

**PULPA Y PAPEL I (En preparación)**  
 6 - ANATOMÍA DE LA MADERA. 6.1 - Macroestructura  
 por Carlos Eduardo Núñez  
 Texto libre y gratis para usos no lucrativos nombrando la fuente.  
 www.cenunez.com.ar

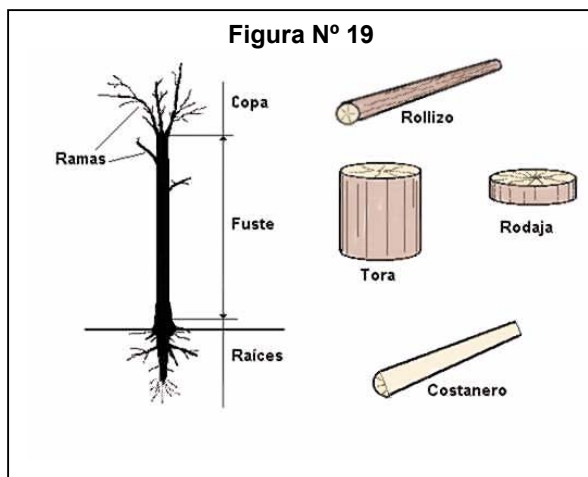
**Versión 1997 - 2008**

Válida para el dictado de Pulpa y Papel I de la ORICYP a partir de 2005

## 6 - ANATOMÍA DE LA MADERA

### NOMENCLATURA DE LAS PARTES DEL ÁRBOL

En la figura N° 19 se detallan las partes del leño de un árbol, y sus habituales divisiones, según se denominan en la jerga forestopapelera de la zona del NEA (NE de la Argentina). Se



distinguen las siguientes partes:

**Fuste:** es el tallo del árbol, desde donde terminan las raíces hasta donde se bifurca en ramas formando la copa. Éste es la parte importante como materia prima fibrosa.

**Rama:** es todo fragmento leñoso de menor diámetro que el fuste, incluidos los que se desprenden de él por debajo de la copa.

**Raíces:** conforman la parte leñosa bifurcada situada por debajo de dicho fuste y generalmente enterrada. Las ramas pueden utilizarse pero su calidad es muy inferior, y por lo común no son aprovechadas por la cantidad de tierra que arrastran y porque poseen sustancias inconvenientes como oleorresinas o taninos.

**Rollo:** al fuste cuando está separado de las ramas y raíces, y posee diámetro suficiente para ser maderable. Se puede tomar como 25 cm el diámetro menor.

**Rollizo:** Fuste de diámetro menor de 25 cm, habitualmente de baja rentabilidad maderera. Es el utilizado para pulpa. Los raleos que se hacen a una plantación, y que generalmente se utilizan para pulpa son todos rollizos

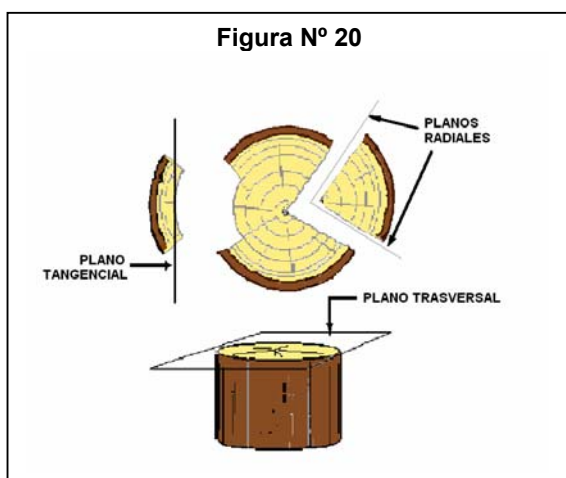
**Tora:** Fragmento del fuste de altura mayor que su diámetro. En el Río de la Plata se dice 'torta'.

**Rodaja:** Fragmento del fuste de altura igual o menor al diámetro. En el Río de la Plata 'torta'.

**Costanero:** Cada uno de los cuatro cantos que se sacan al aserrar un rollo para hacerlo de sección cuadrada. Los costaneros son importantes porque generalmente los aserraderos lo transforman en chips que venden a las fábricas de pulpa. Poseen las fibras más largas del árbol.

## MACROESTRUCTURA

La macroestructura se define como la parte de la anatomía que se puede distinguir a simple vista, o con el auxilio de una lupa de poco aumento. Es de gran utilidad para la identificación de las especies de madera, en los trabajos de campo o en el laboratorio antes de preparar las muestras para su análisis microscópico, debido a su sencillez y al poco tiempo que requiere. La mayoría de las claves comerciales de identificación utilizan la macroestructura.



