

## **Tecnología de la madera de eucaliptos colorados: Propiedades – usos – posibilidades**

Por: Ing. Ftal Martín SANCHEZ ACOSTA <sup>1</sup> - Ing. Ftal Fernando SEPLIARSKY <sup>2</sup>

### **Contenido:**

#### **I. ANTECEDENTES**

Introducción – las plantaciones

#### **II. LA MADERA**

Características y propiedades de las maderas de eucaliptos colorados

#### **III. TRANSFORMACIÓN INDUSTRIAL**

##### Transformación mecánica

Madera redonda  
Primera transformación: Aserrado  
Secado  
Segunda transformación: Reprocesado –  
Tableros

##### Transformación química-energética

Celulosa  
Energía

#### **IV. COMENTARIOS GENERALES**

Instituciones y empresas que investigan  
Recomendaciones generales  
Agradecimientos  
Bibliografía

#### **Comentarios previos**

En el presente trabajo tal vez llame la atención la gran cantidad de menciones de firmas comerciales, técnicos y productores, lo cual pretende mostrar que para el avance en la evolución de la tecnología de esta madera, o cualquier otra, resultan de fundamental importancia las relaciones entre las instituciones y las empresas. Quien trabaje en el tema industrial, sabe de la importancia de recorrer y tomar contacto personal para compartir experiencias, principalmente en un tema poco conocido, como es el eucalipto de rápido crecimiento para fines de transformación mecánica. Muchos de los conceptos vertidos no son del fruto de experiencias propias sino de experiencias ajenas gentilmente compartidas.

Por otra parte, estas citas tratan de reconocer el trabajo de una gran cantidad de técnicos y productores que han aceptado el desafío de tratar de entender y trabajar esta madera, pretendiendo además, ilustrar sobre una realidad industrial tangible de la madera eucalipto, la que si bien fue denominada como la "madera del futuro", casi puede decirse que ese futuro es "hoy".

#### **I. Introducción- evolución del uso del eucalipto**

##### ***Panorama del eucalipto, introducción de los eucaliptos colorados en Argentina y América.***

---

<sup>1</sup> Técnico del INTA EEA Concordia (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria) c.c. 34 CP 3200 Concordia- Entre Ríos- te 0345 4 29 0000, fax 0345 4 29 0215 E.MAIL martinsa@concordia.com.ar

<sup>2</sup> Jefe Operaciones Maderas Elaboradas. de Ibersilva. (Grupo Ence)- España (Ex Técnico de Empresa Parquetera Palo Rojo – Santa Fe, y ex Gerente Industrial de Forestadora Tapebicuá – Corrientes) fs@eupon.es

El género *Eucalyptus*, con sus más de 700 especies y variedades, es originario de Australia y algunas islas circundantes en Indo-Malasia (Indonesia, Filipinas, Guinea, Timor) habiéndose difundido a todos los continentes, siendo Sudamérica la de mayor magnitud a nivel comercial.

Si bien las introducciones de eucalipto en parte del Conosur (Argentina, Brasil, Uruguay y Chile) datan del siglo pasado, recién avanzado el siglo XX comenzó su difusión, siendo la década del 70' el punto de inflexión en cuanto al ritmo de plantación a nivel comercial. En Brasil toma auge la forestación debido a la crisis energética, y en Argentina toma impulso merced al fomento de las plantaciones mediante desgravaciones impositivas. En Uruguay el desarrollo es un tanto más reciente, las primeras plantaciones fueron de eucaliptos colorados y recién en la década del 90', se produce avance importante en las plantaciones principalmente con eucaliptos más claros; en tanto en Paraguay el desarrollo es aún más reciente, también comenzando con colorados, siendo que las últimas plantaciones se vuelcan a los del tipo grandis. En Chile el inicio del eucalipto fue debido a su empleo como puntales en las minas, principalmente de carbón; recién en los últimos 20 años ha adquirido importancia en cuanto a conversión mecánica y celulósica (LUENGO M, I, 1995), pero en este caso la especie predominante es *Eucalyptus glóbulus*, pareciendo actualmente *E. nitens*, ambos de maderas claras.

Últimamente el eucalipto va siendo incorporado en zonas más cercanas al ecuador, como es el caso de Perú, Venezuela, Colombia, Ecuador, Cuba y Costa Rica, y desde hace ya algunos años se lo cultiva en EE UU (principalmente Florida y California) con fines energéticos.

A nivel mundial, el eucalipto se ha plantado inicialmente con objetivos celulósicos y/o energéticos, y en menor medida para tableros, por lo que no se puso mayor atención en la calidad para madera sólida, y las altas densidades de plantación no favorecieron el desarrollo de buenos diámetros. Al año 2000 se contaba con 13,6 millones de ha plantadas de eucaliptos, lo que representa algo menos del 10 % de las forestaciones implantadas totales mundiales, de las cuales más del 50% se encuentran en sólo 2 países: Brasil y la India. (FLYNN, R, SHIELD, E, 1999) (SERRANO, O, 1995)

### **Argentina**

En Argentina, la historia se inicia con la introducción *E. glóbulus* en 1857, plantado para cortinas y monte de reparos de la ganadería en la región de Buenos Aires las que luego continúan con introducciones puntuales, principalmente con eucaliptos colorados como *E. camaldulensis* (sinónimo de *E. rostrata*) y *E. tereticornis*, y finalmente el *E. grandis*, siendo esta última la que prosperó y logró difundirse masivamente. En las tareas de introducción y zonificación debe reconocerse los trabajos realizados por GOLFARI, MANGIERI, VAN HOUTE, y MENDONZA.

Como se comentara los eucaliptos colorados (*camaldulensis* y *tereticornis*) sucedieron al *glóbulus*, y fueron plantados inicialmente en la región bonaerense, como montes de reparos y cortinas, o bien para aprovechar sitios bajos debido a su gran rusticidad. Dada esa plasticidad y resistencia (a frío, sequía, inundaciones, salinidad) es que comenzó a difundirse a variadas regiones del país, como Mendoza, Córdoba, Santa Fe, e incluso en el NOA. Merece destacarse una introducción acontecida en el NEA, a través de Misiones, la cual introdujo semillas desde Brasil (Compañía Paulista de ferrocarril), con el fin de secar tabaco, lo cual dio origen a algunos pequeños montes en esa provincia y además en Corrientes, los cuales hoy día aún se están cortando ( parte de ellos se usaron para celulosa). En Entre Ríos se plantaron principalmente como cortinas y montes de reparo del ganado, existiendo un par de núcleos de eucaliptos híbridos, uno al sur, en cercanías de Larroque y otro en La Paz, cerca de Paraná.

Debido a la existencia de una planta de Celulosa (Capitán Bermúdez) y dos de tableros (MDF en Guillermina y Aglomerado en Calchaquí), la provincia de Santa Fe es la que mayores existencias tienen de plantaciones de eucaliptos colorados (a esto se suma la vecindad de una planta de tableros HDF en Ramallo, Buenos Aires).

A este polo se le suma un pequeño núcleo en Mendoza que destinaba madera para una planta de aglomerado y pisos, y otro en Jujuy con destino siderúrgico, además de los citados en Entre Ríos.

Actualmente la madera se la destina mayoritariamente a usos energéticos (leña y algo de carbón), pero existen casos muy interesantes del empleo como madera para pisos de alto valor (como en Mendoza, Buenos Aires, Santa Fe y recientemente en Misiones) y algunos laminados decorativos en Buenos Aires y Misiones.

En lo referido a existencias actuales, evolución usos y empresas que trabajan actualmente en el mundo con eucaliptos, merece mencionarse los reportes "*Eucalyptus progress in higher value utilization, a global review*", publicado por Bob FLYNN, y Evan SHIELD (1999)

### **Estados de los montes**

De por sí los destinos principales no fueron exigentes en calidad de madera, por lo que casi no se realizaron prácticas silviculturales de poda y raleo, siendo plantaciones prácticamente no manejadas. A esto se le suma que la planta de celulosa dejó de utilizar eucaliptos colorados, la de aglomerado de Calchaquí cerró, y la de MDF también modificó su materia prima, lo que dio como resultado que al no haber demanda, las plantaciones comenzaron a abandonarse, especialmente los rebrotes de aquellas ya cortadas. En ciertos casos por el hecho de no haberse cortado en su momento, se encuentran pequeños lotes con árboles de muy grandes diámetros, poco aptos para los aserraderos normales. Estos pueden ser empleados por los fabricantes de pisos y las laminadoras, aunque con la limitante que nunca recibieron podas.

Esto hace que el escenario actual y futuro deba pensarse en base a dos premisas: una es lo que se puede hacer con los montes actuales de poco diámetro, de calidad de madera variable y sin manejo, y la otra, lo que uno puede tener en el futuro, con material genético de calidad (incluyendo híbridos), pureza varietal, y plantaciones manejadas.

En este aspecto merece mencionarse el potencial de los híbridos de grandis x tereticornis y camaldulensis, donde principalmente se le adiciona a los colorados un mejor crecimiento, obteniéndose una madera intermedia en características, pero con aptitud para productos sólidos, aunque debe evaluarse muy bien los suelos y disponibilidad de agua.

Sin duda que el cambio de actitud de los madereros hacia el eucalipto ha cambiado mucho en los últimos años, especialmente por los logros alcanzados con los del tipo **E. grandis**. Empleando las palabras del consultor de la Unión Europea Mario BORONI, podemos reafirmar que "*el procesamiento del eucalipto como madera sólida, prácticamente ha avanzado más en los últimos 10 años que en todo el siglo*" por lo que pese a esta situación actual de los montes no se puede dejar de ser optimistas con las posibilidades futuras.

