

## XILOTECNOLOGÍA 2009

### UNIDAD 1: La madera: propiedades y productos forestales

Dra. Silvia Monteoliva

#### Madera

Definición botánica: xilema secundario

Definición química: polímero tridimensional compuesto mayoritariamente por celulosa, hemicelulosa y lignina

Definición tecnológica: material anisotrópico, heterogéneo e higroscópico

#### 1- Características de la Madera

Todas las maderas, sin importar su origen botánico, presentan ciertas características en común, que pueden sintetizarse de la siguiente manera:

- 1- Origen biológico: toda la madera es una estructura con células organizadas en dos sistemas: axial y radial. Como todo organismo biológico es heterogéneo, es decir el tejido no presenta iguales características y tipos celulares dependiendo del grupo taxonómico de plantas leñosas. Existe además variabilidad dentro de las especies e individualmente dentro de cada árbol.
- 2- La madera es anisotrópica por naturaleza, es decir que presenta diferentes comportamientos físicos y mecánicos a lo largo de tres direcciones diferentes: axial, radial y tangencial. Este comportamiento diferencial deriva de la estructura anatómica interna formada por dos sistemas interconectados (axial y radial) y por la organización de la celulosa en la pared celular.
- 3- La madera es higroscópica: pierde y toma humedad como resultado de los cambios de humedad y temperatura atmosférica circundante. Debido a la naturaleza anisotrópica, estos cambios de contenido de humedad produce cambios en las dimensiones de la pieza de madera (contracción e hinchamiento) que no son iguales en las 3 direcciones (axial, radial o tangencial). El contenido de humedad que presenta la madera afecta directamente las propiedades físicas y mecánicas.
- 4- La madera es biodegradable. Puede degradarse por la acción de organismos degradadores como hongos, bacterias o insectos. Estos organismos pueden atacar los hidratos de carbono (celulosa y hemicelulosas) de la pared celular, la lignina o en algunos casos todos los componentes. La biodegradación afecta las propiedades químicas, físicas y mecánicas.
- 5- La madera es combustible. La madera puede quemarse y proveer energía en forma barata y renovable. Las diferentes especies presentan distinto poder calorífico dependiendo de su estructura anatómica y química. Existen industrias y productos forestales asociados con esta propiedad (leña, briquetas, carbón), aunque en otros usos de la madera la combustión debe ser cuidadosamente impedida.

- 6- La madera es relativamente inerte a la acción química. No se degrada fácilmente frente a la mayoría de las sustancias químicas o cuando se la expone frente a los agentes de deterioro atmosférico (rayos UV, sol, lluvia).
- 7- La madera es durable bajo condiciones que no favorezcan el desarrollo de organismos degradadores (hongos, bacterias o insectos). Las diferentes especies presentan distinta durabilidad natural dependiendo fundamentalmente de la composición química. Existen tratamientos para aumentar la durabilidad natural de las maderas frente a los organismos degradadores (preservación).
- 8- La madera es aislante eléctrica, acústica y térmica. Esto se explica por su estructura de tipo fibrosa y la cantidad de aire que contiene en su interior (en los lúmenes celulares). Frente a otros materiales para la construcción, la madera presenta la mejor combinación de resistencia estructural y aislamiento.

## 2- Variabilidad de las propiedades de la madera

La madera es un material biológico y heterogéneo. Esto significa que la madera producida por árboles de la misma especie no es idéntica en sus propiedades físicas y estructurales, existe variabilidad incluso dentro del mismo árbol. Todas las características anatómicas y físicas y mecánicas dentro de árbol exhiben un rango en sus valores.

La variabilidad se da:

A- Entre especies

B- Dentro de la especie

a- Entre árboles

b- Dentro del árbol

-Axial

-Radial

Es muy importante conocer esta variabilidad ya que la aptitud de una especie para determinados usos depende de las propiedades y esas propiedades hay que determinarlas como un promedio representativo del árbol.

*Variaciones dentro del árbol:*

Variación axial a lo largo del fuste

Variación radial o por la edad

} Madera juvenil

### 3- La madera frente a otros materiales:

La madera puede ser utilizada en su forma básica inalterada en, por ejemplo, la construcción, mueblería, postes para usos rurales, de tendido aéreo para energía eléctrica y comunicaciones de alumbrado y teléfono, etc, o como un subproducto donde se la “desarma” y se la organiza nuevamente bajo otras condiciones (tableros, pulpa y papel). En cualquiera de estos usos finales, la madera como material presenta ciertas características que la diferencia de otros materiales (plástico, hormigón, hierro).

