

ESTRUCTURAS DE MADERA

2.1. Anatomía y especies

VARIABLES A TENER EN CUENTA PARA PROYECTAR CON MADERA

ESPECIE

TIPO DE MADERA

UBICACIÓN

UNIONES

TRANSPORTE

CONÍFERAS

FRONDOSAS



1. Especies

2. Anatomía de la madera
3. Estructura macroscópica
4. Estructura microscópica
5. Estructura sub-microscópica

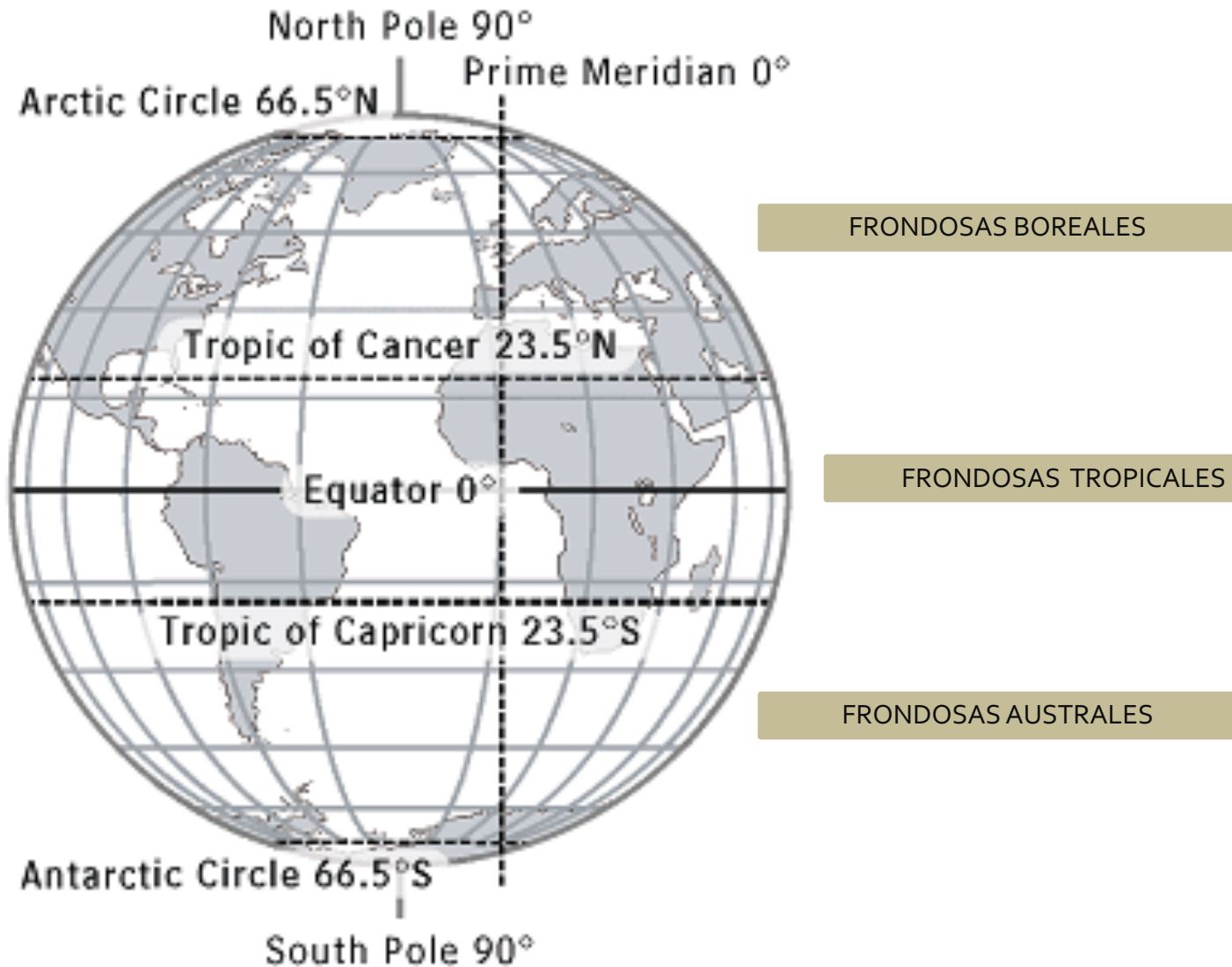
2.1. Anatomía y especies

16.000 ESPECIES MADERERAS

2.000 COMERCIALES

500 CONÍFERAS

1.500 FRONDOSAS



<http://www2.needham.k12.ma.us>

ESPECIES MADERERAS

CONÍFERAS / SOFTWOOD (ej. Pino)



FRONDOSAS / HARDWOOD / DECIDUOUS (ej. Ceibo)



<http://floradeluruquay.blogspot.com>

ESPECIES MADERERAS

CONÍFERAS

SEMILLAS: PIÑAS (CONOS)



FRONDOSAS

FLORES, FRUTOS Y SEMILLAS



ESPECIES MADERERAS

CONÍFERAS

SEMILLAS: PIÑAS (CONOS)

HOJAS (ACÍCULAS): LINEALES



FRONDOSAS

FLORES, FRUTOS Y SEMILLAS

HOJAS



ESPECIES MADERERAS

CONÍFERAS

SEMILLAS: PIÑAS (CONOS)

HOJAS(ACÍCULAS): LINEALES

MADERA: CON RESINA



www.meted.ucar.edu

Creative Commons atribucion

FRONDOSAS

FLORES, FRUTOS Y SEMILLAS

HOJAS

MADERA: SIN RESINA



¿Cómo se nombran
las especies?

TAXONOMIA

DIVISION

ESPERMATOPHYTA (con semillas)



SUBDIVISIÓN

GIMNOSPERMAS / **CONÍFERAS** (sin frutos)



CLASE

PINOPSIDA

GINGKGOPSIDA



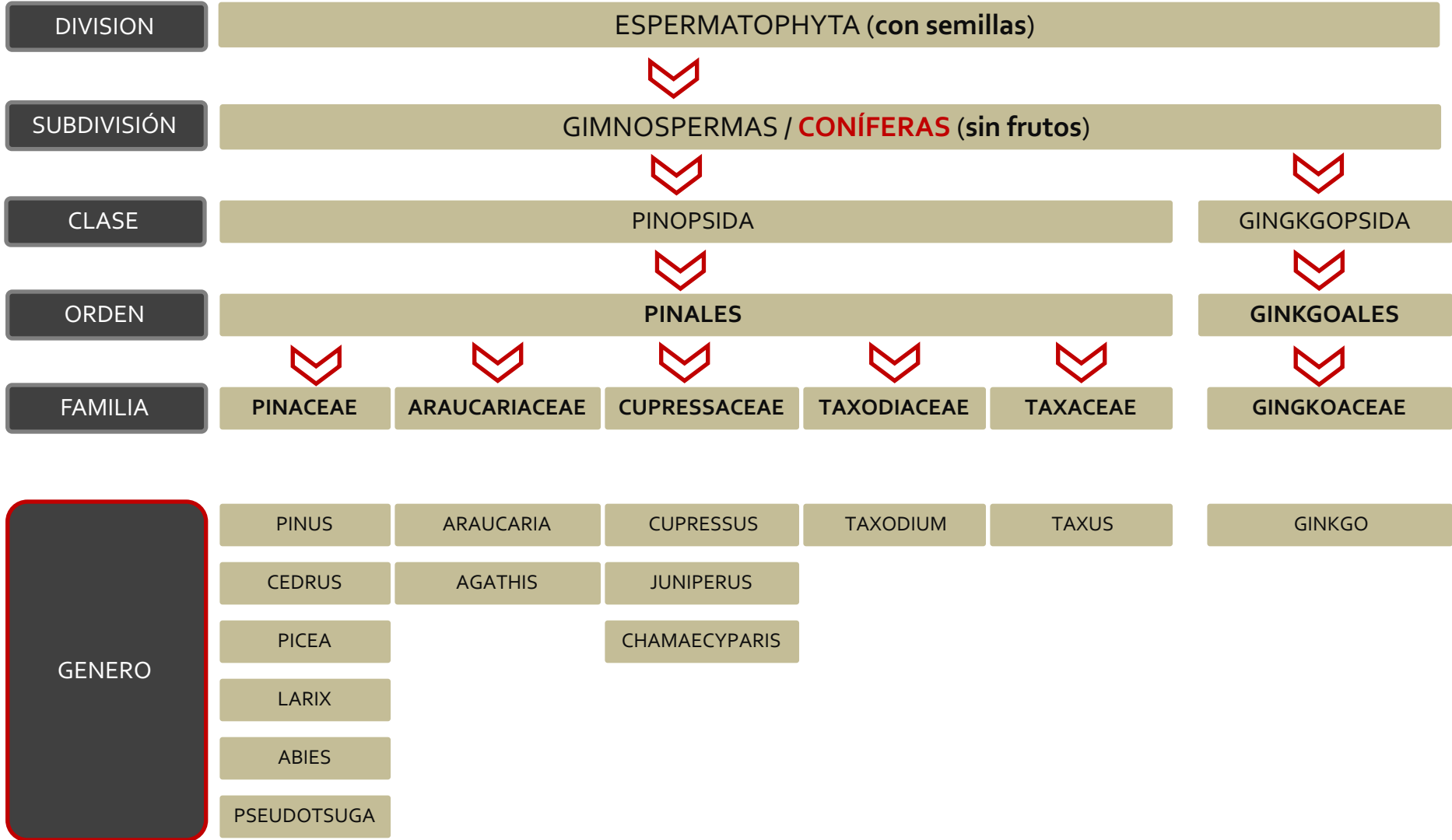
ORDEN

PINALES

GINGKGOALES



TAXONOMIA



TAXONOMIA

DIVISION

ESPERMATOPHYTA (con semillas)



SUBDIVISIÓN

GIMNOSPERMAS / **CONÍFERAS** (sin frutos)



CLASE

PINOPSIDA

GINGKGOPSIDA



ORDEN

PINALES

GINGKGOALES



FAMILIA

PINACEAE

ARAUCARIACEAE

CUPRESSACEAE

TAXODIACEAE

TAXACEAE

GINGKOACEAE



ESPECIES

GENERO

PINUS

Pinus taeda, Pinus elliottii, Pinus sylvestris, Pinus radiata, etc.

CEDRUS

Cedrus deodara, Cedrus atlantica, etc.

PICEA











Picea abies

LARIX

ABIES

PSEUDOTSUGA

TAXONOMIA

DIVISION	ESPERMATOPHYTA (con semillas)				
					
SUBDIVISIÓN	ANGIOSPERMAS / FRONDOSAS (con flores y frutos)				
					
CLASE	MAGNOLIOPSIDA / DICOTILEDÓNEAS (plantas leñosas)				
					
ORDEN	FAGALES			CASUARINALES	LAURALES
					
FAMILIA	FAGACEAE	JUGLANDACEAE	BETULACEAE	CASUARINACEAE	LAURACEAE
GENERO	CASTANEA	JUGLANS	BETULA	CASUARINA	LAURUS
	FAGUS	CARYA	ALNUS		
	QUERCUS		CARPINUS		
ESPECIES	<i>Castanea sativa</i> <i>Castanea crenata</i> <i>Fagus sylvatica</i> <i>Quercus robur</i> <i>Quercus suber</i>	<i>Juglans regia</i> <i>Juglans nigra</i> <i>Carya illioinensis</i>	<i>Betula celtiberica</i> <i>Betula tremula</i> <i>Alnus glutinosa</i> <i>Carpinus betulus</i> <i>Corylus avellana</i>	<i>Casuarina cunninghamia</i>	<i>Laurus nobilis</i>

TAXONOMIA

DIVISION	ESPERMATOPHYTA (con semillas)				
	∨				
SUBDIVISIÓN	ANGIOSPERMAS / FRONDOSAS (con flores y frutos)				
	∨				
CLASE	MAGNOLIOPSIDA / DICOTILEDÓNEAS (plantas leñosas)				
	∨		∨		∨
ORDEN	ROSALES		MALPIGHIALES	MYRTALES	MAGNOLIALES
	∨		∨	∨	∨
FAMILIA	ROSACEAE	ULMACEAE	SALICACEAE	MYRTACEAE	MAGNOLIACEAE
GENERO	ROSA	ULMUS	POPULUS	EUCALYPTUS	MAGNOLIA
	PYRUS		SALIX	MYRTUS	LIRIODENDRON
	MALUS				
	PRUNUS				
ESPECIES	<i>Pyrus communis</i> <i>Malus domestica</i> <i>Prunus avium</i> <i>Rosa chinensis</i>	<i>Ulmus minor</i> <i>Ulmus glabra</i>	<i>Populus nigra</i> <i>Populus alba</i> <i>Salix viminalis</i> <i>Salix babylonica</i>	<u><i>Eucaliptus grandis</i></u> <i>Eucaliptus globulus</i> <i>Myrtus communis</i>	<i>Magnolia grandiflora</i> <i>Liriodendron tulipifera</i>

Plantaciones en Uruguay

PLANTACIONES FORESTALES URUGUAY

GENERO:

PINUS

Pinus taeda

<http://arboretum.ua.edu>



Pinus elliottii

<http://texastreeid.tamu.edu>



Pinus pinaster

<http://www.cesefor.com>



Pino taeda, Pino amarillo, etc.

Altura: 30-35 m, d:40-150cm

Acículas: 3. Long: 12-22cm

Madera: blanda, color claro

Pino elliotti, Pino amarillo, etc.

Altura: 18-30 m; d:60-80 cm

Acículas. 2-3. Long: 18-24 cm

Madera: blanda, color claro, + resinosa

Pino marítimo, Pino gallego, etc.

Altura: 20-30m; tronco curvado; d:120 cm

Acículas. 2. Long: 15-27 cm

Madera: blanda, color claro en albura

PLANTACIONES FORESTALES URUGUAY

GENERO:

EUCALYPTUS

Eucaliptus grandis

es.wikipedia.org



Eucalipto grandis, E. rosado, etc.