## II. Características de la madera

Dado que los eucaliptos en Australia son nativos, generalmente de lento crecimiento y con edades altas, la madera de las distintas especies si se las compara con plantaciones de rápido crecimiento suelen presentar diferencias importantes (como en el caso del E. grandis). Esto no se da tan así en los eucaliptos colorados, pues aquí también son de crecimiento moderadamente lento y suelen emplearse árboles de avanzada edad. Por ello es que los valores para uno y otro caso, no son tan distantes como se apreciará en las siguientes referencias.

### En Australia

Se la conoce como River Red Gum, haciendo alusión a su madera rojiza, su corteza lisa tipo gomero, y a que crece cerca de arroyos. Se la describe como: famosa por su alta durabilidad y su apreciable estética. Utilizada desde estructuras pesadas al exterior como puentes, y es famosa por haber sido parte de los adoquinados de las calles en el siglo XIX. Su madera tiene textura moderadamente gruesa y superficie lisa. Suele presentar grano entrecruzado. Su durabilidad es alta (pertenece a la clase 2) y puede ser empleada en varias aplicaciones al exterior. La albura es susceptible al ataque de Lyctus (taladro). Es una madera que ofrece gran versatilidad de usos. Sus aplicaciones incluyen: construcciones pesadas, estructuras generales, durmientes, pisos, paneles, carpintería e incluso muebles.

La empresa Sydney Eden cita los siguientes valores:

Densidad verde GD 1150 kg/m<sup>3</sup> Densidad a humedad de uso ADD 900 kg/m<sup>3</sup>

Dureza Janka KN : verde 7.7 Seca : 9.7

Durabilidad: Clase 2 (muy durable)

Grupo de resistencia: S5/SD5

Contractibilidad: radial. 4.%, Tangencial : 8.9 % T/R 2,1

Grado estructural: Sin secar F11/F14/F17 Seca: F22/f27

Resistencia a termitas : SI ( AS3660)

Susceptibilidad a Lyctus: Albura SI

Índice de ignición. – 13 difusión de llama –6, desarrollo de humo: -3, Calor envolvente –4 +

Grados comerciales: select, medium feature, satandar, high feature.

### En Argentina:

A continuación se citan datos generales de E. camaldulensis y grandis pertenecientes a madera de la zona de Concordia, con edad de corte, de ensayos realizados por el CITEMA en conjunto con INTA, datos actuales de estudios realizados por el Grupo GEMA de la UTN, Concepción del Uruguay, con madera comercial de la región, a los que se suman los compilados por el Ing. Claudio TINTO, y complementados por el autor, para diversas regiones de Argentina

Tabla - Principales características de la madera de eucalipto camaldulensis en Argentina y Australia, comparación con E. grandis Argentina.				
<b>Características</b>	<b>E. camald-rostr</b>	<b>E. tereticornis</b>	<b>E. grandis</b>	<b>E. camaldulensis Australia</b>
<b>Organoiépticas:</b>				
color albura	blanco crema	blanco crema	blanco crema	
color duram.	cast. rojizo	rojizo claro	cast. rosado	rojo a castaño
textura	finá	mediana	mediana	
grano	entrelazado	entrelazado	derecho-entrelaz.	Con entrelazado
brillo	mediano	mediano	mediano	
veteado	suave	suave	suave	

peso	pesada	pesada	liviana	
dureza	semidura	dura	blanda	10 (Janka)
<b>Físicas</b>				
dens. (H=15 %)	830 –870-900	900 -950	470 - 560	900 a 12% H°
contracción				
radial	4,0	6,9	5,8	
tangencial	8,5	13,4	10,4	10
volumétrica	15 - 19,3	23,0	18,9	
relación T/R	2.12	1.94	1.79	
estab. dim.	poco estable	poco estable	medio estable	
penetrabilidad				
albura	muy penetrable	muy penetrable	muy penetrable	
duramen	impenetrable	impenetrable	impenetrable	
porosidad	44,5	35,7	62,7	
<b>Durabilidad duramen</b>				
en tierra	medio durable	medio durable	poco durable	
al aire libre	durable	durable	durable	
insectos xiiófagos	resistente	resistente	resistente	
<b>Durabilidad albura</b>				
en tierra	poco durable	poco durable	poco durable	
al aire libre	poco durable	poco durable	poco durable	
insectos xiiófagos	Lyctus	Lyctus	Lyctus	
<b>Mecánicas</b>				
flex. estát (kg/cm)				
módulo de rotura	1,150	1,576	732	
módulo de elast.	101,000	133,200	98,345	
comp. ayjal (kg/cm)				
módulo de rotura	572	698	343	
módulo de elasi.	128,000	163,800	150,543	
dur. transv. (klycm)	645	836	451	
<b>cota de flexión</b>	muy resistente	resistente	resistente	
<b>cota de compresión</b>	resistente	muy resistente	muy resistente	
Secado	difícil	difícil	mediano	
Aserrado verde	fácil	fácil	fácil	facil
Aserrado seco	dura	dura	regular	
Cepillado	bueno	bueno	bueno	
Torneado	bueno	bueno	bueno	bueno
Machimbrado	dura	dura	bueno	bueno
Clavado	regular	regular	bueno	
Pintado	regular	regular	bueno	
Teñido	regular	regular	bueno	
Barnizado	bueno	regular	bueno	
Encolado	regular-bueno	regular	bueno	bueno
Combustibilidad	mediana	mediana	rápida	ignición: 13
Colapsado	fuerte	mediano	leve	
<b>Fuente:</b> Base: TINTO,J. 1991, modificado por SANCHEZ ACOSTA, M. 1995-1999-2005..				

Posible clasificación por resistencia : Resulta interesante comentar los resultados obtenidos con *E. grandis* por el Grupo GEMA de la UTN, donde se llega a obtener una clase que podría encuadrarse dentro de los parámetros internacionales tomados en Europa a nivel de maderas conocidas comercialmente

**- Correlación de clases de resistencias para especies de latifoliadas-**

Clase de resistencia s/EN 338	País	Clase en el país*	Especie -nombre común-	Origen	Identificación botánica**
<b>D70</b>	Reino Unido	HS	Balau	Sudeste asiático	113, 114
		HS	Greenheart	Guyana	110
<b>D60</b>	Holanda	A / B	Azobé	Africa Occidental	100
	Reino Unido	HS	Ekki	Africa Occidental	100
		HS	Kapur	Sudeste asiático	86
		HS	Kempas	Sudeste asiático	98
<b>D50</b>	Reino Unido	HS	Keruing	Sudeste asiático	80
		HS	<b>Karri</b>	Australia occidental	90
		HS	Opepe	Africa occidental	107
		HAS	Merbau	Sudeste asiático	94, 95
<b>D40</b>	Reino Unido	HS	Iroko	Africa	103, 104
		HS	<b>Jarrah</b>	Australia occidental	91
		HS	Teak	Sudeste asiático	117

\* A / B : Netherlands Standard NEN 5480 - 1983 -Kwaliteitseisen voor hout (K VH 1980) Houtsoort azobé-

\*\* 90: *Eucalyptus diversicolor*; 91: *Eucalyptus marginata*:

Esto indica que probablemente el *E. camaldulensis* y el *E. tereticornis*, puedan clasificar como el *Eucalyptus diversicolor* en la Clase D 50, o como el *E. marginata* en la D 40, correspondiéndoles tensiones características de rotura en flexión de 50 y 40 N/mm<sup>2</sup> respectivamente. Si bien las especies de nuestra región son otras (como se ha señalado), en los ensayos realizados por el Grupo GEMA de la UTN se ha obtenido por igual tipo de resistencia un valor de 45 N/mm<sup>2</sup>, lo cual las inserta perfectamente en el contexto analizado.

### III. Transformación – industrialización

Los procesos en que se usa o ha usado eucaliptos colorados en Argentina los podemos dividir en:

- a. **Madera redonda:**
  - a. Postes - rollizos (preservación- uso directo)
- b. **Transformación mecánica**
  - Cortes con sierras:**
    - b. Aserrado (tablas- pisos)
  - Cortes con cuchillas:**
    - c. Debobinado (Corte rotativo)
    - d. Faqueado (Corte plano)
- c. **Paneles reconstituidos:**
  - e. Tableros de fibras
  - f. Tableros de partículas
- d. **Transformación química**
  - g. Celulósicos (pasta-papel)
- e. **Energéticos-siderurgia**
  - h. Carbón – leña
- f. **Reprocesamiento :**
  - i. Madera seca: pisos, paneles de listones , parte de muebles, etc.

## a. Uso como madera redonda

La casi totalidad de los postes para líneas aéreas en Argentina, son de eucalipto (ya no se emplea la palma, o el pino) principalmente **E. grandis**, debido a su rectitud de fuste, bajo peso y excelente relación peso-resistencia (esto llama la atención de los técnicos Australianos ya que usualmente no lo emplean para este fin). En otras partes se utilizan eucaliptos más pesados como **E. cloeziana**, y **E. citriodora** y buen fuste. Asimismo, es cada vez mayor el empleo en estructuras de construcciones rurales (invernáculos galpones, techos de viviendas, quinchos, etc.).

El eucalipto colorado no se perfila como muy bueno para poder competir con el **E. Grandis**, es más pesado, con mas problemas de grano, y no es fácil conseguir largos fustes rectos), pero se estima que en las zonas que se forestan con estas especies, se podrán obtener subproductos de los raleos, cortas finales o raleos de rebrotes, para su uso local en variadas aplicaciones como madera redonda. Como poste corto tiene como ventaja una mayor durabilidad natural, por lo que puede llegar a usarse incluso sin preservar, si se retira la albura.

