

**EUCALIPTUS DUNNI: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LA MADERA DE ARBOLES JOVENES REFORESTADOS EN LA PROVINCIA DE MISIONES.**

**Raul A. Gonzalez**<sup>1</sup>  
**Teresa Suirezs**<sup>2</sup>  
**Obdulio Pereyra**<sup>3</sup>

**SUMMARY**

Physics and mechanical proprieties of the wood of *Eucalyptus dunni* of cultivated forest in the subtropical province of Misiones, Argentina, have been studied. The wood used in this research belong to 5 trees of 35 cm diameter (BHD) selected from a 8 years old plantation. The trees were felled and bucked in 1,20 m long bolts.-

*Eucalyptus dunni* is a relativy new especie used in local reforestations, mostly because his growing speed and capability to support lower temperatures than others *Eucalyptus*, like *E. grandis* and *E. saligna*, reforested in subtropical areas.-

Standars from ASTM (American Society for testings and Materials) have been used for tension perpendicular to grain, cleavage, hardness and shear paralell to grain, while DIN standards (Deutsch Industrie Norm) were utilized for static bending and compression paralell to grain. IRAM Norms (Argentine Institute for Rationalization of Materials) were used for determinations of density, shrinkage and moisture content.-

A 10 ton Cific Universal Machine for Testing was used for the mechanical determinations and a Breuil volumenometer, Mettler scale, calippers, driers and other accesories for the physics constants.-

The following result have been obtained:

1. - <u>Density</u> : (gr/cm <sup>3</sup> )		6. - <u>Shear paralell to grain</u> (kg/cm <sup>2</sup> )	
At 11% moisture content:	0,60	Tangential:	136
Ovendry conditions:	0,58	Radial:	94
Basic (ovendry weight and green volume)	0,47	7. - <u>Tension perpendicular to grain</u> (kg/cm <sup>2</sup> )	
2. - <u>Shrinkage total</u> (%)		Tangential:	46
Axial:	0,42	Radial:	72
Radial:	5,04	8. - <u>Compression paralell to grain</u> (kg/cm <sup>2</sup> )	
Tangential:	10,77	Moduli of rupture	412
3. - <u>Static bending</u> (kg/cm <sup>2</sup> )		<b>Key Words :</b> <i>Eucalyptus dunni</i> . Misiones. Physics and mechanical proprieties.	
Moduli of rupture:	536		
Moduli of elasticity:	45.774		
4. - <u>Janka hardness</u> (kg/cm <sup>2</sup> )			
Transversal:	415		
Tangential:	357		
Radial:	346		
5. - <u>Cleavage</u> (kg/cm)		<b>RESUMEN</b>	
Tangential:	63	Se presentan los resultados obtenidos en el estudio de maderas de <i>Eucalyptus dunni</i> proveniente de un a reforestación de 8 años ubicada en Garuhapé, Provincia de Misiones. Es ésta una especie que se ha difundido en los últimos años en las reforestaciones de Eucaliptus de ésta Provincia, tanto por el buen desarrollo que alcanza, como por su resistencia a las heladas. Los autores consideran de gran interés la obtención e interpretación de los resultados de éste estudio, pues coincide con el comienzo de la difusión de la especie, lo que permitirá conocer lo que puede	
Radial:	89		

1 Director del Dto. de Tecnología. Profesor Titular de la Cátedra de Tecnología de la Madera. Fac. de Ciencias Ftale. - Universidad Nacional de Misiones.

2 Ing. Ftal. Adscripta a la Cátedra de Tecnología. Becaria de Investigación.

3 Ing. Ftal. Máster en Tecnología e Industrias. Jefe de Trabajos Prácticos de Tecnología de la Madera.

esperarse de la misma.-

Se estudiaron las maderas de 5 árboles de 8 años, con diámetros promedio de 35 cm, tomados a 1,30 m de altura (DAP), desarrollados sobre suelos de la unidad cartográfica 6A.-

Se obtuvieron los siguientes resultados:

1.- <u>Densidades:</u> (gr/cm <sup>3</sup> )	
Aparente: (11% H)	0,60
Anhidra:	0,58
Básica:	0,47
2.- <u>Retracciones:</u> (%)	
Axial:	0,42
Radial:	5,04
Tangencial:	10,77
3.- <u>Flexión estática:</u> (kg/cm <sup>2</sup> )	
Módulo de rotura:	536
Módulo de elasticidad:	45.774
4.- <u>Dureza janka:</u> (kg/cm <sup>2</sup> )	
Transversal:	415
Tangencial:	357
Radial:	346
5.- <u>Clivaje:</u> (kg/cm)	
Tangencial:	63
Radial:	89
6.- <u>Corte paralelo a las fibras:</u> (kg/cm <sup>2</sup> )	
Tangencial:	136
Radial:	94
7.- <u>Tracción perpendicular a las fibras:</u> (kg/cm <sup>2</sup> )	
Tangencial:	46
Radial:	72
8.- <u>Compresión paralela a las fibras:</u> (kg/cm <sup>2</sup> )	
Módulo de rotura	412

