáticas y traqueidas radiales. Las traqueidas aparecen a distintas edades de las plantas y en diferente proporción. Se los halla principalmente en Pináceas y excepcionalmente en Cupresáceas y Taxodiáceas.

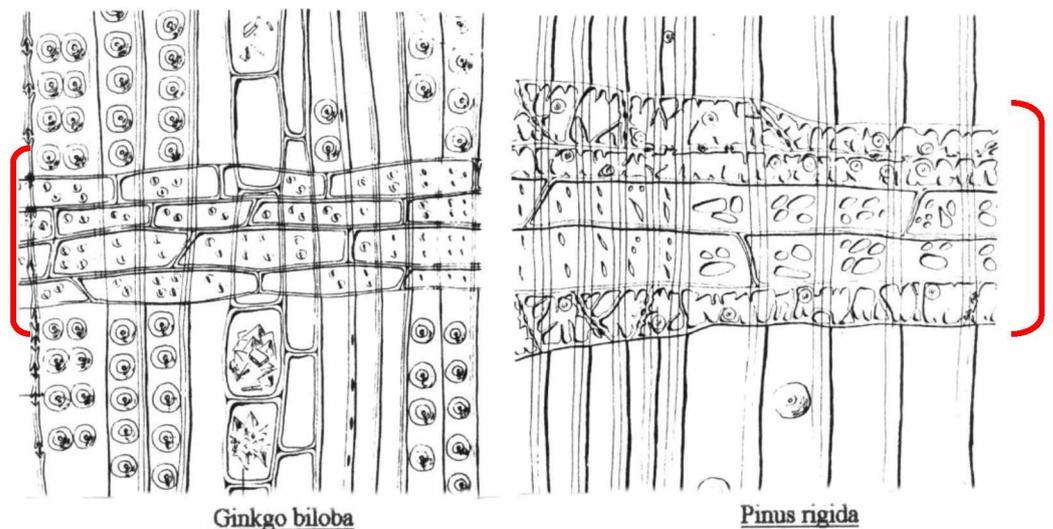


Fig 20: A la izquierda, radios leñosos homocelulares, a la derecha radios leñosos heterocelulares.

B. Parénquima epitelial en Canales resiníferos radiales

(Ver punto 1.3.1.D)

C. Traqueidas radiales

Se desarrollan de las iniciales radiales del cambium. Sus paredes presentan puntuaciones areoladas mucho más pequeñas que aquellas de las traqueidas axiales.

Según la especie tienen diferente ubicación dentro del radio:

a- en posición marginal.

b- alternando con hileras de células parenquimáticas.

Se encuentran en los géneros *Pinus*, *Picea*, *Larix* y *Cedrus* así como en *Tsuga* y *Pseudotsuga*. Fuera de las Pináceas no existe normalmente, salvo en los géneros *Chamaecyparis* y *Sequoia*.

Las traqueidas radiales del género *Pinus* presentan una característica que permite la diferenciación de las especies en dos grupos:

a. Pinoteas, pinos duros o pinos resinosos:

Las paredes internas de las traqueidas radiales son dentadas. Pueden llegar a unirse los dientes y formar un retículo.

Ej: *Pinus contorta* var. *latifolia*, *Pinus elliotii*, *Pinus taeda*, *Pinus radiata*, *Pinus canariensis*.

b. Pinos blandos:

Las paredes internas de las traqueidas radiales son lisas.

Ej: *Pinus strobus*, *Pinus ponderosa*, *Pinus monticola*, *Pinus halepensis*.

Los términos "pinos duros" y "pinos blandos" aluden a la dureza y densidad del leño de estas especies en su **área de origen**, pudiendo no corresponderse con la dureza y densidad de las mismas en otras regiones.

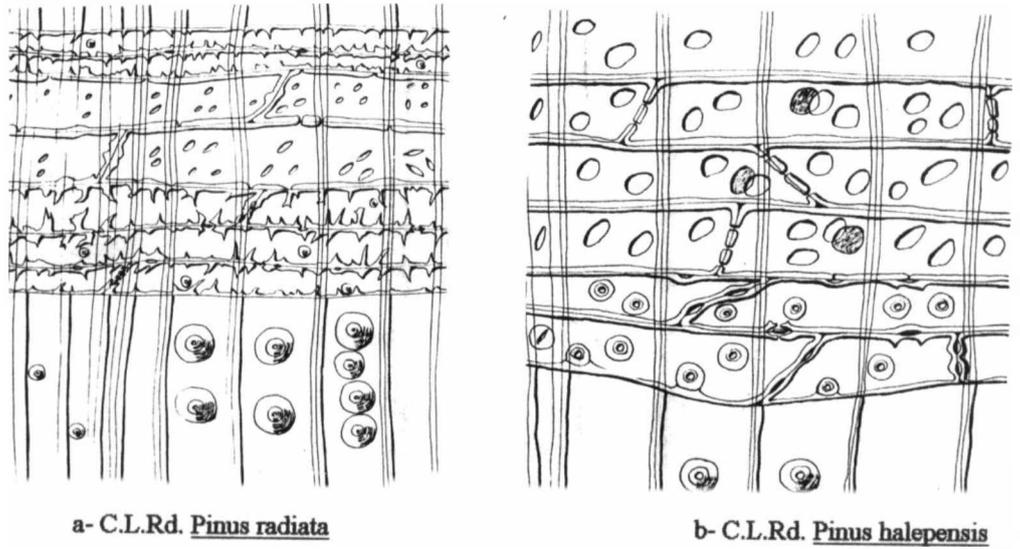


Fig. 21: A la derecha, traqueidas radiales de paredes internas lisas. A la izquierda, traqueidas radiales de paredes internas dentadas.

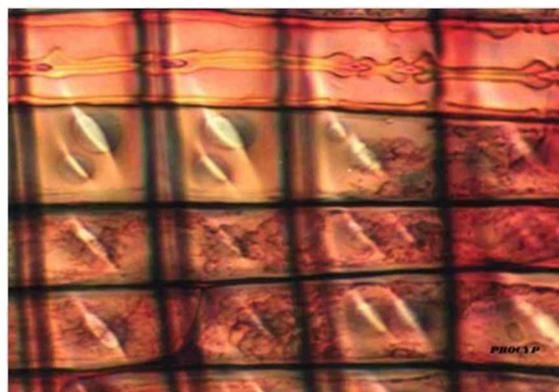
1.3.3. Campos de cruzamiento

Se define como campo de cruzamiento al área formada en el plano longitudinal radial, resultante del encuentro entre una célula parenquimática del radio y una traqueida axial.

Los distintos tipos morfológicos de campos de cruce son determinados por:

- ✚ tamaño, tipo y número de puntuaciones por campo.
- ✚ presencia o ausencia de areolas.
- ✚ tamaño, tipo y forma de aberturas en las puntuaciones.

Este carácter es de gran **valor diagnóstico** para determinar géneros y algunas veces especies en Gimnospermas.

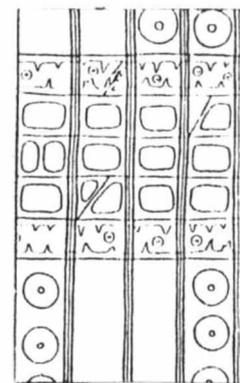
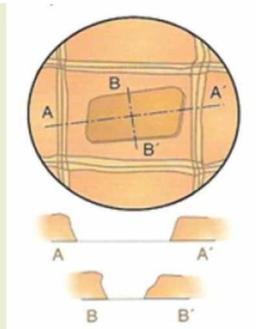


Tipos morfológicos de campos de cruzamiento

a. Tipo Fenestriforme:

Puntuaciones simples, grandes.

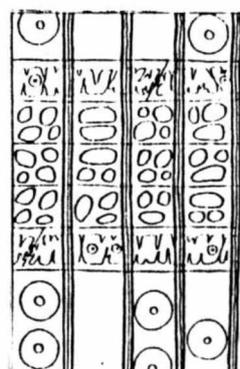
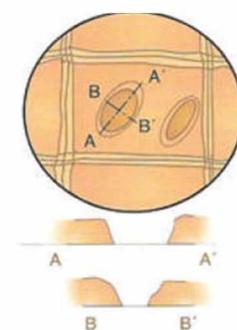
Ej: *Pinus sp.*, *Podocarpus sp.*



2- Tipo Pinoide

Puntuaciones más o menos pequeñas, simples o muy estrechamente rebordeadas y de forma variable.

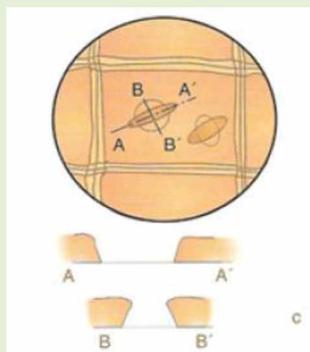
Ej: *Pinus sp.*



3- Tipo Piceoide

Puntuaciones areoladas, pequeñas y con apertura extendida.

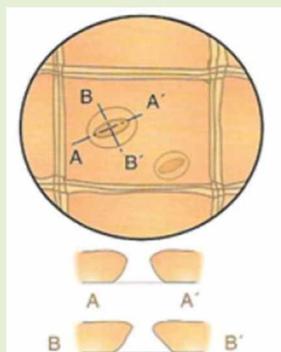
Ej: *Picea sp.*, *Larix sp.*, *Pseudotsuga sp.*



4- Tipo Cupresoide

Puntuaciones areoladas, pequeñas, con apertura incluida y de forma elíptica.

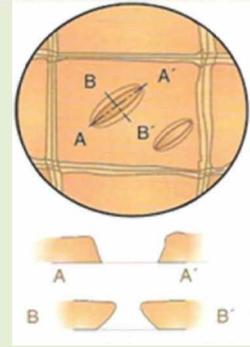
Ej: *Cupressus sp.*, *Araucaria sp.*¹



¹ Actualmente, la Asociación Internacional de Anatomistas de la Madera (IAWA) define un sexto tipo de campo de cruzamiento: el **araucarioide**, típico del género *Araucaria*: es muy similar al cupresoide, pero con un arreglo más apretado de las puntuaciones, que adoptan un contorno poligonal.

5- Tipo Taxodioides

Puntuaciones pequeñas, que a primera vista parecen pinoides o cupresoides. Las aperturas son sin embargo mayores y las paredes de la apertura invertidas



Ej: *Taxodium sp.*, *Sequoia sp.*

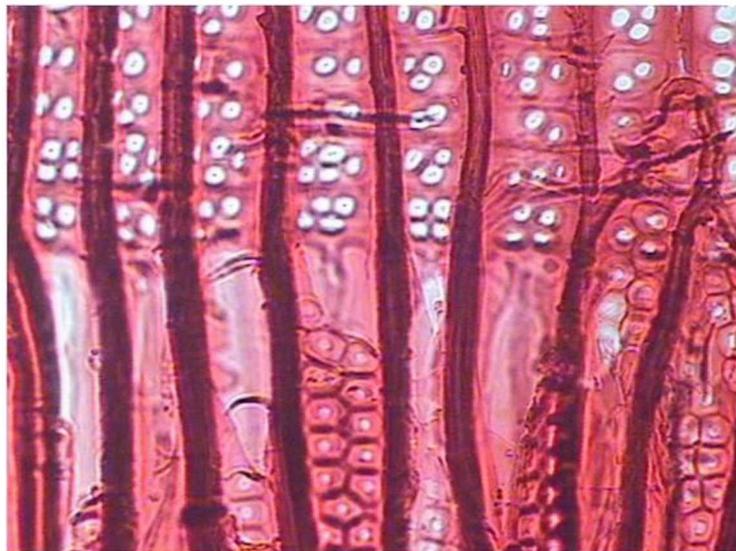
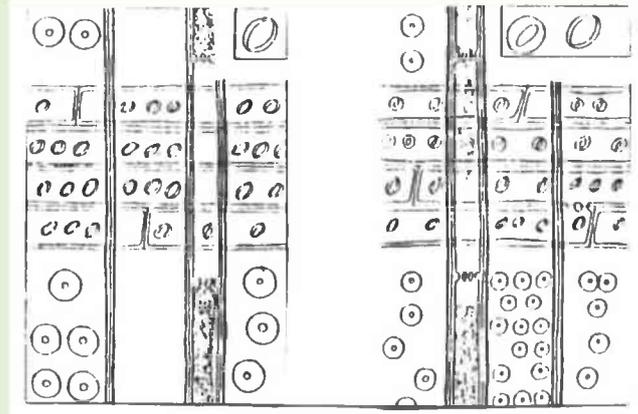


Fig. 22: Campo de cruzamiento araucarioide . *Araucaria angustifolia*

1.4 Caracteres diagnósticos a considerar en cada sección de estudio

Sección transversal (Tr)

| | |
|---|--|
| 1- Anillos de crecimiento | Demarcados No demarcados |
| 2- Parénquima axial (corroborar en corte longitudinales) | Difuso Ausente |
| 3- Canales resiníferos radiales | Presentes Ausentes En el leño tardío En el leño temprano En la transición En todo el anillo Normales Traumáticos Epitelio: de paredes delgadas de paredes gruesas |
| 4- Radios leñosos | Largos Cortos |

Sección longitudinal tangencial (Tg)

| | |
|---------------------------------|---|
| 1- Radios leñosos | Uniseriados Biseriados Fusiformes |
| 2- Traqueidas axiales | Presencia de puntuaciones en paredes tangenciales Espesamientos espiralados |
| 3- Canales resiníferos radiales | Presentes Ausentes Epitelio: de paredes delgadas de paredes gruesas |

Sección longitudinal radial (Rd)

| | |
|---|-------------|
| 1-Traqueidas axiales con puntuaciones areoladas | Uniseriadas |
| | Biseriadas |
| | . opuestas |
| | . alternas |
| | Triseriadas |

2-Presencia de engrosamientos espiralados en traqueidas axiales

| | |
|--------------------------|--------------------|
| 3- Campos de cruzamiento | Tipo fenestriforme |
| | Tipo pinoide |
| | Tipo piceoide |
| | Tipo cupresoide |
| | Tipo taxodioide |

| | |
|-------------------|-----------------|
| 4- Radios leñosos | Homocelulares |
| | Heterocelulares |

| | |
|----------------------------------|-----------------------|
| 5- Traqueidas radiales presentes | Pared interna lisa |
| | Pared interna dentada |

Caracteres diagnósticos en material disociado

1- Traqueidas: axiales y radiales.

2- Parénquima: axial y radial.

3- Parénquima epitelial.

Bibliografía

✚ Cortés, F. 1980. Histología vegetal básica. Ed. Blume.

✚ García Esteban, L.; Guindeo Casasús, A. y P. de Palacios de Palacios. 2000. Clave para la identificación de maderas de Coníferas a nivel de especie. Región europea y norteamericana. Invest. Agr.: Sist. Recur. For. 9(1): 117-136.

✚ García Esteban, L.; Guindeo Casasús, A.; Peraza O., C. y P. de Palacios de Palacios. 2003. La madera y su anatomía. Ed. Mundi Prensa, Aitim, Madrid: 327 pp.

- ✚ Greguss, P. 1955. Identification of living Gymnosperms on the basis of xylotomy. Akademiai Kiado. Budapest.
- ✚ International Association of Wood Anatomists. 2004. IAWA List of microscopic features for softwood identification. IAWA Journal 25 (1): 1-70.
- ✚ J'acquot, C. 1955. Atlas d' Anatomie des Bois des Conifères. Centre technique du Bois. Paris.
- ✚ Jane, F.W. 1970. The structure of wood. Adam & Charles Blach. London.
- ✚ Phillips, E.W.J. 1948. Identification of softwoods by their microscopic structure. Dep. Sci. Ind. Research, London, Forest Prods. Res. Bull. n° 22: 56 pp.

2. XILOLOGÍA DE ANGIOSPERMAS DICOTILEDÓNEAS

2.1. Análisis macroscópico del leño de las Dicotiledóneas

El leño de las Angiospermas es más complejo que el de las Gimnospermas ya que los elementos anatómicos que lo componen se presentan diferentes en forma, clase, tamaño y distribución. Los elementos de vaso cumplen la función principal de conducción, las fibras la de sostén y el parénquima el almacenamiento y producción de sustancias. Debido a la presencia de vasos (llamados poros en secciones transversales), a estas maderas se las denomina "porosas".

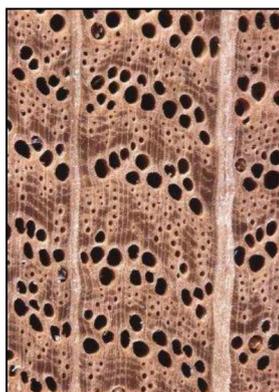


Fig. 23: *Quercus rubra* "Roble rojo americano"



Fig. 24: *Quercus robur* "Roble europeo"

Los caracteres macroscópicos a observar son:

Sección transversal

| | |
|------------------------|---|
| Anillos de crecimiento | Demarcados (por qué)/ no demarcados |
| Porosidad | Difusa/ semicircular/ circular |
| Disposición de vasos | Dendrítica/ diagonal/ ulmoide/ sin disposición |
| Tipos de vasos | Solitarios/ múltiples cortos/ múltiples largos/ agrupados |
| Parénquima axial | Apotraqueal (muy difícil de observar macro) Paratraqueal: vasicéntrico/ aliforme/ confluyente En bandas: anchas/ angostas/ reticulado/ marginal |
| Radios leñosos | Visibles a simple vista/ con lupa/ no visibles |

Contenidos y tilosis

Sección longitudinal tangencial

Estructura estratificada: presencia/ ausencia
Contenidos

Sección longitudinal radial

Contenidos



Fig. 25: Rodaja de Angiosperma.

Otros caracteres a observar: color, olor, brillo, textura, grano y diseño.

Los elementos anatómicos de las Angiospermas agrupados por sistemas son:

✚ Sistema axial: elementos de vaso, traqueidas (restringidas a algunas especies), fibras y parénquima.

✚ Sistema radial: parénquima.

En las Angiospermas, a diferencia de las Gimnospermas, las secciones más importantes para la identificación de una especie son la **sección transversal** y la **longitudinal tangencial**, ya que brindan mayor cantidad de información diagnóstica.

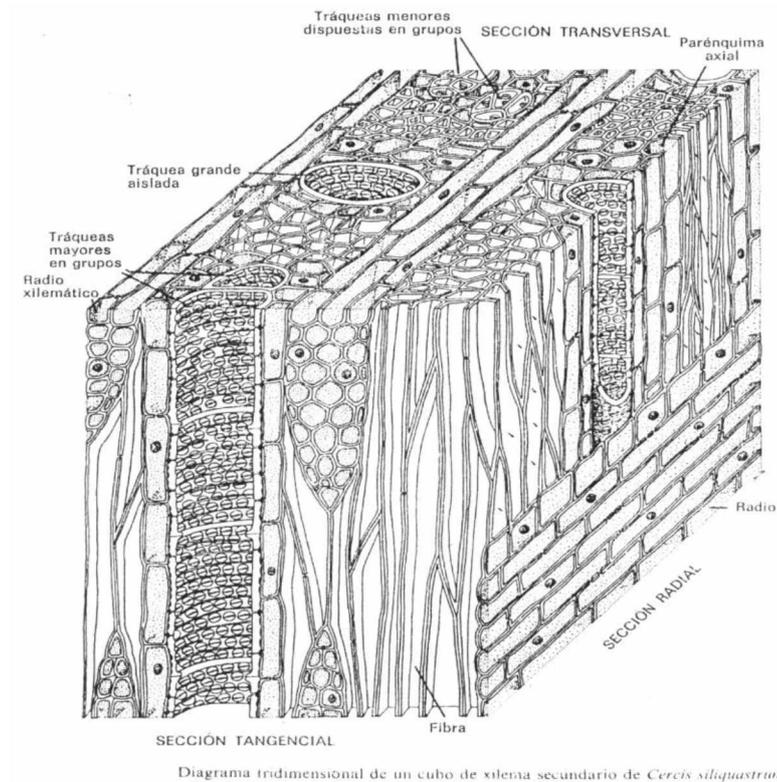


Fig. 26: Diagrama tridimensional de un cubo de xilema secundario de *Cercis siliquastrum*.

2.2.1. Elementos anatómicos del sistema axial:

- A. Elementos de vaso
- B. Traqueidas
- C. Fibras
- D. Parénquima

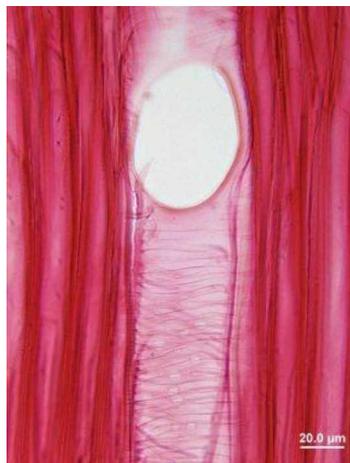
A. Elementos de vaso

Los elementos de vaso son células muertas a la madurez y especializadas en la conducción de agua. Se caracterizan por poseer perforaciones de la pared a nivel de las placas de perforación. Su forma varía desde muy alargados con lumen estrecho, a cortos con forma de tonel. Las dimensio-

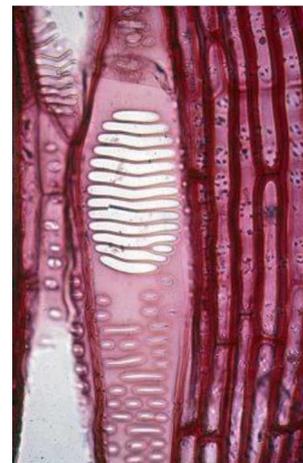
nes (longitud total y diámetro tangencial) son características a tener en cuenta en una identificación y/o descripción.