Como uso alternativo se puede mencionar el mayor empleo de la madera redonda en tutores de plantas, espalderas de cultivos, juegos infantiles y ornamentos de paseos públicos (barandas, pasarelas, canteros, etc), como así también el incipiente uso en viviendas tipo cabañas de troncos y construcciones rurales (galpones, invernáculos). En el NE de Argentina anualmente se procesan cerca de 7.000.000 de postes cortos, con destino al cultivo de la vid y espalderas de otros cultivos. TINTO, 1999 menciona su aptitud para postes y puntales de minas (uso muy común en Sudáfrica).

Debido a la oposición general al corte de montes nativos y a la gran necesidad de reparación de alambrados (por la recesión de los últimos años) e instalación de nuevos por el avance de la agricultura y la ganadería, se estima que en el futuro habrá cada vez más consumo de postes para alambrados procedentes de plantaciones de eucaliptos.

## b. Primera transformación mecánica:

### Materia prima

*"La calidad de la madera aserrada comienza por la semilla".*

Es de fundamental importancia realizar las forestaciones con material genético de calidad y homogéneo (para ello resultan muy interesantes los montes agámicos). Por más tecnología que se disponga, poco se puede hacer cuando la materia prima no es de calidad. Esto se evidencia en lo acontecido con las primeras forestaciones comerciales, con semillas locales y algunas introducidas desde lugares inciertos, donde se observaba la presencia de plantas fuera de tipo e híbridos naturales, los que presentaron problemas de fibra revirada y gran dureza, dando como resultado rajaduras y alabeos pronunciados en la madera aserrada.

En el futuro, se deberá prestar importancia a características relacionadas con el uso como madera maciza (grano derecho, pocos nudos, baja conicidad, pocas rajaduras, etc.). La base de la industrialización es la calidad y cantidad de la materia prima con que se cuente, y el aprovechamiento de subproductos y residuos.

Los emprendimientos actuales deberán tener muy presente la calidad actual disponible, y la posible futura, pues lo que hay actualmente dista bastante de lo deseable.

Para el caso de la industria mecánica resulta imperioso trabajar con diámetros adecuados (los que se pueden lograr mediante raleos de las forestaciones), y madera libre de nudos (para lo cual se hace indispensable realizar podas).

Una particularidad de los eucaliptos es la presencia de tensiones, las cuales generan torceduras y rajaduras las que se podrían atenuar mediante el mejoramiento genético (MALAN, 1991).

La calidad de materia prima "ideal" sería:

- Madera homogénea y de densidad adecuada al proceso
- Con grano derecho
- Buena forma circular, rectitud y baja conicidad
- Sin nudos muertos, y los vivos de poca dimensión
- Sin rajaduras ni tensiones
- Sin desgarramientos
- Sin "costillas" (influencia de la raíz en la base)
- Sin venas o bolsas de kino
- Sin ataque de taladro (*Phoracantha*)
- Sin bifurcaciones
- Sin porción del fuste con diámetro insuficiente
- Troncos rectos (sin torceduras en el centro)
- Sin extremos irregulares
- Diámetros adecuados al proceso
- Sin arena, piedra o elementos extraños
- Sin pudriciones
- Sin médula excéntrica
- Baja proporción de albura (la menor posible)

- Con poca madera juvenil, y sin corazón corchoso.

Si bien esto actualmente parece una utopía, con una correcta selección de material genético mejorado, prácticas silviculturales adecuadas y con la capacitación de los operarios de la cosecha, pueden lograrse resultados bastante buenos.

La madera homogénea y de buena densidad, tanto como la rectitud de fuste y la reducción de rajaduras (de índole genético) pueden ser atenuadas mediante el mejoramiento, especialmente con la propagación agámica. Lo atinente a nudos, secciones circulares y adecuados diámetros, dependen fundamentalmente de la aplicación de técnicas silviculturales adecuadas, como son la poda, el raleo, y la correcta densidad y configuración de la plantación. Y que el tronco llegue sin costillas, curvaturas, arena o elementos extraños, es solucionable con capacitación en la extracción y transporte.

## **b. Aserrado**

En países como Argentina, Chile y Uruguay, el aserrado de eucaliptos viene realizándose desde la primera mitad del siglo casi a nivel artesanal; recién a partir de las década del 60' y principio del 70', comienzan a tener sentido comercial, y ya en los fines del 70' encuentran plena expansión.

Los aserraderos que cortan eucalipto colorado lo hacen casi exclusivamente para empleos como madera de construcciones rurales ( varillas de alambrado, tablas y tablonés para uso rural) o bien para el destino de pisos. Son en general de pequeña producción y con sistemas casi artesanales.

Cuando la madera es de buena calidad genética (pureza varietal, con grano derecho), se pueden efectuar aserrados tradicionales normales. En Entre Ríos se suelen aserrar troncos de 4 m de largo, habiendo observado aserrados en el Uruguay de troncos de 5 m de largo, generando tirantes sin ningún tipo de problemas.

Como los rollizos a cortar son generalmente de gran diámetro, el aserradero usualmente se basa en una sierra de carro, a diferencia de las sierras mellizas que se usan con *E. grandis* para alta productividad

## **Sistema de aserrado**

En cuanto al sistema se pueden dividir en dos grandes rubros **a) alta producción** **b) producción de mayor calidad**.

### **a. Alta producción:**

La meta es producir en cantidad y no tanto en calidad, aunque mediante una selección permite obtener una proporción de madera apta para usos de calidad. Para atenuar el efecto de las tensiones es recomendable el corte inicial paralelo (liberación simultánea), para luego reaserrar la pieza central resultante y reaprovechar los costaneros (costeros o cachetes) generados. El sistema usual es siguiendo la línea paralela al eje del rollizo o tora. Este sistema se aplica más a eucaliptos tipo *grandis* donde se busca mucha producción. Tradicionalmente en Argentina esto se realiza con sierras cinta dobles (sinfines gemelas, o mellizas) en la entrada, y luego la pieza central se reasierra con sierras cintas simples de mesa (si es un aserradero pequeño), o con sierras circulares múltiples de 1 y 2 ejes según el espesor de la pieza central. Los costaneros se continúan reaprovechando con sinfines y circulares dobles para el canteo de sus bordes.

Cuando la producción es alta y la gama de diámetros es amplia, se justifica la implementación una línea exclusiva para los diámetros pequeños. SHIELD, E, menciona la aplicación en Filipinas de un sistema de aserrado, combinando sierras sinfines y circulares, en diámetros pequeños, que alcanza velocidades de 50 m/min, con producciones de 15 tablas por minuto.

### **b. Producción para madera de calidad:**

En este caso se busca madera de calidad, por su tipo de corte y especialmente la de tipo libre de defectos "clear", que puede emplearse principalmente para pisos y muebles en el caso de eucaliptos colorados (sirven además para finger joint, molduras, revestimientos, vigas laminadas, paneles de listones o bien piezas cortas de buena calidad ).

Seguramente la madera de mayor disponibilidad, es la periférica (la que no tiene nudos y no contiene madera juvenil ni médula quebradiza). Los sistemas de cortes periféricos suelen generar tablas de tipo tangencial.



*Aserrado de E. Camaldulensis en Australia (Foto gentileza E. Shield)*

### **Aserrado para pisos**

En este sentido se debe considerar muy bien el producto final.

En el caso de piezas cortas para pisos, en especial parquets, se trata de obtener piezas de corte radial. Para ello hay varios sistemas, algunos trabajan con el corte "en cuarterones" (se divide en 4 al rollizo), para luego ir reaserrando de manera de obtener piezas preferentemente radiales; o bien, como en Chile, se trabaja con "basas" o "semibasas" (corte por la mitad) para luego reaserrar eliminando el corazón y la albura, también tendiendo a piezas radiales .

Comentaremos en detalle el de obtención de parquet a partir de tablones periféricos.

### *Apeo y transporte*

Debido a la tendencia al rajado de la madera, existen diversas opiniones con respecto al tratamiento ideal del rollo hasta la madera aserrada. Si bien existe la creencia de una mayor estabilidad de la madera por estacionamiento del rollizo, durante más de un mes luego del apeo, el autor considera que el método ideal es el transporte inmediato a aserradero.

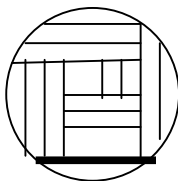
Otros métodos accesorios pueden ser la aspersión de las toras para evitar rajado de extremos y la cobertura de los mismos con sustancias que retarden la evaporación, como brea, sustancias cerosas, parafinas, etc. Se conoce la experiencia de aserrar trozas con 25 años de apeo y unos 100 años de edad, de *Eucalyptus camaldulensis* en Esperanza - Santa Fe (primera colonia agrícola de Argentina), obteniendo madera con tono rojizo más intenso casi violáceo y con un 35% de humedad de tablas recién aserradas.

### *Aserrado*

Se realiza habitualmente con sierras de carro vertical, obteniendo tablones que luego son reaserrados en circulares múltiples o sierras sin fin tableadoras, que permiten producir un 70% de material de corte semirradial. Este punto es importante ya que contribuye a mejorar la estabilidad de las piezas en obra.



El proceso consiste en girar la tora obteniendo tablones que son atravesados por los anillos de crecimiento. Al reaserrarlos y obtener las tablas, se obtienen en corte semirradial.



Sistema de corte de piezas radiales y semirradiales para parquet. En eucalipto colorado (Sepliarsky 1999).