Altura: 50 m, d:120-200cm

Madera: color rosado

Eucalyptus tereticornis

northernbeachesherbarium.com.au



Eucalipto colorado, etc.

Altura: 20-50 m, sin ramas 1ª mitad

Madera: color rojizo, grano cruzado, durable

Eucalyptus globulus

www.canal-mediana.es



E. blanco, E. común, E. azul, etc

Altura:

Madera: color claro, grano espiralado

Especies
autóctonas
en Uruguay

ÁRBOLES NATIVOS DE URUGUAY

www.micol.fcien.edu.uy/flora/uy_flora.htm

NOMBRE COMÚN

NOMBRE CIENTÍFICO

ESPINILLO

Acacia caven



Uso: ornamental, combustible, postes cercas

ÁRBOLES NATIVOS DE URUGUAY

www.micol.fcien.edu.uy/flora/uy_flora.htm

NOMBRE COMÚN

NOMBRE CIENTÍFICO

ESPINILLO

Acacia caven

CEIBO

Erythrina crista-galli



Uso: ornamental, tallas y molduras (madera blanda y porosa: $\rho=200 \text{ Kg/m}^3$)

ÁRBOLES NATIVOS DE URUGUAY

www.micol.fcien.edu.uy/flora/uy_flora.htm

NOMBRE COMÚN

NOMBRE CIENTÍFICO

ESPINILLO

Acacia caven

CEIBO

Erythrina crista-galli

IBIRÁ-PITÁ

Peltophorum dubium

Uso: carpintería, construcc.rurales e hidráulicas, marcos puertas y ventanas, pisos, postes, mueblería ($\rho=850-900 \text{ Kg/m}^3$)

<http://commons.wikimedia.org>



www.infojardin.com



ÁRBOLES NATIVOS DE URUGUAY

www.micol.fcien.edu.uy/flora/uy_flora.htm

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO
ESPINILLO	<i>Acacia caven</i>
CEIBO	<i>Erythrina crista-galli</i>
IBIRÁ-PITÁ	<i>Peltophorum dubium</i>
TALA	<i>Celtis tala (C. espinosa)</i>

Uso: madera dura y densa, usada como combustible y para fabricación de mangos de herramientas



ÁRBOLES NATIVOS DE URUGUAY

www.micol.fcien.edu.uy/flora/uy_flora.htm

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO
ESPINILLO	<i>Acacia caven</i>
CEIBO	<i>Erythrina crista-galli</i>
IBIRÁ-PITÁ	<i>Peltophorum dubium</i>
TALA	<i>Celtis tala (C. espinosa)</i>
PITANGA	<i>Eugenia uniflora</i>

Uso: ornamental, fruto



ÁRBOLES NATIVOS DE URUGUAY

www.micol.fcien.edu.uy/flora/uy_flora.htm

NOMBRE COMÚN

NOMBRE CIENTÍFICO

ESPINILLO

Acacia caven

CEIBO

Erythrina crista-galli

IBIRÁ-PITÁ

Peltophorum dubium

TALA

Celtis tala (C. espinosa)

PITANGA

Eugenia uniflora

GUAYABO COLORADO

Myrcianthes cisplatensisPublicado por [Alejandro Nader de Leon](http://uruguay1.blogspot.com) <http://uruguay1.blogspot.com>Publicado por [Alejandro Nader de Leon](http://uruguay1.blogspot.com) <http://uruguay1.blogspot.com>**Uso:** ornamental por la fragancia de sus flores

ÁRBOLES NATIVOS DE URUGUAY

www.micol.fcien.edu.uy/flora/uy_flora.htm

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO
ESPINILLO	<i>Acacia caven</i>
CEIBO	<i>Erythrina crista-galli</i>
IBIRÁ-PITÁ	<i>Peltophorum dubium</i>
TALA	<i>Celtis tala (C. espinosa)</i>
PITANGA	<i>Eugenia uniflora</i>
GUAYABO COLORADO	<i>Myrcianthes cisplatensis</i>
ANACAHUITA	<i>Schinus molle</i>



Uso: medicinal y obtención de aceites para perfumes y jabones

ÁRBOLES NATIVOS DE URUGUAY

www.micol.fcien.edu.uy/flora/uy_flora.htm

NOMBRE COMÚN

NOMBRE CIENTÍFICO

ESPINILLO

Acacia caven

CEIBO

Erythrina crista-galli

IBIRÁ-PITÁ

Peltophorum dubium

TALA

Celtis tala (C. espinosa)

PITANGA

Eugenia uniflora

GUAYABO COLORADO

Myrcianthes cisplatensis

ANACAHUITA

Schinus molle

LAPACHO / IPÉ

Tebebuia heptaphyllawww.arbolesornamentales.es<http://floradelluruguay.blogspot.com>**Uso:** ornamental, carpintería. Madera dura, pesada y durable.

1. Especies
2. Anatomía de la madera
3. Estructura macroscópica
4. Estructura microscópica
5. Estructura sub-microscópica

2.1. Anatomía y especies

MADERA

Tres funciones fundamentales en el árbol:

Conducción de savia

Almacenamiento

Sostén

MADERA

Tres funciones fundamentales en el árbol:

Conducción de savia

Almacenamiento

Sostén

ANATOMÍA

La madera como material estructural se explica básicamente en tres niveles:

Estructura macroscópica

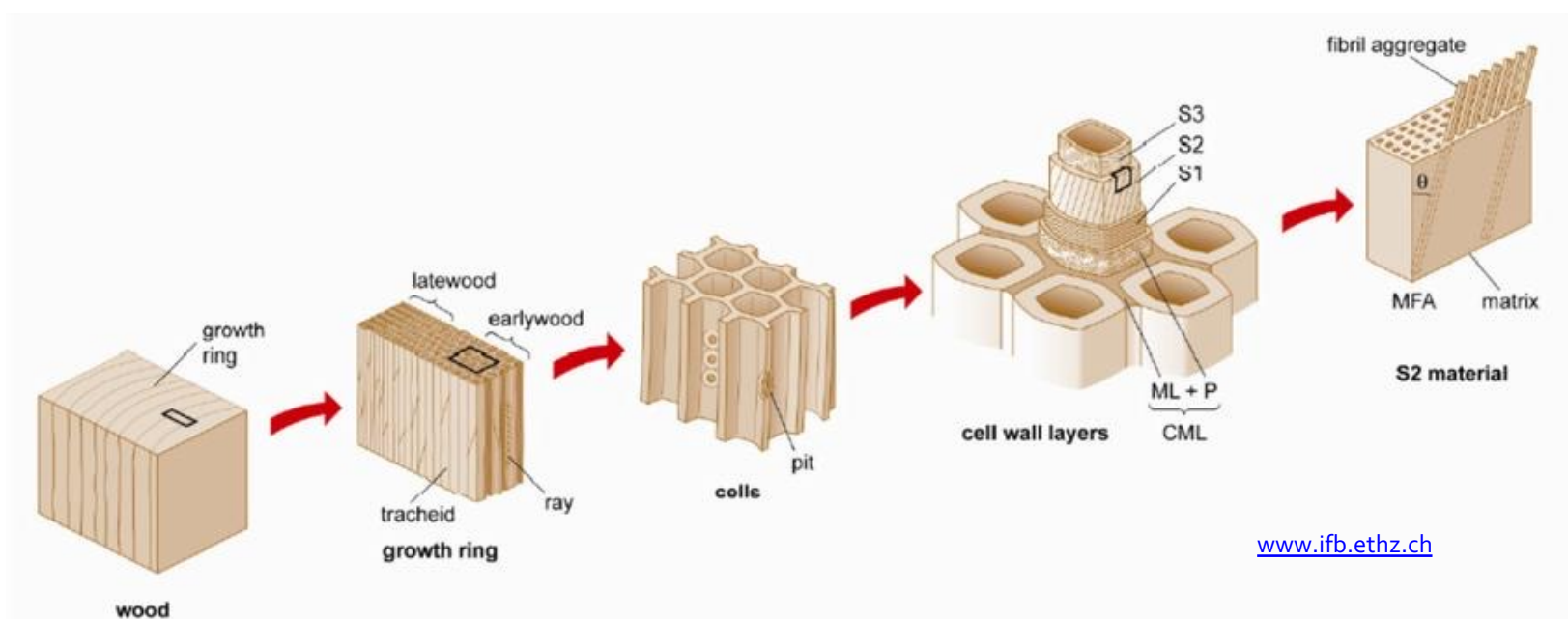
Resistencia de la madera

Estructura microscópica

Rigidez de la madera

Estructura sub-microscópica

Pared celular: movimientos de agua en la madera

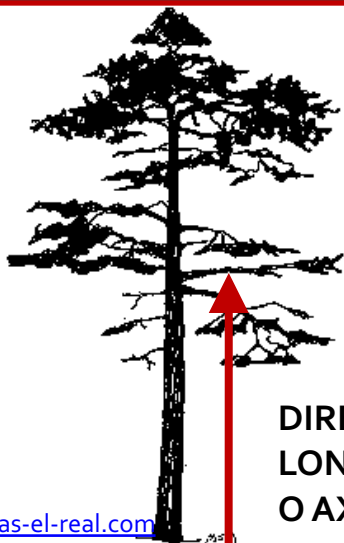


1. Especies
2. Anatomía de la madera
3. Estructura macroscópica
4. Estructura microscópica
5. Estructura sub-microscópica