- Se presenta en diferentes formas y tamaños, pero es posible cortarla (aserrado o laminado), triturarla (astillas) y desfibrarla (fibras) para utilizar el subproducto en diferentes aplicaciones.
- Puede ser trabajada con herramientas manuales o industriales, cepillada, lijada, clavada, atornillada, encolada, pintada.
- Presenta muy buena relación peso/resistencia
- Puede absorber grandes impactos por su resistencia a la flexión estática y dinámica.
- Presenta cambios dimensionales frente a los cambios de contenido de humedad siendo despreciables la contracción e hinchamiento por T°, esto lo diferencia fundamentalmente de otros materiales como hierro, acero y cemento.
- Es durable frente a la oxidación y corrosión

### 4- Productos forestales

Los productos derivados de la madera pueden clasificarse de acuerdo al tipo de transformación que sufren:

	Industria	Productos
Transformación mecánica	Aserrado (con sierras)	Tablas, vigas, tirantes, tablones, clavaderas, molduras, etc Madera encolada (finger joint, enlistonados, vigas laminadas)
	Debobinado y faqueado (con cuchillas)	Tableros laminados, terciados, compensados, envases, vigas LVL, enchapados
	Madera redonda	Postes, rodrigones, tijeras, espalderas, tutores
Desmenuzamiento y reconstitución	Tableros	Tableros de partículas (aglomerados), de fibras (MDF) y de láminas o virutas orientadas (OSB)
Transformación química	Químicas celulósicas	Pasta o pulpa (mecánica, quimimecánica o química) Papel (grados: impresión-escritura, absorbentes, periódico, especiales)

		Cartón (grados: envoltura y empaque, industrial)
	Químicas energéticas	Madera (leña, chips, briquetas, pellets) Carbón (carbón, briquetas, carbón activado)

El Ingeniero Forestal es el interlocutor válido entre diferentes profesionales que participan en la producción industrial de estos productos. Así es que debe interactuar con Arquitectos e Ingenieros Civiles en la construcción de viviendas o partes de viviendas con madera, con Ingenieros Químicos en la industria papelera, con Ingenieros Agrónomos en la producción forestal. En todos estos campos, no debe perderse de vista que la madera es el objeto o materia prima de la producción y transformación industrial, y que ésta como tal tiene sus características que deben ser tomadas en consideración.

### *Tipos de madera: usos y requisitos*

Los cuadros hacen referencia a los requisitos que deben tener las maderas para determinadas aplicaciones de la industria aserrada y celulósica.

#### 1- Madera aserrada

	Diseño	Densidad	CH	Estab.dimens	Tipo secado	Anomalías	Flexión	Compresión	Dureza	Comp Qca	Durabilidad natural	Preservación Producto/mét
Revestimiento interior	X (+)		X (-)	X (+)	X (+)	X (-)						X (+)
Pisos Interior	X (+)	X (+)	X (-)	X (+)	X (+)	X (-)			X (+)			
Vigas		X (+/-)	X (-)	X (+)	X (+)	X (-)	X (+)	X (+)				X (+)
Pisos exterior		X (+)			X (+/-)		X (+)		X (+)	X (+)	X (+)	X (+)

Las propiedades enlistadas están ubicadas de acuerdo a su relación entre sí. Con la primera característica de diseño se resume una cantidad de atributos anatómicos que están influenciando el carácter estético del diseño (porosidad, textura, grano, anillos de crecimiento, etc). Las propiedades físicas (densidad, contenido de humedad y cambios dimensionales) se relacionan entre sí, pero además influyen otras características importantes como el secado y las propiedades mecánicas (flexión, compresión, dureza). La composición química de la madera determina usos y además influye la durabilidad natural de las especies y por lo tanto la necesidad de preservarla para aumentar dicha durabilidad (durabilidad adquirida).

## 2- Madera para pulpa

	Longitud fibras	Tilosis	Angulo microfibrillar	Composición Química	Color	Densidad	CH
Pulpa química	X (+)	X (-)	X (+)	X (-)	X (-)	X (-)	
Pulpa mecánica		X (-)		X (-)	X (-)	X (-)	X (+)

Las primeras características del cuadro están en relación con cualidades anatómicas mensurables a nivel celular (longitud de fibras, tilosis) o incluso a una escala menor (ángulo microfibrillar). Siendo ambas aplicaciones derivadas de una transformación química de la madera, es lógico que la composición química de la materia prima fibrosa de la cual se parte sea muy importante. La densidad, CH y tilosis están en relación con la permeabilidad de la madera a la acción química de los licores para desfibrarla. Las propiedades mecánicas no intervienen ya que la madera no se encuentra entera.