La madera posee dos simetrías: la longitudinal y la radial. Ello define tres posibles planos de estudio: 1) Plano longitudinal radial. 2) Plano

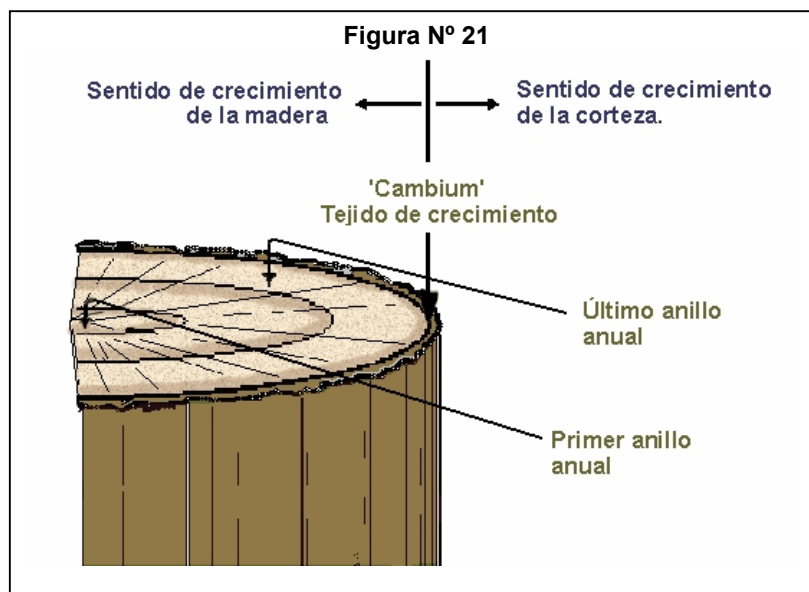
longitudinal tangencial y 3) Plano transversal, como se muestran en la figura N° 20.

Para estudiar la macroestructura utilizaremos principalmente el plano transversal, cuyos elementos se ven en las figuras N°. En el plano transversal se pueden distinguir, *prima facie*, si la madera es de coníferas o de latifoliadas, principalmente por sus anillos de crecimiento. Más adelante veremos con mayor detalle la forma de la madera en sus tres planos.

Debemos explicar, antes de continuar, de que manera crece la madera que va formando el tronco, tanto de coníferas como de latifoliadas, que se puede visualizar con la ayuda de la figura N° 21.

Existe una sola región viva en el tronco, que forman un estrecho anillo de unas pocas filas de células de espesor, ubicado entre la madera más exterior y la corteza. Como todo tejido de crecimiento se llama meristema, en este caso particular meristema cambial o *cambium*. Existe también el meristema apical que se encuentra en la punta del árbol, y es el que realiza el crecimiento en altura.