**Palabras claves:** *Eucaliptus dunnii* - Propiedades físicas y mecánicas - Misiones.-

## INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

Existen en la Provincia de Misiones, Argentina, alrededor de 200.000 has reforestada, mayormente con Pinos exóticos, Araucaria, Paraíso (*Melia azedarach*), Kiri (*Pawlonia sp.*) y *Eucaliptus*, predominantemente en éste género *E. saligna*, *E. grandis* y sus híbridos. Durante los últimos años, por su buen crecimiento y su resistencia a las heladas, se ha difundido el *E. dunnii*, que representa ya un alto porcentaje de las 6.200 has reforestadas con *Eucaliptus* en éste distrito.-

*Eucaliptus dunnii* es originario del noreste de Nueva Gales del Sur y sudeste de Queensland, donde crece asociado a *E. saligna*, *E. grandis* y *E. microcorys*, en alturas de 150 a 800 m, con precipitaciones estivales de 1.000 a 1.500 mm y estación fría seca. La temperatura, en la región de origen, alcanzan una media máxima de 27-29°C y las mínimas medias 8°C, con pocos días de heladas. Los terrenos donde desarrolla *E. dunnii* comprenden alturas de 150 a 800 m. Los ejemplares de ésta especie alcanzan alturas de 40 a 50 m, son de crecimiento rápido y presentan fustes largos y rectos.-

El objetivo de éste estudio es evaluar las propiedades físicas y mecánicas de su madera en relación a su posible utilización industrial y en la construcción, tanto como materia prima para la industria de serrería como para la fabricación de compensados, a partir de su laminación.-

## MATERIALES Y MÉTODOS

A) El material de ensayo se obtuvo de una reforestación ubicada en el Departamento de General San Martín, Misiones. El clima de la zona es subtropical húmedo, con precipitaciones del orden de los 1.800 mm, distribuidos durante todo el año, sin estación seca. La temperatura máxima de verano alcanza los 41°C y la mínima de invierno desciende hasta -4°C. Las heladas ocurren entre los meses de abril - mayo a agosto - septiembre, y excepcionalmente durante la primera quincena de octubre.-

Los suelos dominantes son lateríticos, rojos y profundos, provenientes de la descomposición de rocas basálticas, que aflora en algunos lugares. De acuerdo a la cartografía de suelos, usual en la Provincia, éstos corresponden a la Unidad cartográfica 9. En menor proporción aparecen suelos hidromórficos, negros, clasificados como suelos de la Unidad cartográfica 7.-

Las áreas con pendientes, pedregosas, poco aptas para la agricultura, son clasificadas en las Unidades cartográficas 6A y 6B. La altura sobre el nivel del mar se encuentra entre los 150 y 180 m. Toda la zona está o ha estado cubierta por una densa selva subtropical, que se continuaba en Paraguay y Brasil, países donde prácticamente ha ido desapareciendo, ante el avance de la agricultura y la ganadería.-

El material ensayado se seleccionó en una reforestación de *Eucaliptus dunnii* de 8 años de edad, con un diámetro medio de 35 cm a 1,30 m del suelo (DAP), desarrollada en suelos de la Unidad 6A.-

Los árboles fueron numerados y se les marcó

el lado norte. La tala se realizó con motosierra, procediéndose luego a cortar una tora o troza de 1,20 m de longitud, en la parte inferior del tronco.-

En los cabezales de las trozas, en coincidencia con los ejes de los puntos cardinales, se demarcaron 4 listones de sección cuadrada de 80 mm de lado, los que una vez aserrados, se identificaron con el N° del árbol correspondiente y su ubicación.-

Los listones se acondicionaron para ser secado bajo techo hasta alcanzar aproximadamente la humedad de equilibrio, procediéndose entonces a un reaserrado y cepillado para llevar los listones a secciones cuadradas definitivos de 50 x 50 mm.-

En éstos listones se marcaron e identificaron las probetas para los distintos ensayos físicos y mecánicos, según los requerimientos de las Normas ASTM, DIN e IRAM empleadas.-

#### **B) Equipo y Material de Laboratorio**

Para los ensayos físicos de densidad, retracciones y humedad se utilizaron los siguientes equipos:

- Volumenómetro de Breuil, marca CIFIC, fabricado en Argentina. Opera por desplazamiento de mercurio, por medio de un tornillo micrométrico, que permite realizar lecturas con precisión de 5 mm<sup>3</sup>, tanto en muestras regulares como irregulares.-
- Balanza eléctrica Mettler, de origen suizo, apta para pesadas de hasta 110 gr., con precisión de 0,1 mg.-
- Estufa de secado con termostato, que permite regular temperaturas de 103 °C ± 1°C.-
- Calibres de precisión Mitutoyo, origen japonés, con precisión de medidas de 0,02 mm.-
- Desecadores y cubetas.-