El desarrollo de la asignatura Xilotecología toma cada uno de estas propiedades en detalle dentro de su programa de estudios. Así en la primer parte, se parte de las características anatómicas y químicas de los principales grupos comerciales de maderas (coníferas y latifoliadas), y se desarrolla en profundidad las propiedades físicas (humedad, densidad y cambios dimensionales) y mecánicas de la madera (flexión, compresión, tracción, dureza, corte). En la segunda parte se aborda la tipificación de la madera y sus anomalías o defectos; la degradación y durabilidad. En la tercer y cuarta parte se desarrollan dos tratamientos para modificar tecnológicamente la madera: el secado y la preservación.

### a- Propiedades anatómicas

Los principales grupos de leñosas comerciales se ubican dentro de las Coníferas y Angiospermas dicotiledóneas (latifoliadas). Ambos grupos presentan grandes diferencias en la composición celular de su madera.

	Coníferas	Latifoliadas
Elementos anatómicos	Traqueidas (conducción y sostén) 95% Parénquima (reserva) 5%	Vasos (conducción) 20-40% Fibras y fibrotraqueidas (sostén) 50-70% Parénquima (reserva) 10%

La organización del tejido xilemático, en ambos casos, es en dos sistemas interconectados: el axial y el radial. Pero la estructura resultante en la madera de las latifoliadas es mucho más compleja y heterogénea que en las coníferas debido a los diferentes elementos anatómicos que intervienen y sus proporciones (ver porcentaje de participación, cuadro).

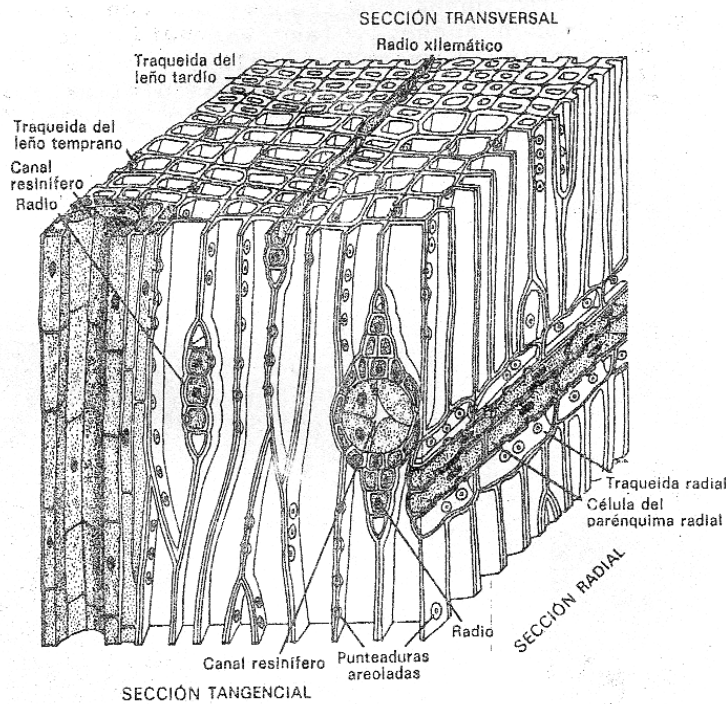


Figura de un cubo tridimensional microscópico de madera de Gimnosperma orientado según las 3 secciones de estudio (transversal, tangencial y radial)