Los elementos de vaso en el leño se unen por sus placas de perforación, formando tubos de células longitudinales llamados vasos o tráqueas. En corte transversal reciben el nombre de "poros". Existen distintos tipos de placas de perforación: simple (una sola abertura), escalariforme (varias aberturas paralelas) o reticulada (cribadas formando un diseño de red), pudiendo observarse en cortes longitudinales radiales.

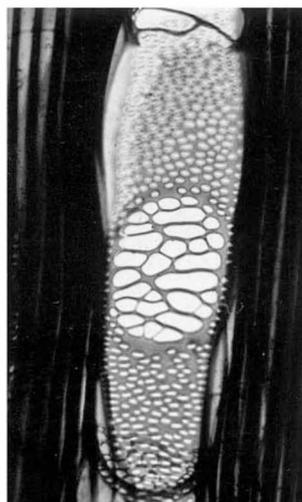
Simple



Escalariforme



Reticulada



Foraminada

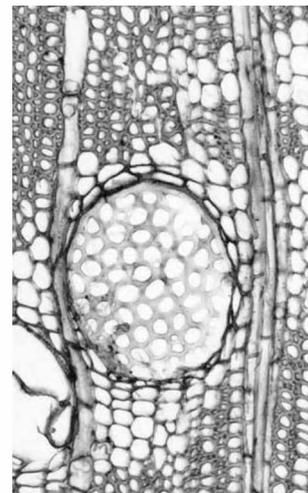


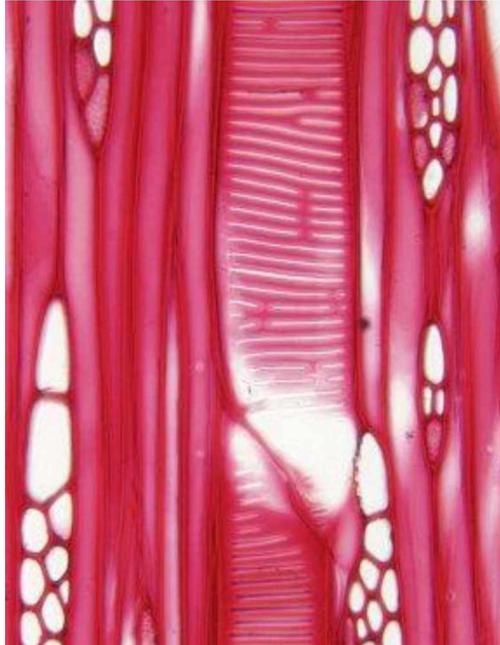
Figura 27: Placas de perforación. (Imágenes Wood Anatomy, Insidewood, IAWA)

En sus paredes longitudinales radiales y tangenciales el elemento de vaso posee puntuaciones, que vinculan su lumen con el de otras células. Estas

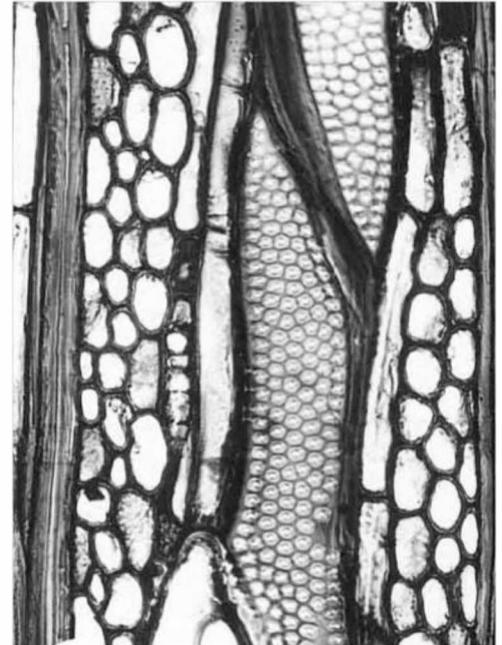
puntuaciones varían en tipo, tamaño y número, pudiendo ser areoladas o semiareoladas, con la areola siempre del lado del elemento de vaso. Pueden encontrarse en disposición opuesta, alterna o escalariforme, siendo la forma de la areola circular a oval, o poligonal.

En la parte interna de la pared secundaria pueden presentarse engrosamientos anulares, helicoidales o escalariformes.

Puntuaciones escalariformes



Alternas



Opuestas



Engrosamientos helicoidales

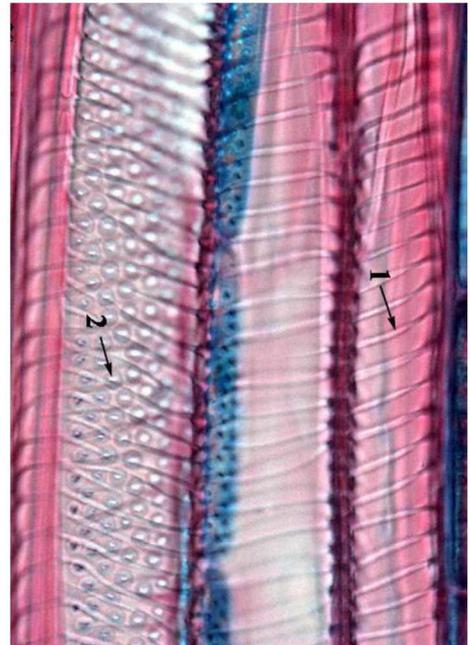


Fig. 28: Tipos de Puntuaciones. Engrosamientos helicoidales. ((Imágenes Insidewood, IAWA)

B. Traqueidas:

No siempre están presentes en el leño de las Angiospermas, por lo que no se lo considera un elemento característico de este grupo. Cumplen funciones de conducción y de sostén, estando menos especializadas que las fibras y los elementos de vaso. Son elementos imperforados, encontrándose solamente puntuaciones areoladas en sus paredes. Las traqueidas generalmente se encuentran rodeando al elemento de vaso, por ello, se denominan "vasicéntricas".

Ej. en *Eucalyptus sp.* También en el leño tardío de algunas especies de porosidad circular como *Melia azedarach* y *Quercus sp.*

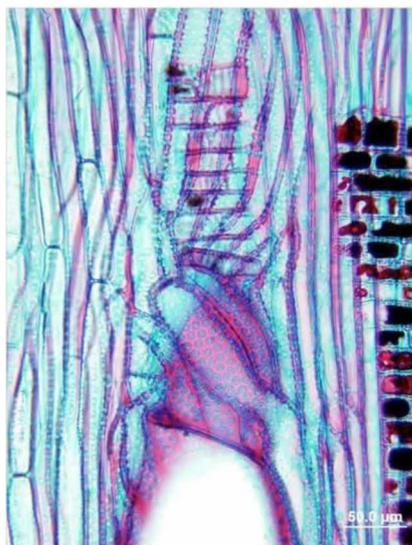
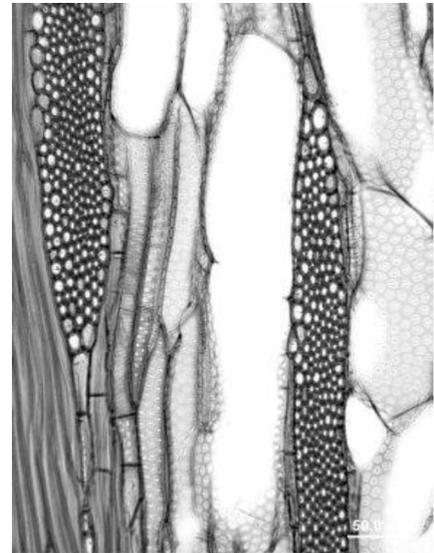
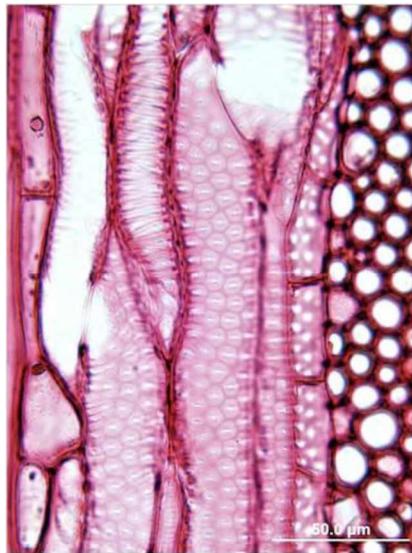


Fig.29: Traqueidas vasicéntricas vistas en sección radial y en un disociado. (Imágenes: Inside Wood- lawa)

Fibras

Son en general células muertas a la madurez, muy largas, estrechas, y con extremos terminados en punta. Tienen una pared 2° engrosada, con puntuaciones simples pequeñas y escasas, siendo su función principalmente el sostén (citadas en bibliografía como "fibras libriformes").

Hay fibras que difieren en uno o más de los caracteres nombrados (IAWA, 1989):

✚ fibras con paredes 2° de engrosamiento intermedio, con puntuaciones areoladas, más grandes y en mayor número que en el caso anterior. Se las considera formas intermedias entre las fibras libriformes y las traqueidas ("fibrotraqueidas")

✚ fibras con septos internos que compartimentalizan el lumen celular. ("fibras septadas").

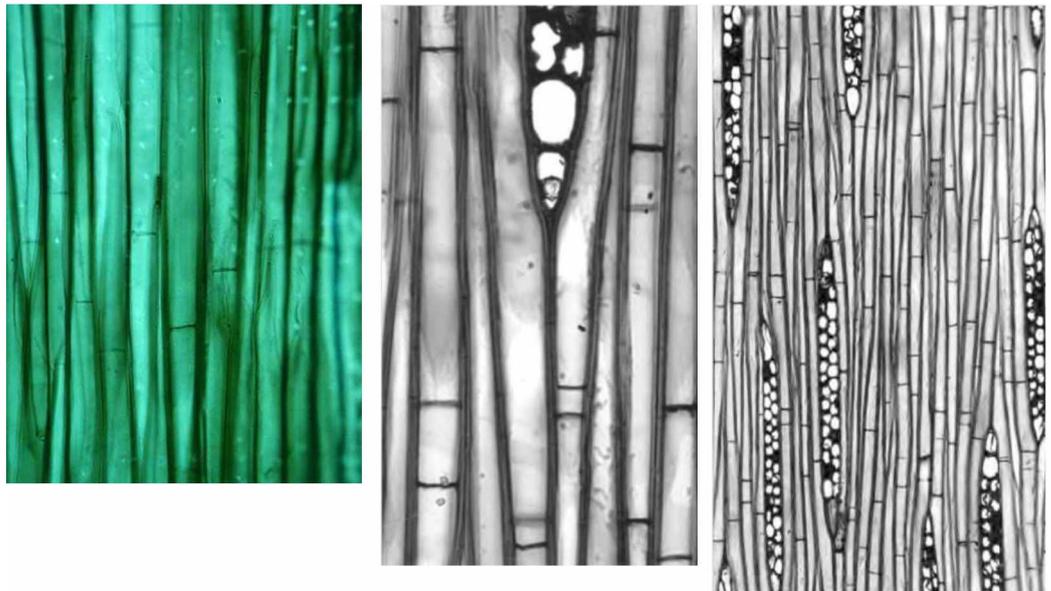


Fig.30: Fibras septadas. (Imágenes: Wood Anatomy, IAWA)

✚ fibras con la parte interna de la pared 2° higroscópica y pobre en lignina, que se dilata al absorber agua ocupando todo el lumen celular ("fibra gelatinosa"). Comunes en el **leño de tensión**.

✚ fibras con protoplasmas vivos a la madurez. Cumplen funciones de reserva además de la de sostén.

Las fibras constituyen el 50% o más del volumen de la madera de las dicotiledóneas. Las variaciones en cantidad y calidad de las mismas tienen

efecto sobre la densidad de la madera, resistencia, características de contracción y otras propiedades que afectan su utilización.

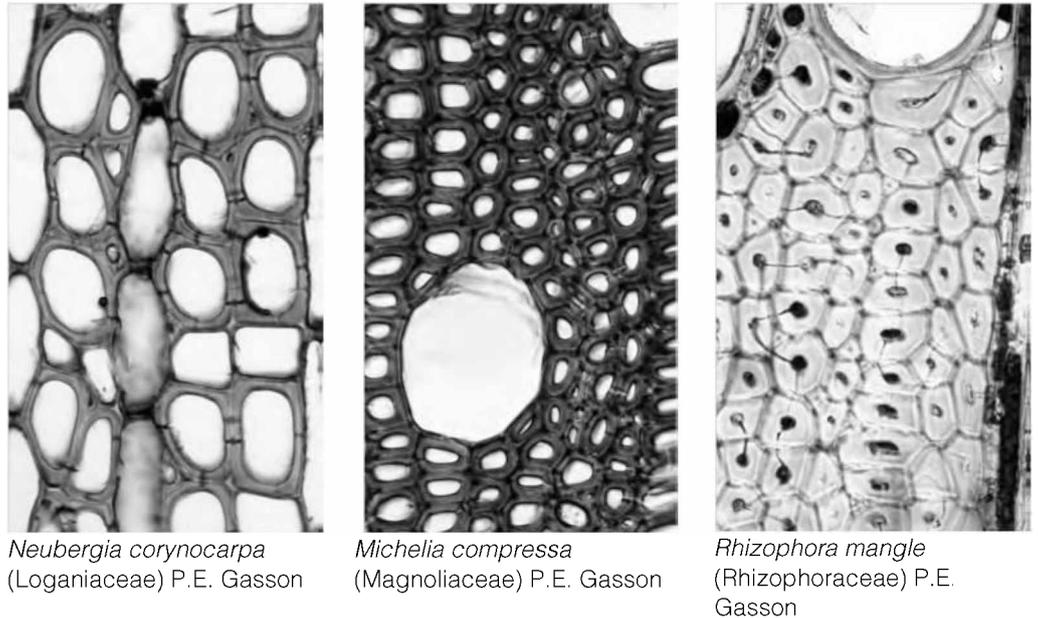


Fig.31: Distintos espesores de pared de fibras. Imágenes: lawa

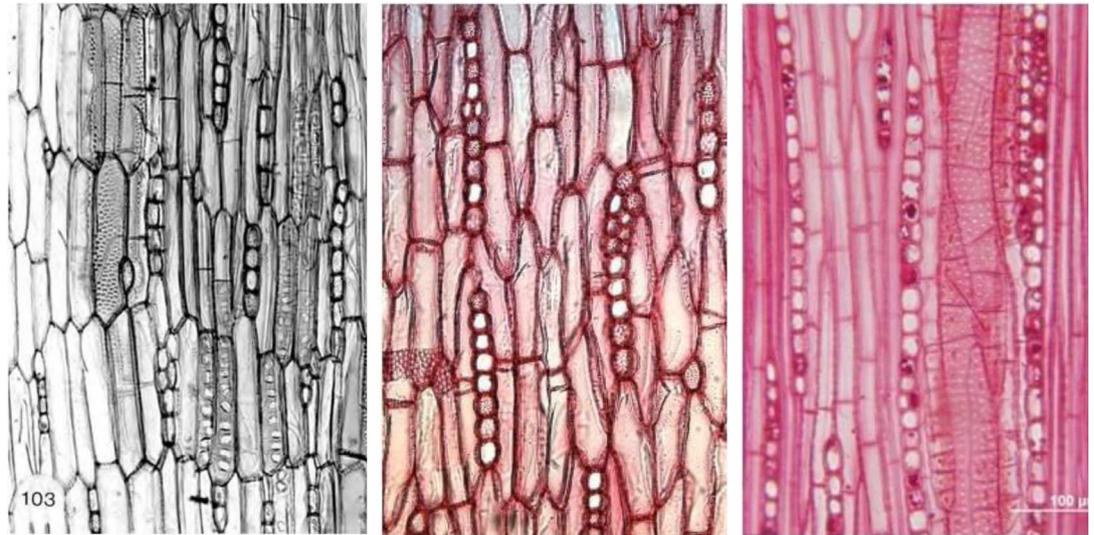
C. Parénquima axial:

Se origina a partir de la división de las iniciales fusiformes del cambium y esta compuesto por células vivas a la madurez. Poseen pared 2° con puntuaciones simples y su función principal es el almacenamiento de sustancias como almidón, grasas, taninos, y distintos tipos de cristales.

Las células son alargadas y angostas vistas en sección tangencial, pudiendo ser largas como sus iniciales fusiformes (ya que no se subdividen ni crecen por sus extremos) denominándose **parénquima axial fusiforme**; o pueden experimentar divisiones transversales en número variable, formándose células más cortas separadas unas de otras por tabiques, llamadas **series de parénquima axial**. Estas series se clasifican según la cantidad de células resultantes en 2, 3, 4 ó más células por serie parenquimática.

Parénquima fusiforme

Parénquima en series de dos y de más de 4 células



Aeschynomene elaphroxylon

Carya ovata australis

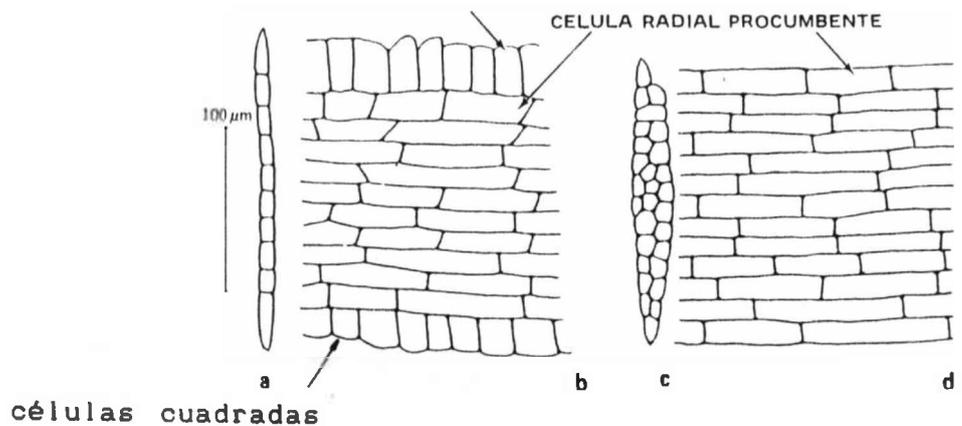
Fig.32: Distintos de parénquima. (Imágenes: lawa, Inside Wood)

2.2.2. Elementos del sistema radial

A. Parénquima radial

Se origina a partir de las iniciales radiales del cambium y forman los radios. Las características de pared celular y funciones no difieren de las vistas para el parénquima axial.

Se distinguen tres tipos básicos de células parenquimáticas de acuerdo a sus dimensiones vistas en sección radial: células alargadas en la dirección radial (células procumbentes), células cuadradas, y células verticalmente alargadas (células erectas).



Dos tipos de radio como se ven en cortes tangencial (a, c) y radial (b, d). a, b, *Fagus grandifolia*. c, d, *Acer saccharatum*.

Fig.33: Dos tipos de radio en corte tangencial.

2.2.3. Clasificaciones

✚ Distribución de los vasos o poros (vistos en C.T.)

1. Tipos de poros

- a. Solitarios
- b. Múltiples cortos
- c. Múltiples largos
- d. Agrupados

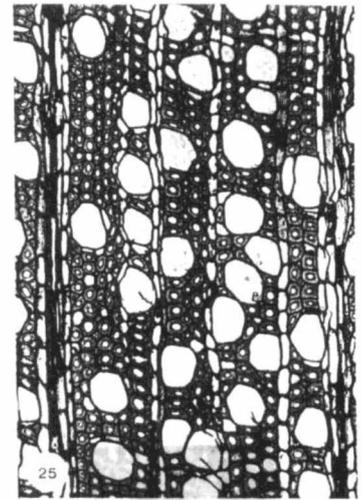


Fig. 34: Poros solitarios de contorno angular

a. **Solitarios:** (90% o más) : Los poros se encuentran aislados o separados unos de otros. Ej. *Aspidosperma quebracho-blanco* "quebracho blanco", *Eucalyptus camaldulensis*.

b. **Múltiples cortos:** 2 o 3 poros unidos en líneas paralelas a los radios y comprimidos unos contra otros. Ej. *Prosopis caldenia* "caldén", *Cedrela sp.* "cedros", *Parapiptadenia rigida* "anchico colorado", *Myrcarpus frondosus* "incienso".

c. **Múltiples largos:** de 4 o más poros unidos en líneas paralelas a los radios y comprimidos unos contra otros. Ej. *Nothofagus sp.*, *Salix sp.* "sauces", *Populus sp.* "álamos".