En el gráfico se observa un rollo con un primer corte de extracción de costanero y, según el tipo de sierra, primer tablón, luego se gira y obtiene nuevo costanero y dos tablones, nuevo giro obteniendo costanero y dos tablones, y finalmente tres tablones, giro y dos tablones pequeños.

El aserrado depende de variables como, presencia de albura visible en la madera (más importante en *Eucalyptus camaldulensis* y *Eucalyptus tereticornis*.), tipo de subproductos a obtener. En general se pondera la obtención de tablones de 1 x 5 pulgadas que tienen mejores precios de mercado que el parquet de  $\frac{1}{2}$  o  $\frac{3}{4}$  de pulgada.

Una vez obtenidos los tablones, son reaserrados y posteriormente se realiza el saneado de defectos de la madera, como taladros, bolsas de kino, nudos, etc. Esta operación se realiza con sierras circulares emergentes o radiales de diferentes tipos. En algunos casos se secan los tablones y el saneado se realiza posterior al proceso de secado.

#### *Estacionado y secado*

Debido al clima benigno y veranos cálidos, el método de secado consiste en un apilado de la madera verde con separadores (aconsejable a 30 cm de distancia) y posteriormente un oreado a la intemperie de dos a tres meses que permiten iniciar el proceso de secado en hornos.

El secado para madera de 1 pulgada ronda los 10 días con temperaturas máximas de 60°C. En general se aconseja el empleo de vapor saturado durante el secado para reducir colapso.

Contenido de humedad: En Argentina, la variación de % de equilibrio higroscópico varía desde los 16% en Bs. As y litoral a 9% en algunas zonas de Cuyo. Las normas UNI Italianas exigen 8-10 para parquet y 10-12 para entablonados. Para las condiciones locales, muchas veces con colocación en pisos sobre carpetas de cemento con humedad, y en plantas bajas, se aconseja 10-12%. (dado que este tema es abordado en otra disertación, no abundaremos en más detalles)

#### *Maquinado*

Se realiza en general con moldureras para los pisos tablonados, tarugados. En una operación inicial se moldura, y posteriormente se escuadra, y perfora con máquinas manuales.

Para el caso del parquet, existen líneas de elaboración automática que poseen características únicas para la elaboración de parquet. Para la Argentina, este tipo de líneas tuvo un auge en los años 70, estando dichas líneas aún en funcionamiento. Poseen arrastre a cadena dentada, tupís enfrentado, cargador automático a cadena o rodillos y escuadradora de carga automática. La más común en Argentina es la francesa Socolest.

Existen en Argentina líneas de producción de parquet mosaico, de 20 x 100 x 6 mm con un soporte de hilo o papel, que en general sólo se producen para reparación de pisos existentes. Estas permiten el reaprovechamiento de piezas bien pequeñas.

#### *Clasificación*

Debido a la variación tonal y los defectos existentes en las maderas, la clasificación es una etapa importante en la elaboración de parquet de eucalipto. En el mercado local se vende primera, vetado (con albura) y segunda (con nudos).

#### *Packaging*

Para entablonados 1 x 4 (20 x 75 mm) o 1 x 5 (20 x 100mm), se comercializan generalmente paquetes de 10-20 tablones con largos de 0.6m a 1,2 m (esta última la de mejor precio).

El parquet de  $\frac{3}{4} \times 3 \times 30$  cm (14 mm x 70mm) se comercializa en paquetes con cantidades aproximadas al metro cuadrado. En el parquet, los productores tratan de que el largo sea múltiplo del ancho, lo que permite en la colocación salirse del tradicional bastón roto o espina de pescado.

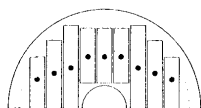
Si bien poco común, el embalaje ideal es el de nylon termocontraíble, debido a que permite una mayor protección de la madera, tanto de la suciedad como de un aumento de humedad durante estacionamiento en obra o transporte. La mayor parte de los productores atan a mano los paquetes o bien zunchan con flejes plásticos de diferentes tipos.

### Otros sistemas de aserrado

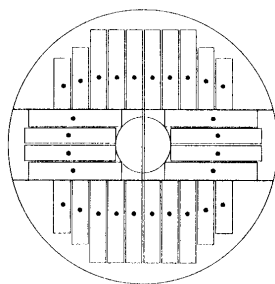
A continuación se citan algunos sistemas observados en otros países, los que si bien no han sido utilizados en E. Colorados, es bueno conocerlos para contar con un panorama más amplia de las alternativas

#### **Radial Colcura**

Para complementar el tema, a continuación se muestran los sistemas de cortes empleados por Colcura en Chile, para pisos de *Eucalyptus globulus*, según el diámetro que se trate.



Rango 1 y 2



Rango 3

Diámetros pequeños

Diámetros grandes

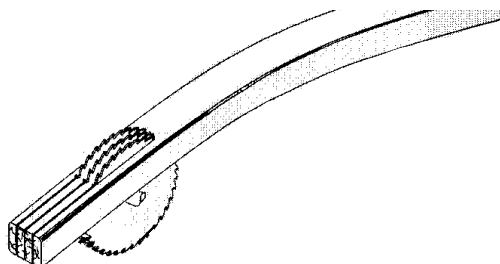
fuelle: LUENGO, 1995

Este tipo de pieza tiene buena estabilidad dimensional cuando son longitudes cortas, pero en piezas largas producen el efecto de "arqueado" de muy difícil corrección. Por el contrario en piezas largas debe preferirse las tablas tangenciales, fig 3, las cuales si bien son propensas al "combado" o "acucharado", suelen corregirse con el apilado con la concavidad hacia abajo. (SHIELD, 1996)

En plantaciones no podadas resulta de fundamental importancia aprovechar la madera de la periferia, denominada en Australia como "Backsawn", puesto que ella será la única libre o con pocos nudos (esto es válido también para los árboles podados con el fin de obtener el máximo rendimiento).

Si se van a efectuar primeramente cortes paralelos simultáneos el consejo en este primer corte es que el ancho de la pieza central resultante no debe ser inferior a los dos tercios del diámetro del rollizo (60%), SHIELD, E, 1995.

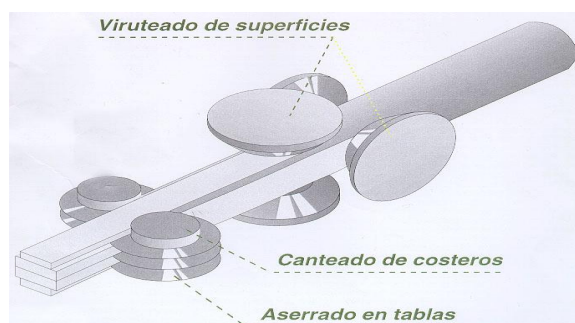
Otra variante interesante para aplicar en eucalipto es el sistema de aserrado curvo, luego de una medición con escaners se cantea con chipper canter con posterior aserrado con sierras circulares siguiendo el contorno de los rollizos con curvaturas.



## Aserrado curvo

### Aserrado –canteado Hew Saw

Una variante de estos sistemas es el aserradero Hew Saw, donde todas las operaciones son simultáneas (chiper canter combinado con sierras circulares) por lo que en una sola pasada se asierra todo el rollizo y se chipean los costaneros, se adaptan especialmente a diámetros pequeños y para muy alta cantidad de materia prima (puede realizar el corte curvo) de



Sistema Hew Saw

menos de 28 cm y de 59 % cuando está por encima (VIANNA NETO, 1986).

Tomando en cuenta todo el personal del aserradero, los más mecanizados, para producciones de 20 a 30.000 pie<sup>2</sup>/turno, toman como base una producción de 1000 pie<sup>2</sup>/hombre/jornada (se llega hasta 1.200), mientras que los más rústicos oscilan en 500 a 800 pie<sup>2</sup>/hombre por jornada.

## Segunda transformación: Reprocesado - tableros

### Remanufacturados

Comprende a los productos o partes de productos que se obtienen a partir de madera que ya fue procesada primariamente (caso típico de madera ya aserrada). Hoy día suele utilizarse el término “Reprocesamiento” principalmente en la obtención de madera clear, finger joints, blocks, blanks, vigas laminadas y tableros de listones, o sea, que no se trata de un producto final, y se suele aplicar el término de segunda transformación a productos finales, como p.ej. la mueblería, aunque esta diferencia no esté del todo definida.

*Empresas que han empleado eucalipto para parquet en Argentina:*

	Localidad	Nombre	Especies
Bs. Aires.	25 de mayo	Caronello Hnos.	Eucalyptus camaldulensis Eucalyptus viminialis. Eucalyptus globulus.
Bs. Aires		Víctor Hugo Caronello	Eucalyptus camaldulensis Eucalyptus viminialis.
Bs Aires	Tandil	Goñi	Eucalyptus viminialis
Bs Aires	Chivilcoy	Echaide	Eucalyptus camaldulensis Eucalyptus viminialis
Bs. Aires	Capital	La viruta	Eucalyptus camaldulensis, E viminialis, E grandis
Santa Fe	Esperanza	Palo Rojo	E. camaldulensis, E.viminialis, E.grandis (inactivo)
Mendoza		Valerio Oliva	Eucalptus camaldulensis, Eucalyptus viminnalis
Mendoza	Guaymallén	Bajda	Eucalyptus camaldulensis. Eucalyptus viminialis.
Misiones	Montecarlo	Tierra Roja	“E. camaldulensis”
Santa Fe	Esperanza		E. tereticornis (recién iniciando pruebas)

Tablas:

Como madera aserrada, se la emplea para fabricar elementos de construcción rural (varillas, carrocerías, mangas, estructuras, etc) y envases y embalajes de alta resistencia (pallets, tarimas, carretes porta cables, etc), aunque su elevada densidad puede ser no muy conveniente. Si bien en Argentina no se lo ha empleado, en Uruguay y Brasil se tienen referencias del empleo de durmientes de ferrocarril, es más si hay un durmiente de eucalipto, casi seguro es de los colorados.