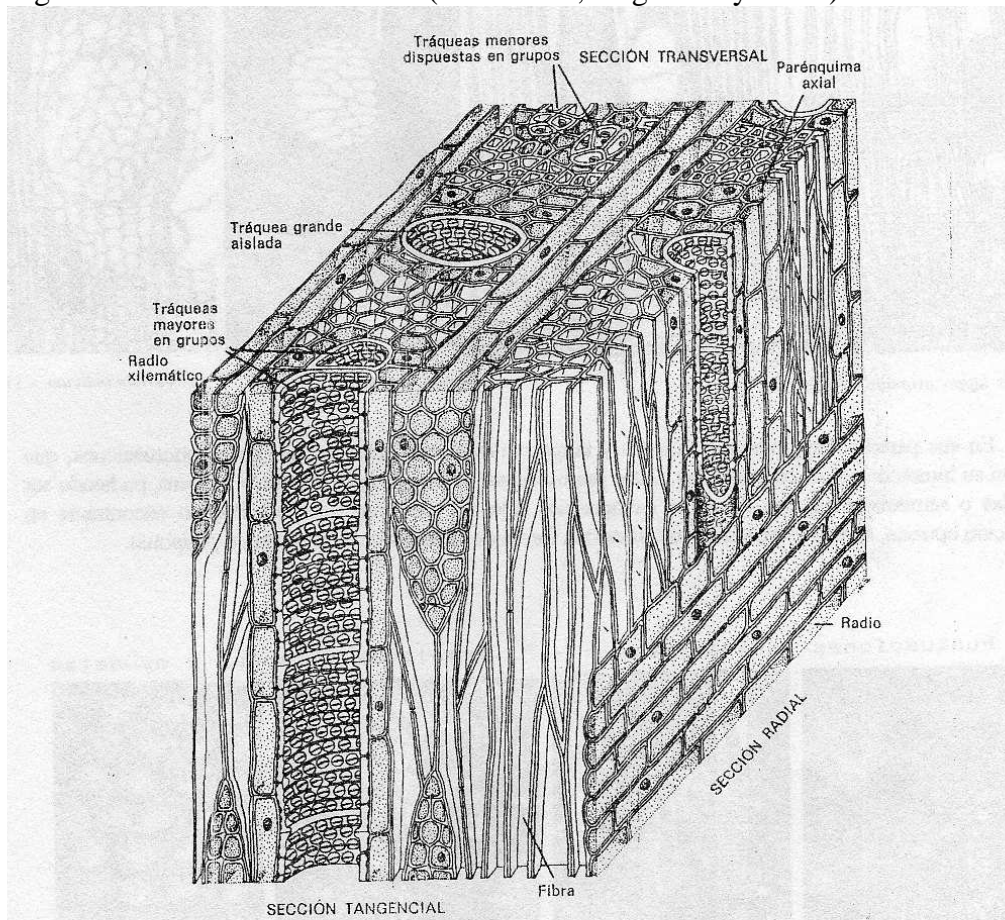


Figura de un cubo tridimensional microscópico de madera de Angiosperma orientado según las 3 secciones de estudio (transversal, tangencial y radial)

La permeabilidad para la entrada o salida de líquidos (agua, licores de impregnación) también es diferente, ya que en latifoliadas la vía es rápida a través de los vasos que son elementos perforados, en cambio en las coníferas las traqueidas son elementos imperforados y la conducción se realiza a través las puntuaciones de las paredes radiales.

Los caracteres estéticos como color, olor y diseño son más variados y mejor logrados en las latifoliadas dada la complejidad de su leño.

Repasar la temática y el vocabulario específico según la bibliografía que se adjunta.

#### b- Propiedades químicas:

La composición química de la madera presenta mayoritariamente 3 componentes: celulosa, hemicelulosas y lignina y en forma minoritaria extractivos (material orgánico) y cenizas (material inorgánico).

Las propiedades físico-mecánicas y químicas de la madera dependen de la composición química de la misma.

Ejemplos:

- 1- Las propiedades de resistencia de la madera se deben a la estructura molecular y supramolecular de la celulosa.
- 2- Las propiedades de resistencia natural a la degradación dependen de los tipos de extractivos que impregnen las paredes de las células.
- 3- El grado de blancura alcanzado por un papel se debe en gran medida a la cantidad y tipo de extractivos presentes, a las trazas de iones metálicos y al tipo de lignina residual.
- 4- El poder adhesivo de las resinas usadas para la fabricación de paneles dependen directamente de los extractivos presentes en la madera.
- 5- Las modificaciones químicas que pueden practicarse en la madera para incrementar la resistencia a la biodegradación, fotodegradación, para modificar su estabilidad dimensional, disminuir su carácter inflamable, etc, dependen de las características químicas de cada material previo al tratamiento.

La molécula de celulosa es un homopolímero lineal constituido por unidades de glucosa con estructura de anillo piranósico, unidas entre sí por enlaces B-1,4 glicosídicos. Poseen dos grupos funcionales finales, un extremo reductor formado por el grupo aldehído potencial y en el otro un grupo alcohol no reductor.