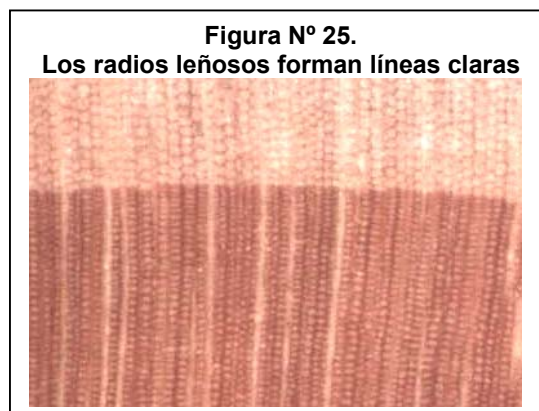
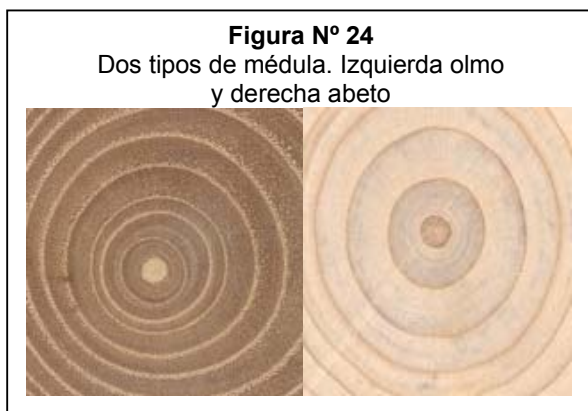
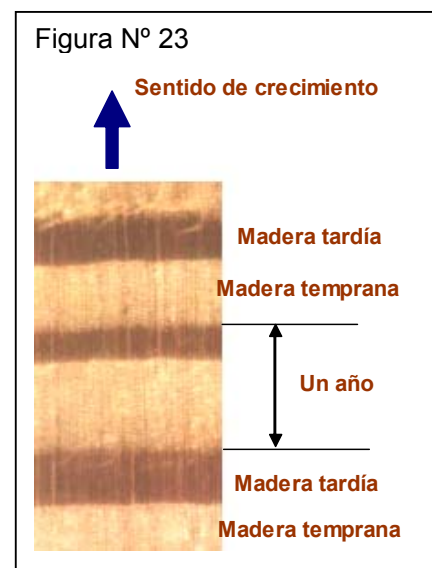
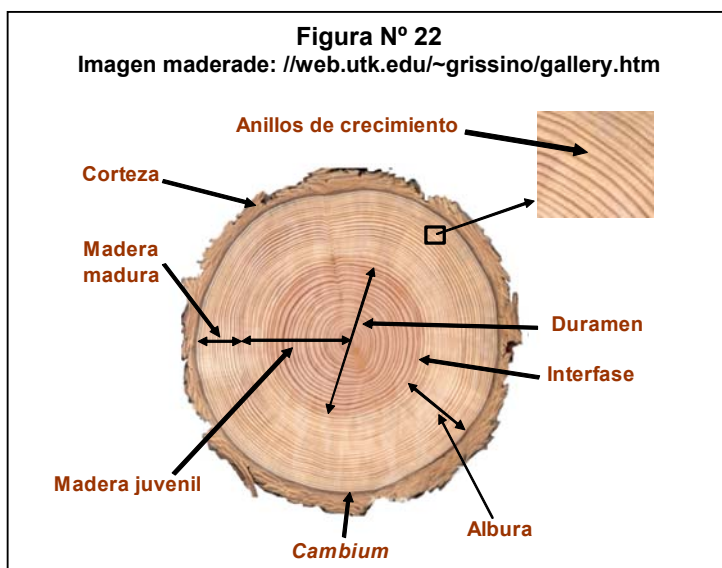
A partir del cambium se forman filas de células hacia adentro del tronco y hacia fuera. Las primeras van formando el xilema que es nombre botánico de los tejidos que conforman la madera. Las que se forman hacia fuera forman el floema que es la parte interna de la corteza.



## Macroestructura de los Planos Transversales

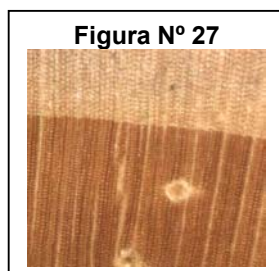
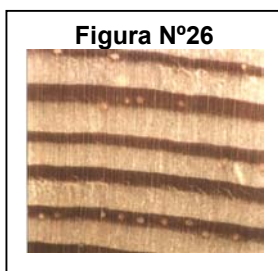
En las figuras N° 22 y 23 se muestran los elementos propios de la macroestructura del tronco. Es necesario pulir la superficie de manera adecuada. Se puede distinguir un sector central, generalmente de pequeña superficie, denominado médula. Es lo que queda de la plántula que dio origen al árbol. Suele ser de color más claro o más oscuro que el resto y con una estructura diferente. En algunos casos la médula se degrada y queda un orificio. Partiendo de la médula y en sentido radial, se ven

líneas más o menos anchas y coloreadas según las especies. Son los llamados radios leñosos y comúnmente radios, que pasan el cambium y siguen en la corteza, Figura N° 25. En realidad son formados, como todas las células por el cambium hacia ambos lados. Los radios forman parte de la red de conexiones de los tejidos entre si, y están formados por células de almacenamiento que forman parte del tejido parenquimático o parénquima.



## Anillos de crecimiento y Anillos Anuales

Existe además en todas las maderas. pero solamente en algunas de forma visible, los llamados anillos de crecimiento, que son bandas concéntricas o casi concéntricas compuestas de distinta proporción de tejidos o por distinto tamaño o morfología de células, figuras nos 25, 26, 29, 30, 321 y 32. Los anillos de crecimiento se deben a variaciones estacionales de temperatura, humedad y a incidentes como granizos, incendios, etc. En todas las coníferas, no importa la latitud, estas bandas corresponden alternadamente a las estaciones, se forma una banda clara llamada madera temprana o de primavera y una banda oscura denominada de madera tardía o de verano, figuras N<sup>os</sup> 22, 23, 24 (derecha), 25, 26 y 27.