Fig. 35: Poros múltiples cortos y múltiples largos

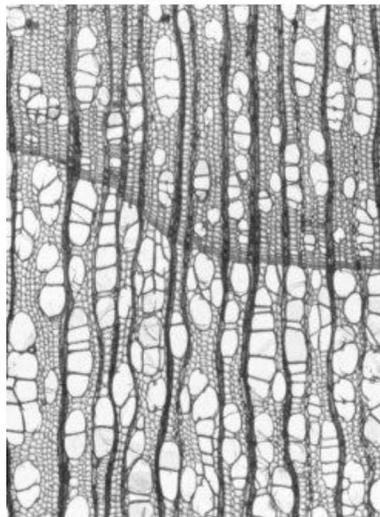


Fig. 36: Poros múltiples cortos y solitarios



d. **Agrupados:** cuando se encuentran reunidos de a 3 ó más poros con sus paredes tangenciales y radiales en contacto. Se encuentran frecuentemente en el leño tardío de maderas con porosidad circular o semicircular y en maderas con disposición ulmoide. Ej. *Prosopis alba* "algarrobo blanco", *Melia azedarach* "paraíso", *Lomatia hirsuta* "radal".

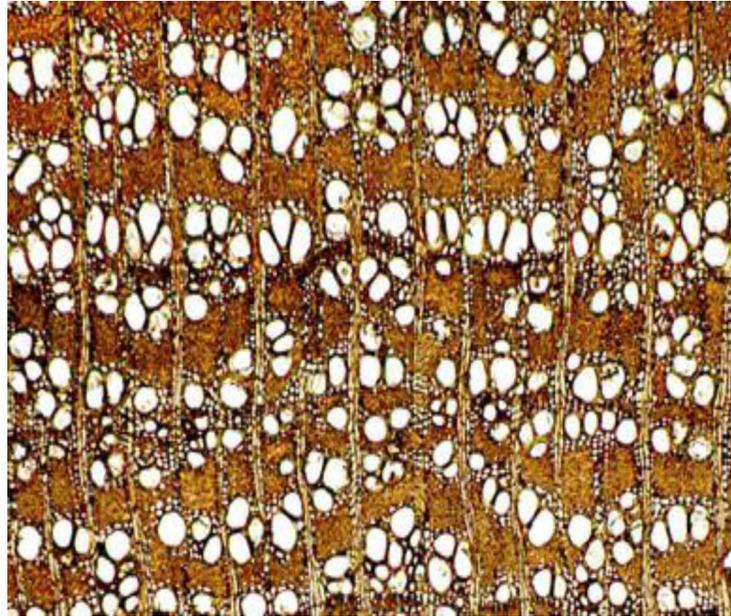


Fig. 37: *Poros agrupados*

Otro carácter que se tiene en cuenta al realizar una identificación y/o una descripción es el contorno de los poros solitarios, pudiendo ser: circulares, ovales, o angulosos.

Los tipos que aparecen con más frecuencia son los múltiples radiales cortos con una proporción variable de poros solitarios.

2- Porosidad

Es el ordenamiento de los vasos en el anillo de crecimiento. Se pueden distinguir:

a- Porosidad circular

b- Porosidad semicircular

c- Porosidad difusa

a. **Porosidad circular:** cuando existen diferencias contrastantes en diámetro y/o cantidad de poros entre el leño temprano y el tardío. Ej.

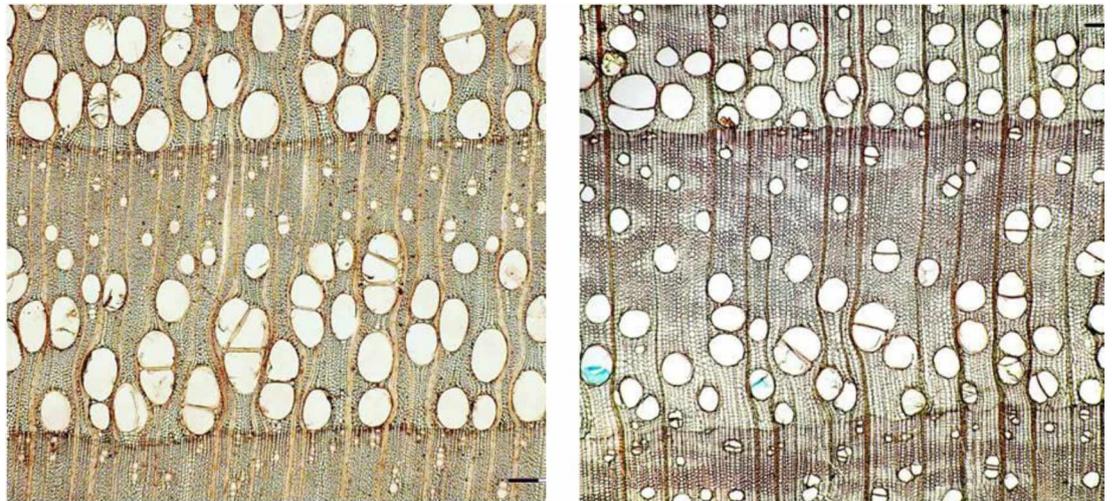
Quercus sp. "roble", *Prosopis caldenia* "caldén", *Ulmus sp.* "olmos",
Fraxinus sp. "fresnos".

b. **Porosidad semicircular:** cuando tanto el diámetro, como el número de los poros, disminuye en forma gradual hacia el leño tardío. Es una condición intermedia entre porosidad circular y difusa. Ej. *Juglans australis* "nogal criollo", *Cedrela fissilis* "cedro misionero".

c. **Porosidad difusa:** cuando los poros son más o menos uniformes en tamaño y número en todo el anillo de crecimiento. Ej. *Tabebuia ipe* "Lapacho negro", *Patagonula americana* "guayaibí", *Prosopis nigra* "algarrobo negro", *Cordia trichotoma* "peteribí".

Porosidad circular (*Fraxinus sp*)

P. semicircular (*Fagus sp*)



P. difusa (*Acer sp*)



Fig.38: Tipos de porosidad. (Imágenes Wood anatomy)

3- Disposición de los poros

La mayoría de las maderas carece de una disposición particular de sus poros. Cuando este carácter se presenta, corresponde en general a alguno de los tipos siguientes:

- a- disposición dendrítica o flamiforme
- b- disposición en bandas tangenciales o ulmoide
- c- disposición diagonal

a. **Dendrítica o flamiforme:** arreglo de los poros en un patrón ramificado siguiendo la dirección de los radios. Ej. *Quercus robur* "roble europeo", *Bumelia obtusifolia* "guaraniná".



Fig.39: *Rhamnus cathartica*

b. **Ulmoide, o en bandas tangenciales:** arreglo de los poros en bandas tangenciales cortas o largas orientadas en forma perpendicular a los radios y siguiendo los anillos de crecimiento. Estas bandas pueden ser rectas u ondeadas. Ej. *Ulmus pumilia* "olmo", *Patagonula americana* "guayaibí".

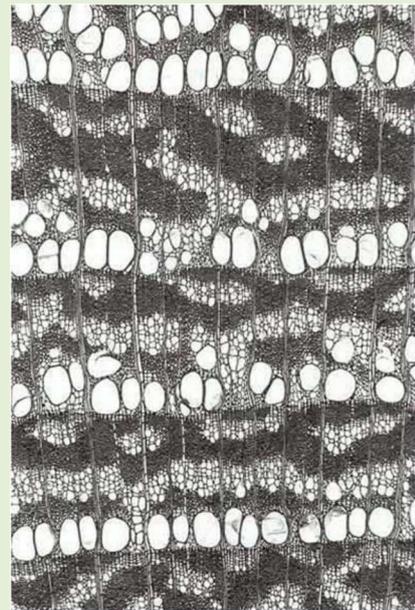


Fig.40: *Ulmus campestris*

c. Diagonal: poros dispuestos en forma oblicua a los anillos de crecimiento. Ej. *Eucalyptus globulus*, *Eucalyptus viminalis*.



Fig.41: *Eucalyptus viminalis*

(Imágenes Wood anatomy- Inside wood)

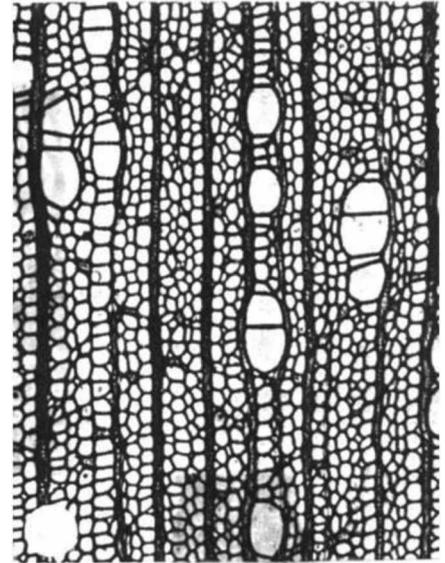
✚ Distribución del parénquima axial_(visto en C.T.)

| | |
|----------------------------|---|
| 1- Parénquima apotraqueal | a- difuso b- difuso agregado |
| 2- Parénquima paratraqueal | a- escaso b- unilateral c- vasicéntrico d- aliforme e- confluyente |
| 3- Parénquima en bandas | a- anchas (de más de 3 células de espesor) b- angostas (de menos de 3 células) c- reticulado d- marginal |

1- Parénquima apotraqueal:

Es cuando el parénquima no se halla asociado a los vasos.

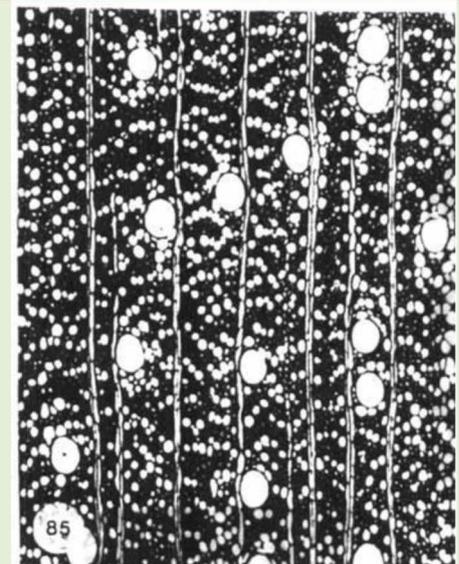
a- Difuso: células aisladas entre las fibras. Ej. *Aspidosperma quebracho blanco* "quebracho blanco", *Eucalyptus camaldulensis* "eucalipto colorado", *Salix sp.* "sauces".



Alnus glutinosa, × 115.

Fig. 42: Parénquima difuso

b- Difuso agregado: pequeños grupos de células agrupadas en cortas líneas discontinuas, tangenciales u oblicuas. Ej. *Aspidosperma polyneuron* "palo rosa"



Agonandra brasiliensis, × 45.

Fig. 43: Parénquima difuso en agregado

2- Parénquima paratraqueal:

Cuando el tejido parenquimático se halla asociado a los vasos.

Escaso:

Células parenquimáticas aisladas alrededor del poro.

Ej. *Nothofagus pumilio* "lenga",
Nothofagus dombeyi "coihue".

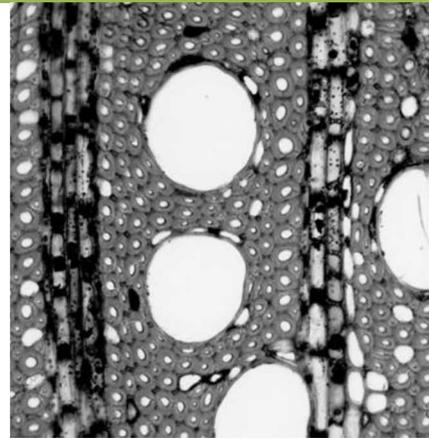


Fig.44: Parénquima paratraqueal escaso. (imágenes lawa)

Unilateral:

Células parenquimáticas formando una vaina incompleta o casquete alrededor del poro.

Ej. *Astronium balansae* "urunday", *Lomatia hirsuta* "radal" y *Chlorophora tinctoria* "mora amarilla".

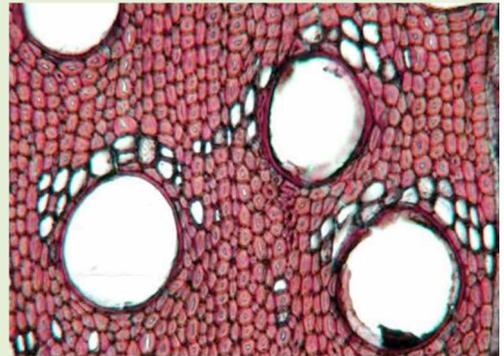


Fig.45: Parénquima paratraqueal unilateral. (imágenes lawa)

Vasicéntrico:

Células parenquimáticas formando una vaina completa alrededor del poro.

Ej. "cedros", *Parapiptadenia rigida* "anchico colorado", *Prosopis spp.* "algarrobos", *Peltophorum dubium* "ibirá-pitá".

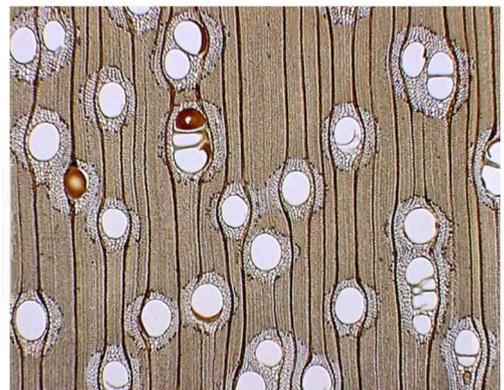


Fig.46: Parénquima paratraqueal vasicéntrico. . (imágenes Delta Intkey)

Aliforme:

Parénquima rodeando el poro o a ambos lados del mismo, y con expansiones laterales.

Ej. *Amburana cearensis* "roble criollo o cerejeira", *Myrocarpus frondosus* "incienso".

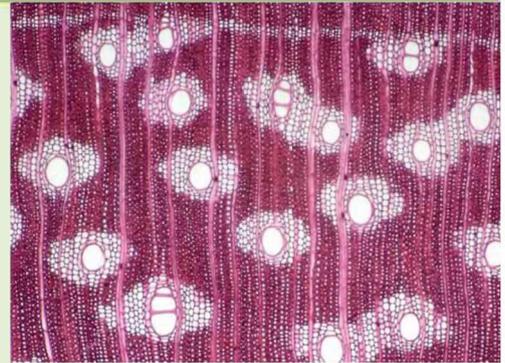


Fig.47: Parénquima paratraqueal aliforme. (imágenes lawa)

Confluente:

Coalescencia de parénquima vasicéntrico o aliforme alrededor de uno o más vasos y formando frecuentemente bandas irregulares.

Ej. *Prosopis nigra* "algarrobo negro", *Apuleia leiocarpa* "grapia".

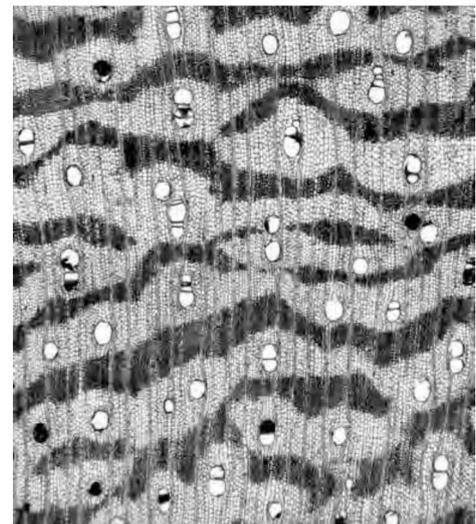


Fig.48: Parénquima paratraqueal confluyente. (imágenes Inside wood)

3- Parénquima en bandas:

- a. **Anchas** (de más de 3 células). Ej. *Prosopis caldenia* "caldén", *Prosopis nigra* "algarrobo negro" y *P. alba* "algarrobo blanco".
- b. **Angostas** (de menos de 3 células de espesor). Ej. *Tipuana tipu* "tipa blanca".
- c. **Reticulado**: parénquima en líneas tangenciales continuas, aproximadamente del mismo ancho que los radios, regularmente espaciados y formando una red con ellos. Ej. *Juglans australis* "nogal criollo", *Bumelia obtusifolia* "guaraniná" y *Quercus ilex* "encino".
- d. **Marginal**: bandas de parénquima de ancho variable que forman una línea más o menos continua en los márgenes de los anillos de

crecimiento. Incluye al parénquima inicial (el que se encuentra al comienzo de un anillo de crecimiento) y al terminal (ubicado al final del leño tardío). Ej. *Cedrela sp.* "cedros", *Balfourodendron riedelianum* "guatambú blanco" y *Peltophorum dubium* "ibirá pitá".

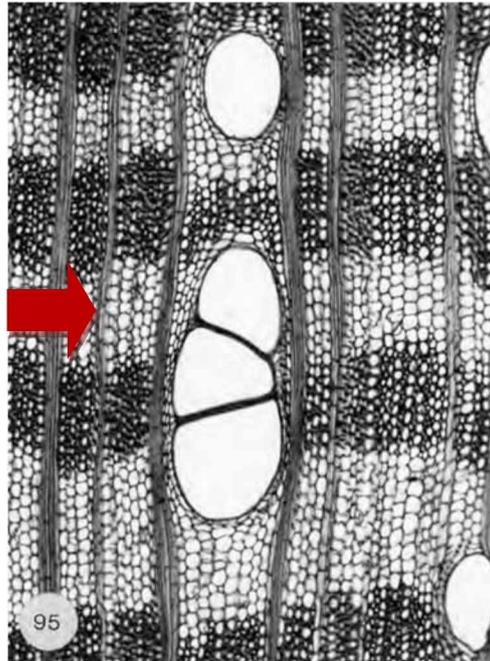


Fig. 49: Parénquima en bandas anchas,

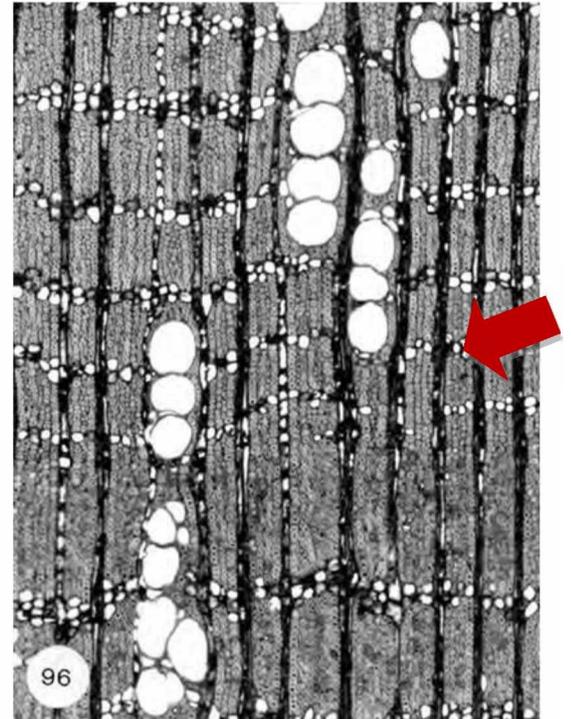


Fig. 50: Parénquima en bandas angostas

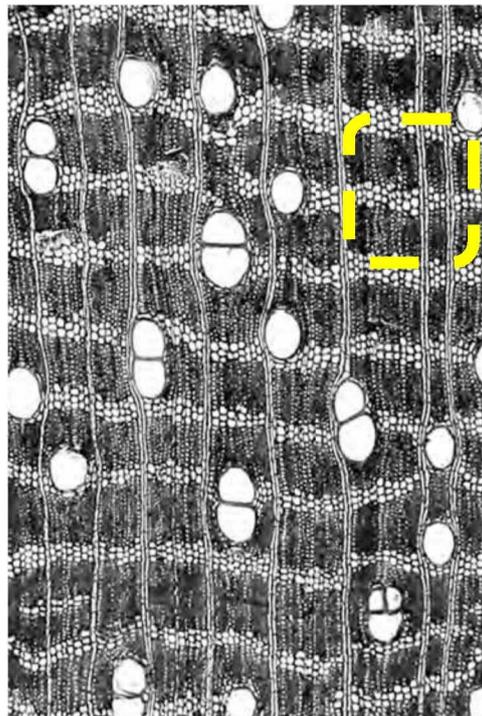


Fig. 51: Parénquima Reticulado

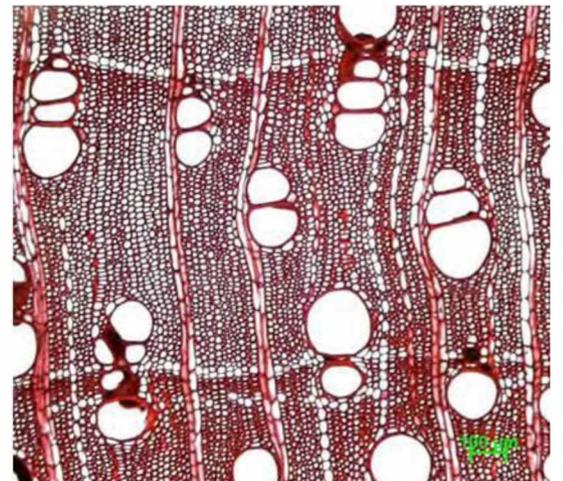


Fig. 52: Parénquima Marginal

✚ Radios leñosos

Los radios de las maderas de dicotiledóneas difieren en altura, espesor y cantidad. Esto último puede observarse y medirse en la sección transversal como **cantidad de radios por milímetro lineal**.