Las cadenas de celulosa son lineales, alargadas y las unidades de glucosa están enlazadas en un plano debido a tres razones: a las uniones glicosídicas, a la conformación de silla piranósica y a que los sustituyentes están orientados ecuatorialmente. Estos hechos dan como resultado una cadena molecular balanceada, esencialmente lineal y que además tiene tendencia a formar puentes de hidrógeno inter e intramoleculares. La importancia fundamental de esto es que le permiten a las cadenas de celulosa formar estructuras empaquetadas, de tipo cristalino, con un elevado grado de

ordenamiento lateral junto con otras moléculas. Estas estructuras tienen por definición características *fibrosas*. La celulosa es igual en todos los grupos taxonómicos de plantas.

Como consecuencia de su estructura fibrosa y fuertes uniones hidrógeno la celulosa presenta una alta resistencia a la tracción y es insoluble en la mayoría de los solventes. La molécula tiene muchos grupos funcionales que pueden reaccionar fácilmente, pero en la estructura supramolecular estos grupos están ocupados formando puentes de hidrógeno que mantiene unidas las largas cadenas de celulosa entre sí. Por lo tanto la accesibilidad de la celulosa no es tan alta como se supone. Se deben generar las condiciones adecuadas para que la celulosa reaccione químicamente. Esto se logra con agentes de hinchamiento=*swelling* (agua, bases fuertes).

Las hemicelulosas es un polisacárido formado por 5 unidades diferentes de azúcares (glucosa, manosa, galactosa, xilosa y arabinosa). La formación de las cadenas generalmente involucra solo algunos de los monómeros mencionados. Las hemicelulosas de las coníferas y latifoliadas difieren en su composición. Son cadenas no lineales más cortas que la celulosa, ramificadas y con grupos laterales acetilos y/o ácidos urónicos. Son polímeros de bajo peso molecular con un grado de polimerización de 150-200.

No forman estructuras cristalinas sino que son amorfas, por lo tanto son más reactivas que la celulosa. Los procesos de hinchamiento se inician y promueven dentro de las zonas de concentración de hemicelulosas y se extienden al resto de las fibras. Su estado desordenado y su bajo peso molecular hacen que la degradación de las hemicelulosas sea mucho más rápida.

Hemicelulosas de coníferas: poseen galactoglucomananos o mananos como componente principal de sus hemicelulosas (20%). Su esqueleto es una cadena formada por unidades de glucosa y manosa siendo la relación manosa:glucosa de alrededor de 3:1 y un grado de polimerización de 70-130.

Hemicelulosas de angiospermas: poseen xilano o glucoroxilanos como componente mayoritario (15-30%). Consta de unidades de xilopiranosas, con sustituyentes de 7 acetilos y 1 ácido urónico cada 10 unidades de xilosa. El grado de polimerización es de 100-200 aproximadamente.

Las hemicelulosas sufren las mismas reacciones de degradación que la celulosa. Como su accesibilidad es mayor, por no poseer una supraestructura en fibrillas, es atacada en primera instancia y en mayor grado que la celulosa. Tanto el hinchamiento, la hidrólisis ácida o alcalina comienzan en las hemicelulosas.

La molécula de lignina es un sistema aromático compuesto de fenilpropano. La estructura de la lignina es completamente irregular y solo puede ser descrita en términos generales en función de las unidades monoméricas que la constituyen y las uniones presentes entre las mismas. Los tipos de uniones y estructuras diméricas más frecuentes son uniones éter y uniones carbono-carbono (uniones condensadas). El 48% y 60% de estas uniones son b-aril éter para las coníferas y latifoliadas respectivamente. Esto implica que más de la mitad de las uniones son éter las cuales son mucho más fáciles de romper que las uniones C-C.



Desde el punto de vista estructural también son importantes los grupos funcionales presentes. Estos pueden ser: OH fenólicos libres, metoxilos, carbonilos, OH alifáticos (alcoholes). Estos grupos influyen en la reactividad de la lignina.

Tipos de ligninas: se dividen en 3 clases

1- Ligninas tipo G: compuestas en su mayor parte (85%) por unidades guayacilo. Las unidades guayacilo poseen un sustituyente en un carbono aromático (C5) del fenilpropano. Presentes en las gimnospermas. Son muy homogéneas.

2- Ligninas tipo SG: están constituidas por proporciones similares de núcleos G (guayacilos) y S (siringilo), además de pequeñas cantidades de p-hidroxifenilo. Las unidades siringilo poseen dos sustituyentes en el anillo aromático (C5 y C7) y las p-hidroxifenilo no poseen sustituyentes solo el OH en el C6. Presentes en las angiospermas. Debido a la gran variabilidad en la composición de las ligninas de angiospermas se dan rangos de composición, por ejemplo la proporción de unidades siringilo varía entre 20 y 60% en las ligninas de maderas duras.