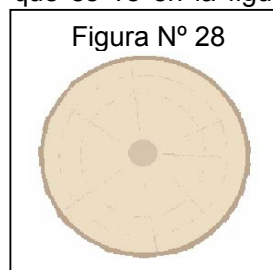
Lo mismo sucede en algunas latifoliadas, las llamadas caducifolias, es decir las que pierden las hojas en la temporada fría, como por ejemplo la de la figura 24 (izquierda). Esta estructura se debe a que en estas maderas suspenden su crecimiento en el invierno, y cuando comienza a 'revivir' en primavera, forma tejido de células anchas y de paredes finas con mucha área libre, para efectuar una buena conducción de líquidos hacia la copa en formación. Cuando la copa ya está completamente formada, es decir en el verano, la energía del árbol se encamina a formar tejido de sostén del tronco en crecimiento, formando entonces células finas y de paredes gruesas, que corresponden a la parte más oscura de la madera tardía. Es decir que a lo largo del año el árbol forma un par de bandas, la primera clara y la segunda oscura, por lo tanto contando estos pares de bandas se conoce su edad. Todo el conocimiento que da el análisis de estos anillos anuales, cuando se utiliza para la medición de edades, forma la disciplina llamada 'dendrocronología' (de dendros árbol y cronos tiempo), nota n° 1.

El resto de las maderas tiene anillos de crecimientos de morfología variada. Un caso extremo es el de la figura N° 28 en el que no se

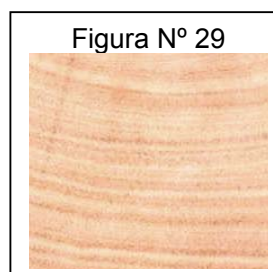
**Nota n° 1:** La dendrocronología es una disciplina en franco crecimiento, debido a que los anillos anuales son excelentes medidores del clima imperante durante su formación, y de esa manera se puede analizar el medioambiente del pasado, puesto que hay algunas especies de árboles que tienen individuos vivos de varios miles de años de antigüedad. El espesor y la estructura de los anillos anuales es función de la temperatura y la humedad reinante en cada año. De esa manera se pueden obtener secuencias del clima anterior al presente comparando árboles de antigüedades crecientes. Con la dendrocronología se calibró el método de datación del carbono 14 hasta unos cuatro mil años en el pasado en el reinado de Ramsés III, utilizando maderas de edad conocida.

observa estructura de anillos. En otros casos, como por ejemplo en los Eucalyptus, los anillos. no siguen ningún patrón reconocible. Pueden tener anillos bien visibles de bandas claras y oscuras pero cuando se analiza con detenimiento se observa que no siguen un patrón de pares alternados de bandas claras y oscuras, Figura N° 29.

La existencia o no de anillos anuales tiene que ver con la latitud. En climas templados o fríos de inviernos largos y crudos, las latifoliadas son totalmente caducifolias, y por lo tanto suspenden la actividad. Es el caso del Olmo que se ve en la figura N° 24 izquierda. Por el



contrario en climas tropicales y subtropicales muchos árboles no pierden las hojas todas juntas y los anillos de crecimiento se deben a circunstancias accidentales como menor temperatura, lluvias intensas, alguna helada, etc. En estos lugares pueden ocurrir los llamados falsos anillos que son



anillos parciales que se dan solamente en un sector de la periferia del tronco. Es decir que existen en general anillos de crecimiento que son propios de la actividad del árbol con el crecimiento y éstos

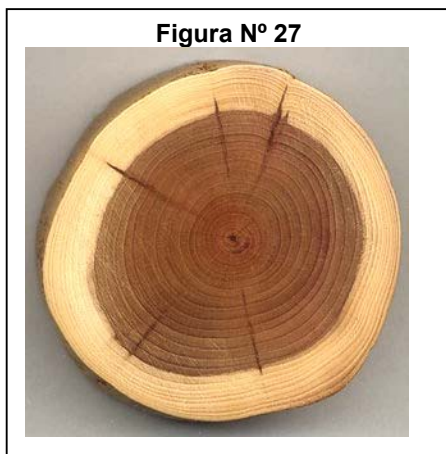
se llaman anillos anuales cuando corresponden a pares alternados de madera temprana y madera tardía.