Los radios pueden estar **estratificados o no**, ser visibles o no visibles a simple vista, siendo estas características, junto al **espesor y la composición celular**, de utilidad en la identificación de maderas.

1- Ancho de los radios

El espesor de los radios se determina en la sección tangencial, contando el número de células en la porción más ancha (cuerpo del radio) en forma perpendicular al eje del mismo. De acuerdo al número de células se clasifican en: uniseriados, biseriados, triseriados a multiseriados. Ej.:

- ✚ Uniseriados: *Nothofagus sp.*, *Populus sp.* "álamos" y *Eucalyptus globulus*.
- ✚ Biseriados: *Holocalyx balansae* "alecrín", *Peltophorum dubium* "ibirá-pitá", *Pterogyne nitens* "viraró" y *Apuleia leiocarpa* "grapia".
- ✚ Triseriados: *Caesalpinia paraguariensis* "guayacán", *Tabebuia sp.* "lapachos" y *Parapiptadenia rigida* "anchico colorado".
- ✚ Multiseriados: *Casuarina sp.*, *Fagus sylvatica* "haya", *Platanus acerifolia* "plátano".

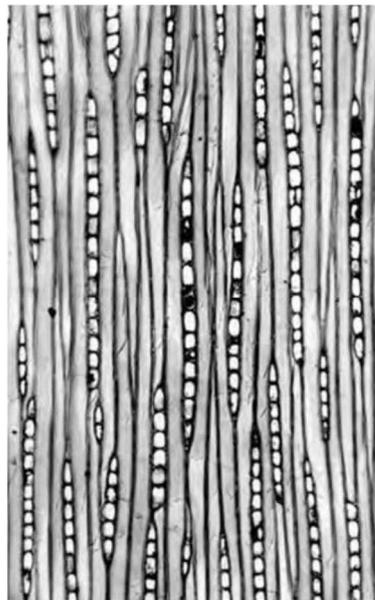


Fig.53: Radios uniseriados

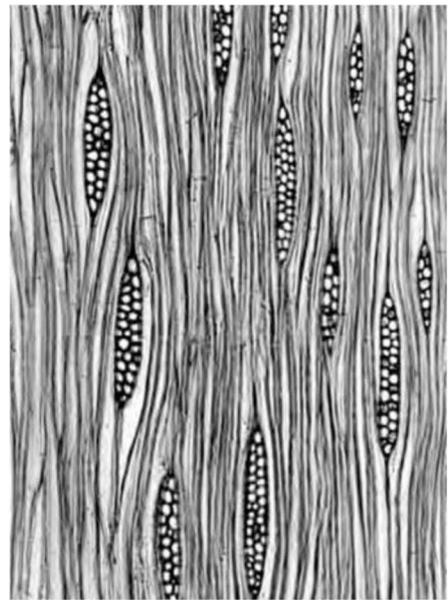


Fig.54: R. bi- triseriados

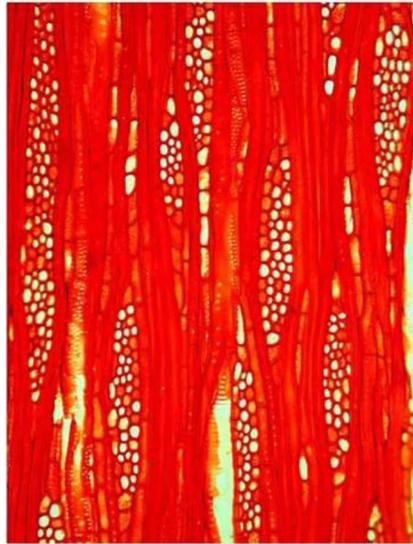


Fig.55: *R. multiseriados*

En una madera pueden aparecer más de una de las categorías descritas, debiendo aclararse entonces al realizar la descripción, cuál de esas categorías predomina.

Existen formas intermedias, pudiendo aparecer radios con el cuerpo multiseriado y extremos uniseriados Ej. *Eucalyptus sp.*

También pueden encontrarse dos grupos de radios bien definidos en una misma madera (en cuanto al espesor) a saber radios uniseriados y multiseriados de más de 10 células, Ej.: *Quercus sp.*, *Fagus sp.*, *Casuarina sp.* A esta característica se la denomina radios de dos tamaños distintos.

2- Composición celular de los radios

En dicotiledóneas los radios están formados enteramente de células parenquimáticas, sin embargo como hemos mencionado anteriormente, éstas pueden variar en forma y tamaño vistas en sección radial entre erectas, cuadradas o procumbentes.

De acuerdo a los tipos celulares que componen los radios se puede hablar de:

✚ **Radios homogéneos:** son aquellos formados por un solo tipo celular, generalmente de procumbentes o cuadradas, raramente de erectas.

Ej. *Prosopis sp.* "algarrobos", *Populus sp.* "álamos", *Quercus robur* "roble europeo".

✚ **Radios heterogéneos:** son aquellos constituidos por **más de un tipo celular**. Generalmente las células erectas y/o cuadradas se hallan en los márgenes en una o varias hileras (alas), quedando el centro del radio (cuerpo) formado por células procumbentes.

Ej. *Eucalyptus* sp., *Tabebuia ipe* "lapacho negro", *Swietenia macrophylla* "mara", *Amburana cearensis* "roble criollo", *Aspidosperma quebracho-blanco* "quebracho blanco".

Estos tipos de radios pueden presentarse en forma combinada en una misma madera. En esos casos deben describirse los tipos de radios que aparecen con mayor frecuencia.

La composición de los radios es una característica importante, frecuentemente de gran utilidad en la separación de maderas, especialmente en aquellas con estructuras anatómicas parecidas. Es por ello que existen clasificaciones de radios, a las cuales se puede recurrir para describir las maderas y confeccionar claves. Entre ellas citaremos la de Kribs (1935) en donde se definen los radios de acuerdo a "Tipos de Kribs", ampliamente utilizada en la bibliografía aunque actualmente en desuso, que combina no solo la composición celular de los radios sino también el ancho de los mismos.

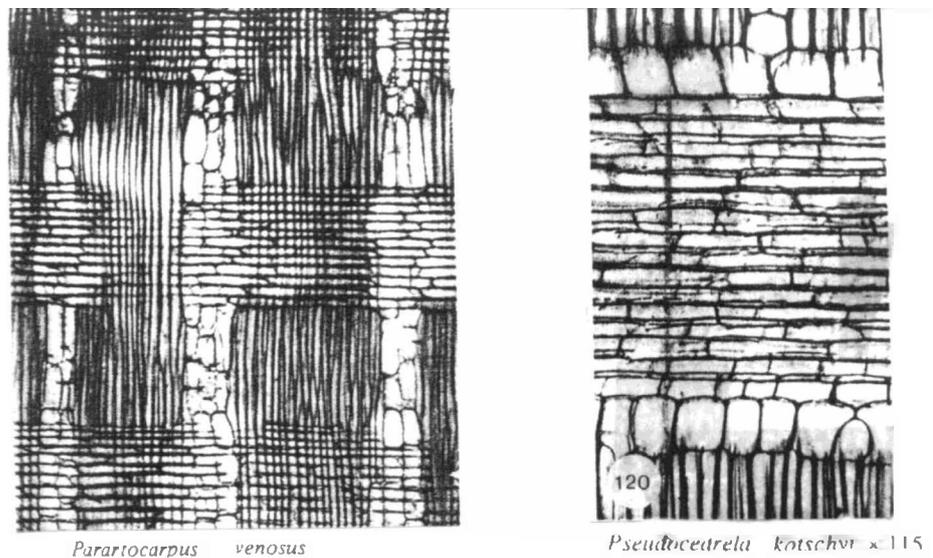


Fig. 56: *Radios homogéneos y heterogéneos*

Estructura estratificada

La estructura estratificada es la ordenación "en pisos" de los elementos leñosos. Puede observarse a ojo desnudo o con lupa; no obstante, para analizar sus características en detalle, es necesario observar cortes longitudinales tangenciales de la madera al microscopio. Este ordenamiento de elementos está determinado a nivel del cambium (cambium estratificado). Sus células iniciales radiales y/o fusiformes se encuentran dispuestas en estratos, los cuales se conservan durante los procesos de división y diferenciación celular.

Se distinguen dos tipos básicos de estructura estratificada: la completa y la incompleta, dado que pueden participar en la estratificación, ya sea todos los elementos leñosos o solo parte de los mismos.

✚ Tipos de estructura estratificada:

- 1- **Completa:** Tanto los elementos vasculares como parénquima axial y radios se disponen en estratos (puede observarse a simple vista o con lupa)

Ej. *Myrocarpus frondosus* "incienso", *Pterogyne nitens* "viraró", *Tabebuia ipe* "lapacho negro", *Apuleia leiocarpa* "grapia", *Holocalyx balansae* "alecrín", *Luehea divaricata* "sota caballo" y *Tipuana tipu* "tipa blanca".

- 2- **Incompleta:** Los elementos vasculares y el parénquima axial están estratificados, no así los radios leñosos. Cuando se disponen en pisos los radios pequeños, mientras que los mayores se ubican en varios estratos, se habla de **estratificación radial incompleta**.

Ej. *Swietenia macrophylla* "mara", *Bastardiopsis densiflora* "loro blanco", *Phyllostylon rhamnoides* "palo blanco" y *Erythrina sp.* "seibos".

- 3- **Irregular:** Los radios y/o elementos axiales estratificados se disponen oblicuos u ondulados, no horizontales. O bien la estratificación se presenta sólo localmente. Ej. *Swietenia macrophylla* "mara".

La estructura estratificada es un carácter diagnóstico importante en Angiospermas. En el trabajo de Cozzo (1950) se utiliza este carácter para separar las especies de Leguminosas Argentinas.

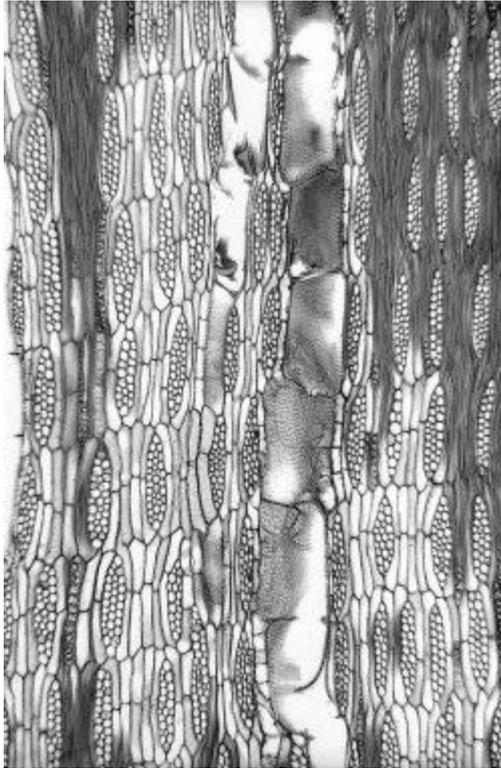


Fig.57: Estratificación completa
(imágenes Insidewood)

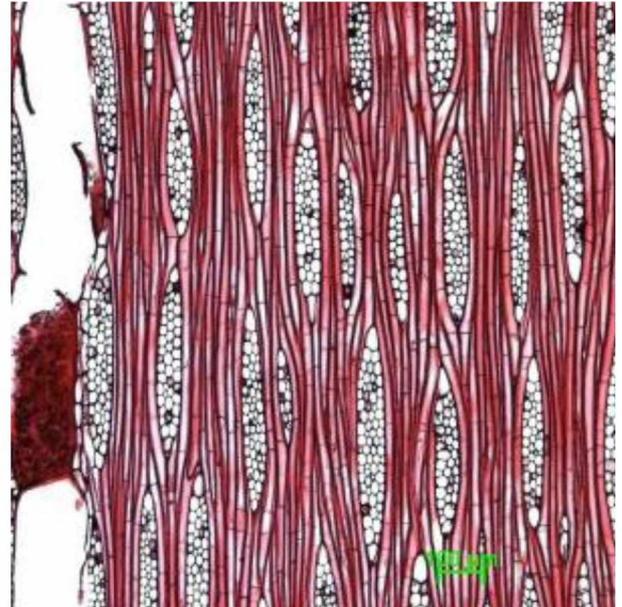


Fig.58: Estratificación irregular (imágenes Insidewood)

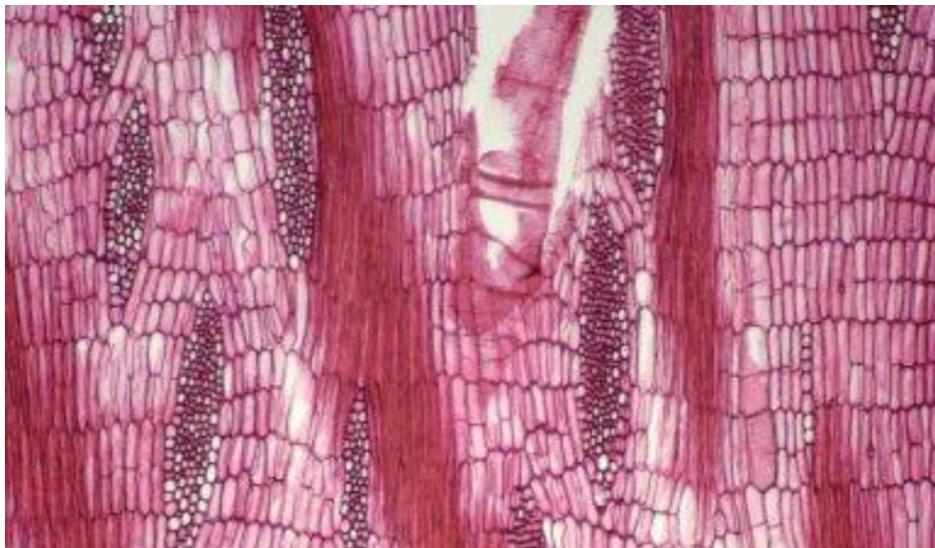


Fig59: Estratificación incompleta (imágenes Insidewood)

✚ Contenidos y Tilosis

1- Contenidos:

En el leño de las Angiospermas pueden encontrarse otros compuestos químicos además de carbohidratos y lignina. Estas sustancias pueden ser simples como cristales de oxalato de calcio o de sílice, o bien complejas como: almidón, azúcares, taninos, gomas, resinas, aceites esenciales, grasas, "kino", alcaloides y látex. El color, olor, brillo y fluorescencia de la madera están condicionados por estos compuestos. Las características citadas ayudan a la identificación taxonómica.

Estas sustancias son producidas por células parenquimáticas aisladas o en agrupaciones.

A continuación se citan algunas especies, ejemplificando la presencia de compuestos y su localización en el leño.

✚ **Cristales:** Están formados generalmente de oxalato de calcio y poseen distintas formas y tamaños. Se encuentran en el interior de los vasos de *Schinopsis quebracho-colorado* "quebracho" y de *Astronium balansae* "urunday", en células de los radios leñosos de *Pterogyne nitens* "viraró", y en fibras y parénquima axial de *Prosopis nigra* "algarrobo negro".

Fig. 60: Cristales en fibras



Fig. 61: Cristales en parénquima

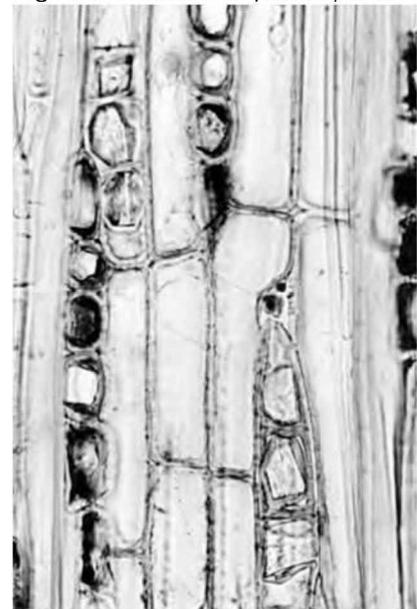
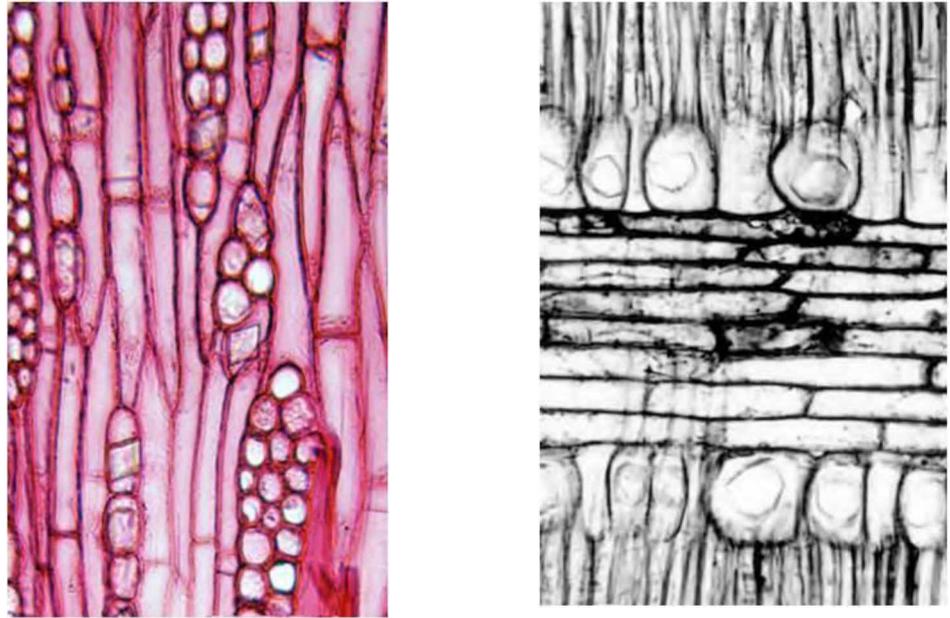


Fig. 62: Cristales en radios



✚ Taninos: se encuentran en el interior de los vasos en *Astronium balansae* "urunday" y de *Pterogyne nitens* "viraró". Dentro de vasos, fibras, y algunas células de los radios leñosos de *Schinopsis quebracho-colorado* "quebracho colorado santiagueño".

✚ Gomas: Depositadas en el interior de los vasos en *Prosopis alba* "algarrobo blanco" y *Gleditsia amorphoides* "espina corona", o localizadas en canales secretores (similares a los de Coníferas), que se ubican en los radios leñosos de *Schinopsis quebracho-colorado* "quebracho colorado santiagueño". Estos canales secretores pueden encontrarse también en los radios leñosos de *Astronium balansae* "urunday", *Astronium urundeuva* "urundel", *Didymopanax morototonii* "ambay guazú" y *Pentapanax warmingiana* "caroba guazú".

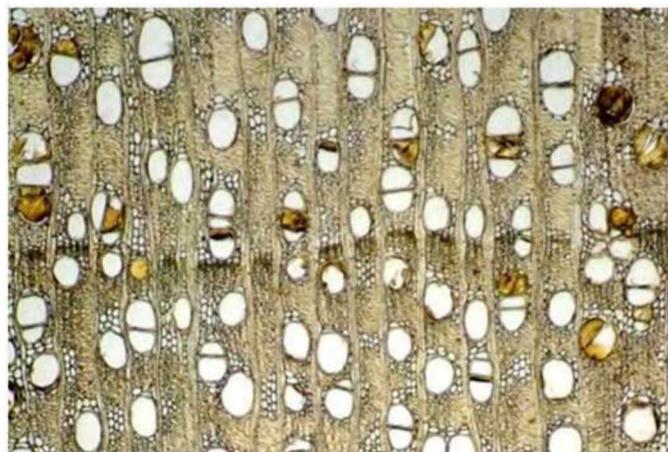
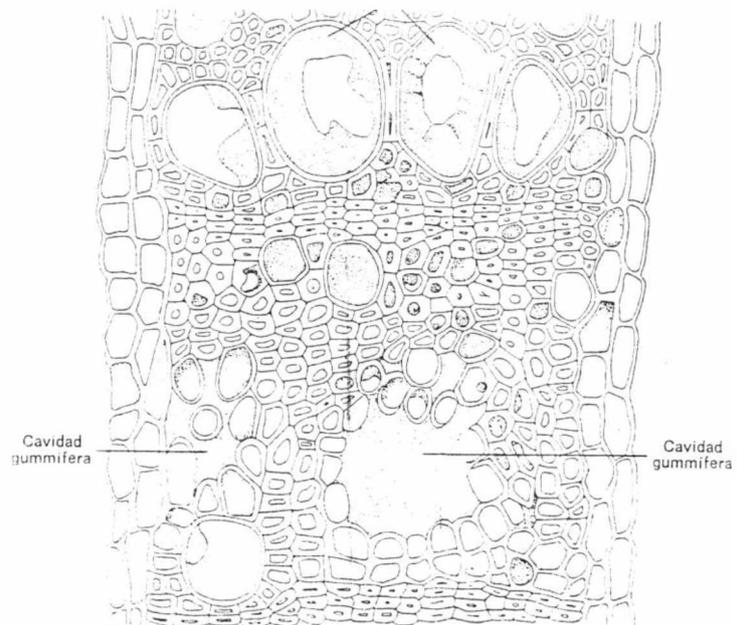
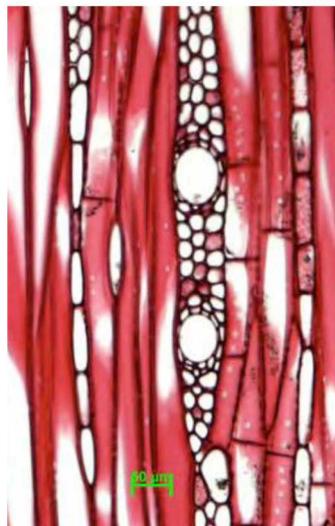


Fig.63: Presencia de gomas en poros. (imágenes lawa)



Fig.64: Presencia de gomas en vasos. (imágenes lawa)



Gomosis en madera de cerezo. (Adaptado de Tschirch, 1889.)