2.1. Anatomía y especies

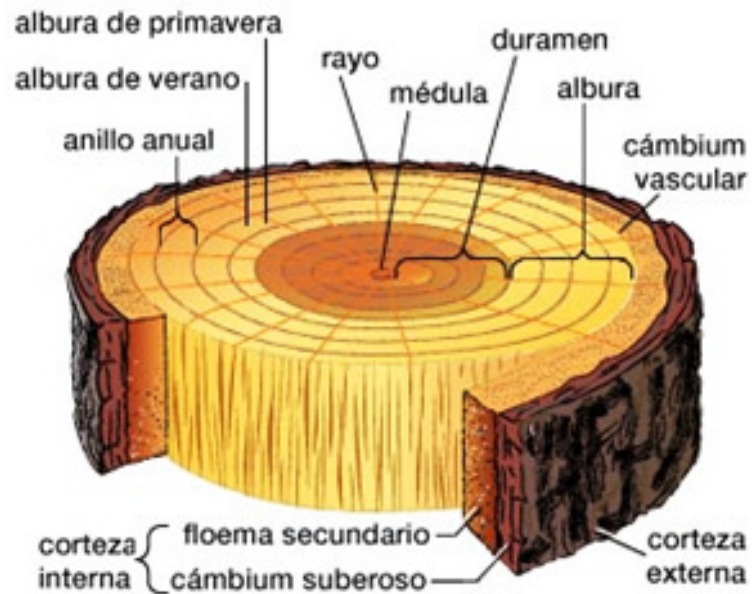
Estructura del tronco del árbol

ESTRUCTURA DEL TRONCO DEL ÁRBOL



DIRECCIÓN
LONGITUDINAL
O AXIAL

www.maderas-el-real.com



blogiaanwalsh.blogspot.com

CORTEZA EXTERNA

CORTEZA INTERNA O LÍBER

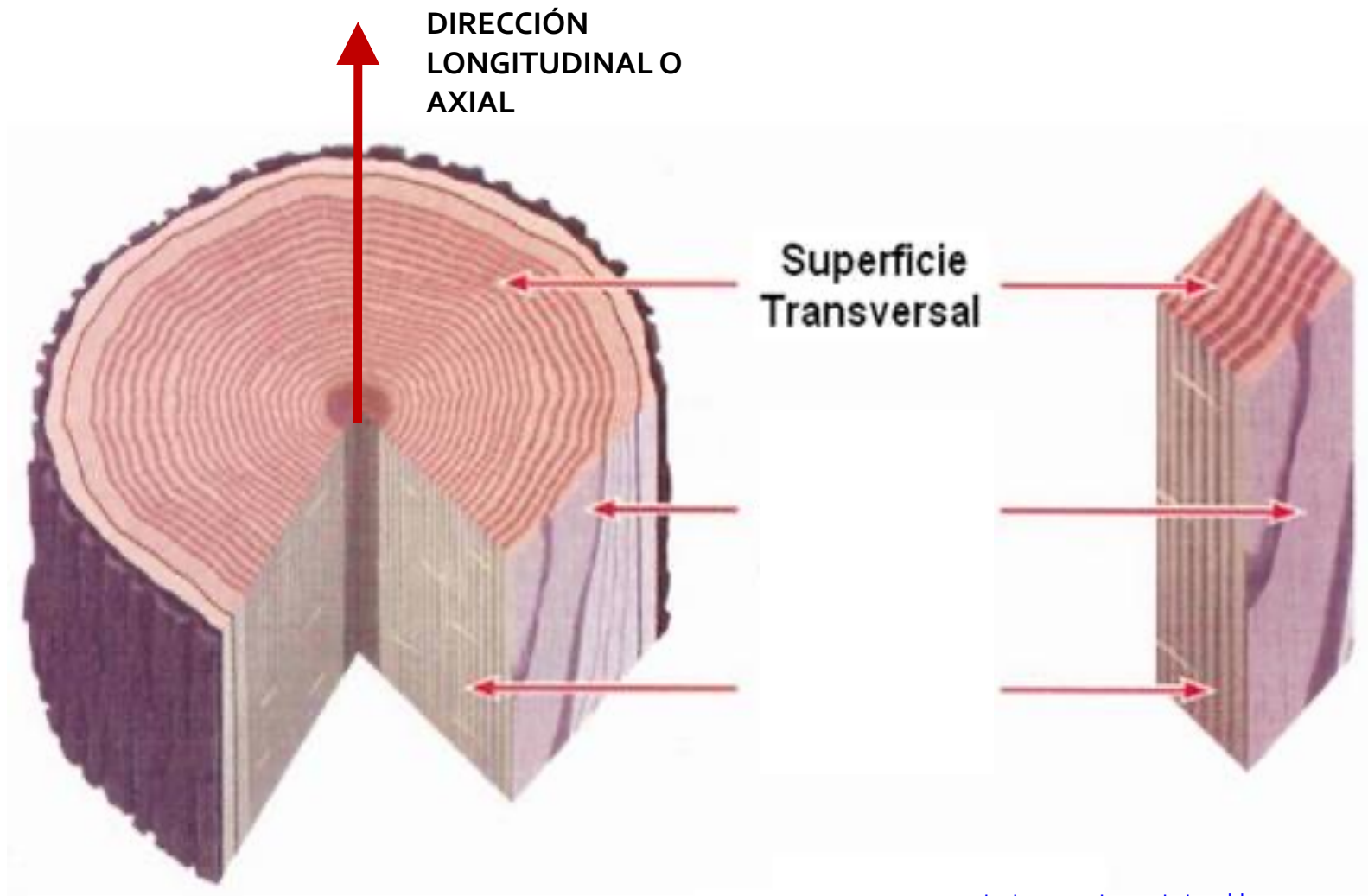
CAMBIUM

MADERA DE ALBURA

MADERA DE DURAMEN

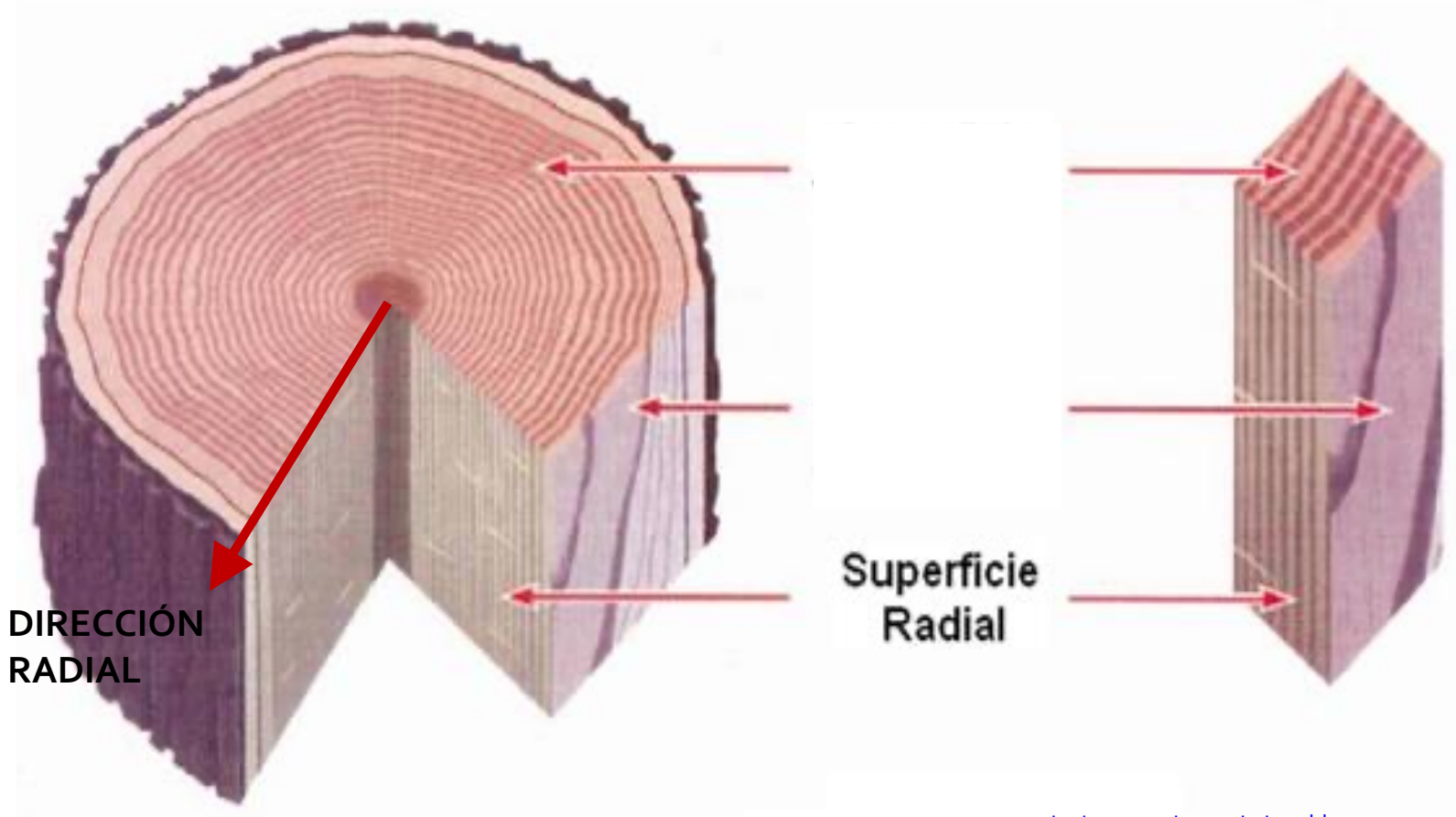
Planos de corte de
un árbol

PLANOS DE CORTE DE UN TRONCO



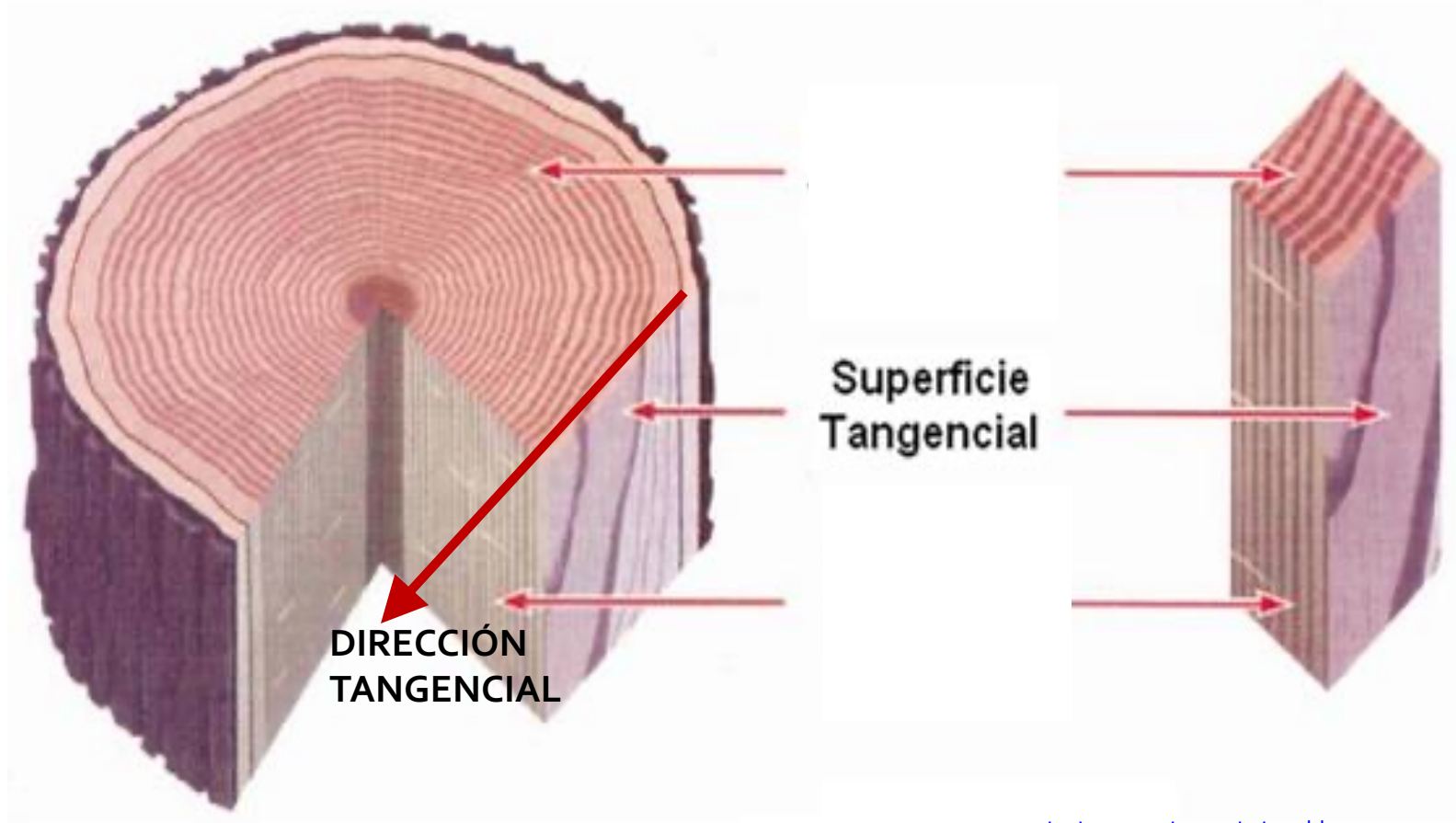
jenicorstecnicasartisticas.blogspot.com

PLANOS DE CORTE DE UN TRONCO



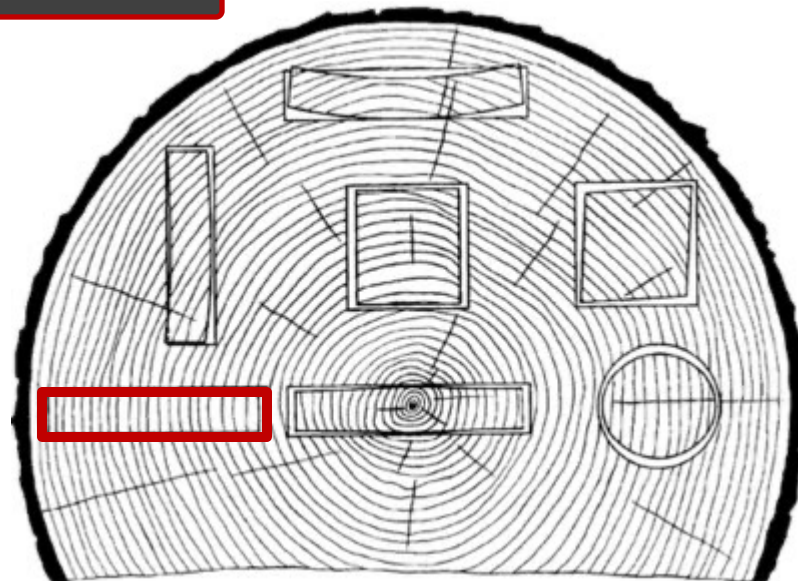
jenicorstecnicasartisticas.blogspot.com

PLANOS DE CORTE DE UN TRONCO



jenicorstecnicasartisticas.blogspot.com

PLANOS DE CORTE DE UN TRONCO

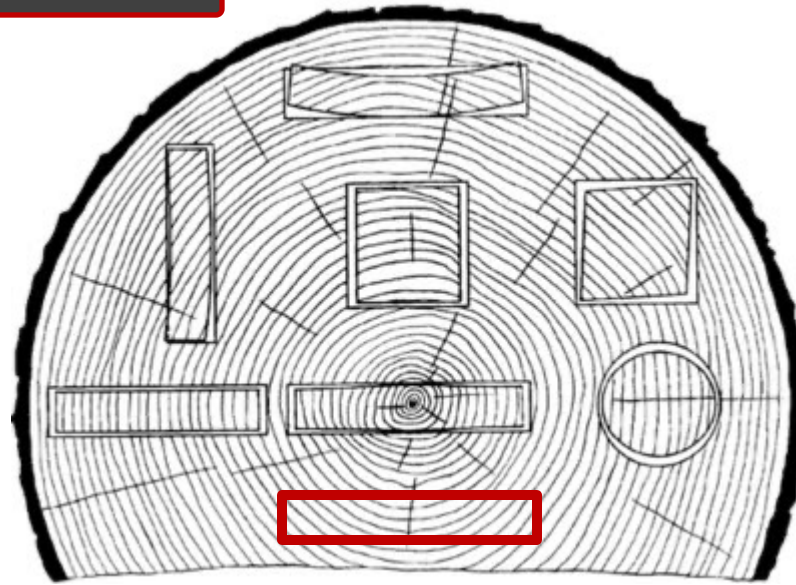


www.ledyardsawmill.org

CORTE RADIAL



PLANOS DE CORTE DE UN TRONCO



www.ledyardsawmill.org

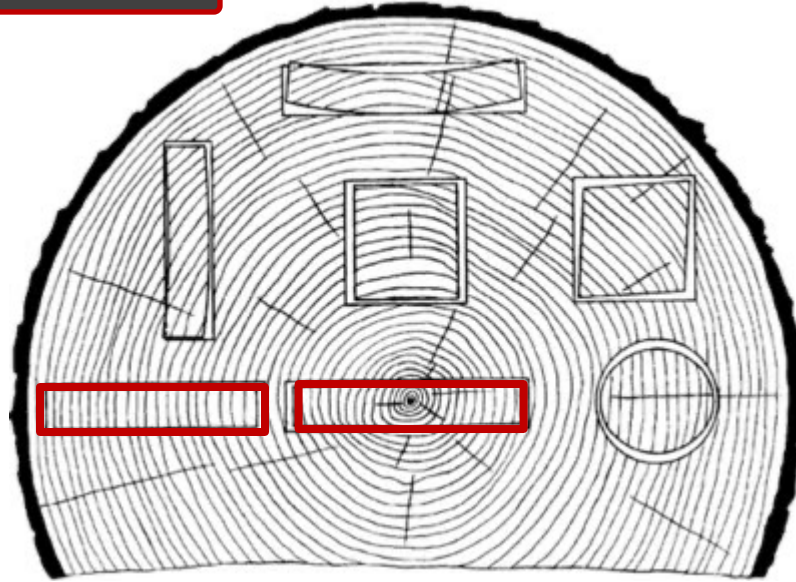