El estudio de los anillos anuales tiene interés también en las plantaciones industriales porque con su análisis se puede saber si una plantación está creciendo de manera adecuada

o ya hace falta un raleo. En este caso se puede observar en qué momento, por el grosor reducido de los anillos la plantación dejó de crecer por haber demasiada competencia entre los individuos.

## Albura y duramen

En la observación macroscópica de cortes transversales de los troncos de árboles adultos, casi siempre se pueden observar dos zonas de distinta coloración, la albura, exterior, que como su nombre indica es clara (también denominada 'blanco o carne' en Misiones), y el duramen, interior, de color más oscuro ('corazón' o



'cerne'), Figura N° 27. La albura es madera tal cual fue formada, en cambio el duramen además de eso ha sufrido una deposición en los tejidos existentes, que antes de ello eran de albura. A medida que crece el tronco crece también el duramen dejando un anillo externo de albura que no varía demasiado en su ancho a lo largo de la vida del árbol. La transformación consiste principalmente en un taponamiento de los lúmenes de las fibras, que se denominan tilosis, quedando la madera resultante parcial o totalmente obstruida en sus poros y por ello más resistente al ataque de agentes patógenos. Aunque el objetivo de esta transformación no esté perfectamente elucidado, es evidente que

le da mayor resistencia al tronco que queda con un "alma" rígida e inalterable.

Como material de construcción y para mueblería, el duramen es el preferido por su durabilidad y sus resistencias mecánicas, así por ejemplo, cuando hablamos de las maderas de ley; cedro, lapacho, peteriby, nos referimos al duramen de esas especies, puesto que la albura no posee las calidades requeridas para ser madera de ley. Es por ello que se requieren muchos años para que éstos árboles sean utilizables, puesto que el duramen comienza a formarse recién cuando el individuo es adulto.

Para su uso como materia prima fibrosa, por el contrario, el duramen generalmente es menos adecuado que la albura, que posee menor densidad, mayor penetración y menos cantidad de sustancias extrañas, puesto que el duramen se consigue por taponamiento de las células con taninos y especies semejantes que no son convenientes para fabricar la pulpa. Por otro lado las mejores fibras papeleras se hallan siempre en la periferia del tronco, dado que lo que se llama madera madura tiene elemento más convenientes que la madera juvenil. Aunque el duramen se encuentra en todos los árboles adultos, no en todos es visible a simple vista, como sucede con muchas coníferas y algunas maderas claras. En nuestro país, en donde las forestaciones son de rápido crecimiento y se utilizan árboles jóvenes, no se observa duramen en las coníferas. Por ello como regla general se distingue rápidamente un pino de un eucalipto, por la existencia de duramen rojizo en éste último y no haber ningún cambio de color en el corte transversal del pino.

## Corteza

La corteza no tiene mayor importancia en nuestro estudio de la anatomía de los recursos fibrosos, porque no solo no posee características valiosas, sino que es inconveniente para la

fabricación del papel. Ello se debe a la poca cantidad de fibras que tiene, que además no son de buena calidad, y por otro a su composición química dentro de la que se hallan gran

cantidad de sustancias oscuras que pasan inalteradas los procesos de pulpado y aparecen como impurezas. Tiene además otros productos que neutralizan los reactivos utilizados para el pulpado o el blanqueo.

Por eso se extrae antes de ingresar la madera al proceso, por lo que con frecuencia los rollizos que uno puede observar están descorte-

zados. Tiene importancia desde el punto de vista de los recursos energéticos puesto que habitualmente las plantas de pulpa la utilizan como combustible en calderas de diseño especial. En raleo de coníferas la proporción de corteza se halla entre el 10 y el 15% del peso del material que entra del monte.

### DIFERENCIACIÓN MACROSCÓPICA ENTRE CONÍFERAS Y LATIFOLIADAS UTILIZADAS PARA PULPA EN LA REGIÓN.

A continuación se darán una serie de claves para la diferenciación macroscópica a simple vista entre maderas de coníferas y de latifoliadas utilizadas en el país para la elaboración de pulpa. Se requiere tener un corte transversal lo suficientemente liso para poder apreciar los detalles. Las especies involucradas son las siguientes (se ponen entre paréntesis los sinónimos):

Coníferas; *Pinus taeda*, *P. elliottii*, *P. caribæa* (dos variedades), *P. patula*, *P. radiata* (*P. insignis*) y *Araucaria angustifolia*.