Fig.65: Canales gomíferos (imágenes lawa)

✚ Resinas: Se ubican dentro de los vasos en *Astronium balansae* "urunday" y *Pterogyne nitens* "viraró", y dentro de vasos y fibras en *Prosopis caldenia* "caldén".

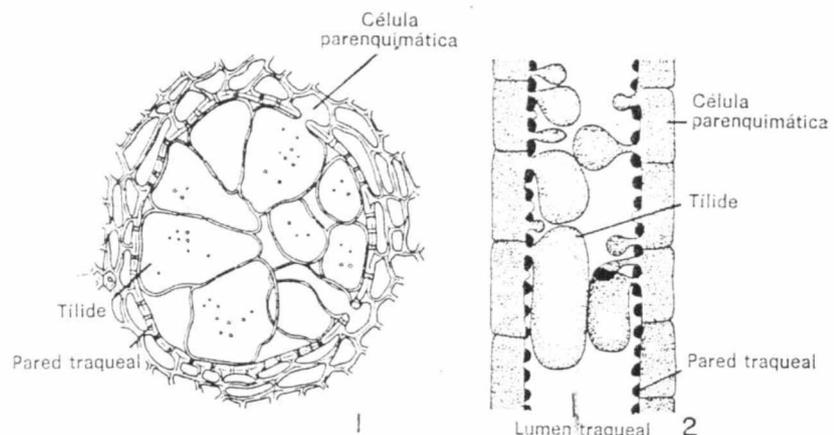
✚ Kino: Se diferencia de las gomas por poseer polifenoles y se encuentra en "bolsas" o "venas" en el leño de algunas especies de *Eucalyptus sp.* Estas estructuras se forman a partir de un parénquima traumático producido por el cambium como respuesta a estímulos externos ej. incendios, podas. Esta sustancia es perjudicial para el uso de la madera en las distintas industrias.

2- Tilosis:

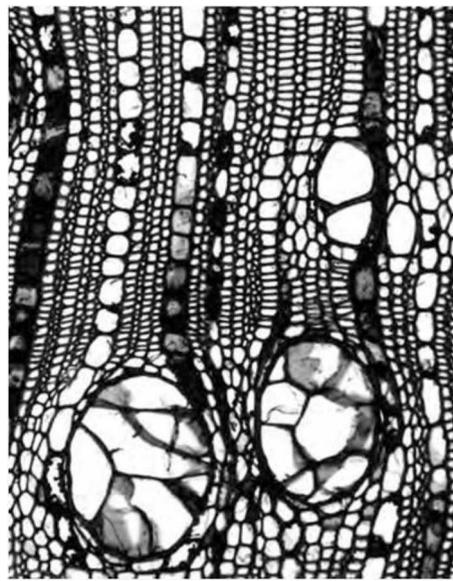
Las paredes de las células parenquimáticas, tanto radiales como axiales, penetran por las puntuaciones dentro del lumen de los elementos de vaso. El núcleo y parte del citoplasma parenquimático ocupan esta evaginación, originando la "tílida", y taponando el elemento de vaso que se torna inactivo.

Ej. *Astronium balansae* "urunday", *Schinopsis balansae* "quebracho colorado", *Quercus sp.* "roble", *Maclura pomifera* "maclura", *Robinia pseudoacacia* "acacia blanca", *Chlorophora tinctoria* "mora amarilla" y en algunas especies de *Eucalyptus sp.*

La presencia de abundante tilosis le confiere a la madera una durabilidad natural especial frente a factores de degradación biológicos (pudrición, ataque de taladros).



1, Sección transversal de una tráquea de *Robinia pseudoacacia* mostrando las tílidas. 2, Sección longitudinal de una tráquea de *Vitis vinifera* mostrando el desarrollo de las tílidas a partir de las células parenquimáticas vecinas.



Caracteres diagn3sticos a considerar en cada secci3n de estudio

| Secci3n transversal (Tr) | |
|--------------------------|---|
| 1. | <p>Anillos de crecimiento</p> <p>Demarcados No demarcados o ausentes</p> |
| 2. | <p>Porosidad</p> <p>Circular</p> |
| 3. | <p>Disposici3n de los vasos</p> <p>Sin disposici3n espacial</p> |
| 4. | <p>Tipos de vasos</p> |
| 5. | <p>Par3nquima axial</p> <p>a- Apotraqueal difuso difuso agregado</p> <p>b- Paratraqueal escaso unilateral vasic3ntrico aliforme confluente</p> <p>c- En bandas anchas (de m3s de 3 c3lulas de espesor) angostas reticulado marginal</p> |
| 6. | <p>Contenidos</p> <p>Tilosis Gomas o dep3sitos en los vasos Cristales (n3 y localizaci3n) Aceites y c3lulas mucilaginosas (localizaci3n) Otros contenidos</p> |
| 7. | <p>Caracteres cuantitativos</p> <p>Vasos por mm² Di3metro tangencial de los vasos N3 de radios por mm lineal Grosor de las paredes de las fibras</p> |

Sección tangencial (Tg)

| | | |
|-----|------------------------------|--|
| 1. | Puntuaciones intervasculares | Tipos y forma |
| 2. | Engrosamientos espiralados | Presencia y posición |
| 3. | Traqueidas | Presencia y posición |
| 4. | Estructura estratificada | Completa Incompleta Irregular |
| 5. | Radios | Uniseriados Biseriados Triseriados Multiseriados De dos tamaños distintos Con células envolventes |
| 6. | Parénquima axial | Fusiforme En series |
| 7. | Contenidos | Tipo y ubicación |
| 8. | Fibras | Tipos |
| 9. | Diseño | |
| 10. | Textura y grano | |
| 11. | Color | |

Sección radial (Rd)

| | | |
|----|-----------------------|----------------------------|
| 1. | Radios | Homogéneos heterogéneos |
| 2. | Placas de perforación | Tipos |
| 3. | Contenidos | Tipo y ubicación |
| 4. | Fibras | Tipos |
| 5. | Diseño | |
| 6. | Textura y grano | |
| 7. | Color | |

Macerados

1. Caracteres cuantitativos

Longitud de los vasos
Longitud de las fibras
Altura de los radios

2. Tipos de elementos celulares constitutivos del leño

3. Presencia de apéndices y ornamentos en los vasos

Bibliografía

- ✚ Carlquist, S. 1961. Comparative Plant Anatomy.
- ✚ Cozzo, D. 1950. Anatomía del leño secundario de las Leguminosas Papilionoideas Argentinas Silvestres y Cultivadas. Rev. del Inst. Nacional de Investigac. de las Cs. Naturales, Bs.As. tomo I N°7, 361 pp., ilustr.
- ✚ Esau, K. 1982. Anatomía de las plantas con semilla. Ed. Hemisferio Sur, Buenos Aires. Capítulos 6, 8, 9 y 10.
- ✚ Fahn, A. 1985. Anatomía vegetal. Ed. Pirámide, Madrid. Capítulos 4, 6, 7, 9, 14, y 15.
- ✚ IAWA Committeé. 1989. IAWA List of microscopic features for hardwoods identification. IAWA Bull. n.s vol 10 (3) :219-332.
- ✚ Kribs, D.A. 1935. Salient lines of structural specialization in the wood rays of Dicotyledons. Bot. Gaz. 96 :549-557.
- ✚ Monteoliva, S.E. y Espósito, P. 1995. Lista de características microscópicas para la identificación de maderas duras (traducción). Cátedra de Dendrología, Fac. de Cs. Agrs. y Ftiles, UNLP. 109 pp.
- ✚ Nájera y Angulo, F. y V. López Fraile. 1969. Estudio de las principales maderas comerciales de frondosas peninsulares. Inst. Forestal de Investigaciones y Experiencias, Madrid. 279 pp.
- ✚ Tortorelli, L. 1956. Maderas y Bosques Argentinos. Ed. Acme. Buenos Aires. 910 pp., ilustr.

3. ASPECTOS ESTÉTICOS DE LA MADERA

Los aspectos estéticos de la madera comprenden al diseño observable en las caras longitudinales, el color, olor y brillo.

Diseño

Se denomina diseño de la madera a cualquier dibujo, marca o figura que se presente en superficies perfectamente pulidas.

Factores determinantes del diseño

- | | |
|--------------------------------------|---|
| A. Estructurales o anatómicos |  grano |
| |  textura |
| |  distribución de elementos anatómicos |
| B. Físico-químicos | Por infiltración de sustancias xilócromas |
| C. Planos de corte |  longitudinal tangencial |
| |  longitudinal radial |
| |  semitransversal |

A. Estructurales o anatómicos

Grano

Está determinado por la dirección o alineamiento de los elementos leñosos longitudinales con relación al eje vertical del tronco, rollizo o pieza de madera. Se observa en superficies tangenciales y radiales obtenidas por hendimiento.



Hay 5 tipos básicos:

- 1) derecho
- 2) oblicuo
- 3) entrecruzado
- 4) crespo
- 5) irregular



1. **Grano derecho:** es uno de los tipos más comunes, son maderas cuyos elementos anatómicos verticales siguen una trayectoria paralela al eje vertical del árbol, como por ejemplo en *Araucaria angustifolia* "Pino Paraná" y *Nothofagus pumilio* "Lenga". Son maderas fáciles de trabajar, de muy buen comportamiento en el secado, pero de menor probabilidad de obtención de diseños ornamentales.

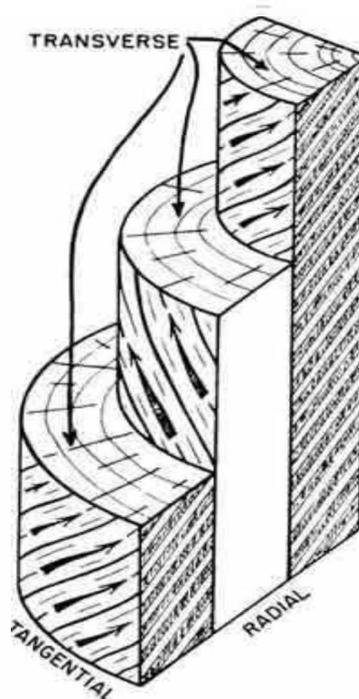


2. **Grano oblicuo:** los elementos anatómicos se desvían de la dirección del eje vertical del árbol, formando con él ángulos agudos. Ej.: *Tabebuia sp.* "Lapacho", *Prosopis caldenia* "Caldén".

La torsión de las fibras puede ser a la derecha o a la izquierda según las especies y aún variar en un mismo árbol. Las maderas con este grano no producen diseños muy vistosos.



3. **Grano entrecruzado:** los elementos anatómicos presentan dirección opuesta y alternada en sucesivos anillos de crecimiento o grupos de anillos. Se presenta en el leño de *Pterogyne nitens* "Viraró" y *Bulnesia sarmientoi* "Palo Santo", entre otros.



Las maderas con este grano son difíciles de trabajar (aserrar y cepillar).

4. **Grano crespo:** los elementos anatómicos verticales se presentan sinuosos u ondulados. Se encuentra solamente en regiones localizadas del leño, y pueden distinguirse dos tipos:

-radial: las superficies de hendimiento radial contienen depresiones y elevaciones que les confieren un aspecto corrugado. ej. *Helietta longifoliata* "Canela de venado" y *Eucalyptus globulus* "Eucalipto pampa".

-tangencial: es el caso inverso, pues en las superficies tangenciales se distinguen las depresiones y elevaciones. Este tipo, a diferencia del radial, posee ondulaciones menos regulares. Ej.: *Eucalyptus globulus* "Eucalipto pampa".

5. **Grano irregular:** los elementos anatómicos siguen direcciones variadas con respecto al eje longitudinal del tronco. Se presenta generalmente en cepas, bifurcaciones, nudos, tumores, protuberancias cónicas, y es el grano de mayor valor estético.



Desde el punto de vista fisiológico estaríamos en presencia de una estructura con desarrollo anormal producto de agallas, insectos, bacterias, hongos, incendios o heladas.

✚ Textura

Se refiere a la relación de tamaño y cantidad entre los vasos, fibras y parénquima. Influye en el tipo de textura el diámetro tangencial de los vasos, de las traqueidas, la abundancia, altura y ancho de los radios y la abundancia de parénquima.

| Tipo de textura | Diámetro tangencial promedio de vasos |
|-------------------|---------------------------------------|
| <i>Muy fina</i> | ----- menos de 50 micrones. |
| <i>Fina</i> | ----- 50 - 100 micrones. |
| <i>Mediana</i> | ----- 100 - 200 micrones. |
| <i>Gruesa</i> | ----- 200 - 300 micrones. |
| <i>Muy gruesa</i> | ----- más de 300 micrones. |

Generalmente en Coníferas las traqueidas tienen menos de 50 micrones de diámetro tangencial, por lo tanto decimos que poseen textura fina. En Dicotiledóneas la variación en los diámetros es mayor encontrándose diferentes tipos según la especie.

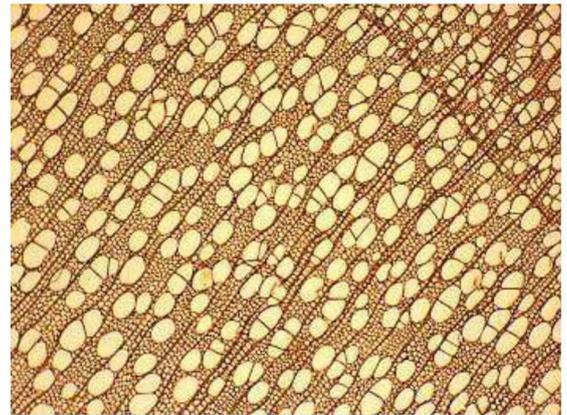


Textura fina





Textura media



Textura gruesa



Textura homogénea: en este tipo hacemos referencia a la poca diferenciación entre leño temprano y tardío, o a la poca demarcación de los anillos de crecimiento.

Textura heterogénea: se hace referencia a la marcada diferenciación entre leño temprano y tardío, o anillos de crecimiento.

Distribución de los elementos anatómicos

Los elementos cuya disposición tienen mayor importancia en la determinación de los diseños son los vasos y el parénquima longitudinal.

Los poros solitarios o en agrupaciones reducidas originan figuras poco pronunciadas por ej. *Aspidosperma quebracho-blanco* "quebracho blanco". Por el contrario, cuando los vasos se reúnen en bandas tangenciales (disposición ulmoide) o radiales (disposición dendrítica), el dibujo es más notable cuando más anchas sean dichas bandas, como en *Bumelia obtusifolia* "guaraniná", *Quercus robur* "roble europeo" y *Patagonula americana* "guayaibí".

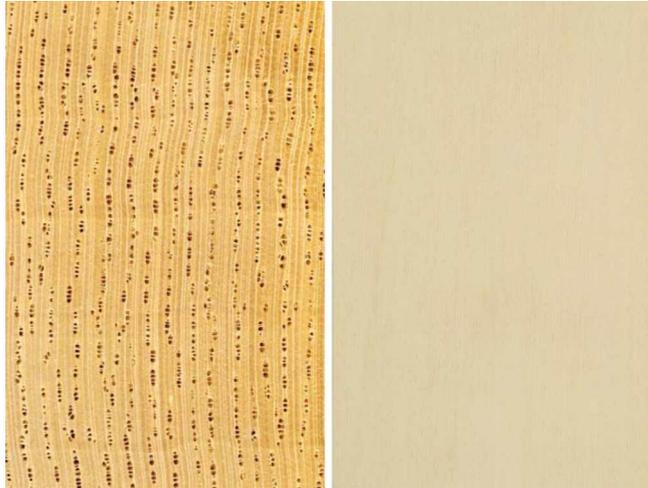
En igual forma el parénquima vertical influye cuando aparece en agrupaciones grandes (marginal, confluyente, vasicéntrico, aliforme, en bandas) en las maderas de *Prosopis sp.* "algarrobos", *Amburana cearensis* "roble criollo", *Cedrela sp.* "cedro" y *Balfourodendron riedelianum* "guatambú blanco".

Cuadro de los diseños según el grano y superficie de corte

| Grano | Diseño | Corte |
|-------------------|----------------|------------------|
| Derecho u oblicuo | Liso | L.tg. y L.rd. |
| | Rayado | L.tg. y L.rd. |
| | Veteado | L.rd. |
| | Floreado | L.tg. |
| | Jaspeado | L.rd. |
| Entrecruzado | Apaisado | Rotativo |
| | Espigado | L.rd. |
| | Crespo | Ondeado |
| Irregular | Ampollado | L.tg. |
| | Ojos de pájaro | L.tg. y rotativo |
| | Plumoso | |

Diseño liso

Propio de especies con textura fina, homogénea y grano derecho, donde el color de la pieza es lo único que aporta valor estético. Ej.: *Didymopanax morototoni* "ambay guazú".



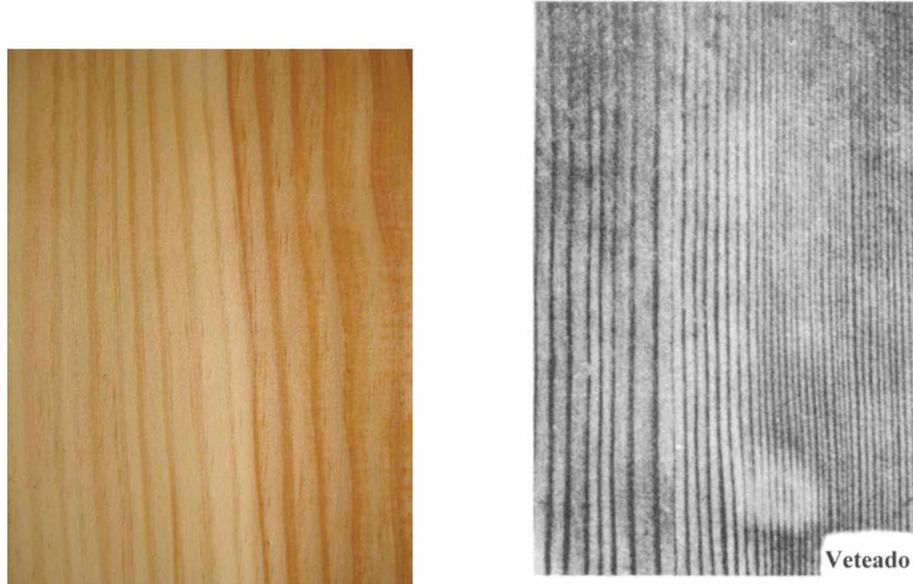
Diseño rayado

Se debe principalmente a las líneas vasculares es decir, a la trayectoria que describen los vasos (o en algunos casos los radios grandes) seccionados en corte longitudinal. Su visibilidad y apariencia está íntimamente ligada a la textura, cuanto más gruesa mejor se aprecia. Se observa en corte long. tg. y rd. Ej.: *Quercus robur* "roble europeo", *Cedrela sp.* "cedro", *Amburana cearensis* "roble del país", *Eucalyptus sp.* "eucalipto".



Diseño veteadado

Aparece en maderas con buena demarcación de los anillos de crecimiento (textura heterogénea). Se aprecia como líneas paralelas en un corte long. rd. Está muy relacionado con el diseño floreadado. Ej.: coníferas en general, *Melia azedarach* "paraíso".