*Laminado*

Loas eucaliptos colorados y sus híbridos, han sido utilizados desde hace bastante tiempo para la producción de láminas decorativas, especialmente por corte plano (faqueado). Sus chapas son de color rojizo, que se intensifica si el tronco es calentado, por lo que se sabe de su comercialización con nombres de fantasía tales como "cedro pampeano" o "ciruelillo" (rara vez se menciona una chapa de eucalipto...)

Una singularidad es emplear las agallas de grandes árboles, con lo que se pueden lograr chapas similares a la raíz de nogal, o diversas plumas.

### **c. Empleo en Tableros reconstituidos**

Los tableros que emplean eucalipto básicamente se pueden dividir en:

- Tableros de fibra
  - de alta densidad : **Hardboard HD**
  - de mediana densidad: **MDF**
- Tableros de partículas:
  - de baja densidad: **Aglomerados**

*Tableros de fibra Hardboard:*

Argentina cuenta con una sola planta en Ramallo - Buenos Aires FIPLASTO, la que ha sido pionera en Sudamérica, que utiliza preferentemente eucaliptos colorados ***E. camaldulensis*** y ***E. tereticornis***, aunque admite cierta proporción con eucaliptos claros algo más livianos. Comercialmente se lo conoce como "Chapadur" (tablero en crudo) o "Corlok" y "Decoplay" (con revestimiento) los que son nombres comerciales de esta fábrica.

En el proceso de fabricación se llega a tamaño de fibra, y al aplicar temperatura y presión la lignina plastifica actuando como cementante, por lo que no requiere de la aplicación de aditivos.

*El proceso se puede resumir en la siguiente secuencia:*

La madera rolliza, que debe tener una humedad de 40-50%, primeramente se astilla en discos giratorios que poseen cuchillas, estas astillas caen a un molino a martillos generándose astillas (tipo chips) de distintas medidas, las que son clasificados en una zaranda. Los tamaños de 6 y 45 mm, son utilizados directamente en el proceso, las mayores se reprocesan y las menores se desechan.

Las astillas pasan a silos de almacenamiento, para luego se trasladadas para su desfibrado a las desfibradoras Asplund. Estas desfibran las astillas convirtiéndolas en pulpa bajo el efecto de temperaturas de 150-200°C y la acción de discos acanalados. Esta pulpa pasa a ciclones donde se condensa el vapor, y luego es refinada en refinadora con cilindro de piedra ranurado, el cual al girar, aprieta las fibras contra las paredes del recipiente que lo contiene. Esta pulpa refinada pasa por criba hasta los tanques de almacenaje (las gruesas se reprocesan) donde se mantiene en suspensión.

Cuando se requiere resistencia a la humedad y el mojado, o para aumentar la resistencia mecánica, se pueden agregar cola, en el "cajón de encolado", que puede ser de parafina, resina o bakelita emulsionada, y se precipitan con sulfato de aluminio. De esta forma la pulpa tratada llega a la "maquina plana formadora de las hojas". Se trata de una malla continua, donde la pulpa escurre por gravedad y vacío, y se van formando las hojas de 4 pie x 18 pie. Estas hojas pasan a la prensa de platos, donde se obtienen 20 placas cada 16 minutos. La presión se inicia a 45-50 Kg/cm<sup>2</sup>, luego pasa a 6-10 kg, y finalmente se vuelve a la inicial. Los platos de la prensa están a 170-200°C. Las hojas pueden ser endurecidas mediante un tratamiento térmico (120 -150°C) en cámaras de templado. Para evitar torceduras van a cámaras de humectación, donde se uniformizan a 6%, en 9 horas.

Finalmente las hojas se cortan a medidas definitivas ( 4 pie x 6, 8 , 9 , 10y 12 pie). Se obtienen chapas de pesos de 3,5 kg/m<sup>2</sup> (densidades de 1.000 - 1.100 kg/m<sup>3</sup>) y espesores de 3,5 y 5 mm.

<b>Cuadro 4. Propiedades físico-mecánicas: del tablero Hardoard "Corlok"</b>	
Espesor (calibrado)	4,5 + - 0,3 mm
Humedad	6,0 + - 2 %
Absorción agua en 24 hs	11,0 + - 4 %
Absorción superficial agua en 24 hs	0 a 2 %
Densidad	1.020/1.080 kg/m <sup>3</sup>
Peso	5,1 kg/m <sup>2</sup>
Módulo de rotura por flexión	530 + - 40 kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia a la tracción (perpendicular)	8 a 25 kg/cm <sup>2</sup>
Módulo de elasticidad	50.000 -60.000 kg/cm <sup>2</sup>
Brillo : ° Gardner Cabezal 60°	15 a 20 ° G
Dureza cara pintada	180 seg (mínimo)

Fuente: Fiplasto s.a.

#### **Tableros de fibra MDF:**

En estos tableros también Argentina ha sido pionera, pues Guillermina, localizada en Santa Fe, ha sido la primera en Sudamérica y la novena de su tipo en el mundo. Esta comenzó a trabajar en base a nativas, pero al tiempo tuvo que incorporar especies de eucalipto, comenzando por los colorados que se encontraban en su zona. En los últimos años ha incorporado pino para obtener tableros claros. En los inicios de los años 90' comenzó la empresa Masisa, en Concordia Entre Ríos, con una planta de MDF y otra de tableros de partículas. En el caso de la primera, inició sus actividades exclusivamente con pino, pero posteriormente incursionó en una mezcla de 60 % de eucalipto y 40 % de pino, llegando en ciertos casos a emplear 100% de eucalipto (principalmente grandis). En la actualidad estos tableros con eucalipto representan el 20% de la producción total.

El proceso de producción de MDF de eucalipto es resumida por el Técnico Foresto Industrial Nicolás Koroll, ", de la siguiente manera:

Desarrollo:

Todo el chips se lava, criba y analiza con un detector de metales "on line" antes de ser utilizado. El chip de Eucalipto no es tan homogéneo como el de pino. Los rangos de humedad que se encuentran en playa rondan entre los 70% a 150 % de humedad base seca, siendo lo óptimo un 100 % de H bs. Se debe tener en cuenta que el chip de eucalipto es más quebradizo, la buena humedad ayuda a evitar este punto. La corteza disminuye las propiedades físico-mecánicas por lo que conviene prescindir de ella.

Proceso:

El chip es transportado hacia la criba, luego lavado y sigue su camino hacia el "steaming bin" o silo vaporizador donde esta unos minutos a vapor saturado; aquí en el caso de estos chips (eucalipto) hay que lograr una adecuada vaporización, ya que si nos excedemos se producen "arcos" y el material no logra caer por gravedad y detiene el proceso. Para este eventual problema este silo tiene unos potentes vibradores, pero en ocasiones igual se corta el flujo. Esto rara vez sucede cuando se procesa pino, se cree que la heterogeneidad de los chips de eucalipto hacen una perfecta trama formando estos arcos, ayudados por una excesiva humedad.

Una vez saturados los chips pasan a un tornillo llamado "plug feeder", que comprime de tal manera que prácticamente se acercan a la densidad que tenían en el mismo árbol, Esta compresión es para sacar las resinas o gomoresinas que pueda tener la madera (la resina del pino por ejemplo). En este tornillo entra agua de proceso y se evacua como efluente, el que es tratado luego en una planta diseñada para tal efecto. Cabe destacar que el eucalipto no tiene mayores problemas con el efluente, ya que no posee resinas y el agua sale prácticamente limpia con un color cobre oscuro.

Dicha compresión se descomprime en el precalentador o "preheater", donde según los espesores y recetas de producción, tiene un determinado nivel y una presión. La temperatura de estos chips aumentan unos 40 ° C, el nivel varía para tener siempre la misma retención, para no variar el color de la fibra y para ablandar la lignina a los efectos de un buen desfibrado a posteriori.

Después la pasta (chips presurizados y semicocidos) es enviada a otro tornillo denominado "tornillo de cinta" que es el encargado de introducirla en el desfibrador; este tornillo es hueco y el vapor vuelve por el centro retornando al preheater, aquí se inyecta parafina con una bomba de engranaje o de lóbulo.

Una vez que es introducida en el desfibrador es finamente desintegrada y rápidamente enviada al secador, la energía específica (kwh / tn/h) cuando se procesa eucalipto es más baja que con el pino, tiene que ver mucho con la resistencia que ofrece al desfibrado, los discos no hay que aproximarlos mucho logrando un buen desfibrado, se genera mas polvo y fibra mas fina pero con menos energía.

Los segmentos del desfibrador son los mismos que cuando se procesa pino y el desgaste es muy parecido. En la salida del desfibrador la fibra se atomiza resina (urea formaldehido, la resina viene diluida con agua).