CORTE RADIAL

CORTE TANGENCIAL



news.domain.com.au

PLANOS DE CORTE DE UN TRONCO



CORTE RADIAL



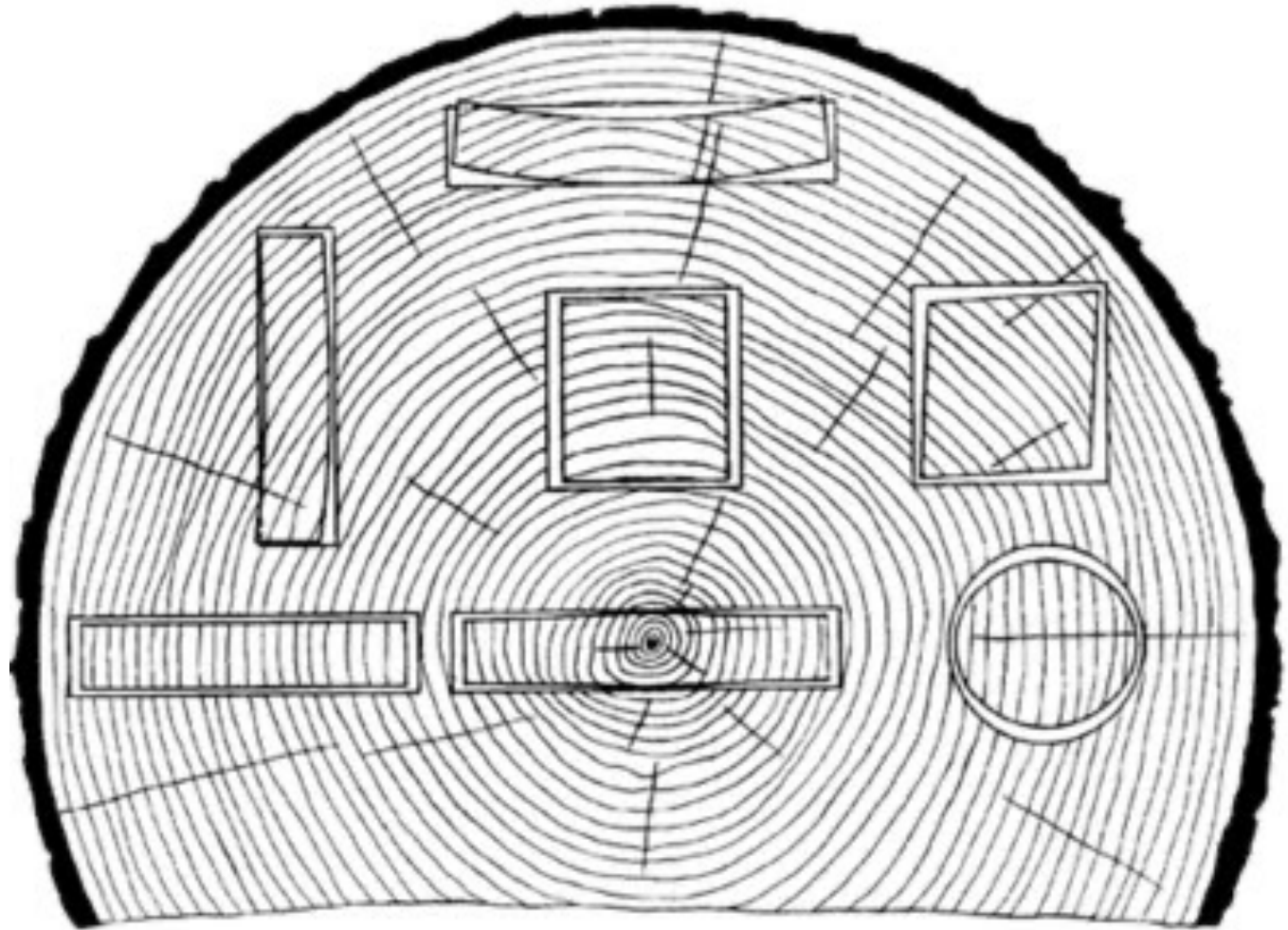
FRONDOSA



CONÍFERA

PLANOS DE CORTE DE UN TRONCO

ESTABILIDAD DE LAS TABLAS EN FUNCIÓN DE LA ZONA DE CORTE



www.ledyardsawmill.org

PLANOS DE CORTE DE UN TRONCO

TABLA CON MÉDULA



Anillos de
crecimiento

CONÍFERAS

CORTE TRANSVERSAL

ANILLOS DE CRECIMIENTO

MADERA DE VERANO

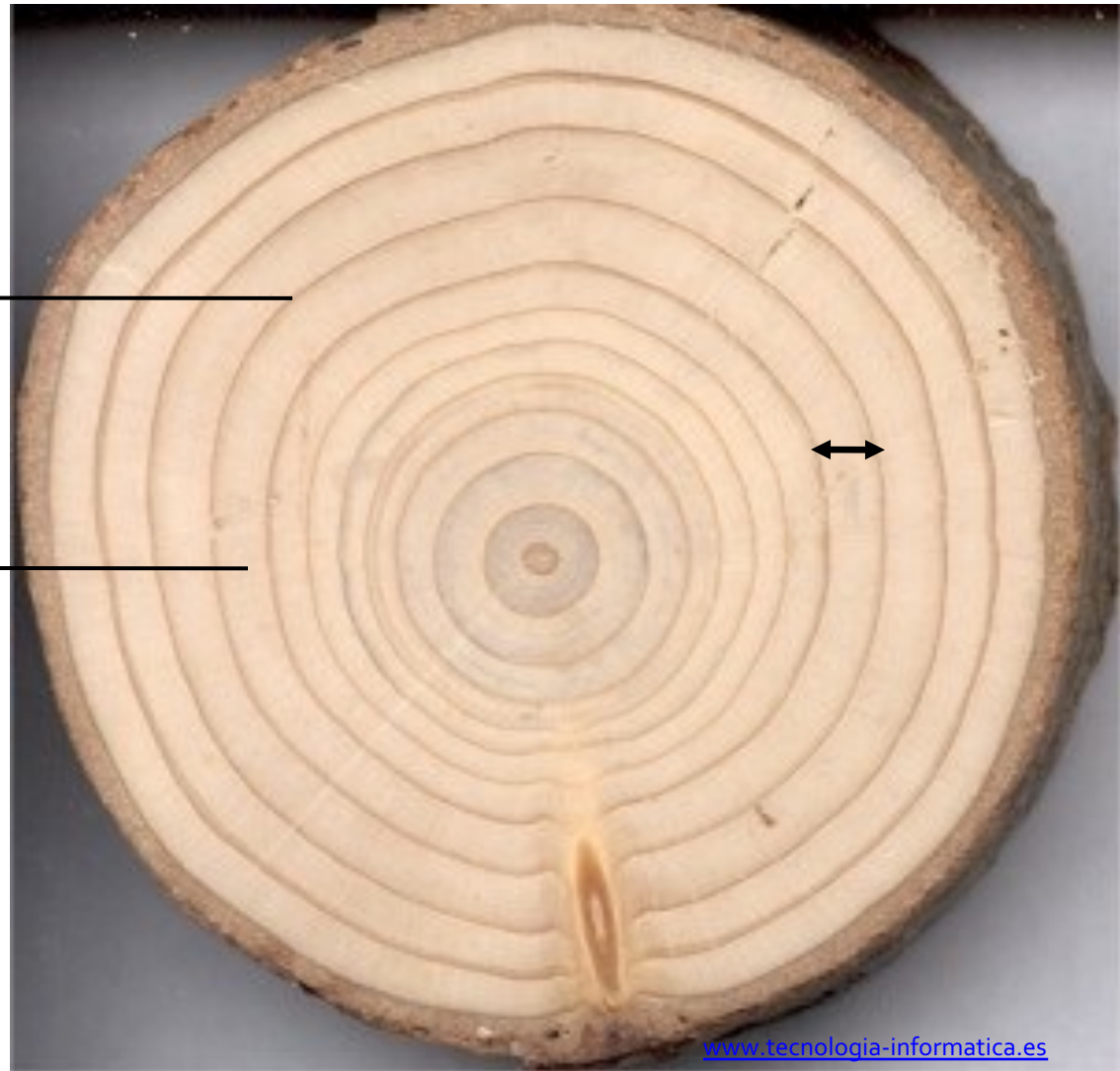
DENSIDAD ELEVADA
ESPESOR CONSTANTE

MADERA DE PRIMAVERA

DENSIDAD MENOR
ESPESOR VARIABLE



A mayor anchura del anillo de crecimiento, menor densidad



www.tecnologia-informatica.es

FRONDOSAS ANILLO POROSO

ANILLOS DE CRECIMIENTO

MADERA DE **PRIMAVERA**

CONCENTRACIÓN DE VASOS
ESPESOR CONSTANTE

MADERA DE **VERANO**

MAYOR DENSIDAD
ESPESOR MAYOR



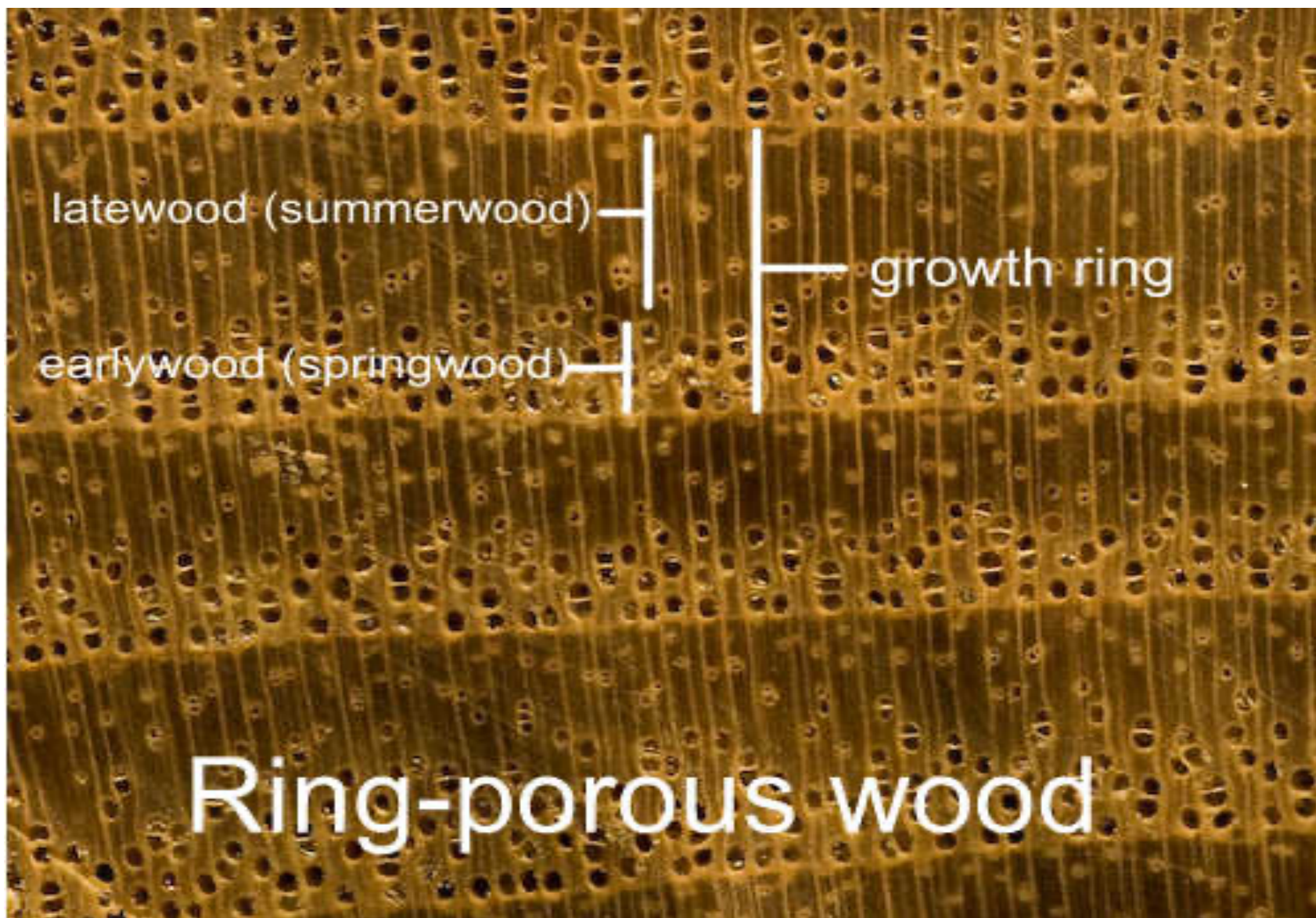
A mayor anchura del anillo de crecimiento, mayor densidad