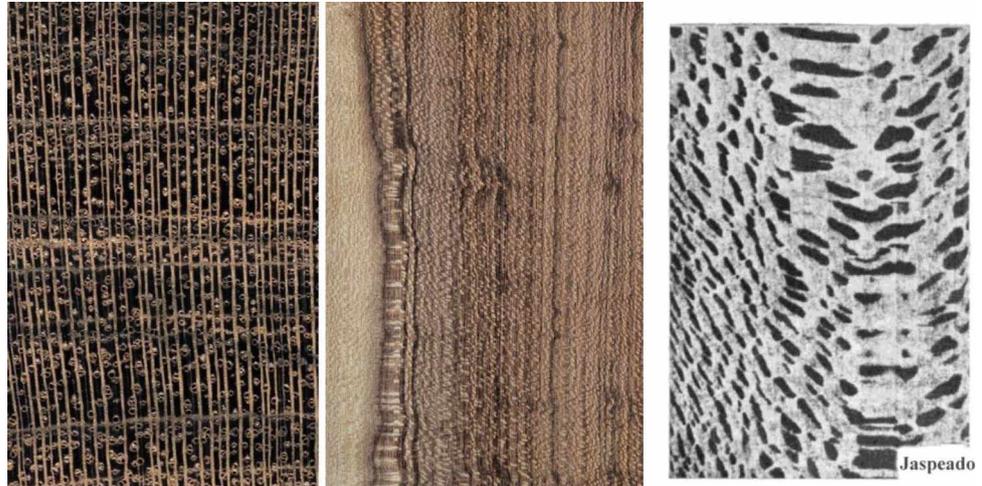
Diseño floreadado

Su existencia depende de los mismos caracteres estructurales que el diseño veteadado. Se aprecia en el corte long. tg., aparece como arcos. Ej.: *Melia azedarach* "paraíso", coníferas, *Balfourodendron riedelianum* "guatambú blanco"



Diseño jaspeado:

Lo determinan los radios leñosos grandes y abundantes. Se observa en corte long. rd. y aparecen como manchas o pequeñas bandas que le otorgan un brillo muy atrayente. Ej.: *Cordia trichotoma* "peteribí", *Platanus sp.* "plátano", *Quercus robur* "roble europeo".



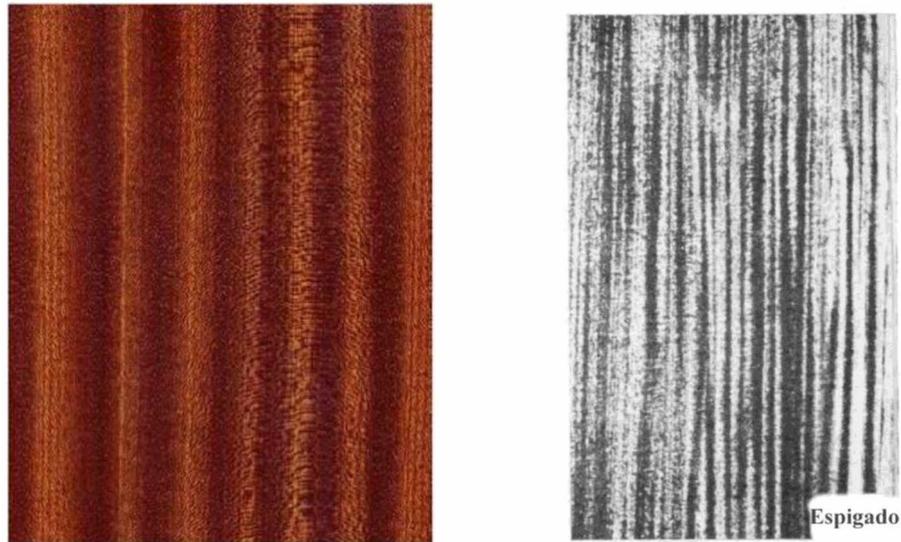
Diseño apaisado: Está determinado por anillos de crecimiento estrechos, de contorno sinuoso, es decir, de espesor no uniforme, que son seccionados en corte rotativo. Ej.: *Fraxinus sp.* "fresnos".



Diseño espigado:

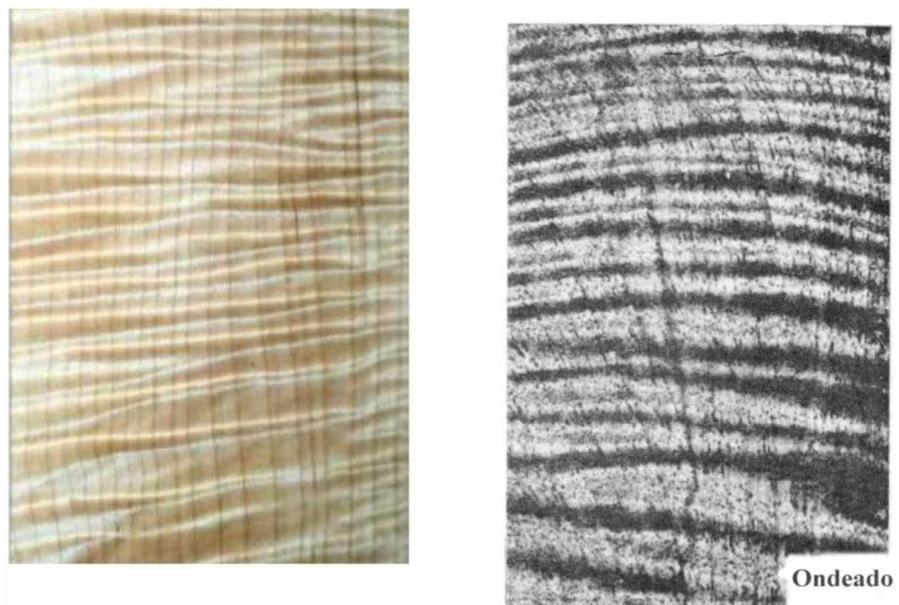
La causa determinante es el grano entrecruzado. En las superficies radiales se observan franjas paralelas de distinto brillo. Dentro de cada franja los

elementos leñosos se disponen oblicuamente, sensiblemente paralelos entre ellos, pero formando ángulos con sus similares de las franjas contiguas. Ej.: *Pterogyne nitens* "viraró", *Bulnesia sarmientoi* "palo santo", *Swietenia macrophylla* "mara", *Eucalyptus sp.* "eucalipto" y *Parapiptadenia rigida* "anchico colorado".



Diseño ondeado:

La causa determinante es el grano cespado radial. Se observan como ondulaciones transversales paralelas, rectas o algo arqueadas, que dan una sensación de relieve. Tiene gran influencia el brillo natural de la madera. Es conocido también como "fondo de violín". Se observa en corte long. rd.. Ej.: *Helietta longifoliata* "canela de venado", *Eucalyptus globulus*, *Acer sp.* "arces".



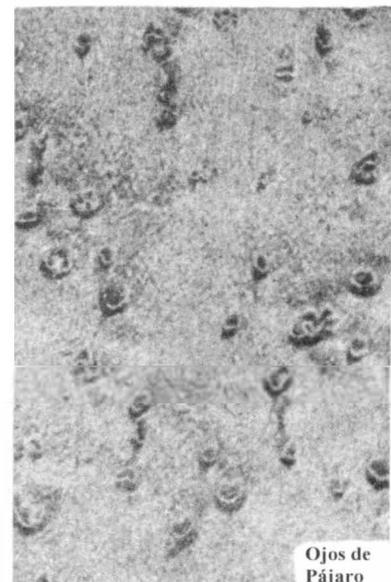
Diseño ampollado:

Similar al anterior, pero es menos regular, semejando ampollas. La causa determinante es el grano crespo tangencial y se observa en superficies tangenciales. Ej.: *Eucalyptus* "eucalipto", *Acer* "arces".



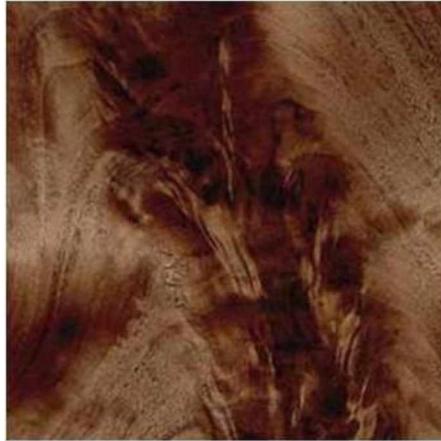
Diseño ojos de pájaros:

Es una de las manifestaciones del grano irregular existente en las protuberancias cónicas que se producen en determinadas maderas. Cuando éstos pequeños nudos agrupados son cortados tangencialmente, en la superficie expuesta se observan áreas circulares reducidas en las que el tejido leñoso está fuertemente distorsionado.



Diseño plumoso:

Se puede apreciar en las bifurcaciones, donde los elementos anatómicos siguen trayectorias divergentes a partir del punto de bifurcación. Ej.: *Swietenia mahogani* "caoba".



Diseño cromático:

Algunas maderas deben sus figuras a la infiltración irregular de sustancias colorantes, las que por contraste con el resto del leño originan numerosas vetas o áreas más oscuras. Ej.: *Juglans australis* "nogal" y *Astronium balansae* "urunday".



Diseños mixtos:

Son los que muestran las maderas cuyas superficies poseen dos o más de los diseños simples vistos anteriormente. Pueden también combinarse los diseños de origen estructural con los de origen cromático. Ej.: diseño floreado-veteado-rayado, veteado-jaspeado. Son los diseños más comunes.

Otros caracteres estéticos observables con lente o a ojo desnudo

a) Color

b) Olor

c) Brillo

a) Color

El color de la madera es originado por sustancias xilócromas depositadas en el interior de las células y que impregnan también las paredes celulares (resinas, gomas, taninos).

La determinación del color se realiza sobre un trozo de duramen seco. Con el paso del tiempo, sin embargo, las maderas se oscurecen por oxidación y es necesario sacar una viruta para observar el verdadero color sobre el corte fresco. Deben descartarse las manchas producidas fundamentalmente por hongos lignícolas u otros xilófagos (mancha azul, gris o roja).

Algunas especies se caracterizan por no presentar diferencia de color entre albura y duramen, sin que ello signifique que no lo posean, ej.: *Salix sp.* "sauces", *Populus sp.* "álamos", *Nothofagus sp.* "lenga", *Pinus sp.* "pinos". Otras, en cambio, presentan una coloración diferencial en el duramen que adquiere forma y disposición irregular denominándose "falso duramen", por ej. *Patagonula americana* "guayaibí", *Calycophyllum multiflorum*.

La asignación de un color o tonalidad a una madera es algo subjetivo que depende, en mayor o menor medida, de la percepción del individuo que la realiza. Sin embargo, al efectuar la descripción de una muestra es importante considerarlo, y para ello se hace necesario recurrir a clasificaciones o tablas colorimétricas que nos ayuden a definir dicho color. Cabe destacar el trabajo de Villalobos y Villalobos (1947) "Atlas de los Colores", citado por Tortorelli (1956) en sus descripciones.



b) Olor

Es producido por sustancias volátiles (resinas, aceites esenciales). Hay maderas que tienen saponinas en sus células y que al aserrarlas o trabajarlas desprenden un polvillo que irrita las mucosas nasales, además de un olor característico. Por ej.: *Tabebuia sp.* "lapacho", *Myrcarpus frondosus* "incienso", *Enterolobium contortisiliquum* "pacará".

c) Brillo

Es la propiedad de algunas maderas de reflejar la luz en las superficies longitudinales. El brillo se debe a los radios leñosos y a las fibras. El radial, roble, peteribí y plátano presentan brillo tornasolado por poseer radios conspicuos. Hay especies cuyo leño se caracteriza por emitir reflejos luminosos que cambian de dirección. Por ej.: *Pterogyne nitens* "viraró", *Bulnesia sarmientoi* "palo santo", *Casuarina sp.* "casuarina", *Tilia sp.* "tilo", etc.

Bibliografía

- ✚ Castiglioni, J.A. 1958. El diseño de las maderas. Rev. de Investigaciones Forestales 1 (3): 21-44.
- ✚ Cozzo, D. 1975. Árboles forestales. Maderas y Silvicultura de la Argentina. Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería. Fasc.16-1. Tomo II. Ed. Acme
- ✚ Détienne, P; Jacquet, P. 1983. Atlas d' identification des bois de l'amazone et des régions voisines. Centre Technique Forestier Tropical.
- ✚ Tortorelli, L. 1956. Maderas y Bosques Argentinos. Ed Acme.
- ✚ Villalobos, C. y J. Villalobos. 1947. Atlas de los Colores. Ed. El Ateneo, Buenos Aires.

Unidad 3

Identificación de Maderas



Manejo de claves de identificación

Las claves constituyen la herramienta básica para la identificación de maderas. Son guías que se fundamentan en la utilización de caracteres cuyos estados se presentan en dilemas dicotómicos (o con más posibilidades), mediante los cuales podemos llegar a identificar una especie, siguiendo una de las alternativas que se van ofreciendo en cada caso. Existen claves que utilizan solamente caracteres macroscópicos, otras caracteres microscópicos y por último pueden hallarse claves que sean mixtas. Generalmente para llegar a determinar la especie debemos recurrir a los caracteres microscópicos.

Podríamos definir dos tipos de caracteres, los **cualitativos**, como presencia o ausencia de algún elemento (ej. canales resiníferos o espesamientos helicoidales), tipos o características de un elemento (ej. tipos de parénquima, estructura estratificada), y los **cuantitativos** (ej. cantidad de poros por unidad de superficie, largo de fibras, espesor de paredes). Con estos últimos se debe tener cuidado, ya que pueden variar según la condición de sitio, el origen de la muestra y las tasas de crecimiento. Otros caracteres que también presentan considerable variación entre muestras y pueden inducir a errores son el color y el grano. En cuanto al color, especies de rápido crecimiento en bosques implantados pueden presentar colores mucho más claros que la misma especie creciendo en forma natural, aunque suelen conservar la misma tonalidad. Asimismo, maderas que llevan mucho tiempo expuestas a la intemperie sufren una importante oxidación oscureciendo los tonos originales; así por ejemplo luego de 50 años de estar en ambientes con luz natural resulta muy difícil determinar en base al color la especie de un mueble de "Pino Brasil" (*Araucaria angustifolia*), "Cedro" (*Cedrela sp.*), "Roble" (*Quercus sp.*) e inclusive "Peteribi" (*Cordia trichotoma*) o "Palo rosa" (*Aspidosperma polyneuron*).

Antes de recurrir a las claves se debe realizar una detallada descripción del material, a partir de la observación de la muestra en primer lugar a ojo desnudo, y luego con lupa y con microscopio (sobre preparados microscópicos). Esta tarea debe realizarse tomando como protocolo de descripción a las listas estándar para la descripción de maderas realizadas por la Asociación Internacional de Anatomistas de la Madera (IAWA).

El primer problema que se presentará luego de contar con la descripción de la madera es qué clave consultar. Esto se debe a que las claves se construyen para la identificación de un número acotado de maderas, y generalmente para una determinada región o tipos de uso. Por todo esto, en el momento en que se nos entrega la muestra se debe tratar de obtener la

mayor cantidad de información posible sobre su probable origen, para realizar la correcta elección de la / s claves a consultar. Otros datos de interés como función a la que está o estaba destinada (por ejemplo como estructura, como parte de una máquina, de una talla o escultura, instrumento musical o de precisión, etc.) son muchas veces necesarios.

Finalmente, una vez determinada la identidad botánica de la muestra de madera por medio de alguna de las claves seleccionadas, se debe corroborar la misma respecto de las descripciones macro y/o microscópicas publicadas en la bibliografía, así como también hacer comparaciones visuales directas con muestras de la especie depositadas en xilotecas y microxilotecas de referencia.

Es importante destacar que toda identificación debe acompañarse de la información accesoria de la muestra (origen, uso), su descripción macroscópica y microscópica, y la cita completa de las xilotecas, microxilotecas y bibliografía utilizadas en la constatación de la identidad.

Listado bibliográfico de obras con descripciones de maderas y/o claves macroscópicas y microscópicas

- ✚ Bolzón de Muñiz, G.I. Anatomia da madeiras de espécies arbóreas da floresta estacional semidecidual de Misiones, Argentina, Curitiba. Tesis: 152 pp. *Descripciones macro y microscópicas de 16 especies, con fotografías.*
- ✚ Cámara de Aserraderos y Depósitos de Madera. 1972. Panorama Industrial Arg. VII Congreso Forestal Mundial. *Descripciones macroscópicas, procedencia, abastecimiento, características tecnológicas, etc. de maderas de Argentina y del mundo de importancia comercial actual y pasada.*
- ✚ Castro, M.A. 1994. Maderas argentinas de Prosopis. Lab. De Anat. Veg, U.B.A.: 101 pp. *Descripciones de 22 especies, con fotografías.*
- ✚ Chichignoud, M.; Déon, G.; Détienne, P.; Paraut, B. y Vantomme, P. 1990. Atlas de maderas tropicales de América Latina. Assoc. Tech. Internat. des Bois Tropicaux: 218 pp. *Fichas técnicas de 83 especies latinoamericanas.*
- ✚ Cozzo, D. 1951. Claves para el reconocimiento anatómico del leño secundario de las Leguminosas argentinas. Rev. Arg. de Agr., T. 8, N° 2 (1951).

- ✚ Cozzo, D.; Rodríguez, Elvira M. 1959. Anatomía comparada de la madera de 14 especies de Eucalyptus cultivadas en la Argentina. Rev. Fac. Agr. y Vet. T. XIV, Entrega III: 31 pp. *Con clave y descripciones microscópicas.*
- ✚ Cristiani, L.Q. 1962. Iconografía anatómica de maderas argentinas. Rev. del Instituto Municipal de Botánica. Bs.As. *Clave macroscópica y descripción del leño de 100 especies nativas.*
- ✚ Cristiani, L.Q. 1978. Identificación macroscópica de maderas comerciales argentinas. Rev. del Instituto Municipal de Botánica, Bs. As.: 7-75. *Clave macroscópica y descripción del leño de 45 especies nativas.*
- ✚ Détienne, P; Jacquet, P. 1983. Atlas d' identification des bois de l'amazonie et des régions voisines. Centre Technique Forestier Tropical: 640 pp. *Descripciones macro y microscópicas por familia; fotomicrografías.*
- ✚ Díaz Vaz, J.E. 1979. Claves para la identificación de maderas de árboles nativos y cultivados en Chile - Bosque 3 (1): 15-25. *2 claves, una macroscópica y otra microscópica de 43 sp nativas y exóticas cultivadas en Chile.*
- ✚ La madera. 1978. Ed. Blume, Barcelona. *Descripción de 144 maderas del mundo (sin clave).*
- ✚ García Esteban, L.; Guindeo Casasús, A. y P. de Palacios de Palacios. 2000. Clave para la identificación de maderas de Coníferas a nivel de especie. Región europea y norteamericana. Invest. Agr.: Sist. Recur. For. 9(1): 117-136. *Clave basada en caracteres macro-microscópicos y de distribución geográfica, 120 especies de Gimnospermas.*
- ✚ García Esteban, L.; Guindeo Casasús, A.; Peraza O., C. y P. de Palacios de Palacios. 2003. La madera y su anatomía. Ed. Mundi Prensa, Aitim, Madrid: 327 pp. *Descripciones macro y microscópicas, propiedades físicas, fotos de Gimnospermas y Angiospermas.*
- ✚ Greguss, P. 1955. Identification of living gymnosperms on the basis of xylotomy. Akademia; Kiado, Budapest. *Descripción microscópica, atlas y claves de gimnospermas del mundo. Cuadros comparativos por Órdenes, Familias y Géneros.*
- ✚ Jacquot, C. 1955. Atlas d' anatomie des bois des coniferes Centre technique du bois, Paris. *Descripción microscópica de Coníferas del mundo, esquemas y fotos. Claves de géneros y especies.*

- ✚ Loureiro, A.A. y Freitas da Silva, M. 1968. Catálogo das madeiras das Amazõnia. SUDAM, Min. Do Interior, Brasil. Vol 1: 433 pp; Vol.2 : 411 pp. *Descripciones macroscópicas de 117 especies, en dos volúmenes.*
- ✚ Mainieri, C. 1958. Identificação das principais madeiras de comércio no Brasil. Instituto de pesquisas tecnológicas. Boletim nº46 - Sao Paulo, Brasil. *Descripción macroscópica y clave para identificar 234 sp. de maderas brasileiras - Atlas macroscópico - Cuadro de nomenclatura.*
- ✚ Mainieri, C. y Peres C., J. 1989. Fichas de características da madeiras brasileiras. Instituto de Pesquisas tecnológicas, São Paulo, Brasil: 420 pp. *Fichas de 200 especies, caracteres macro y microscópicos, propiedades físico-mecánicas y fotos.*
- ✚ Mainieri, C. 1983. Manual de Identificação das principais madeiras comerciais brasileiras. Instituto de Pesquisas tecnológicas, São Paulo, Brasil: 241 pp. *Fichas de 268 especies, con clave macro y fotos.*
- ✚ Phillips, E.W.J. 1948. Identification of softwoods by their microscopic structure. Dep. Sci. Ind. Research, London, Forest Prods. Res. Bull. nº 22: 56 pp. *Caracterización microscópica de 7 familias de Gimnospermas; clave de fichas perforadas..*
- ✚ Record, S.J. 1934. Identification of the timbers of temperate North America. Wiley & sons, Inc.: 196 pp. *Descripciones y claves macro-microscópicas de 80 grupos de especies (Angiospermas y Gimnospermas), con fotos.*
- ✚ Roth, I. y Giménez, A.-M. 1997. Argentine Chaco Forests 1. The semi-arid Chaco. Encycl. of plant anatomy. Gebrüder Borntraeger, Berlin, Stuttgart: 184 pp. *Aspectos dendrológicos, corteza y madera, con fotografías.*
- ✚ Roth, I. y Giménez, A.-M. 2006. Argentine Chaco Forests 2. The humid Chaco. Encycl. of plant anatomy. Gebrüder Borntraeger, Berlin, Stuttgart: 204 pp. *Aspectos dendrológicos, corteza y madera, con fotografías.*
- ✚ Schweingruber, F. H. 1990. Anatomy of European woods. Verlag and Stuttgart Publ.: 173 pp. *Descripciones microscópicas de Angiospermas, Gimnospermas y Monocotiledóneas leñosas.*
- ✚ Tortorelli, L.A. 1956. Maderas y Bosques Argentinos. Ed. Acme. Buenos Aires. Clave microscópica y descripciones macro y microscópicas más algunas propiedades tecnológicas de 111 especies nativas con atlas fotográfico.