3- Ligninas SGH: la proporción de p-hidroxifenilo es mayor. Se dan en angiospermas monocotiledóneas como cañas, pajas de cereales.

La lignina es amorfa, no tiene punto de fusión definido, pero se ablanda desarrollando propiedades adhesivas en el rango de 70-120°C (temperatura de transición vítrea). Al enfriarse vuelve a endurecerse, por lo que puede considerarse un material termoplástico. La lignina natural es blanca o al menos no coloreada, sin embargo, por reacciones químicas especialmente alcalinas, desarrolla un intenso color oscuro proveniente de la activación de grupos cromofóricos y de la reacción de algunos extractivos. Otros procesos que desarrollan el color en la lignina son las reacciones de condensación y la oxidación de grupos fenólicos. Un ejemplo de esto es el hecho frecuente de amarilleo del papel de diario, observado en pastas muy lignificadas en presencia de luz y aire.

Los extractivos imparten color, olor, sabor y resistencia a la biodegradación biológica. Algunos cumplen funciones metabólicas como fuentes de energía o almacenamiento, otros son desechos metabólicos o productos de secreción como las resinas y taninos.

Existen 3 grupos químicos:

- TERPENOS: gran cantidad en Coníferas (resinas)
- COMPONENTES ALIFÁTICOS: grasas y ceras (fuente de energía y almacenamiento en células parenquimáticas)
- CONSTITUYENTES FENÓLICOS: de propiedades funguicidas, en duramen y corteza. Ej. Flavonoides, taninos hidrolizables, taninos condensados (catequina= quebracho colorado)

Ejemplos:

- Maderas blandas y durables por contener extractivos: alerce, ciprés de la cordillera, timbó
- Maderas duras y durables: quebracho colorado, urunday

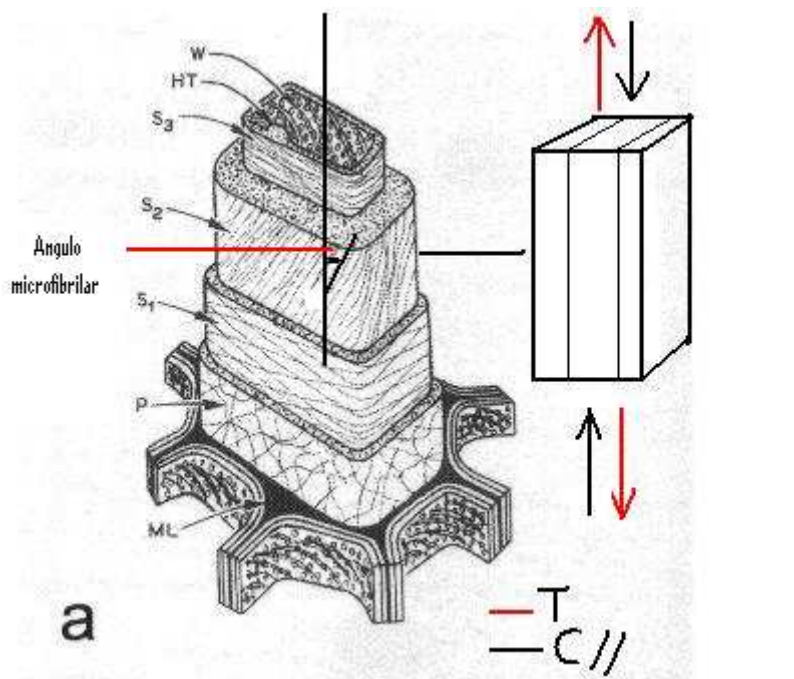
- Maderas oscuras vs claras: color dado por los extractivos, maderas coloreadas como los eucaliptos colorados (*E. camaldulensis*) son no deseadas para los pulpados frente a los eucaliptos de colores claros (*E. globulus*, *E. dunnii*, *E. grandis*)
- Kino: extractivos propios del género *Eucalyptus*

### c- Pared celular:

Cada célula forma su pared “de afuera hacia adentro”, de modo que la capa mas vieja está en la posición más externa respecto del protoplasma. La primera capa que se forma es la laminilla media, que une a dos células vecinas y su composición es mayoritariamente de lignina.