Latifoliadas; Todo los sauces y álamos puros o híbridos, (*Salix spp.* y *Populus spp.*), *Eucalyptus grandis*, *E. globulus*, *E. camaldulensis* (*E. rostrata*), *E. dunnii*, *E. nitens*, *E. viminalis*, *E. tereticornis*,

CONÍFERAS	LATIFOLIADAS
Anillos de crecimiento anuales siempre <u>observables</u> como pares de bandas claras y oscuras alternadas	Anillos de crecimiento visibles o no <u>visibles</u> . Pueden ser similares a los de coníferas, o no secuenciados, parciales o inexistentes.
Al frotar la madera en cortes recientes <u>olor</u> característico a <u>oleorresina</u> , a veces débil	Al frotar la madera <u>sin olor u olores "sui generis"</u> , aromáticos, poco comunes y hasta desagradables
Maderas generalmente <u>claras</u> : blanco amarillento, amarillas o ambarinas	Maderas de <u>colores muy variables</u> , desde blanquecinas hasta muchos tonos rojizos y marrones, verdes y hasta casi negros.
Diferenciación entre <u>albura y duramen no observable</u> a simple vista. (en algunas maderas de Araucaria un círculo interno marrón es un falso duramen patógeno)	Duramen <u>marrón</u> en casi todas las salicáceas. En los eucalyptus dos tipos durámenes amarillos más fuerte que la albura o más rojizos que la albura
Maderas de densidades bajas	Maderas de densidades bajas, medias y altas
Reacción de Mäule da <u>color amarillo (1)</u>	Reacción de Mäule color <u>lila violáceo (1)</u>

(1) La reacción de Mäule consiste en tratar la madera con soluciones de ácido clorhídrico, permanganato y amoníaco. Un color lila - violáceo indica lignina con grupos siringilos que son propios de las latifoliadas. En las coníferas la madera queda amarilla.

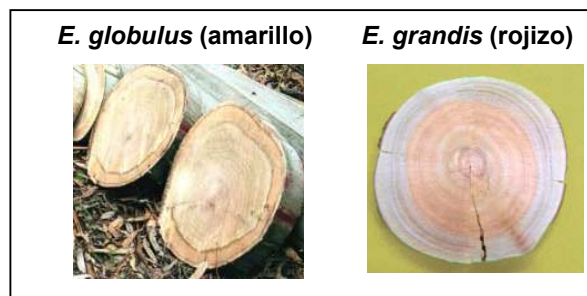
De la tabla se pueden sacar algunas conclusiones excluyentes:

- 1) Si tiene olor a oleorresina es conífera.
- 2) Si es muy densa es latifoliada.
- 3) Si tienen duramen oscuro es latifoliada.
- 4) Si no tiene anillos anuales es latifoliada.

## OTRAS CARACTERÍSTICAS IDENTIFICATORIAS PARTICULARES

### *Eucalyptus*

Hay dos grupos de *Eucalyptus* en cuanto a la composición química de sus polifenoles, especialmente taninos; los que tienen taninos hidrolizables que son de color amarillo o pardo amarillentos, y los que tienen principalmente taninos condensados que son rojos o marrón rojizos. Ello se nota particularmente en el duramen. Los del grupo amarillo son el *E globulus*, *E. viminalis* y *E dunnii* y *E. nitens*(1). y los del grupo rojo o rosa son *E. grandis*, y *E camaldulensis*.



Fotogr. de la izquierda de Dora Igartúa. UNMDP

(1) Agradezco el dato a Silvana Mariani de Chile

### *Araucaria Angustifolia*

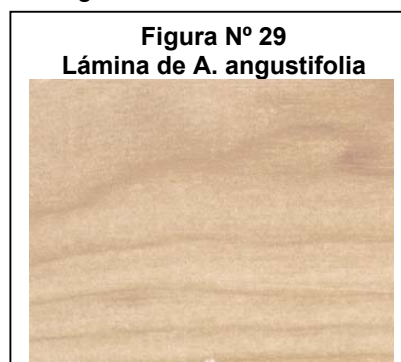
Los árboles de *Araucaria* en general se caracterizan por



tener la inserción de las ramas en capas que salen a la misma altura, y además la madera tiene algunas manchas o bandas de color borra-

vino tirando a violáceo. Es decir que se puede identificar por esta características en los cortes transversales.

Por otro lado este género posee muy poca oleorresina y de un color muy suave, apenas distinguible. Por el contrario los mudos son muy



duros por el alto contenido de resina que poseen.

Versión de abril de 2008