✚ Tuset, R. y Duran, F. 1970. Descripción y clave macroscópica de maderas comerciales del Uruguay. Fac. de Agr. de la República, Montevideo. *Con más de 100 descripciones del leño de especies nativas del Uruguay, Argentina, Chile Paraguay, Brasil, etc.; que se comercializan en Uruguay (y de especies del resto del mundo).*

✚ Viscarra A., S. y Lara R., R. 1992. Maderas de Bolivia: 291 pp. *Descripciones macroscópicas y propiedades físico-mecánicas de 55 especies bolivianas.*

✚ Walker, A. 2007. Enciclopedia de la madera. 150 maderas del mundo. Ed. Blume: 192 pp. *Aspectos macroscópicos y fotos de 150 especies.*

Enlaces de interés

<http://insidewood.lib.ncsu.edu/search> (Maderas fósiles y actuales de Angiospermas, con clave de identificación y numerosos links; basada en IAWA)

<http://www.woodanatomy.ch> (Anatomía de maderas de especies de Europa central)

<http://what-wood.rleeden.no-ip.com> (Maderas de Angiosp., Gimnospermas y fibras)

<http://delta-intkey.com/wood/es/index.htm> (340 maderas comerciales de Angiospermas)

<http://www.maderasenargentina.com.ar> (Maderas nativas y exóticas en Argentina)

<http://www.madezapi.com> (Maderas comerciales de Brasil)

<http://maderasudamericanas.webnode.com/> (Maderas tropicales de Sudamérica)

<http://www.ec.gc.ca/Publications/30572765-7F5C-4EAF-AC70-774EC56F69BF%5CCITES-Identification-Guide---Tropical-Woods.pdf> (Manual CITES de maderas tropicales)

Clave de Identificación macroscópica de maderas indígenas y exóticas

A- Maderas no porosas

B-Anillos de crecimiento sin canales resiníferos axiales. Madera frecuentemente con vetas rosadas y pequeños puntos oscuros en las superficies longitudinales (yemas abortadas).

C-Con tres o más anillos de crecimiento por cm lineal. Araucaria angustifolia
Pino brasil.

CC-Con uno o menos anillos de crecimiento por cm lineal. Araucaria angustifolia.
Pino paraná

BB-Anillos de crecimiento con canales resiníferos longitudinales claramente visibles a simple vista o con lente de mano. Pinus sp. **Pinos**; Pseudotsuga sp. **Pino oregón**.

AA- Maderas porosas

B- Maderas con porosidad circular o semi-circular

C- Maderas con poros en disposición dendrítica. Radios grandes visibles a simple vista. Parénquima paratraqueal, poros del leño temprano con tílides.
Quercus robur. **Roble europeo.**

CC- Maderas sin disposición dendrítica de poros

D- Con parénquima confluyente y en bandas anchas muy abundante, con depósitos oscuros en los poros. Prosopis sp. **Algarrobos.**

DD- Con otro tipo de parénquima

E- Con parénquima paratraqueal vasicéntrico y apotraqueal marginal inicial.
Cedrela sp. **Cedros.**

EE- Con parénquima apotraqueal reticulado (poco visible con lupa).
Juglans australis **Nogal**

BB- Maderas con porosidad difusa

C- Maderas con estructura estratificada

D- Estructura estratificada visible a simple vista. Madera con textura media, diseño espigado y brillo característico, de color castaño rojizo.
Pterogyne nitens. **Viraró.**

DD- Maderas con estructura estratificada visible con lupa y textura fina a muy fina.

E- Madera de color castaño-verdoso, con abundantes poros muy pequeños, ocluidos por sustancias amarillo verdosas visibles en cortes recientes.
Tabebuia sp. **Lapachos**

EE- Madera de color castaño, poros sin contenidos amarillo-verdosos.
Myrocarpus frondosus. **Incienso**

CC- Maderas sin estructura estratificada

D- Maderas sin parénquima visible o poco visible con lente de mano.

E- Poros escasos, separados entre sí, exclusivamente solitarios. Madera pesada, dura y de color amarillo. Aspidosperma quebracho-blanco.
Quebracho blanco

EE- Poros abundantes, de tipo solitarios y múltiples; textura fina.

F- Poros múltiples. Maderas de color castaño claro a rosado, con más de tres anillos de crecimiento por cm lineal. Nothofagus sp.

FF- Poros solitarios y múltiples cortos. Maderas de color blanco cremoso, con menos de 3 anillos de crecimiento por cm lineal. Salix sp. y Populus sp.
Sauces y álamos

FFF- Poros en su mayor parte ocluidos por tálides y sustancias negruzcas. Maderas muy pesadas de color castaño rojizo oscuro. Schinopsis balansae.
Quebracho colorado

DD- Maderas con parénquima visible con lente.

E- Con parénquima marginal y vasicéntrico.

F- Con poros agrupados. Madera clara, de color pardo o castaño parduzco y brillo suave; diseño jaspeado Cordia trichotoma. **Peteribí**

FF- Sin poros agrupados. Maderas generalmente con otros diseños.

G- Madera clara de color amarillo cremoso, textura fina y heterogénea.
Balfourodendron riedelianum. **Guatambú blanco**

GG- Madera de color castaño rosado a rojizo.

H- Madera blanda y liviana, de textura media a gruesa.

I- Con parénquima vasicéntrico poco visible. Cedrela sp. **Cedros**

II- Con parénquima vasicéntrico claramente visible.
Peltophorum dubium. **Ibirá pitá**

HH- Madera dura y pesada, de textura fina a media.
Parapiptadenia rigida. **Anchico colorado**.

EE- Sin parénquima marginal

F- Parénquima paratraqueal aliforme o vasicéntrico muy abundante y notable; madera de color amarillo-ocráceo y diseño rayado y/o floreado.

Amburana cearensis. **Roble criollo, cerejeira**

FF- Sin parénquima aliforme.

G- Madera oscura, de color castaño violáceo y con parénquima reticulado.
Juqlans australis. **Nogal criollo**

GG- Sin parénquima reticulado. Maderas con otros tonos.

H- Poros sin disposición.

I- Con parénquima vasicéntrico y confluyente muy abundante, madera de color castaño.
Prosopis sp. **Algarrobos.**

JJ- Con parénquima en bandas y color castaño rojizo oscuro.

Cabralea oblongifolia. **Cancharana**

HH- Con poros en disposición ulmoide, parénquima confluyente, textura muy fina y "falso duramen".

Patagonula americana. **Guayaibí**

HHH- Con poros generalmente en disposición diagonal, parénquima paratraqueal poco visible, y color variable desde blanco cremoso hasta rosado y castaño rojizo.
Eucalyptus sp. **Eucaliptos.**

A. Madera porosa.

B. Porosidad circular.

C. Poros ocluidos por sustancias o tílides.

D. Radios muy grandes (visibles a simple vista) disposición dendrítica.

Quercus sp. "roble"

DD. Radios finos visibles con lupa o a simple vista. Sin disposición dendrítica.

E. Vasos obstruidos con abundante tilosis, color amarillo, radios visibles a simple vista.

Maclura pomifera. "maclura".

EE. Vasos con tilosis, sin esa coloración.

F. Duramen castaño oscuro. Poros abundantes en el leño tardío.

Robinia pseudoacacia "acacia blanca".

FF. Duramen castaño claro. Poros en el leño tardío más pequeños y en menor cantidad.

Fraxinus excelsior "fresno europeo".

CC. Poros vacíos en su mayoría.

D. Poros del leño tardío agrupados y con disposición ulmoide, parénquima en bandas.

Ulmus pumila. "olmo del Turquestán".

DD. Poros del leño tardío solitarios en su mayoría o múltiples cortos, sin disposición ulmoide, en C.L. vasos con contenidos negro-rojizos.

Melia azedarach. "paraíso".

BB. Porosidad semicircular.

C. Con parénquima reticulado

D. Poros grandes, visibles a simple vista, solitarios y múltiples cortos, notoriamente redondeados y de paredes gruesas, con tilosis. Madera color pardo rosado cremoso.

Hicoria ovata. "hickory".

DD. Poros medianos solitarios o bipartidos, con tilosis. Diseño rayado. Tono castaño oscuro

Juglans nigra. "nogal negro".

CC. Sin parénquima reticulado. Diseño rayado. Madera color rosado.

Toona ciliata.

"Toona"

BBB. Porosidad difusa.

C. Con radios de un solo tipo visibles a simple vista.

D. Madera de tono castaño oscuro. Poros solitarios en su mayoría.

Prunus serotonia. "cherry".

DD. Madera blanco cremosa o rosada (color de las fibras en C.T. reciente)

E. Maderas netamente blanco cremosas. Poros solitarios, bandas de fibras visibles a simple vista.

Ligustrum lucidum. "Ligustro".

EE. Maderas blanco rosadas.

F. Con agradable olor característico. Radios muy finos. Tilia grandifolia. "tilo".

FF. Madera sin ese olor. Radios abundantes y más anchos. Suave diseño jaspeado

G. Con parénquima terminal.

Acer pseudoplatanus. "arce".

GG. Sin parénquima terminal.

Acer negundo"arce".

CC. Con radios de dos tipos: muy grandes y otros apenas visibles.

D. Con parénquima reticulado. Poros solitarios en su mayoría.

Casuarina cunninghamiana. "casuarina".

DD. Sin parénquima reticulado.

E. Radios anchos poco numerosos y esparcidos

Fagus sylvatica "haya".

EE. Radios anchos, numerosos y uniformemente esparcidos

Platanus occidentalis "sicomoro"

A. Maderas no porosas.

B. Con radios bien visibles (CT.) y pequeños puntos oscuros en C.L.

C. Tinte rosado grisáceo a amarillento, mas de 3 anillos por cm., vetas rosadas (no siempre)
1 *Araucaria angustifolia* "pino Brasil".

Tinte rosado grisáceo, uno o menos anillos por cm., grandes nudos rojos.
1 *A.angustifolia* "pino Paraná".

CC. Tinte rosado grisáceo. 10 a 12 anillos por cm., sin vetas rojizas.
2 *A.araucana* "pehuén".

BB. Con radios poco o no visibles, sin pequeños puntos oscuros.

C. Anillos de crecimiento bien notorios a simple vista.

D. Madera castaño oscuro rojiza, 10 a 25 anillos/cm., vetas oscuras (leño tardío) visibles en los tres cortes, madera sin olor. 3 *Fitzroya cupressoides* "alerce".

DD. Madera castaño claro amarillento, muy aromática (recién cortada o en cortes humedecidos)..... 4 *Austrocedrus chilensis* "ciprés de la cordillera".

CC. Anillos de crecimiento menos demarcados, con vetas más oscuras que obstaculizan su diferenciación..... 5 *Podocarpus parlatorei* "pino del cerro".

AA. Maderas porosas.

B. Con estructura estratificada visible con lupa de mano.

C. Porosidad semicircular, parénquima confluyente en bandas delgadas
 6 *Tipuana tipu* "Tipa blanca".

CC. Porosidad difusa.

D. Maderas oscuras y pesadas, en C.Rd. con diseño espigado y/o floreado.

E. Poros ocluidos por sustancias amarillo-verdosas, fuerte olor característico y diseño espigado pronunciado. En C.L los vasos se observan como rayitas verde oscuras.
7 *Bulnesia sarmientoi* "Palo santo".

EE. Poros vacíos.

F. Duramen castaño rojizo muy oscuro, casi negro. Parénquima vasicéntrico con tendencia a aliforme y finas líneas de parénquima confluyente.
 8 *Caesalpinia paraguariensis* "Guayacán"

- FF. Duramen castaño rojizo, poros solitarios a múltiples cortos, parénquima vasicéntrico delgado. 9 *Myroxylon peruiferum* "quina".
- FFF. Duramen castaño, parénquima paratraqueal confluyente en líneas cortas.10 *Myrocarpus frondosus* "incienso".
- DD. Madera clara. Poros solitarios y bipartidos en su mayoría. Radios abundantes y visibles a simple vista (C.T)11 *Bastardiopsis densiflora* "loro blanco".
- BB. Con estructura estratificada visible a simple vista.
- C. Poros ocluidos por sustancias amarillas, en C.L. los vasos se ven amarillos.12 *Tabebuia ipe* "lapacho negro".
- CC. Maderas sin la característica anterior.
- D. Duramen castaño rojizo, diseño espigado con brillo notable.13 *Pterogyne nitens* "viraró".
- DD. Maderas claras.
- E. Parénquima escaso, poros visibles con lupa, solitarios o bipartidos. Duramen castaño ocráceo.14 *Luehea divaricata* "sota caballo".
- EE. Parénquima vasicéntrico abundante, a veces en bandas confluentes, visible a simple vista en C.T.
- F. Textura homogénea, parénquima vasicéntrico a veces formando bandas angostas, poros abundantes. Duramen con tonalidad amarilla.15 *Apuleia leiocarpa* "grapia" o "viraperé".
- FF. Textura heterogénea, parénquima vasicéntrico formando bandas confluentes bien notorias en los tres cortes. Madera pesada y dura.16 *Holocalyx balansae* "alecrín".
- BBB. Sin estructura estratificada.
- C. Porosidad circular o semicircular.
- D. Parénquima vasicéntrico y marginal.17 *Cedrela sp.* "cedro".
- DD. Parénquima reticulado. Presencia de tilosis. Generalmente con vetas grisáceas a negras (diseño cromático). 18 *Juglans australis* "nogal criollo".
- CC. Porosidad difusa.
- D. Poros diminutos (casi invisibles con lupa).
- E. Maderas con anillos de crecimiento demarcados. En C.Rd diseño veteado. Anillos de crecimiento visibles a simple vista en los tres cortes. Duramen con tinte suavemente rosado a rosado-grisáceo.....19 *Nothofagus sp.*

EE. Con anillos de crecimiento poco o no demarcados.

F. Maderas claras, sin diseño visible.

G. Poros no visibles ni aún con lupa de 8x. Radios visibles a simple vista en C.T.
.....20 *Calycophyllum multiflorum* "palo blanco".

GG. Poros y radios visibles con lupa. 21 *Aspidosperma olivaceum*
"guatambú amarillo".

FF. Duramen oscuro, diseño cromático. 22 *Patagonula americana*
"guayaibí".

DD. Poros visibles a simple vista o con lupa de mano.

E. Maderas livianas, con poros escasos y muy grandes.

F. Con parénquima aliforme, vasos muy notables en C.L, tonalidad amarillenta.
.....23 *Amburana cearensis* "roble criollo".

FF. Con otros tipos de parénquima.

G. Parénquima vasicéntrico y apotraqueal marginal. Duramen castaño-rojizo.
.....24 *Cedrela tubiflora* "cedro".

GG. Sin parénquima marginal.

H. Con radios muy notorios a simple vista..... 25 *Erythrina crista-galli*
"seibo".

HH. Con radios poco visibles. Diseño rayado (dado por los vasos)
.....26 *Enterolobium contortisiliquum* "pacará".

EE. Maderas con poros medianos a pequeños.

F. Poros obstruidos por contenidos celulares o tílides

G. Parénquima vasicéntrico a aliforme a veces confluyente en líneas angostas.
Duramen castaño dorado, diseño espigado en C.Rd.
..... 27 *Chlorophora tinctoria* "mora amarilla".

GG. Parénquima poco visible con lente. Madera pesada, rojiza-oscuro. Diseño
cromático con vetas negras. 28 *Astronium balansae* "urunday".

FF. Poros en su mayoría vacíos.

G. Parénquima visible, en algunos casos abundante

H. Parénquima reticulado.

I. Con disposición dendrítica.29 *Bumelia obtusifolia* "guaraniná".

- II. Sin disposición dendrítica. Madera castaño oscura.
18 *Juglans australis* "nogal criollo".
- HH. Con otro tipo de parénquima.
- I. Con parénquima marginal.
- J. En C.Rd diseño jaspeado. Madera castaña.
30 *Cordia trichotoma* "peteribí".
- JJ. Sin jaspeado. Madera clara, de color amarillo cremoso
 31 *Balfourodendron riedelianum*
 "guatambú blanco".
- II. Sin Parénquima marginal. Con parénquima vasicéntrico.
- J. Poros múltiples cortos, sin solitarios. Madera rosada con vetas grises.
32 *Prunus subcoriacea* "persiguero bravo".
- JJ. Poros solitarios, de a dos y agrupados. Parénquima paratraqueal
 confluyente.
- K. Madera color rosado-cremoso.33 *Jacaranda mimosifolia*
 "tarco".
- KK. Madera oscura, con cristales negros visibles en C.L. y
 parénquima en bandas anchas..... 34 *Prosopis sp.* "algarrobo"
- GG. Parénquima no visible.
- H. Radios visibles a simple vista. Madera amarillo-cremoso.
35 *Jacaranda semiserrata* "caroba".
- HH. Radios visibles con lupa.
- I. Madera de tono verdoso en C.T.....36 *Fagara coco* "cochucho".
- II. Madera de color castaño en C.T. 37 *Nectandra sp.*
 "laurel amarillo".
- III. Maderas claras en C.T.
- J. Con poros de contorno circular, solitarios, separados entre si. Madera
 pesada. Textura fina y homogénea.
38 *Aspidosperma quebracho-blanco* "quebracho blanco".
- JJ. Con poros bipartidos o múltiples cortos. Madera blanda y liviana. Tex-
 tura mediana. 39 *Solanum auriculatum* "fumo bravo".
- HHH. Radios no visibles (aún con lupa).Textura heterogénea. Color rosado.
40 *Ruprechtia laxiflora* "marmelero".

Clave de identificación de géneros de Gimnospermas

- 1. Con canales resiníferos normales 2
- 1'. Sin canales resiníferos 4

- 2. Células epiteliales de los canales con paredes delgadas *Pinus*
- 2'. Células epiteliales con paredes engrosadas 3

- 3. Traqueidas axiales con engrosamientos espiralados *Pseudotsuga*
- 3'. Traqueidas axiales sin engrosamientos espiralados..... *Picea*

- 4. Traqueidas axiales con puntuaciones areoladas multiseriadas, alternas..... *Araucaria*
- 4'. Traqueidas axiales con puntuaciones areoladas generalmente uniseriadas, pueden presentarse biseriadas opuestas 5

- 5. Radios heterocelulares, con traqueidas radiales presentes..... *Tsuga*
- 5'. Radios homocelulares 6

- 6. Campo de cruzamiento cupresoide

- 7. Con radios uniseriados, parénquima axial abundante..... *Austrocedrus*
- 7'. Con radios uniseriados y algunos 2-seriados o parcialmente 2-seriados, parénquima axial poco abundante *Cupressus*

- 6'. Campo de cruzamiento taxodioide, a veces cupresoide

- 7. Radios altos, a veces sobrepasan las 30 células, raramente 2-seriados. Parénquima radial con paredes secundarias bien engrosadas y muchas puntuaciones. Parénquima axial escaso *Abies*

- 7'. Radios de altura variable, la mayoría de 1 a 15 células de alto. Parénquima radial con paredes secundarias no engrosadas y sin puntuaciones. Parénquima axial abundante *Taxodium*

Unidad 4
Aspectos legales para la
resolución de pericias



La prestación de servicios de identificación de una madera o datación de un árbol son actividades establecidas dentro de las incumbencias del Ingeniero Forestal.

El profesional que brinda el servicio puede estar registrado ante la Justicia como **perito** y su actuación se desarrollará dentro de un proceso judicial como auxiliar del juez, con determinados puntos de pericia a responder.

Se detalla a continuación una lista de posibles peritajes:

I. Identificación de una madera

Motivos

- a- por falta de veracidad en la venta
- b- por aptitud
- c- por estado
- d- por accidente
- e- por reemplazo
- f- por tasación de aserradero

II. Estimación de edades

Motivos

- a- por terreno veinteñal
- b- por árboles caídos
- c- por árbol cortado en la vía pública
- d- por tasación de una arboleda

III. Otros

- ✚ Autenticidad de una pieza de colección, cuadro, talla, instrumento musical, muebles de colección

🚧 Identificación de daños producidos en la madera por agentes biológicos.

La identidad botánica de la materia prima “madera” no puede ser discutible. A través del análisis macro y microscópico el perito intenta certificar las muestras. **Certificar** en el peritaje solicitado por un juez ante una acción legal, personal, individual, comercial, estatal o privada es: indicar el nombre científico, vulgar y posible procedencia. Para el consumidor, la determinación científica de la materia prima forma parte de su control de calidad.