El secador es un secador de tipo "tubo rápido" para dejar a la fibra en un contenido de humedad óptimo. Luego es separada la fibra del vapor por dos grandes ciclones y enviada a un silo que le hace de stock por unos minutos. Luego es trasladada mediante ductos hacia la formadora, donde se forma un manta de acuerdo con las exigencias del producto a fabricar. La manta es completamente pesada y controlada su porcentaje de humedad, kilos por metro cuadrado y otros detalles de procesos como vacíos aires de control, altura de peinado, etc. Un precompresor le saca el aire a la manta (recordar que el aire es un mal conductor o un buen aislante) para luego ser prensada, antes de la prensa un sistema denominado RF de radiofrecuencia (un gran microondas, puesto en marcha en marzo del 1999), calienta la manta de 30 a 60°C para poder disminuir el tiempo de prensado y por ende acelerar la producción. Luego entra a una prensa continua de marcos móviles donde se puede acomodar por presión o por espesores, donde el tablero se va formando, la manta se "cura"(se hace tablero) a los 100 °C durante unos 20 segundos aprox., es decir que para esta altura ya se debe presionar de tal manera que quede el espesor de receta que estamos buscando, así cuando fragua la resina, la manta quedará hecha tablero.

Luego se corta en los llamados Master panels (ejemplo: 2640 mm x 5535 mm) los que son colocados en una bodega de reposo, necesitan 48 horas antes de ser lijados, formateados, zunchados y cargados para la venta.

Detalles de los productos:

Espesores en mm: 3, 4, 5, 5.5, 6, 6.5, 7, 9, 10, 12, 15, 18, 20, 22, 25, ( 30mm)

Formatos en m: 1.83 x 2.6 y pedidos especiales

Densidades en kg/m<sup>3</sup>: ultraligth 450, lighth 600. Light plus 650, estándar 735, hidrorresistente 920.

Resinas: melamina para los hidrorresistentes, urea formaldehido para el resto. Entre un 9 a 22 %.

<b>Cuadro 5 Propiedades de tablero MDF MASISA tipo Estándar(espesores 9 a 25 mm)</b>	
Densidad	725 kg/m <sup>3</sup>
Humedad	8 %
Módulo de ruptura	36 N/mm <sup>2</sup>
Módulo de elasticidad	3.000 N/mm <sup>2</sup>
Tracción superficial	2.000 N
Absorción de agua 24 hs	14 %
Hinchamiento espesor 24 hs	6 %
Extracción tornillos cara	1.200 N

Fuente: MASISA (para tableros de espesores de 9 a 25 mm)

(Información preparada por el Técnico Forestoindustrial Nicolás KOROLL, de Masisa Argentina)

### **Tableros de partículas - aglomerado (baja densidad)**

Todas las plantas de aglomerado han funcionado en base a eucaliptos, ya sea solo o en mezcla con salicáceas. La mayor cantidad de plantas se encuentran en Buenos Aires 3, 1 en Mendoza y 2 en Entre Ríos. En las de Buenos Aires se suelen emplear distintos eucaliptos (viminalis, algo de camaldulensis y tereticornis), en las plantas del Delta se la mezcla con salicáceas. En la de Mendoza se emplea E. camaldulensis en mezcla con salicáceas. En la de Entre Ríos se utiliza principalmente eucalipto grandis, aunque pueden incorporar algunos híbridos de tipo colorado (favorece a la densidad del tablero), en especial en la de Concepción del Uruguay (Sadepán), pueden encontrarse tableros exclusivamente elaborados con eucaliptos colorados.

Existen variados tipos de aglomerados con distintas características. En general los más empleados son de macizos de 3 capas (las dos externas más densas y lisas, y la central más liviana), en ciertos casos las externas son de salicáceas y las externas de eucalipto.

El proceso de fabricación es bastante conocido, y puede resumirse en:

Recepción de materia prima: Para este fin se pueden emplear rollizos con o sin corteza, costaneros de aserrado, listones de refilado (desperdicio de aserradero), siempre y cuando el largo permita chipearlos luego, viruta de

cepilladoras o machimbradoras, astillas de láminas, e inclusive aserrín. La planta de Concordia actualmente emplea prácticamente un 70% de materia prima de residuos de aserrado y reprocesado.

Chipeado-astillado (viruteado): La madera sea como entra debe reducirse en su tamaño para lograr una mayor homogeneización (usualmente partículas de 10 x 15 x 30 mm). Usualmente con molino de martillos y refinadores.

Secado: Las astillas deben secarse a bajos tenores de humedad para obtener una buena adhesión (2-3%).

Las partículas son clasificadas mediante cribas, seleccionando partes finas para las capas externas, y las gruesas y largas se destinarán al interior del tablero para conferirle resistencia. Se destinan a distintos silos.

Encolado: Las partículas se impregnan con resina (generalmente ureica) para lograr la adhesión.

Formación: Sobre una malla se depositan sucesivamente una capa fina, una gruesa, y finalmente otra fina para lograr el tablero con dos caras de mejor acabado y que facilite su procesamiento.

El colchón formado luego es prensado (en algunos casos hay pre-prensas) con temperatura (cerca de 200°C, y presiones del orden de los 200 Kg/cm<sup>2</sup>). Luego los tableros pasan por un enfriado, una etapa de reposo y luego se liján (o no) y finalmente se escuadran a medida.

<b>Cuadro 6 Propiedades de tablero aglomerado (tipo Placa Masisa de 18 mm)</b>	
Densidad	600 Kg/m <sup>3</sup> (*)
Flexión	20 N/mm <sup>2</sup>
Tracción	0,5 N/mm <sup>2</sup>
Absorción de agua 2 h	50 max
Hinchamiento 2 h	8 max
Contenido de humedad	7 - 11 %

Fuente : Masisa (\*) existen otros tableros de menor densidad, entre 400 y 450 kg/m<sup>3</sup>

<b>Cuadro 7 Propiedades de tablero aglomerado (tipo Polyplac de 19 mm)</b>	
Densidad	600 kg/m <sup>3</sup>
Resistencia a la Flexión	25 kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia a la tracción	125 kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia a tracción perpendicular	5 Kg/cm <sup>2</sup>

Fuente: Cuyoplacas s.a.

## Transformaciones químicas – energéticas

### Celulosa

Los eucaliptos son ampliamente empleados para la producción de papel. Con el avance de la tecnología se han preferido especies como E.globulus, el híbrido urograndis E.grandis y E. Dunnii, siendo que los eucaliptos colorados no son los más buscados con este fin. En Argentina, de todas las plantas sólo una empleaba E. Camaldulensis y E. Tereticornis (Celulosa Argentina Capitán Bermúdez), la cual en el presente ya no compra más madera de estas especies. Básicamente por su color y contenido químico.

El color está directamente relacionado con el contenido de extractivos los cuales son contraproducentes. (especialmente los polifenoles solubles en agua, como el tanino).

De acuerdo a ensayos del CICELPA INTI se puede efectuar las siguientes comparaciones de los eucaliptos colorados con los tradicionales celulósicos E. globulus y E. Grandis, en cuanto a solubles.

Tabla: Contenidos en solubles

Especie	Solubles en H <sub>2</sub> O caliente %	Solubles en agua fría %	Solubles alcohol-benceno %
E. tereticornis	8,60	7,39	2,75
E. camaldulensis	7,92	6,10	3,67
E. globulus	4,60	3,80	2,50
E. grandis	2,60	1,40	1,15

Fuente: CICELPA Reppetti R.1987.

Tanto los extractivos soluble en agua como el alcohol benceno, reducen el rendimiento de las pastas, elevan el consumo de productos químicos durante el pulpado y comunican un color oscuro a la pasta, con los consiguiente problemas de blanqueo.

En cuanto al contenido de lignina y celulosa, se tienen los siguientes datos

especie	Lignina %	Celulosa %
E. tereticornis	28.0	57.9
E. camaldulensis	27,1	57.6
E. globulus	19.7	60.0
E. grandis	25,1	62,3

Fuente: CICELPA Repetti 1987

Para lograr determinado grado de cocción con estas especies se deberán emplear condiciones más enérgicas, con un mayor consumo de álcali, y un menor rendimiento de cocción

A continuación se compara el caso de E. Tereticornis, con otro eucalipto semipesado pero más claro como el E. Viminalis. En este caso se observa que para lograr el mismo grado de deslignificación, es decir el mismo número Kappa, el tereticornis requiere mayor % de álcali activo, y mayor tiempo de cocción.

	E. viminalis	E. tereticornis 1	E. tereticornis 2
Rendimiento	48,4	43,7	40,2
Número Kappa	15,6	23.6	15,1
Alcali activo %	14	14	18
Tiempo de cocción hs	1,5	1,5	2,5
Propiedades de resist 40 °SR			
Índice de tracción KNm/kg	94.5	80.0	85.5
Índice reventamiento MN/kg	6.3	4.6	5,5
Índice de rasgado Nm <sup>2</sup> /kg	8,1	7,4	7.0

Las propiedades de resistencia a la tracción y el reventamiento de la pasta obtenida con E. Tereticornis, mejoraron al disminuir el número Kappa, no así la resistencia al rasgado. Las especies de alta densidad dan pastas con resistencia a la tracción y al reventamiento bajas (depende de la cohesión de las fibras), en cambio la resistencia al rasgado es mayor.

#### Aptitud

Dentro de los distintos procesos, para el que mejor propiedades presentan los eucaliptos colorados, es el denominado Pasta Kraft (en este sistema se pueden usar todos los eucaliptos del país). El medio fuertemente alcalino, debido a los reactivos de cocción, soda cáustica y sulfuro de sodio, provoca un hinchamiento de la madera que favorece una rápida impregnación y permite la disolución de todos los extractivos. En este proceso se empleaban los eucaliptos tereticornis y camaldulensis, aunque como carácter desfavorable esta su alto contenido de lignina y extractivos.

Dentro de la pastas químicas de los eucaliptos las que más se han desarrollado son aquellas blanqueadas, las que se usan para papeles de impresión y escritura de buena calidad.