Haneka et al., 2009

FRONDOSAS ANILLO POROSO

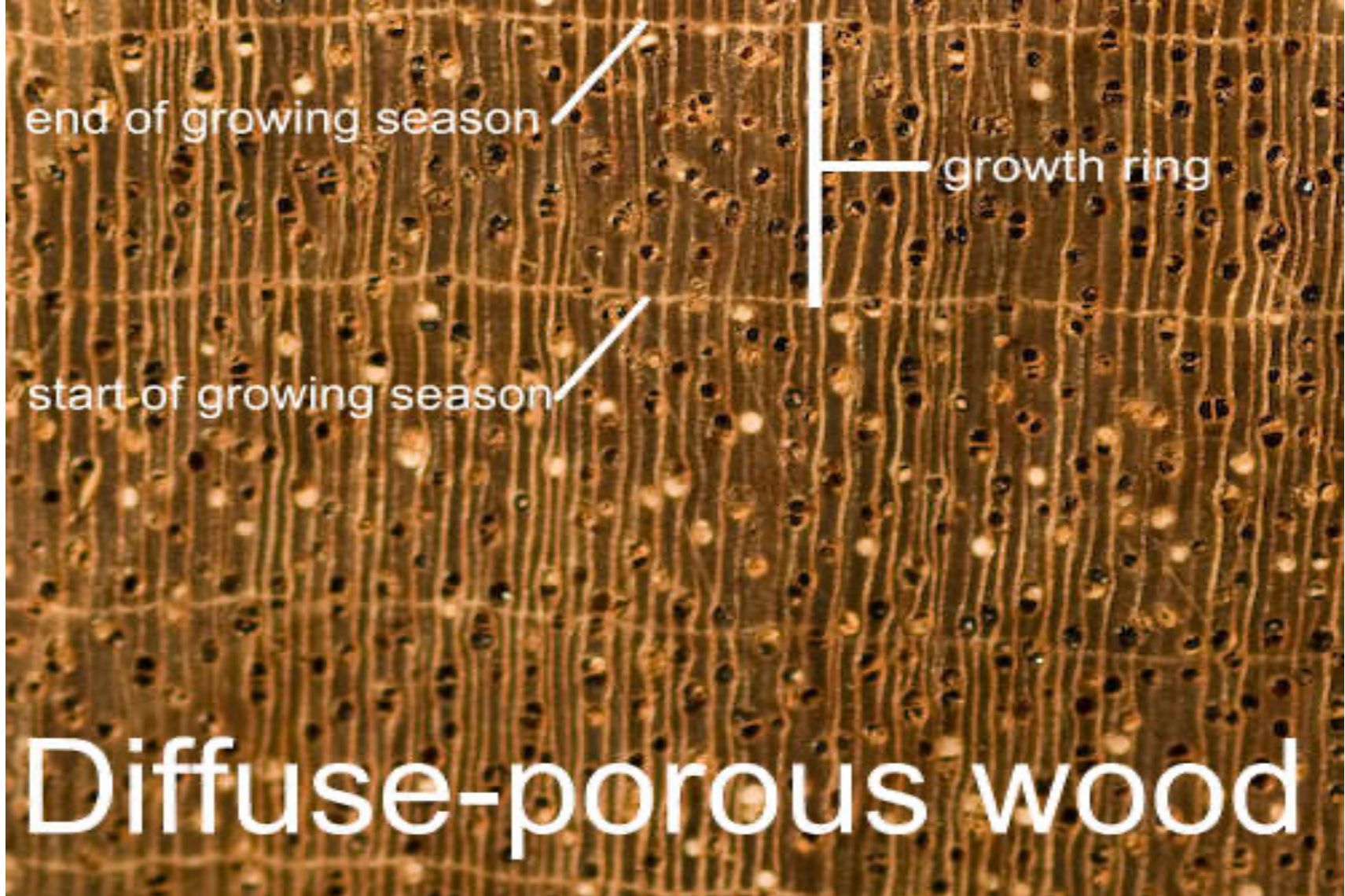
ANILLOS DE CRECIMIENTO



www.matthewswoodworks.com

FRONDOSAS ANILLO DIFUSO

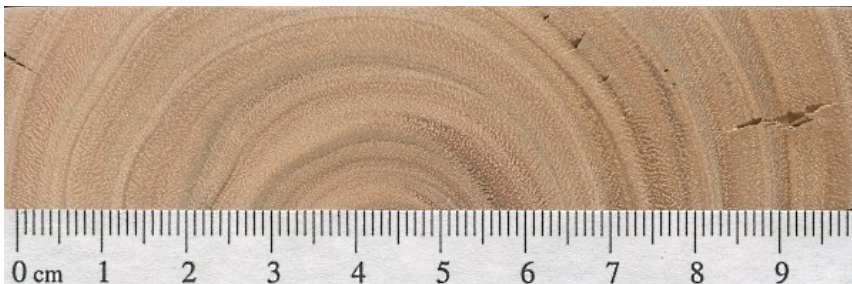
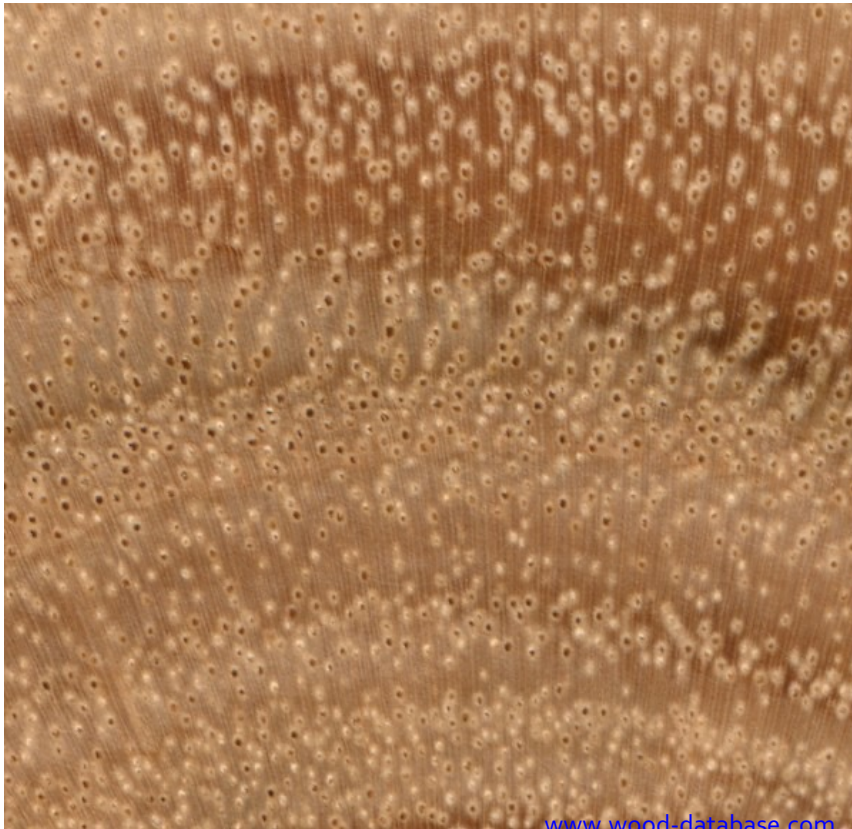
ANILLOS DE CRECIMIENTO



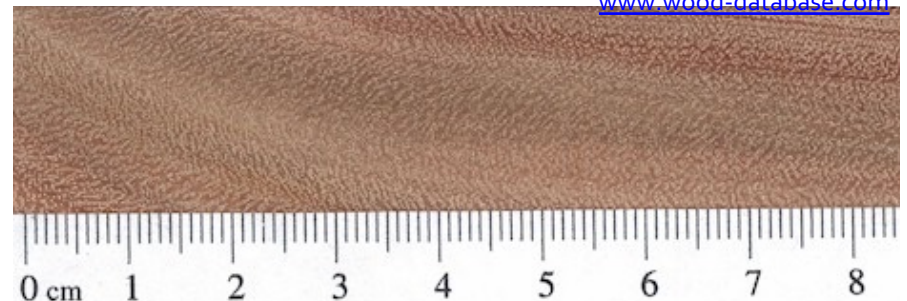
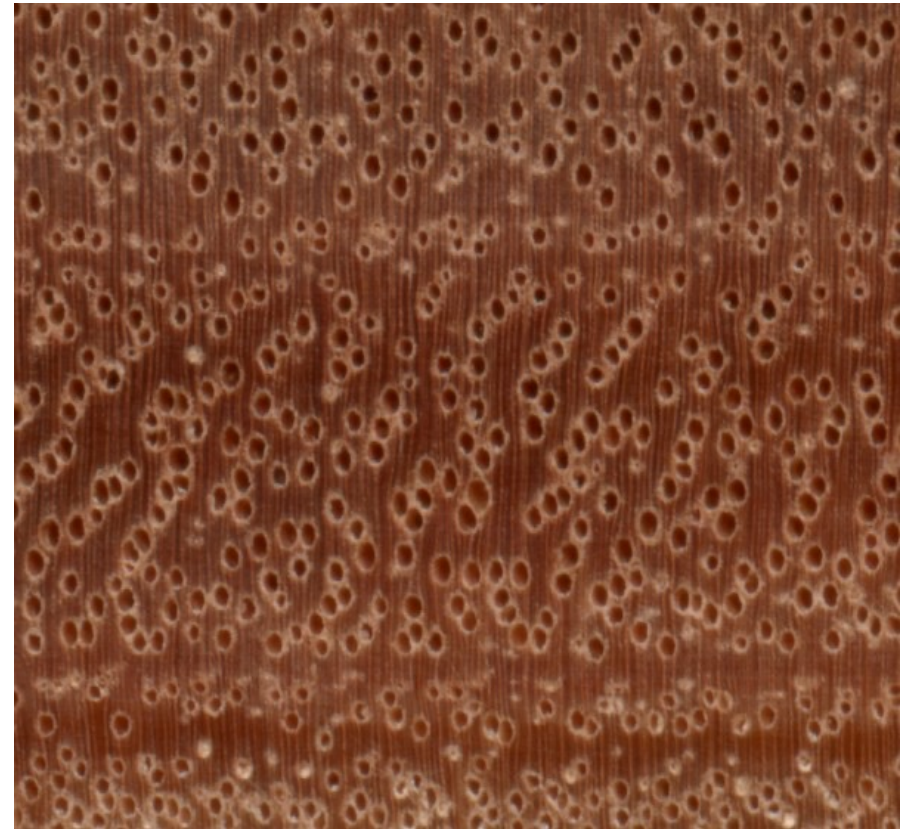
www.matthewswoodworks.com

ANILLOS DE CRECIMIENTO

E. GLOBULUS (*Eucalyptus globulus*)



E. URUGRANDIS (*E. grandis* x *E. uruphylla* hybrid)



Albura y duramen

ALBURA Y DURAMEN

MADERA DE ALBURA

MADERA DE DURAMEN

<http://es.wikipedia.org>



TEJO (*Taxus baccata*)

<http://es.wikipedia.org>



PINO SILVESTRE (*Pinus sylvestris*)

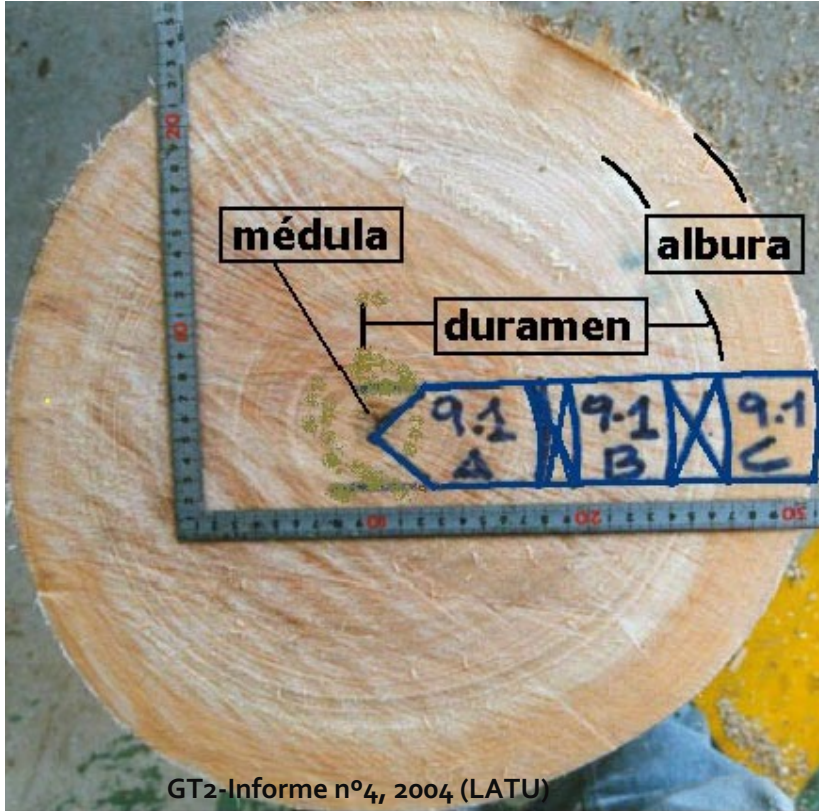
ALBURA Y DURAMEN

	MADERA DE ALBURA	MADERA DE DURAMEN
COLOR	MÁS CLARO	MÁS OSCURO
EDAD	JOVEN: ANILLOS PRÓXIMOS A CORTEZA	VIEJA: ANILLOS PRÓXIMOS A MÉDULA
FUNCIÓN	CONDUCCIÓN DE SAVIA	SOSTÉN
DENSIDAD	BAJA	MÁS ALTA
RESISTENCIA	BAJA RESISTENCIA MECÁNICA	MÁS ALTA
DURABILIDAD	NO DURABLE	MAYOR RESISTENCIA A ATAQUES



ALBURA Y DURAMEN

EUCALIPTO GRANDIS (*Eucalyptus grandis*)



EUCALIPTO COLORADO (*Eucalyptus tereticornis*)



ALBURAY DURAMEN

PINO TAEDA/ELLIOTTII (Uruguay)



Radios leñosos

RADIOS LEÑOSOS



Oak (Quercus robur) cross section: photo by Sten Porse, 200

www.tomclarkblog.blogspot.com

RADIOS LEÑOSOS

ROBLE AMERICANO (*Quercus rubra*)