El perito puede **no llegar a identificar la muestra**. La madera no siempre caracteriza a la especie, a veces se necesitan otros elementos (hojas, flores, frutos). Cuando la muestra pertenece al mercado maderero local existen mayores posibilidades dado que generalmente trabajamos con un número limitado de especies o géneros.

El perito puede decir que **no es la madera en conflicto** pero no determinarla.

En el caso de una estimación de edades, pueden **no apreciarse los anillos de crecimiento** pues no todas las especies demarcan anillos y no todos los árboles permiten el fechado con facilidad y certeza.

El perito puede **no contar con el material adecuado** para la identificación y conteo (muestras de barreno retorcidas, maderas difíciles de cortar con el xilótomo).

La identificación de especies sobre una muestra no implica la aprobación de la calidad del lote, partida o serie de producción a que correspondiera ese material, estructura o pieza entregada. Sólo podrán extenderse informes o certificados sobre lotes o partidas cuando las muestras sean obtenidas personalmente por el perito, aplicando las normas de muestreo que correspondiese.

Cuando el perito ha realizado su informe entrega las muestras analizadas, selladas y firmadas y guarda para él un duplicado.

Los servicios de identificación o estimación de edades pueden ser requeridos por empresas privadas, madereras, particulares, instituciones diversas, el estado, el Poder judicial, etc. El tipo de servicio prestado y el informe respectivo dependerá entonces del destinatario.

IV. Informe técnico

| | |
|--------------------------|--|
| Tema: | Identificación de la especie de una muestra de madera Datación de un árbol |
| Materiales: | Descripción de la muestra, dimensiones. Visita al lugar. Homogeneidad del lote. Muestreo. Otros datos a campo de interés. |
| Métodos: | Técnica de laboratorio utilizada (preparación de la muestra, pulido, corte, tinción, montaje, observación). Instrumental (espesores, aumentos). Identificación (claves utilizadas, bases de datos, xilotecas). |
| Observaciones: | Descripción macroscópica y microscópica (en sus tres secciones) según listado estandarizado. Descripción de los tipos de anillos encontrados. |
| Conclusiones: | Determinación de la especie o género, familia y nombres comerciales. Determinación de la edad de la muestra y error aproximado. |
| Otros: | Usos Datos de interés |
| Bibliografía | |
| Firma y matrícula | |
| Fecha y lugar | |

I. Lista estándar de caracteres microscópicos para la identificación de maderas duras - (IAWA Bulletin n.s. Vol. 10(3), 1989)

Caracteres anatómicos

| | | |
|------------------------|---|---|
| ANILLOS DE CRECIMIENTO | | 1- demarcados 2- no demarcados o ausentes |
| VASOS | Porosidad (Tr) | 1- circular 2- semi-circular 3- difusa |
| | Vasos en disposición (Tr) | a. ulmoide 2- diagonal y/o en patrón radial 3- dendrítico o flamiforme |
| | Vasos (tipos) (Tr) | 1- múltiples cortos (2-3) y solitarios (*) 2- exclusivamente solitarios (90% o más) 3- múltiples largos (4 o más) 4- agrupados 5- solitarios de contorno angular 6- de 2 clases diamétricas (porosidad no circular) 7- ausentes 8- con apéndices (*) 9- geminados (*) |
| | Placas de perforación (Tg, Rd) | 1- simple 2- escalariforme 3- reticulada, foraminada o de otros tipos 4- oblicua (*) 5- horizontal (*) |
| | Placas de perforación escalariforme con (nº de barras) (Rd) | 1- hasta 10 barras 2- 3- 4- 40 ó más barras |
| | Puntuaciones intervasculares (tipos) (Tg, Rd) | 1- escalariformes 2- opuestas 3- alternas 4- ornadas |

| | | |
|---------------------|---|---|
| | Puntuaciones intervasculares (forma de las alternas) (Tg, Rd) | <ul style="list-style-type: none"> 1- circular u oval (*) 2- poligonal |
| | Puntuaciones vaso-radio (Rd) | <ul style="list-style-type: none"> 1- con rebordes notables (similares a las intervasculares) 2- con rebordes muy reducidos circulares o angulares 3- con rebordes muy reducidos horizontales a verticales 4- de 2 tamaños o tipos diferentes en la misma célula radial 5- donde una gran puntuación del radio linda con 2 ó más del vaso 6- restringidas al margen |
| | Engrosamientos helicoidales (Tg, Rd) | <ul style="list-style-type: none"> 1- presentes 2- a lo largo del cuerpo del vaso 3- sólo en las prolongaciones de los vasos 4- sólo en los vasos más angostos 5- ausentes (*) |
| | Tilosis y depósitos (Tr, Tg, Rd) | <ul style="list-style-type: none"> 1- tilosis 2- tilosis esclerótica 3- depósitos y/o gomas en los vasos del duramen |
| TRAQUEIDAS Y FIBRAS | Traqueidas (Tg, Rd) | <ul style="list-style-type: none"> 1- presencia de traqueidas vasicéntricas o vasculares 2- ausencia de traqueidas vasicéntricas o vasculares (*) |
| | Fibras (Tg, Rd) | <ul style="list-style-type: none"> 1- simples ó con rebordes diminutos 2- con reborde distintivo 3- comúnmente en paredes radiales y tangenciales 4- con engrosamientos espiralados 5- septadas 6- no septadas 7- en bandas semejantes a parénquima alternando con fibras comunes |

| | | |
|-------------------------|---|--|
| | Espesor de las paredes de las fibras (Tr) | <ol style="list-style-type: none"> 1- muy finas 2- finas a gruesas 3- muy gruesas |
| PARÉNQUIMA AXIAL | | <ol style="list-style-type: none"> 1- ausente o extremadamente raro |
| | Parénquima axial apotraqueal (Tr) | <ol style="list-style-type: none"> 1- difuso 2- difuso en agregados |
| | Parénquima axial paratraqueal (Tr) | <ol style="list-style-type: none"> 1- escaso 2- vasicéntrico 3- aliforme 4- confluyente 5- unilateral |
| | Parénquima aliforme (tipos) (Tr) | <ol style="list-style-type: none"> 1- tipo romboidal 2- tipo alas angostas |
| | Parénquima en bandas (Tr) | <ol style="list-style-type: none"> 1- de más de 3 células de ancho 2- angostas o líneas 3- reticulado 4- escalariforme 5- marginal o terminal |
| | Tipo de células del parénquima axial (Tg) | <ol style="list-style-type: none"> 1- fusiforme presente 2- de 2 células por serie parenquimática 3- de 3-4 células por serie parenquimática 4- de 5-8 células por serie parenquimática 5- de más de 8 células por serie parenquimática 6- parénquima no lignificado |
| RADIOS | Ancho de radios (Tr) | <ol style="list-style-type: none"> 1- exclusivamente uniseriados 2- 1-3 seriados 3- 4-10 seriados 4- mayor a 10-seriados 5- con el cuerpo multiseriado tan ancho como el extremo uniseriado |

| | | |
|--|---|---|
| Composición celular de radios (Rd) | <ol style="list-style-type: none"> 1- con todas células procumbentes 2- con todas células erectas y/o cuadradas 3- con 1 hilera de células erectas y/o cuadradas marginales 4- con 2 a 4 hileras de células erectas y/o cuadradas marginales 5- con más de 4 hileras de células erectas y/o cuadradas marginales 6- con células procumbentes, cuadradas y erectas mezcladas | |
| Otras características de los radios (Tg, Rd) | <ol style="list-style-type: none"> 1- de dos tamaños distintos 2- radios agregados presentes 3- células envolventes presentes 4- células en teja presentes 5- células radiales perforadas presentes 6- paredes de las células radiales disjuntas 7- madera sin radios | |
| ESTRUCTURA ESTRATIFICADA (Tg) | <ol style="list-style-type: none"> 1- todos los radios estratificados 2- sólo los radios bajos estratificados 3- el parénquima axial y/o los vasos estratificados 4- las fibras estratificadas 5- los radios y/o elementos axiales estratificados irregularmente 6- madera sin estructura estratificada (*) | |
| ELEMENTOS SECRETORES Y VARIANTES CAMBIALES | Células con mucílagos y/o aceites (Tg, Rd) | <ol style="list-style-type: none"> 1- asociadas con parénquima radial 2- asociadas con parénquima axial 3- presentes entre fibras 4- ausentes (*) |
| Canales intercelulares y tubos (Tr, Tg) | <ol style="list-style-type: none"> 1- canales axiales en largas líneas tangenciales 2- canales axiales en cortas líneas tangenciales 3- canales axiales difusos 4- canales radiales 5- canales intercelulares de origen traumático | |

| | | |
|------------------------------|--|---|
| | | 6- tubos laticíferos o taníferos 7- canales ausentes (*) |
| Variantes cambiales | | |
| | (Tr) | 1- floema incluso concéntrico 2- floema incluso difuso 3- otras variantes cambiales 4- ausentes (*) |
| INCLUSIONES MINERALES | Cristales prismáticos (Tg, Rd) | 1- en células radiales erectas y/o cuadradas 2- en células radiales procumbentes 3- en células procumbentes, formando filas radiales 4- en células radiales erectas y/o cuadradas compartimentalizadas 5- en células axiales parenquimáticas no compartimentalizadas 6- en parénquima axial compartimentalizado 7- en fibras 8- ausentes (*) 9- presentes |
| | Drusas (Tg, Rd) | 1- en células parenquimáticas radiales 2- en células parenquimáticas axiales 3- en fibras 4- en células compartimentalizadas 5- ausentes (*) 6- presentes |
| | Otros tipos de cristales (Tg, Rd) | 1- ráfides 2- cristales aciculares 3- estiloides y/o cristales alargados 4- cristales con otras formas (generalmente pequeños) 5- arena cristalífera 6- ausentes (*) |
| | Otras características de los cristales (Tg, Rd) | 1- 1 cristal por célula o compartimento (*) 2- más de 1 cristal de igual tamaño por célula o compartimento 3- 2 tamaños distintos de cristales en una |

| | | |
|---------------------------------|---|---|
| | | <p>misma célula o compartimento</p> <p>4- cristales en células alargadas</p> <p>5- cistolitos</p> <p>6- cristales en tilosis</p> |
| | Sílice (Tg, Rd) | <p>1- cuerpos silíceos presentes</p> <p>2- cuerpos silíceos en células radiales</p> <p>3- cuerpos silíceos en parénquima axial</p> <p>4- cuerpos silíceos en fibras</p> <p>5- sílice vítrea</p> <p>6- ausente (*)</p> |
| CARACTERES CUANTITATIVOS | Vasos por mm² (Tr) | <p>1- 5 o menos</p> <p>2- 5 a 20</p> <p>3- 20 a 40</p> <p>4- 40 a 100</p> <p>5- más de 100</p> <p>6- promedio, desv. est., rango, n</p> |
| | Diámetro tangencial de los vasos (categorías) (Tr) | <p>1- 50 um o menos</p> <p>2-</p> <p>3- 100 a 200 um</p> <p>4- más de 200 um</p> <p>5- promedio, desv. est., rango, n</p> |
| | Longitud de los vasos (categorías) (mac) | <p>1- 350 um o menos</p> <p>2-</p> <p>3- más de 800 um</p> <p>4- promedio, desv. est., rango, n</p> |
| | Tamaño de puntuaciones intervasculares (Tg, Rd) | <p>1- diminutas (4 um o menos)</p> <p>2-</p> <p>3-</p> <p>4-</p> <p>5- rango (um)</p> |
| | Longitud de fibras (mac) | <p>1- 900 um o menos</p> <p>2-</p> <p>3- más de 1600 um</p> <p>4- promedio, desv. est., rango, n</p> |
| | Número de radios por mm lineal (Tr, Tg) | <p>1- menos de 4</p> <p>2- de 4 a 12</p> <p>3- más de 12</p> |

| | |
|---------------------------|------------------------------|
| Altura de los radios (Tg) | 1- menos de 1 mm de alto (*) |
| | 2- más de 1 mm de alto |

Información no anatómica

| | |
|------------------------------------|--|
| Distribución geográfica | <ol style="list-style-type: none"> 1- Paraguay) 2- Europa (excluido Mediterráneo) 3- Mediterráneo (incluido Norte de África y Medio Oriente) 4- Asia templada (China, Japón, Rusia) 5- India, Pakistán, Sri Lanka 6- Birmania 7- Tailandia, Laos, Vietnam, Camboya (Indochina) 8- Indomalasia 9- Islas del Pacífico (incluido Nueva Caledonia, Samoa, Hawai y Fiji) 10- Australia 11- Nueva Zelanda 12- África tropical 13- Madagascar, Mauricio, Reunion y Comores 14- África del sur (al S del Trópico de Capricornio) 15- América del norte (al N de México) 16- México y América Central 17- Caribe 18- Sudamérica Tropical 19- Sur de Brasil 20- Sudamérica templada (incluido Argentina, Chile, Uruguay y sur de Paraguay. |
| Hábito | <ol style="list-style-type: none"> 1- árbol 2- 3- |
| Importancia comercial de la madera | <ol style="list-style-type: none"> 1- 2- sin importancia comercial (*) |
| Peso específico | <ol style="list-style-type: none"> 1- bajo (menor de 0,40 g/cm³) 2- 3- alto (mayor de 0,75 g/cm³) |
| Duramen (color) (Tg, Rd) | <ol style="list-style-type: none"> 1- más oscuro que la albura 2- básicamente marrón o en esos tonos 3- básicamente rojo o en esos tonos |

| | |
|------------------------------|---|
| | <ul style="list-style-type: none"> 4- básicamente amarillo o en esos tonos 5- básicamente blanco a gris 6- cromático 7- de otros tonos |
| Olor | <ul style="list-style-type: none"> 1- distintivo 2- no distintivo (*) |
| Diseño (*) (Tg, Rd) | <ul style="list-style-type: none"> 1- rayado 2- vetado 3- floreado 4- espigado 5- ondeado 6- jaspeado 7- cromático 8- liso 9- con otras figuras |
| Textura (*) (Tr, Tg, Rd) | <ul style="list-style-type: none"> 1- fina y homogénea 2- media y homogénea 3- media y heterogénea 4- gruesa y heterogénea 5- en otras combinaciones |
| Grano (*) | <ul style="list-style-type: none"> 1- derecho 2- oblicuo 3- entrelazado 4- crespo 5- irregular |
| Duramen (fluorescencia) | <ul style="list-style-type: none"> 1- fluorescente 2- no fluorescente (*) |
| Extracto acuoso | <ul style="list-style-type: none"> 1- fluorescente 2- no fluorescente (*) 3- básicamente incoloro a marrón o tonos de marrón 4- básicamente rojo o en tonos de rojo 5- básicamente amarillo o tonos de amarillo 6- de otros colores |
| Extracto alcohólico (etanol) | <ul style="list-style-type: none"> 1- fluorescente 2- no fluorescente (*) 3- básicamente incoloro a marrón o tonos de marrón 4- básicamente rojo o en tonos de rojo 5- básicamente amarillo o tonos de amarillo |

6- de otros colores

Test de Froth
1- positivo
2- negativo (*)

Test de cromo-azurol-S
1- positivo
2- negativo (*)

Test de quemado de astillas
1- carbón
2- todo cenizas, color blanco brillante
3- todo cenizas, color amarillo-marrón
4- todo cenizas, color diferente (blanco-grisáceo incluido)
5- parcialmente cenizas

II. Lista estándar de caracteres microscópicos para la identificación de maderas blandas - (IAWA Journal 25(1): 1-70, 2004)

Caracteres anatómicos

| | | |
|------------------------|---|---|
| ANILLOS DE CRECIMIENTO | | 1. demarcados 2. no demarcados o ausentes |
| | Transición entre leño temprano y tardío (Tr) | 1- abrupta 2- gradual |
| TRAQUEIDAS | Puntuaciones en paredes radiales (leño temprano solamente) (Rd) | 1- predominantemente uniseriadas 2- predominantemente 2 ó más seriadas |
| | Arreglo de las punt. 2 ó más seriadas (Rd) | 1- opuestas 2- alternas |
| | Depósitos orgánicos (resina) en traq. de duramen (Tr, Tg, Rd) | 6- Presentes |
| | Espacios intercelulares en la madera (Tr) | 5- Presentes |
| | Espesor de pared en traq. de leño tardío (Tr) | 1- delgadas (2 espesor < diámetro radial de lumen) 2- gruesas (2 espesor > diámetro radial de lumen) |
| | Torus (puntuaciones en traq. leño temprano) (Tr, Tg) | 1- presente 2- con ornamentos |
| | Extensiones del torus (Rd) | 1- presentes |

| | | |
|---|--|--|
| | Puntuaciones con muescas en los bordes (Rd) | 6- presentes |
| | Capa verrucosa (Tg, Rd) | 1- presentes |
| ESPESAMIENTOS HELICOIDALES Y OTROS | Espesamientos helicoidales en traq. longit. (Tg, Rd) | 3- presentes |
| | Localización (cuando presentes) (Tg, Rd) | 1- en todo el anillo 2- bien desarrollados sólo en leño temprano 3- bien desarrollados sólo en leño tardío |
| | Tipo de espesamiento helicoidal (Tg, Rd) | 1- simple 2- agrupado (doble o triple) |
| | Distribución en traq. de leño temprano (Tg, Rd) | 1- estrechamente espaciados (> 120 espirales / mm axial) 2- ampliamente espaciados (< 120 espirales / mm axial) |
| | Espesam. helicoidales en traqueidas radiales (Rd) | 1- comúnmente presentes 2- raros |
| | Espesamientos calitroides (Rd)paratraqueal (Tr) | 1- presentes |
| PARENQUIMA AXIAL | | 1- presente |
| | Arreglo del parénquima axial (Tr) | 1- difuso 2- dispuesto tangencialmente 3- marginal |

| | | |
|-----------------------|--|--|
| | Paredes terminales transversales (Tg, Rd) | <ol style="list-style-type: none"> 1- lisas 2- irregularmente espesadas 3- con gotas o nódulos |
| RADIOS | Traqueidas radiales (Rd) | <ol style="list-style-type: none"> 1- comúnmente presentes 2- ausentes o muy raras |
| | Paredes internas de traq. rad. (Rd) | <ol style="list-style-type: none"> 1- lisas 2- 3- reticuladas |
| | Punt. de traq. radiales con areolas angulares o con espesamientos dentados (sólo para <i>Larix</i> y <i>Picea</i>) (Rd) | <ol style="list-style-type: none"> 1- presentes |
| | Paredes terminales de las células de parénquima radial (Rd) | <ol style="list-style-type: none"> 1- lisas 2- con puntuaciones |
| | Paredes horizontales de las células de parénquima radial (Rd) | <ol style="list-style-type: none"> 1- lisas 2- con puntuaciones |
| | Altura promedio de radios (Tg) | <ol style="list-style-type: none"> 1- muy bajos (hasta 4 células de altura) 2- medios (5 a 15 células) 3- altos (16 a 30 células) 4- muy altos (> 30 células) |
| | Ancho de radios (Tg) | <ol style="list-style-type: none"> 1- exclusivamente uniseriados 2- 2-3 seriados en parte |
| CAMPOS DE CRUZAMIENTO | Tipos (Rd) | <ol style="list-style-type: none"> 1- fenestriforme 2- pinoide 3- piceoide 4- cupresoide 5- taxodioide 6- araucarioide |
| | Número de puntuaciones por | |

| | | |
|---------------------------------|---|---|
| | campo (leño temprano) (Rd) | |
| | Categorías de nº de puntuaciones por campo (Rd) | 1- 1-2 (fenestriforme) 2- 1-3 3- 3-5 4- 6 ó más |
| CANALES INTERCELULARES | Canales de resina axiales (Tr) | 1- presentes |
| | Canales de resina radiales (Tg) | 1- presentes |
| | Canales de resina traumáticos (Tr, Tg) | 1- presentes |
| | Células epiteliales del canal (Tr, Tg) | 1- de paredes gruesas 2- de paredes delgadas |
| | Posición de los canales axiales (*) (Tr) | 1- en el leño temprano 2- en el leño tardío 3- en la transición 4- en todo el anillo |
| INCLUSIONES MINERALES | Cristales (Tg, Rd) | 1- presentes |
| | Tipo de cristales (Tg, Rd) | 1- prismáticos 2- drusas 3- otros (especificar) |
| | Localización (Tg, Rd) | 1- en radios 2- en parénquima axial 3- en células asociadas con canales intercelulares |
| CARACTERES CUANTITATIVOS | Longitud promedio de las traqueidas axiales (categorías) (macerado) | 1- cortas (< 3000 um) 2- medias (3000 a 5000 um) 3- largas (> 5000 um) |
| | Altura promedio de radios (Tg) | 1- ... um |

| | |
|---|--|
| Altura promedio de radios fusiformes (Tg) | ... um |
| Diámetro promedio de canales axiales normales (um) (Tr) | <ul style="list-style-type: none"> 1- diám. tangencial del canal 2- diám. tangencial del complejo de resina 3- diám. radial del canal |
| Diámetro promedio de canales radiales normales (Tg) | ... um |