#### Energía

Este es un uso que cada vez cobra más importancia debido a la reducción de uso de combustibles fósiles y al actual fomento de todo lo que sea biomasa (también contemplado en el protocolo de Kyoto). En general, no se encuentra difundido el uso energético de la madera de eucalipto ( lo cual es frecuente en la vecina costa del Uruguay), tal vez por la abundancia de gas y combustibles, y leña de nativas. En este aspecto, es de destacar el empleo masivo en Brasil, tanto para generar energía térmica como eléctrica, o en el empleo de usinas siderúrgicas.

La madera para energía puede utilizarse como tal (leña), o chips, o bien triturarse y aglutinarse en briquetas de madera o pellets, o bien carbonizarse, para ser utilizado así o aglutinado en briquetas de carbón.



Valores energéticos:

#### Leña

La leña de eucalipto es utilizada mayormente para secaderos de granos, tabaco u otros productos, para calefacción de invernáculos o criaderos de pollos, y en menor medida en hornos de panaderías. Un caso a comentar es que el eucalipto colorado debería reemplazar a todas las maderas nativas en el uso de hogares a leña, dado que su poder calorífico y forma de quemar, la hacen muy apta para ese uso (tal vez sea más difícil reemplazar a otras leñas en el caso del "asado", aunque esta puede mezclarse perfectamente).

Estudios de INTI, dan los siguientes valores para "eucalipto" (presumiblemente eucaliptos colorados por ser los que se usaban con ese destino energético)

Combustible	Análisis % base seca			Análisis elemental					Poder calorífico base seca Mj/kg	
	C fijo	Volátiles	Cenizas	C	H	O	S	N	Superior	Inferior
Chip de eucalipto	13,5	65,9	0,6	48.3	5.8	44.6	< 0.1	0.6	19.6	18.3
Corteza de eucalipto	18.3	77.7	4.0	43.3	5.0	46.8	< 0.1	0.8	16.8	15.7
Aserrín quebracho colorado	25.0	73.7	1.2	51.5	5.8	41.7	< 0.1	0.2	20.4	19.2

(Ogara M et al 1987)

En Uruguay (Facultad de Ingeniería de Montevideo) se realizaron las siguientes determinaciones

Densidad: 900 kg/ m<sup>3</sup> (19.7 % de humedad); pot/calor: 3.650 cal/kg

Madera seca: Carbono fijo : 12,5 %; Materia volátil 86,95 %, cenizas 0,90

El aserrín análisis elemental : al 11 % de humedad: C : 47 % H : 5,7 % O : 42,5% cenizas: 0,8 %, pot. calor : 4539 cal/kg

(es de destacar el bajo índice de cenizas que caracteriza a los eucaliptos)

#### Carbón

En Argentina el carbón se lo ha utilizado fundamentalmente con destino siderúrgico en el NOA y Cuyo, prefiriéndose los de mayor densidad (colorados); prácticamente no existe el carbón de eucalipto para uso doméstico debido a la abundancia del carbón de especies nativas, aunque merece citarse que en Brasil, país abundante en maderas, el carbón de eucalipto está muy bien visto especialmente para cocinar el famoso "churrasco" en parrillas (cosa impensada en Argentina).



Como uso interesante se puede citar la existencia en el pasado de una fábrica de carbón activado en Concordia, la que trabajaba fundamentalmente con aserrín de E. grandis, pero podría usarse los eucaliptos colorados.

#### Briquetas - pellets

En cuanto a briquetas de madera, en este caso el sistema se basa en desmenuzar la madera, o emplear residuos ya desmenuzados como es el caso del aserrín, los que luego de secados, entran en un proceso por el cual se les aplica temperatura y presión, con lo que se moldea dándole la forma que uno desee (generalmente pequeños cilindros, los que si son de pocos cm, se denominan pellets). En este proceso con temperatura la lignina plastifica (sustancia cementante natural de la madera), con lo que con la presión se le da la forma deseada, y al enfriar queda solidificada. O sea, no se debe agregar ningún aditivo como es el caso de briquetas de carbón (pues este ya no tiene lignina y sino se agregan aglutinantes se desmenuzaría).



### Otros usos no madereros

Como aspecto complementario, es de citar la importancia melífera de varios eucaliptos (Argentina es el 2° exportador mundial de miel).

Finalmente como curiosidad, puede citarse del empleo de rollizos pequeños o aserrín de eucalipto para la producción de hongos comestibles de alto valor, como es el caso del "Shitake", actualmente en producción a escala artesanal en Argentina y Brasil. Hasta ahora se han ensayado y producido sobre *E. grandis* y *E. globulus*, por lo que deberían hacerse pruebas sobre eucaliptos colorados (es probable que sean menos aptos por los extractivos y taninos, pero vale la pena probar).

### Aplicaciones

Resumiendo: De los usos frecuentes de la madera aserrada el de mayor valor agregado sería el parquet y pisos. Tiene además muy buena aptitud para mueblería y productos de ebanistería. En estos usos merece destacarse que en Australia es bien apreciado, pues los eucaliptos subidos de tono y con veteados y brillos particulares están en la línea del eucalipto "Jarrah" (*E. marginata*) considerado el de mayor valor en el mercado mundial (el "rey" de los eucaliptos) por lo que con *camaldulensis* se podrían lograr productos en esa misma línea. En Australia le ven posibilidades a nuestros eucaliptos *camaldulensis*, pues allá no es fácil obtener productos de él, pues los bosques existentes son tortuosos o de mala forma, con lo que no se pueden obtener trozas comerciales aserrables.

Un detalle para acotar, es que en el Museo del eucalipto de la Compañía Paulista de Brasil (creado en honor al famoso eucaliptólogo Edmundo Navarro de Andrade), los muebles que más se destacan entre todas las piezas son unos realizados con *E. camaldulensis*.

En Argentina los pisos de *camaldulensis* suelen confundirse con los de Viraró, siendo que estos son de los más caros del mercado (el *camaldulensis* da piezas con brillos muy particulares debido a máculas, así como el *E. globulus*).

También se puede acotar el empleo en carrocerías, varillas de alambrado, carpintería rural, marcos de aberturas, puntales para minas, estructuras de techos, postes impregnados, durmientes, pasta de papel, tableros aglomerados, tableros de fibra, leña y carbón.





*Muebles de E. camaldulensis en Australia (Cortesía E. Shield)*

#### **IV Recomendaciones generales**

##### **A las forestaciones**

Se deberá trabajar en mayor contacto con los mejoradores genéticos, haciéndoles llegar requerimientos "razonables" para mejorar el reprocesamiento y obtener productos de calidad. Mejorar el tema de deformaciones, rajaduras y grano no deseado. Se deberá también tener muy en cuenta la zonificación, para adecuar los materiales y obtener fustes principales lo más largos posibles.

Se deberán hacer más eficientes las tareas de podas y raleos a fin de que sean más fácilmente adoptables, insistiendo en ensayos demostrativos y confeccionando planes técnicos adecuados de podas.

Continuar con el avance de la clonación y la creación de híbridos con vistas a mejorar la calidad, e incrementar los crecimientos, y adecuar las especies a sitios más marginales. En especial en los híbridos con E. Grandis.

### **A los productos, procesos y usos:**

Debido a lo novedoso de la utilización de la madera maciza de eucalipto, resulta importante recurrir a la experiencia de países con tradición, como así también a los pequeños productores, carpinteros y artesanos que desde hace tiempo trabajan estas maderas.

Se debe tener un cambio de mentalidad con respecto a lo tradicional, tomando una real conciencia de hasta dónde se puede llegar con la materia prima actual y hasta dónde en el futuro, sin crear falsas expectativas ni desacreditar injustificadamente a esta madera.

Como recomendaciones, recopiladas en la experiencia de la zona y otras mencionadas por SHIELDS, 1995, se pueden citar:

- Tratar de usar trozas cortas, no más de 3 m de longitud
- Procurar obtener piezas pequeñas en el aserrado, de poco ancho
- Apilar inmediatamente la madera aserrada, evitar los rayos del sol, colocar peso a la estiba.
- Secar la madera en forma lenta
- En secado al aire, usar separadores más juntos que lo tradicional (50 cm), sellar los cabezales, juntar más las tablas y apilar colocando la combadura hacia abajo.
- Aserrar la madera lo antes posible luego de apeado el árbol
- Si es posible transportar el fuste entero y retrozar antes del aserrado
- Si la madera debe permanecer en el monte, sacar la corteza para evitar ataque de taladro (en Argentina y Uruguay)
- Clasificar los rollizos por diámetros y calidad.
- Para debobinar calentar la madera hasta alcanzar 60-65° a 5 cm del centro
- En el caso de eucaliptos colorados o blancos semipesados para pisos utilizar cortes radiales para obtener piezas de mayor estabilidad y calidad.
- Para mueblería usar piezas pequeñas con una relación espesor-ancho pequeña.
- Para pisos, hacer una marca con sierra o una muesca con fresa en forma longitudinal, en el centro de la cara inferior para disminuir el acanalado.
- Cuando se debe clavar usar clavos de punta roma (achatada) o de sección ovalada, clavar más lejos del borde que con coníferas. Preferir los clavos galvanizados, o que no se oxiden.
- Evitar el contacto de la madera con el agua (el tanino destiñe) y los metales sin proteger.
- En ciertos usos especiales, puede elaborarse semi-seca (cepillado-maquinado) para evitar rajaduras, y continuar el secado ya elaborada.

### **Consideraciones a la comercialización:**

Es necesario contar con tipificaciones adecuadas al eucalipto, en especial que se adapten a las normas internacionales, que permitan obtener mejores precios por los productos de mayor calidad, lo cual va a fomentar la forestación de mejor calidad.