La pared primaria se forma luego hacia el interior y su composición química es de celulosa y hemicelulosas. En su estructura las microfibrillas se depositan en forma desordenada y laxa, lo que permite el crecimiento en volumen de la célula.

Por último, y cuando la célula ha alcanzado su tamaño definitivo, se deposita la pared secundaria, constituida generalmente por tres capas definidas por la orientación de las microfibrillas. En la capa más externa llamada S1, las microfibrillas se orientan en una espira plana, es decir con un gran ángulo respecto del eje vertical de la célula. En la capa S2, generalmente más gruesa, el ángulo es menor y la orientación es casi vertical. En la capa más interna S3, la orientación es como en la S1.



El ángulo que forman las microfibrillas de celulosa con respecto al eje vertical de la célula se denomina ángulo microfibrillar. La resistencia a la tracción aumenta cuando menor es el ángulo (ubicación vertical de las microfibrillas). Tecnológicamente la capa S2 de la pared secundaria es la más importante y de la que depende el comportamiento físico y mecánico (densidad, contracción-hinchamiento, tracción, compresión, flexión, corte).

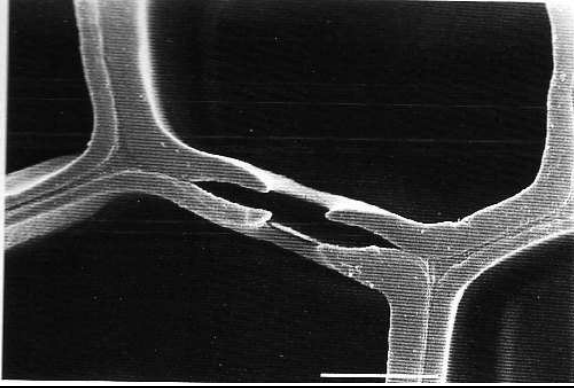
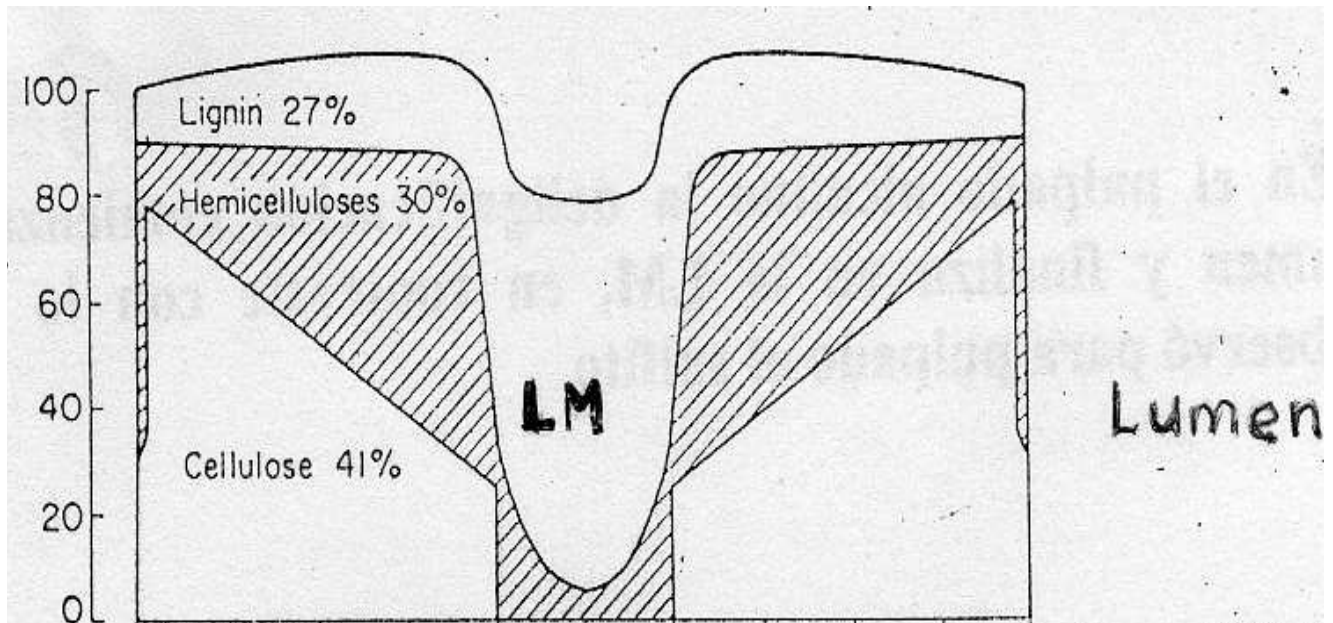


Foto de un corte transversal de una Gimnosperma mostrando la pared celular de dos traqueidas adyacentes y las puntuaciones areoladas que las comunica.