CÉLULAS DISPUESTAS EN LA DIRECCIÓN RADIAL
SIRVEN DE TRABAZÓN A LAS FIBRAS LONGITUDINALES

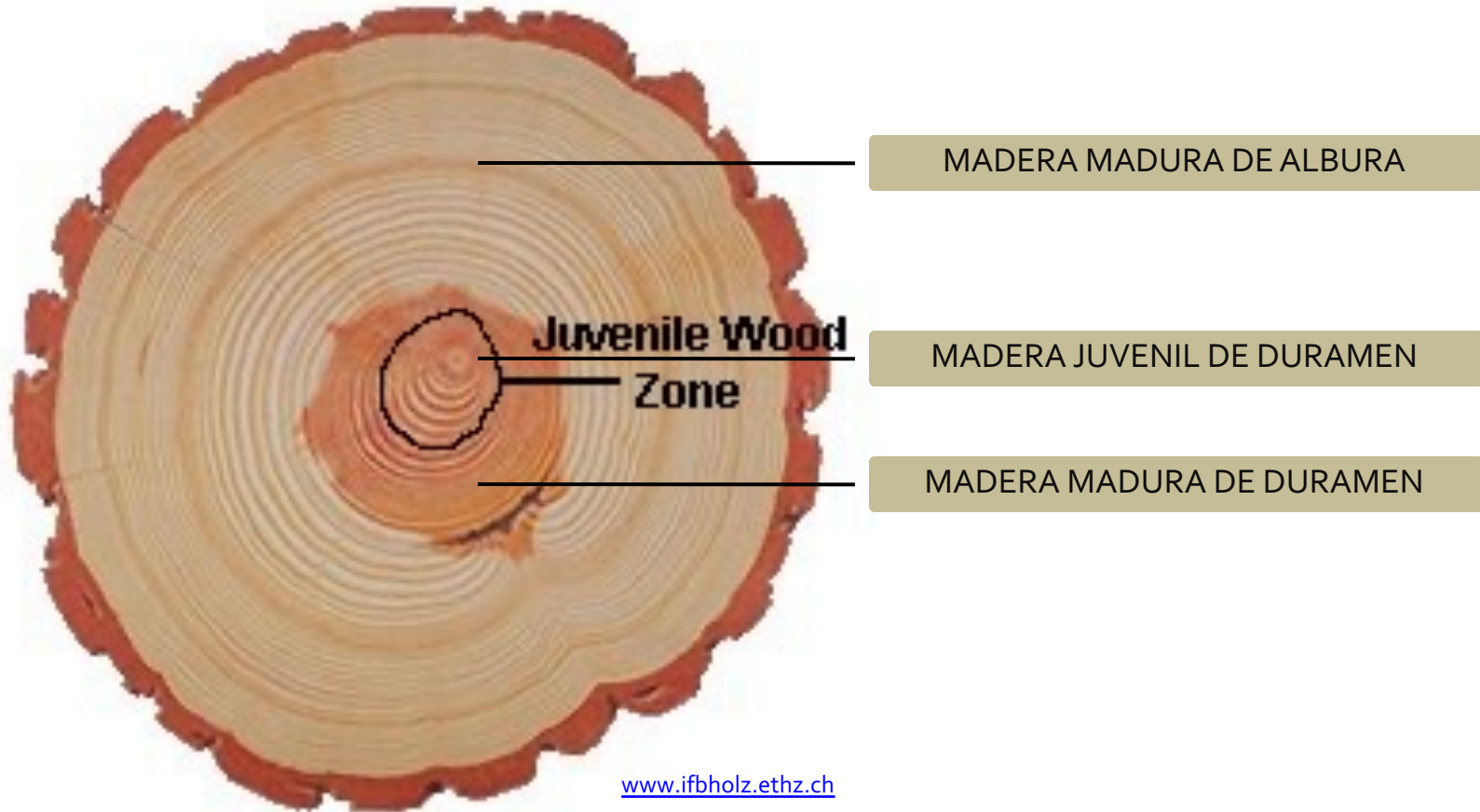
MENOR RESISTENCIA A LA HIENDA Y A LA RAJADURA
AUMENTAN LA RESISTENCIA EN COMPRESIÓN RADIAL

Madera juvenil

MADERA JUVENIL

MADERA ENTRE LOS 5 Y 20 PRIMEROS ANILLOS DE CRECIMIENTO:

- MENOR RIGIDEZ Y RESISTENCIA (traqueidas de pared + delgada y $>$ ángulo inclinación microfibrillas)
- MAYOR HINCHAZÓN Y MERMA EN LA DIRECCIÓN LONGITUDINAL QUE LA MADERA MADURA
- GENERALMENTE UBICADA EN EL DURAMEN

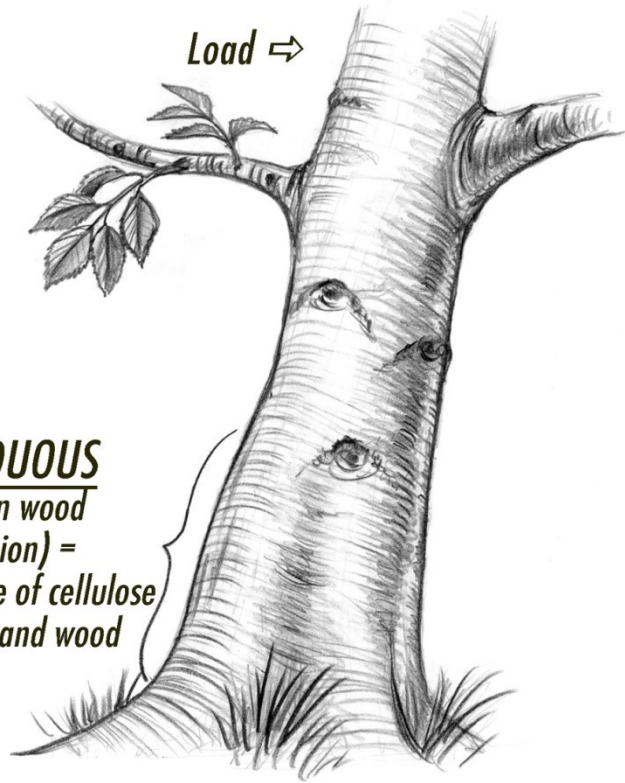


Madera de
reacción

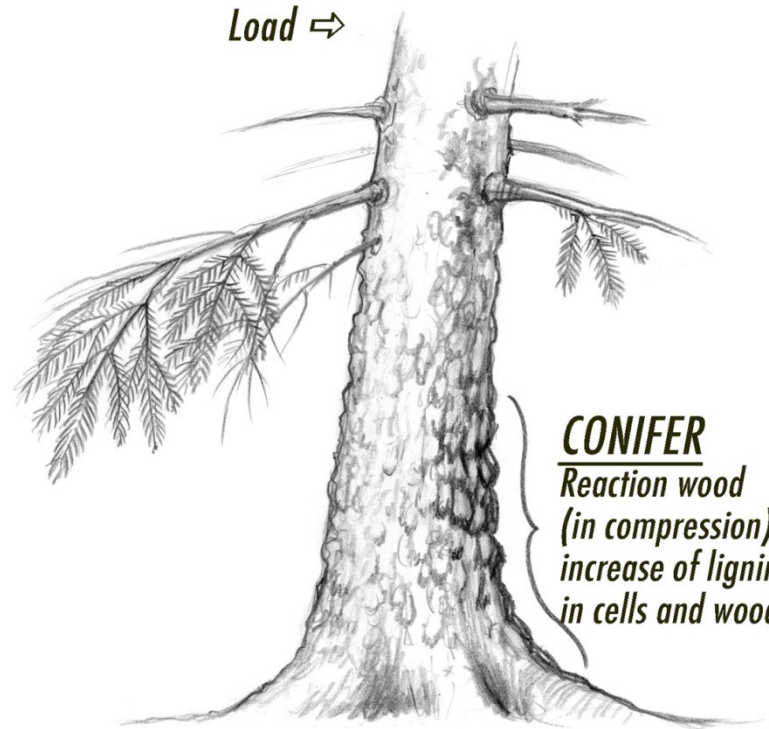
MADERA DE REACCIÓN

FRONDOSAS: MADERA DE TRACCIÓN

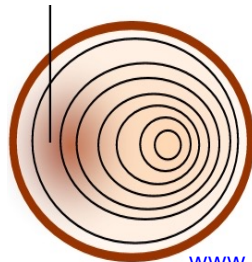
CONÍFERAS: MADERA DE COMPRESIÓN



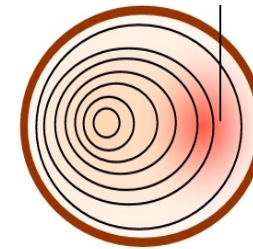
DECIDUOUS
Reaction wood
(in tension) =
increase of cellulose
in cells and wood



CONIFER
Reaction wood
(in compression) =
increase of lignin
in cells and wood



www.cronodon.com



www.cronodon.com

www.massarbor.org

MADERA DE REACCIÓN

FRONDOSAS: MADERA DE TRACCIÓN



SIN PROBLEMAS ESTRUCTURALES

CONÍFERAS: MADERA DE COMPRESIÓN



Anillos crecimiento de > anchura

> Proporción de madera de verano

> Hinchazón y merma en direcc. longit.

> Densidad: no merma las prop. mecánicas

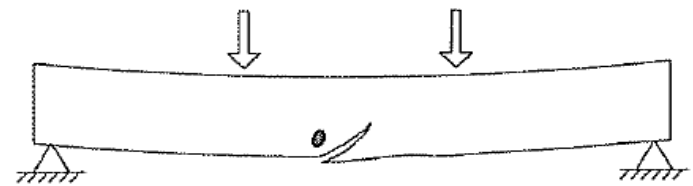
> Deformaciones durante secado

> Tendencia a la rotura



Nudos

NUDOS



1. Especies
2. Anatomía de la madera
3. Estructura macroscópica
4. Estructura microscópica
5. Estructura sub-microscópica

2.1. Anatomía y especies

ESTRUCTURA MICROSCÓPICA

CONÍFERAS

FRONDOSAS

FIBRAS LONGITUDINALES

90-95% **TRAQUEIDAS:**
sostén y conducción

TRAQUEIDAS: sostén
VASOS: conducción

FIBRAS TRANSVERSALES

TRAQUEIDAS (RADIOS LEÑOSOS):
Almacenamiento, transporte
y atado de traqueidas longitudinales

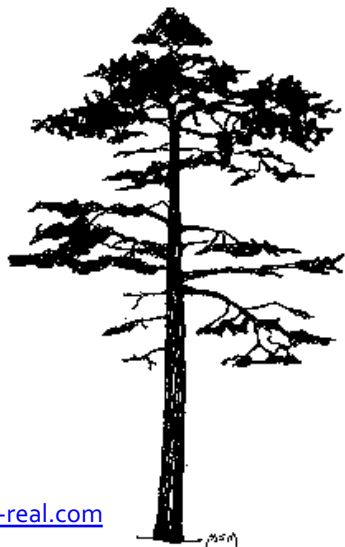
TRAQUEIDAS (RADIOS LEÑOSOS)

Eastern White Pine Cube

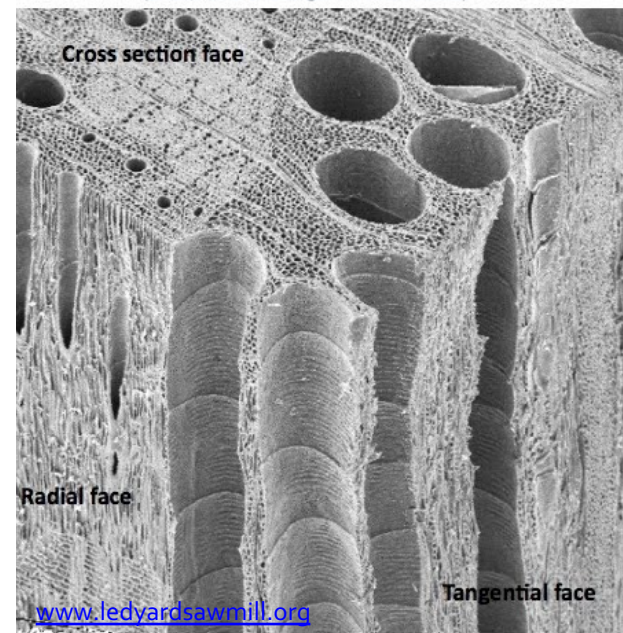
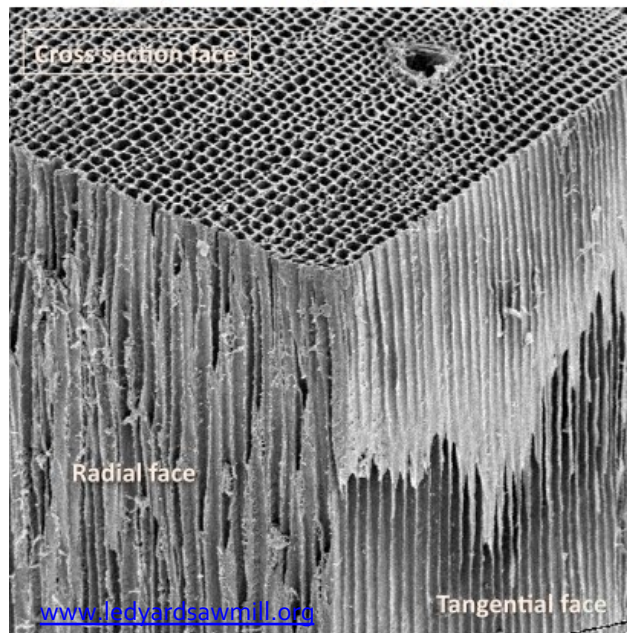
(Cross, radial and tangential views at 65X)

Red Oak Cube

(Cross, radial and tangential views at 65X)