Se debe encarar todo lo que hace al marketing, el cual deberá ir acompañado con la investigación correspondiente, buscando un nombre comercial impactante, a fin de crear un nuevo mercado.

Desde el punto de vista ecológico, se deberá tender a fomentar el "sello verde", poniendo énfasis en que se trata de madera "no nativa", y en la mayoría de los casos no requiere ningún químico preservante.

Debido a la baja incidencia en el mercado mundial de madera maciza, resulta interesante lograr el trabajo conjunto entre los países productores para poder hacer un frente común para tener mejor penetración en los mercados. No se debe tener demasiada preocupación por no participar en los grandes mercados, sino que se debe encarar los posibles "nichos" que aseguren una demanda permanente.

### **Agradecimientos**

En forma general a todas las personas y empresas e instituciones que permanentemente prestan su colaboración y trabajan para avanzar en el conocimiento y aplicación de esta madera, los que en cierta manera han permitido la realización del presente escrito. A los colegas de Uruguay, Brasil, Paraguay, Chile, Australia, Sudáfrica y Nueva Zelanda, y a los de Argentina y empresas, imposibles de enumerar, los que han colaborado permitiendo visitas, y que han generado, o brindado, información empleada como sustento en el presente trabajo, o que simplemente en algún momento han compartido un ameno momento conversando sobre eucaliptos.

En particular a Evan Shield de Australia por el aporte de información - imágenes y su experiencia.

### **Bibliografía**

- ALBANO, F: 1994, Manejo del monte de E. grandis para laminado. IX Jorn. ftales E.R, pp 1.1 - 1.5- Concordia ER.
- BELVISI .S., BLANC P.F., CALVO C.F., COTRINA A.D., CUFFRE A.G., , TORRAN E.A., 1998 . Utilización de nuestras maderas con fines estructurales análisis y propuesta, UTN C. del Uruguay
- BERTOLANI; F y otros, 1995, Manejo de eucalyptus para serraria, a experiencia da Duratex SA. Sem. intern. de util. da mad. para serraria. pp 31-40 Sao Paulo. Brasil
- DANTONI, J: 1986, Utilización integral de la madera de eucalipto. II Jorn ftales. ER, Concordia ER.
- DA SILVA OLIVEIRA, T. 1999 Problemas e oportunidades com a utilização da madeira de eucalipto. Tec. Abate porecess. E util. Da madeira de eucalipto, Viçosa pp39-53, Brasil

DE ASSIS, TF, 1999 Aspectos do melhoramento de eucalyptus para obtenção de produtos sólidos da madeira Tec. Abate porecess. E util. Da madeira de eucalipto, Viçosa pp 61-72, Brasil

DO COUTO, H T Z., 1995. Manejo de florestas e sua utilização em serraria. Sem. intern. de util. da mad. para serraria.pp 20-30. Sao Paulo. Brasil

FLYNN, R, SHIELD, E, 1999. Eucalyptus progress in higher value utilization, a global review", USA

FUENTES, C: 1994, Industrias productoras de madera aglomerada. IX Jorn. ftales E.R. pp IV1..IV4. Concordia

GARCIA, J,N : Tecnicas de desdobro de eucalipto. Sem. intern. de util. da mad. para serraria.pp 59-67 Sao Paulo. Brasil

GOUGH, D K, 1996, The radcon sawmilling system (internal report,6p. Australia

HENN, L: 1994, El laminado de madera de eucaliptos. XI Jorn.Ftal de Entre Rios. pp ii1..ii11. Concordia.

INTA CONCORDIA, 1997 Carpeta de información forestal, Concordia

INTA-SAGYP: 1995, Manual para productores de eucaliptos de la mesopotamia argentina. 162 p. B. Aires

JANKOWSKY,I, 1996, Secagem de madeira de reflorestamento, técnica e equipamentos. IV semader, pp 107-118. Curitiba.

KIKUTI, P, 1995. Manejo de eucalipto para uso múltiplo da Klabin. Sem. intern. de util. da mad. para serraria.pp 41 Sao Paulo.

KIKUTI, P,y otros, 1996,Producao de madeiras de reflorestamento de alta qualidade. IV semader, pp53-59. Curitiba. Brasil

KNORR, A, 1992. Radial Sawing, a radical use for tall trees. Mag. Trees and nat., Resources. Sep 1992 pp 14-16 Australia.

LUCIANO, M: 1994, Experiencia de Swedforestal en el uso de sierras circulares. IX Jorn ftales ER. cap V. Concordia ER.

LUENGO M, I, 1995.Experiencia Chilena en la utilización del eucalipto. Sem intern. de util. da mad. para serraria.pp 92-108 Sao Paulo.

LUENGO, M, I, 1995. Experiencia Chilena en el aserrío de eucalipto y pino. IV Simposio Flor. Do Rio Grande do S, pp 48-62 Porto Alegre, Brasil

LUENGO M, I, 1996 Industrialización del eucalipto y pino en Chile . IV Semader, pp-59-70. Curitiba. Brasil.

MALAN, F. 1995. Eucalyptus improvement for lumber production. Sem intern. de util. da mad. para serraria.pp 1-19 Sao Paulo.

MALAN, F, Eucalyptus improvement for lumber production. . Sem. intern. de util. da mad. para serraria.pp 1-19 Sao Paulo. Brasil.

MENEZES DA COSTA,E, 1996 A madeira do eucalipto na industria moveleira. IV Semader, pp-75-90. Curitiba. Brasil

MGAYP Uruguay.: 1994, Usos de la madera de eucalipto en el Uruguay. mercado interno y exportación. IX Jorn. ftales ER > Concordia ER

NAHUZ, M et all, 1999 Inovações na area de utilização da madeira de eucalipto, panorama 1999. Vicosa. Tec. Abate porecess. E util. Da madeira de eucalipto, Viçosa pp28-34, Brasil

NORTHWAY, R,L. Evaluation of drying methods for plantation-grown eucalypt timber , CSIRO part (a) Kiln drying trials with pour species, and (b) Sawing, accelerated drying and utilisation characteristicis Australia.

OGARA M. Et al. La biomasa forestal como fuente de energía. Sistemas y posibilidades II Jor. Ftales ER. Ccordia 1987.

OLIVEIRA VIANA, L, 1996. Experiencias do SENAI-CTMAN. IV Semader, pp-119-130. Curitiba. Brasil

PONCE, R.H.: 1993, Novas tecnologias de desdobro e beneficiamento de madeira a busca da competitividade. I Congr. ftal panam. vol 3 pp 310-314. Curitiba , Brasil.

PONCE, R.H. 1995 Madeira serrada de eucalipto: desafios e perspectivas. . Sem intern. de util. da mad. para serraria.pp 50-58 Sao Paulo. Brasil

RADCON PTY LTD, Radcon radial timber

RAMOS DE FREITAS, A: 1993, Os ancos tecnologicos no processamento e uso de produtos florestais. Producao de madeira serrada de eucalipto. I Congr. panam. vol 3. pp 293-295. Curitiba.Brasil.

REPETTI, R: 1987, Situación y aptitud celulósica del eucalipto en Argentina. II Jorn. ftales ER. pp. 5.1 ..5.11 Concordia

SANCHEZ ACOSTA, M: 1987: Practicas silviculturales de poda y raleo en E. grandis. II Jorn. ftal ER pp 6.1-6.17., Concordia . .

SANCHEZ ACOSTA, M: 1990, Caracterización y utilización de la madera de E. grandis. V Jorn. ftales ER. pp 83-93. Concordia .

SANCHEZ ACOSTA, M:1995, Experiencia argentina en la utilización del eucalipto. Sem int. util. mad. de eucal. para serraria.pp 74-91 Sao Paulo

SANCHEZ ACOSTA, M, 1995. Eficiencia y calidad en aserrado de madera de eucalipto, 1995. IV Simposio Flor. Do Rio Grande do S, pp 67-86 Porto Alegre, Brasil

SANCHEZ ACOSTA,M, 1996. Tecnología para usos de la madera de eucalipto en Argentina. IV Semader, pp-29-52. Curitiba.

SHIELD, E : 1995, Plantation on grown eucalypts. Utilization for lumber and rotary veneers. Primary conversion. Report. Sem. int. de util. da mad de euc para serraria. Sao Paulo,Brasil.

SHIELD, E; RODERIK, H: 1995. Perspectivas para la transformación con alto valor de las plantaciones de Eucalyptus en Uruguay. 205 pp. Montevideo.

SPELTZ, G E, Experiencias senai/cetman/klabin e prefeitura de telemaco no ensino e utilização da madeira de eucalipto. Tec. Abate porecess. E util. Da madeira de eucalipto, Viçosa pp39-53, Brasil

TINTO, J.C.: 1979, Utilización de los recursos forestales argentinos, IFONA foll. tec. n 41. 97 pp. Buenos Aires

TINTO J, C: 1986, Tipificación de la madera de Entre Ríos, soluciones a los defectos. Jorn Ftales del mes de ER, pp 5.1 - 5.13 Ccdia

TINTO, J.C.: 1991: Características y aserrado de rollizos de E. grandis. VI Jorn. ftales de ER. pp 27-41Concordia

VIANNA NETO, J: 1986: Desdobro de E. grandis e E. saligna. Relat. tec. SDT-009-86

WATAI, L T, 1996. Paneis estruturais - tendencias e desenvolvimento no Brasil. IV Semader, pp-71-74. Curitiba. Brasil

WALDRIGUES, O, M F, 1995 Desdobro de madeira-Alternativas tecnológicas. IV Simposio Flor. Do Rio Grande do S, pp 87-108 Porto Alegre, Brasil

Santiago del Estero Junio 2005