El siguiente esquema representa la composición química relativa de las capas de la pared celular.



LM. Laminilla media (unión entre las paredes de dos células vecinas).

##### 5- Mercado maderero argentino

El mercado de maderas argentino se nutre de especies nativas (propias del país) provenientes de los principales puntos forestales y de pocas especies exóticas implantadas mayoritariamente en la mesopotamia.

Las principales especies nativas del mercado maderero son:

- Araucaria angustifolia* “pino paraná” (Misiones)
- Cedrela fissilis* “cedro misionero” (Misiones)
- Parapiptadenia rigida* “anchico colorado” (Misiones)
- Apuleia leiocarpa* “grapia” (Misiones)
- Peltophorum dubium* “ibirá pitá” (Misiones)
- Balfourodendron riedelianum* “guatambú” (Misiones)
- Pterogyne nitens* “viraró” (Misiones)
- Myrocarpus frondosus* “incienso” (Misiones)

*Tabebuia ipe* “Lapacho” (Yungas)  
*Aspidosperma quebracho blanco* “quebracho blanco” (Chaco, Santiago del Estero)  
*Prosopis spp* “algarrobos” (Chaco, Santiago del Estero)  
*Ruprechtia laxiflora* “marmelero” (Misiones)  
*Luehea divaricata* “soita” (Misiones)  
*Schinopsis balansae* “quebracho colorado” (Santiago del Estero, Chaco)

Las principales especies exóticas del mercado son:

*Pinus taeda* y *P. elliottii*: implantados en Misiones  
*Pinus poderosa*: implantados en Neuquén y Chubut  
*Eucalyptus grandis*: implantado en Corrientes y Entre Ríos  
*E. globulus*: implantado en Sudeste de la Provincia de Buenos Aires  
*E. camaldulensis*: implantado en Santa Fe, Santiago del Estero, Chaco y norte de Buenos Aires  
*E. viminalis*: implantado en el oeste de Buenos Aires, La Pampa, Santa Fe, Córdoba  
*Populus spp* “álamos”: implantado en Provincia de Buenos Aires, Mendoza, Río Negro, Neuquén, Delta del Paraná  
*Salix spp.* “sauces”: implantado en Delta del Paraná  
*Melia azedarach* “paraíso”: implantado en Corrientes y Misiones

## 6- Calidad de madera

¿Esta madera es buena?

El concepto de *madera de calidad* tiene que ir indiscutiblemente ligado al *destino final o producto*. No existe una madera buena para todos los usos.

Así, podemos presentar al quebracho colorado como una de las maderas nativas más densas, pesadas y duras, muy durable para usos a la intemperie o enterrado, de color rojizo oscuro muy apreciado, con un alto poder calorífico. Con esas características es excelente como: postes y durmientes, leña o carbón, pero nunca podría servir para pulpa y papel o paneles o láminas de debobinado.

A muchas especies se les puede aplicar algún tratamiento específico para generar las condiciones adecuadas para un uso específico, por ejemplo preservarla con determinados productos para aumentar su resistencia a la biodegradación (por hongos y/o insectos). Por ejemplo, a la madera de *Eucalyptus grandis*, que no es naturalmente durable enterrada, se la trata con óxidos para que pueda ser usado como postes de alumbrado público.

## 7- Síntesis

Madera como material

Principales características:

- Heterogeneidad: origen biológico
- Anisotropía
- Higroscópica
- Biodegradable
- Inerte
- Aislante
- Combustible

No existe una madera buena para todos los usos. Dependiendo del producto final a obtener se necesitan determinados requisitos de calidad.

## 8- Bibliografía

Panshin AJ y C de Zeeuw. Textbook of wood technology. Ed Mc Graw-Hill Book Company, 4<sup>th</sup> Edition (1980), 722pp.

Guía de Dendrología. 2008. Parte Xilología. Fac. de Cs. Agrarias y Forestales, UNLP.

Esau, K. 1982. Anatomía de las plantas con semillas. Ed Hemisferio Sur.

Fahn A. 1986. Anatomía Vegetal. Ed. Pirámide.

Jane, F.W. 1970. The structure of wood. Adam & Charles Black, London.

Tortorelli L. 1956. Maderas y Bosques Argentinos. Ed. Acme, Buenos Aires.