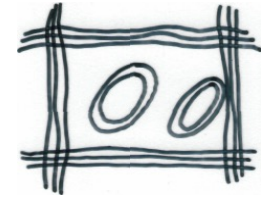
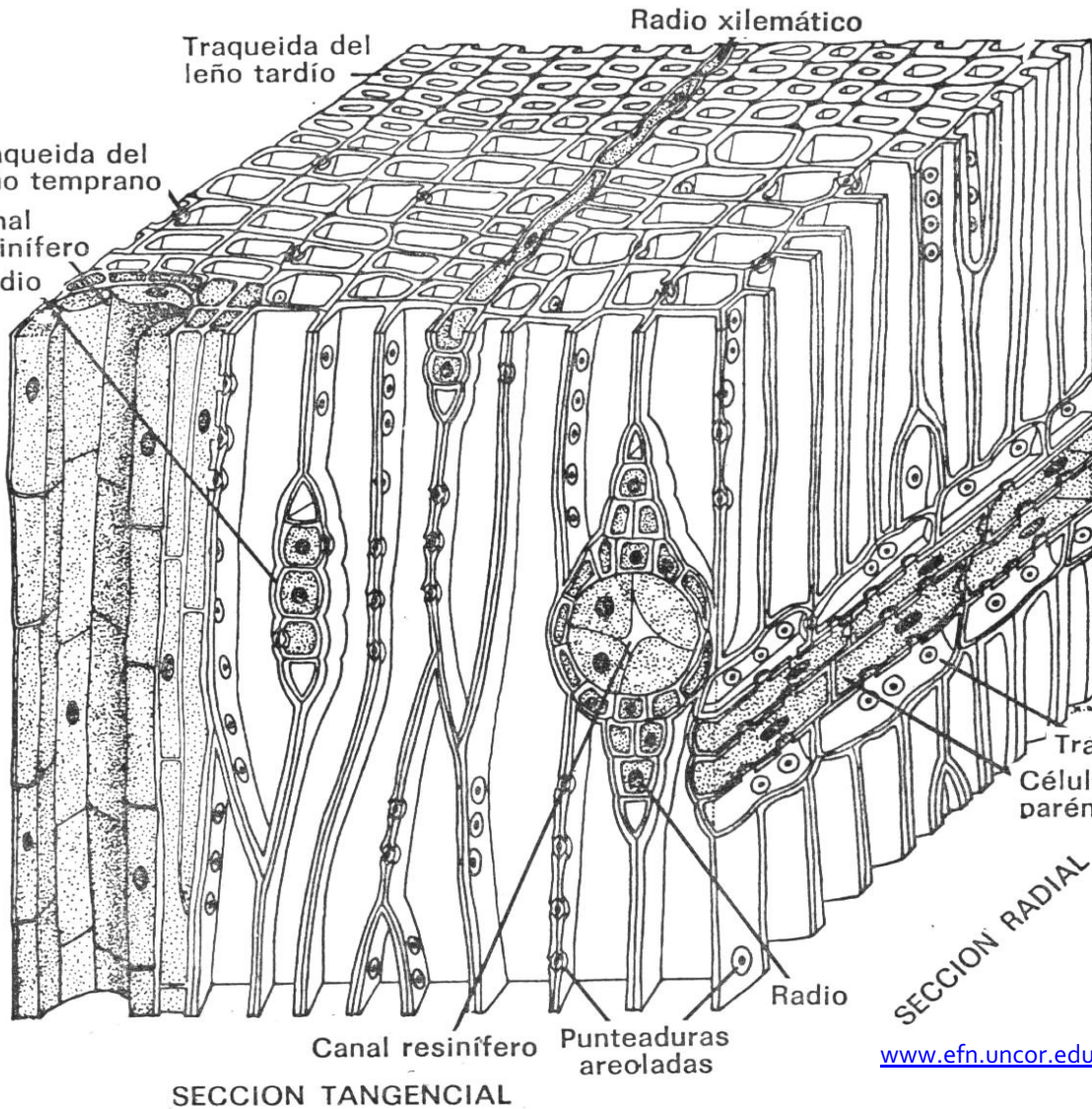
www.maderas-el-real.com



ESTRUCTURA MICROSCÓPICA

CONÍFERAS

SECCION TRANSVERSAL



Punteadura tipo pinoide II

SECCIÓN TRANSVERSAL

SECCIÓN TANGENCIAL

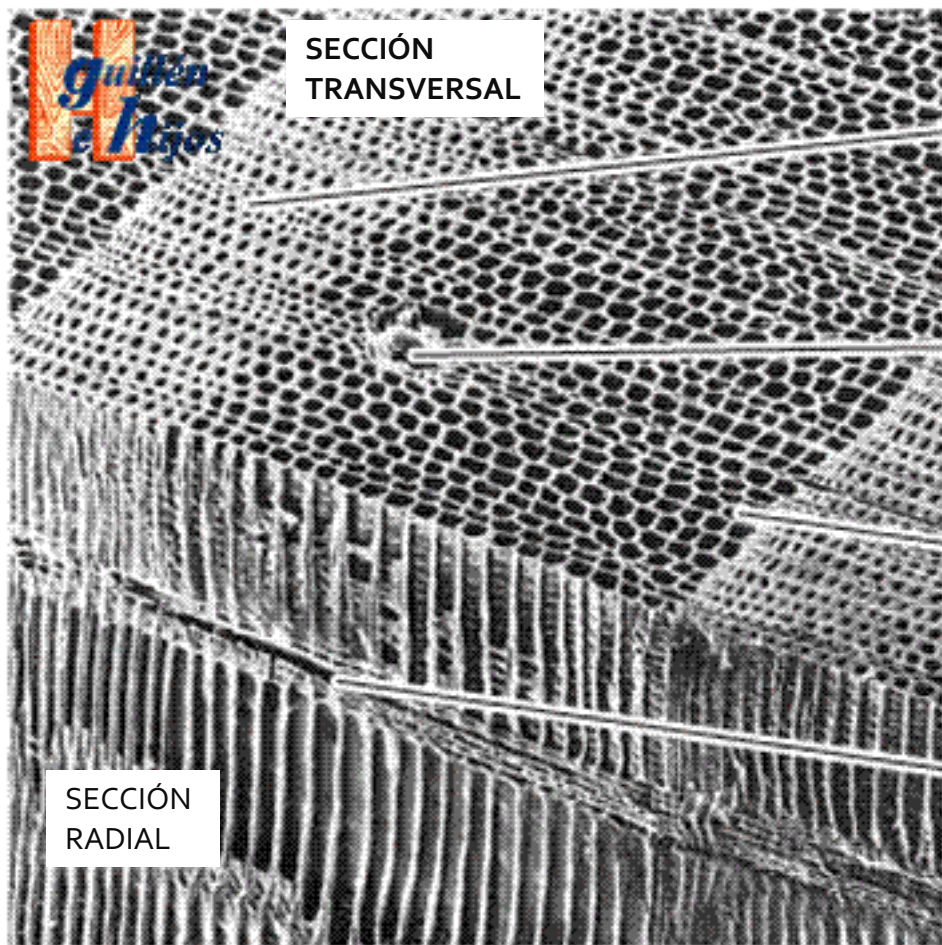
SECCIÓN RADIAL



www.efn.uncor.edu

ESTRUCTURA MICROSCÓPICA

CONÍFERAS



SECCIÓN TRANSVERSAL

100 μm

TRAQUEIDAS: madera de verano

CANAL RESINÍFERO

TRAQUEIDAS: madera de primavera

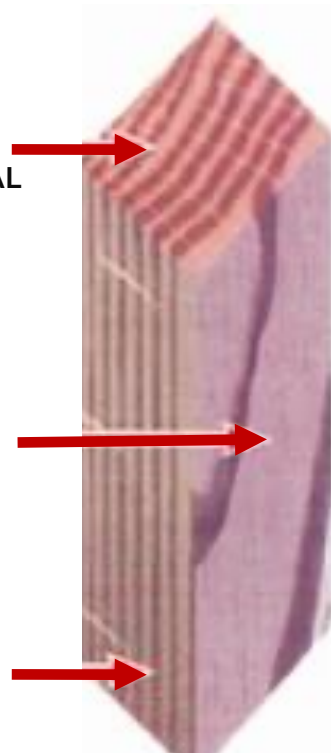
RADIO LEÑOSO

SECCIÓN RADIAL

SECCIÓN TRANSVERSAL

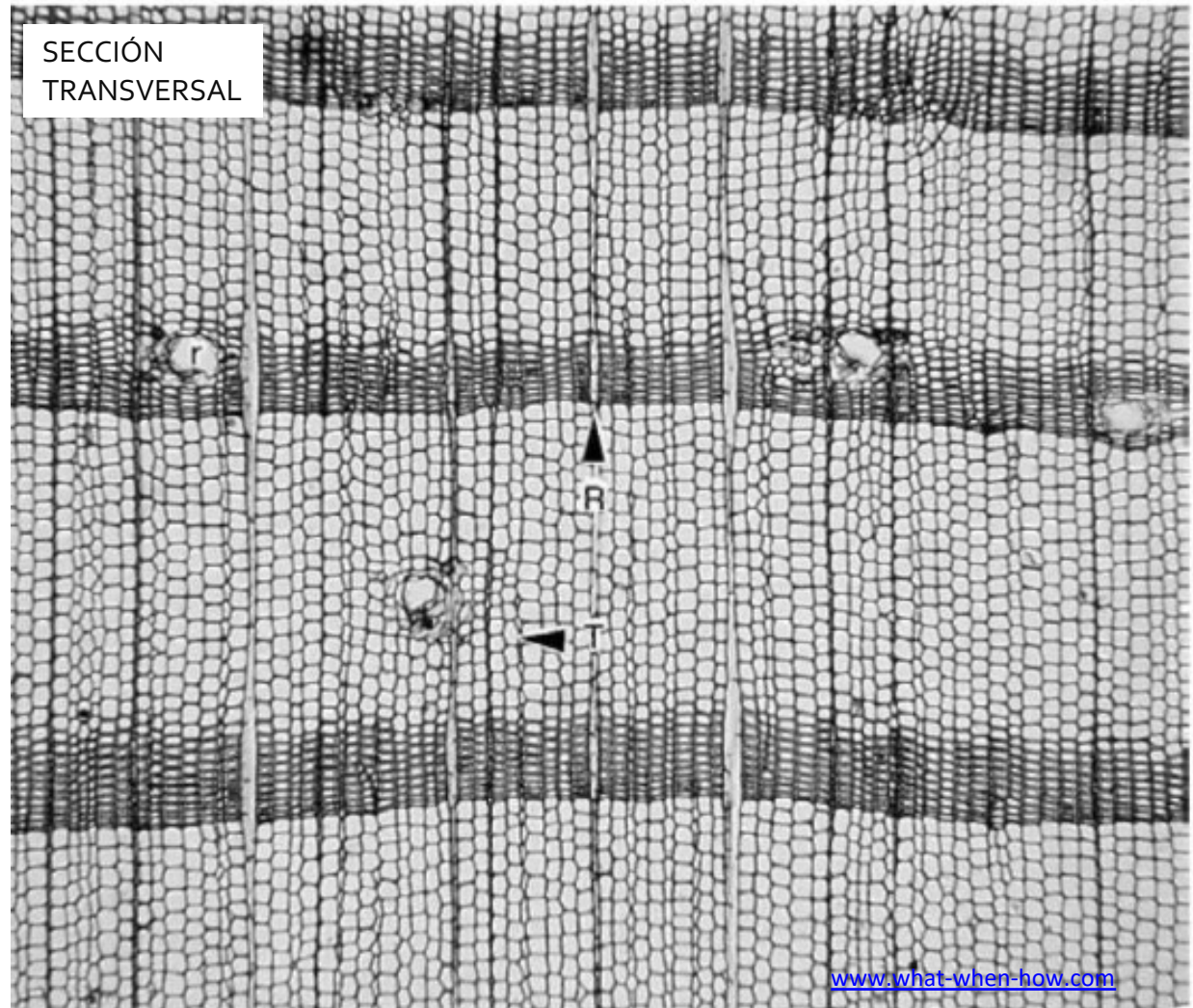
SECCIÓN TANGENCIAL

SECCIÓN RADIAL



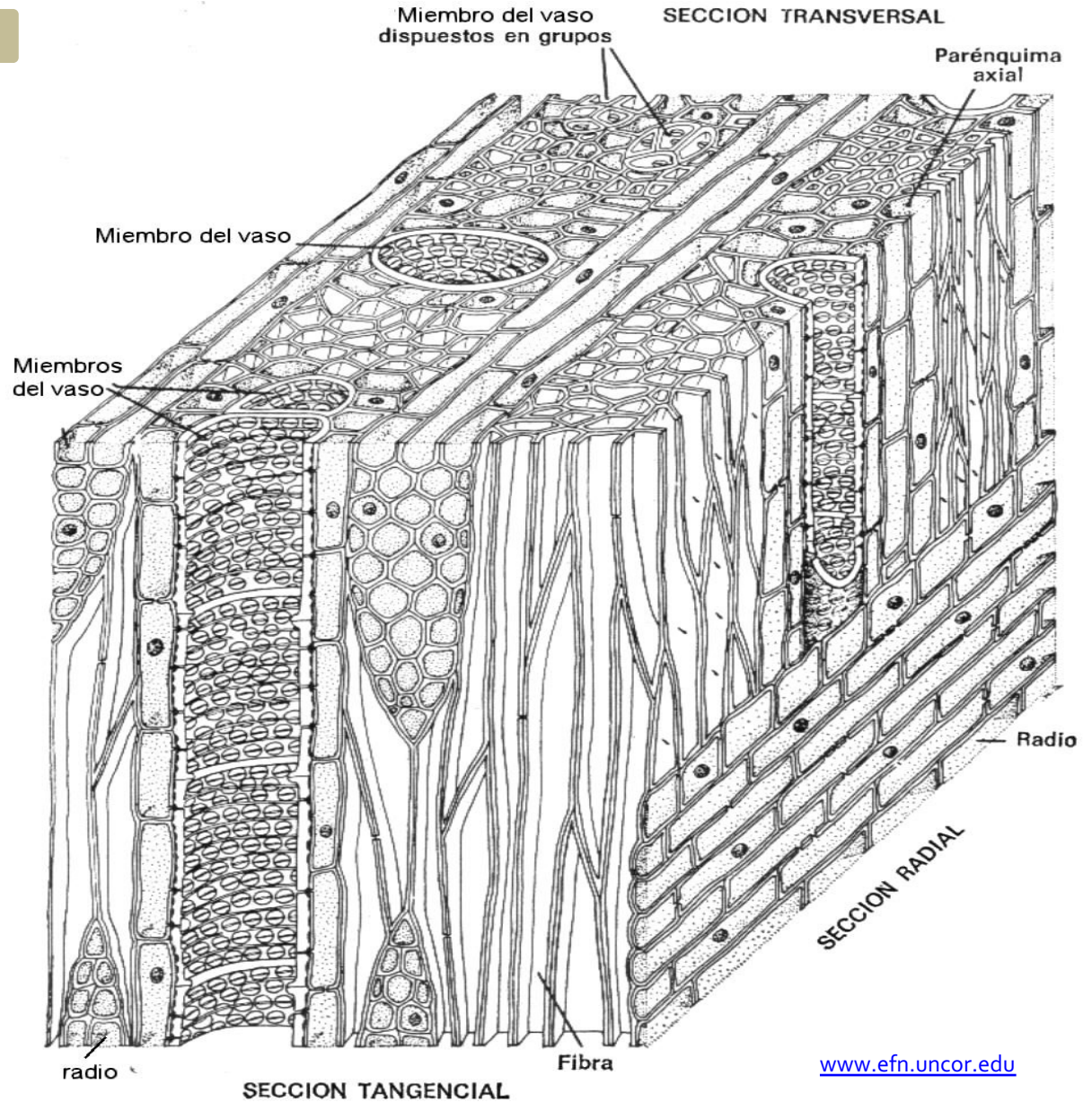
ESTRUCTURA MICROSCÓPICA

CONÍFERAS



ESTRUCTURA MICROSCÓPICA

FRONDOSAS



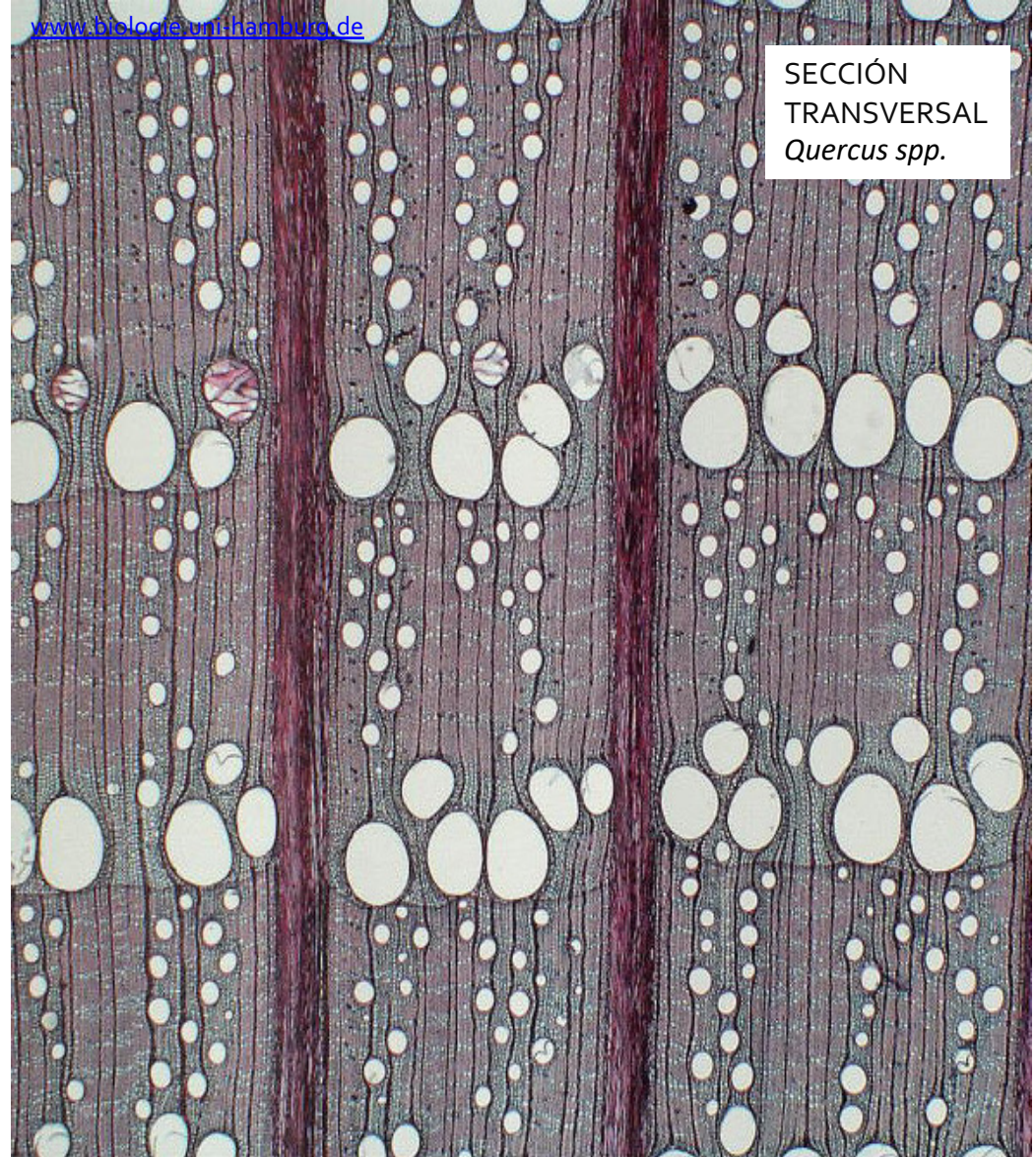
www.efn.uncor.edu

ESTRUCTURA MICROSCÓPICA

FRONDOSAS



Haneka et al., 2009



SECCIÓN
TRANSVERSAL
Quercus spp.

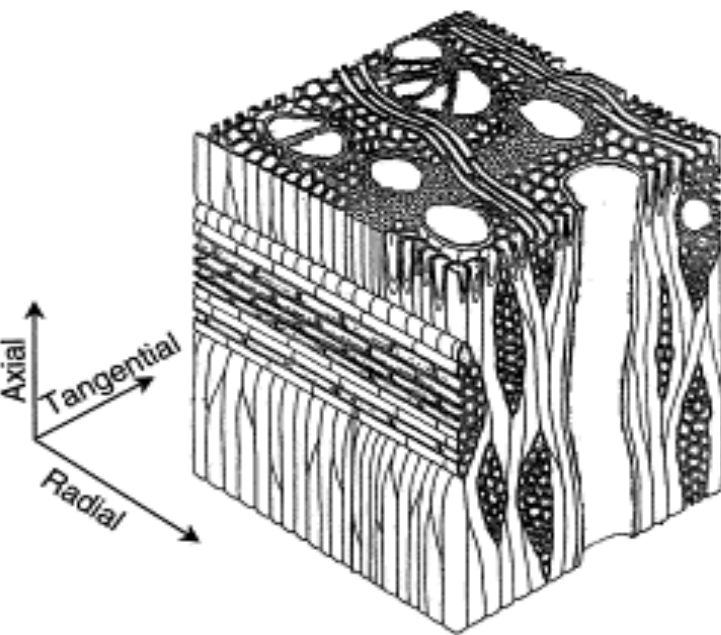
1. Especies
2. Anatomía de la madera
3. Estructura macroscópica
4. Estructura microscópica
5. Estructura sub-microscópica

2.1. Anatomía y especies

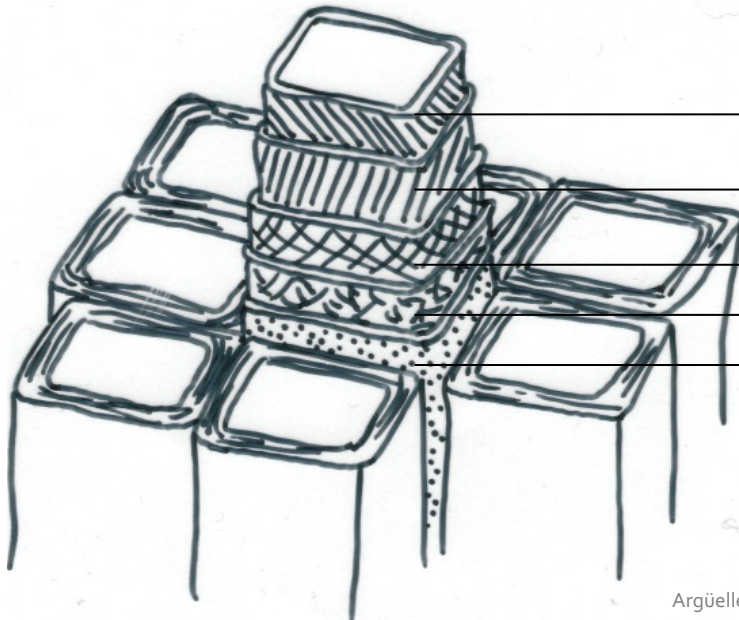
ESTRUCTURA SUB-MICROSCÓPICA

CONSTITUCIÓN DE LA PARED CELULAR		Formada por:	Comportamiento:
LAMINILLA MEDIA		Lignina	Isótropo
PARED PRIMARIA		Celulosa y lignina desordenada	Anisótropo
PARED SECUNDARIA	Capa exterior (S ₁)	Microfibrillas celulosa	Ayudan soportar la compresión
	Capa intermedia (S ₂)		Resiste bien la tracción
	Capa interior (S ₃)		Ayudan soportar la compresión

PARED CELULAR DE UNA FIBRA DE MADERA:



www.sciencedirect.com

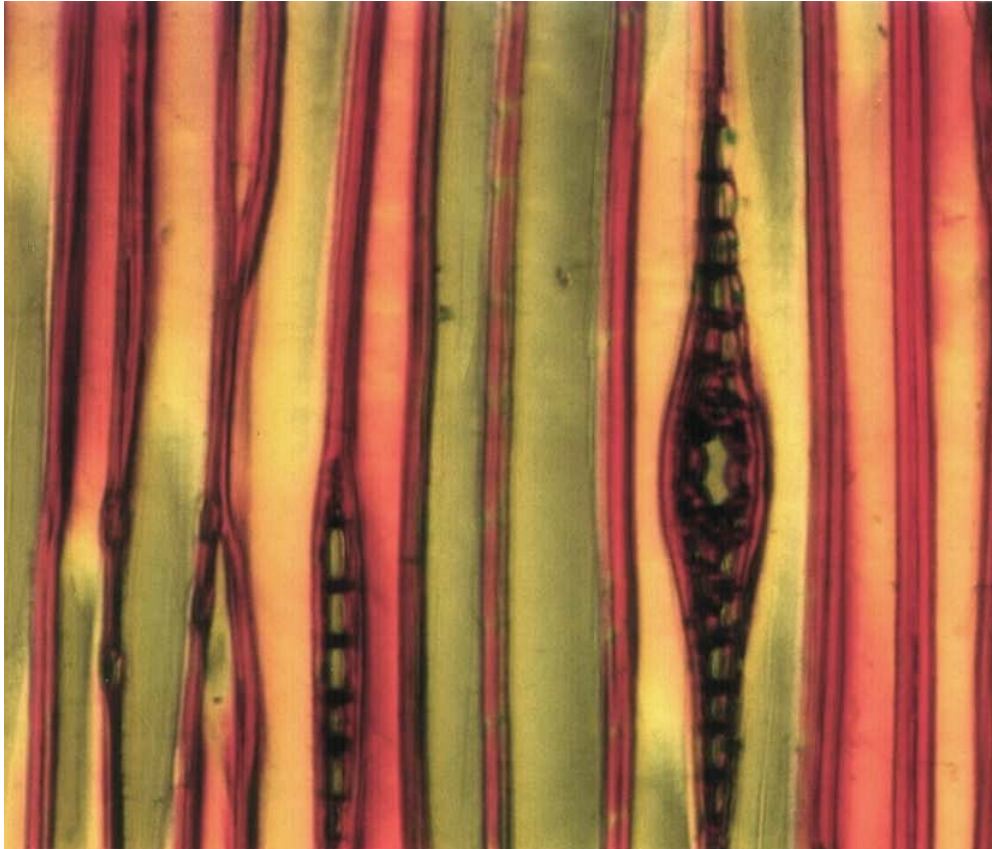


- Capa S₃ (sin orden)
- Capa S₂ (5-20°)
- Capa S₁ (50-70°)
- Pared primaria
- Laminilla media

Argüelles y Arriaga, 2000

BIBLIOGRAFÍA:

- Argüelles Álvarez, R.; Arriaga Martitegui, Francisco ; Martínez Calleja, Juan José (2000). Estructuras de madera. Diseño y cálculo. AITIM, Madrid .ISBN 84-87381-17-0
- GT-2 – Grupo técnico de madera aserrada de eucalipto GT2- (2004). Propiedades mecánicas de *Eucalyptus grandis* H. del norte de Uruguay. Informe nº 4
- Haneka, K; Cufar, K; Beeckman, H. (2009). Oaks, tree-rings and wooden cultural heritage: a review of the main characteristics and applications of oak dendrochronology in Europe. Journal of Archaeological Science, V.36, 1, pp.1-11
- Mayhead, G. J. (2008). Juvenile wood: problems. Woody Biomass. News and information on woody biomass utilization in California. www.ucanr.edu
- Moglià, J. G*; Venturini, M.; Gerez, R. (2011). Relación entre el radio de duramen y algunas magnitudes alométricas de individuos selectos de *Eucalyptus camaldulensis* en Santiago del Estero, Argentina. Boletín del CIDEU 10: 107-117 .ISSN 1885-5237



GRACIAS POR
LA ATENCIÓN