Para los ensayos mecánicos se utilizó una Máquina Universal de Ensayos, marca CIFIC, fabricada en Argentina, de 10 toneladas de capacidad, conectada a un gabinete de trabajo y control, de la misma fabricación, que permite apreciar cargas mínimas de 2,5 kg, en escala de 1 tonelada, pudiéndose operar también con escalas de 2, 5 y 10 toneladas. Posee cilindro inscriptor de curvas de flexión y compresión.-

Diversos accesorios permiten realizar todos los ensayos mecánicos normalizados, según se verá más adelante, excepto flexión dinámica, que requiere otro equipamiento.-

#### **C) Normas técnicas empleadas en el estudio**

##### **- Ensayos físicos**

Para densidad y retracciones se emplearon

las Normas Técnicas IRAM N° 9544 y 9543 respectivamente, y para la determinación de la humedad en las probetas utilizadas en los ensayos mecánicos la Norma IRAM N° 9532.-

##### **- Ensayos mecánicos**

###### Flexión estática:

Se operó de acuerdo a la Norma DIN 52186, ensayando probetas libres de defectos, de 36 cm de longitud y sección cuadrada de 2 cm de lado. La distancia entre apoyos fue de 30 cm y la carga se aplicó tangencialmente a los anillos de crecimiento a una velocidad de 300 a 400 kg/cm<sup>2</sup> por minuto.-

###### Tracción perpendicular a las fibras:

Se realizaron los ensayos según lo establecido en la Norma ASTM 143/52. Las probetas tienen sección cuadrada de 50 mm de lado y 63 mm de longitud. En los extremos presentan escotaduras cilíndricas de 25 mm de diámetro, donde se fijaron las mordazas de tracción, cuyos centros se encuentran a 6 mm de las superficies transversales, dejando una sección útil de tracción de 25 mm, por el ancho de la probeta, 50 mm. La velocidad de aplicación de la carga es de 2,5 mm/minuto.-

###### Rajadura o clivaje:

Se utilizó la Norma ASTM 143/52, las probetas son prismáticas, de sección cuadrada de 50 mm de lado y 95 mm de longitud. En uno de los extremos se realiza una escotadura cilíndrica a todo el ancho de la probeta, de 25 mm de diámetro, cuyo centro se encuentra a 6 mm de la superficie transversal. La carga se aplica a una velocidad de 2,5 mm/minuto.-

###### Dureza Janka:

Se operó de acuerdo a la Norma ASTM 143/52. Se utilizaron probetas de sección cuadrada de 50 mm de lado y 150 mm de longitud, orientadas en forma tal que dos superficies sean tangenciales, dos radiales y dos transversales. El ensayo se realiza introduciendo una semiesfera de acero de 11,28 mm de diámetro, la que deja una impronta de sección circular de 1 cm<sup>2</sup>. La velocidad de carga es de 6 mm/minuto.-

###### Corte o cizallamiento paralelo a las fibras:

Se utilizan probetas prismáticas de 62,5 mm de longitud y sección cuadrada de 50 mm de lado, de acuerdo a la Norma ASTM 143/52. En uno de los extremos la probeta presenta un escalón de 12,5 mm de altura y 19 mm de ancho, donde se aplica la carga por medio de un pistón. El conjunto probeta - pistón se encuentra encerrado en una armadura de acero. La velocidad del ensayo es de 0,6 mm/minuto.-

### Compresión paralela a las fibras:

Los ensayos se realizaron de acuerdo a la Norma DIN N° 52185, utilizándose probetas prismáticas de sección cuadrada de 20 mm de lado y 60 mm de longitud. La carga se aplica por medio de un cabezal móvil con rótula esférica a una velocidad de 200 a 300 kg/cm<sup>2</sup> y por minuto.-

### RESULTADOS

Los valores promedios obtenidos en los ensayos físicos y mecánicos, la desviación standard, el coeficiente de variación, el N° de probetas ensayadas y la humedad media de las mismas, se observan en los cuadros N° 1, 2 y 3.-

### DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos, considerando que se trata de material obtenido de individuos jóvenes de buen desarrollo, son comparables a los valores obtenidos por el CITEMA con *Eucaliptus saligna*,

según Sánchez Acosta (1), exceptuando flexión estática, sollicitación en la que el Módulo de rotura y el Módulo de elasticidad de *E. grandis* supera en 36% y 14% respectivamente a los valores obtenidos con *Eucaliptus dunni*. Si bien variaciones apreciables pueden producirse de acuerdo a las Normas de ensayo empleadas y consecuentemente a las dimensiones de las probetas de flexión, éstos resultados deben ser seriamente considerados cuando se emplea madera de árboles jóvenes, sobre todo en la construcción.-

En el cuadro N° 4 pueden observarse los valores obtenidos en CITEMA (INTI), con *Eucaliptus grandis*, en estado seco al aire (14% de humedad).-

Pereyra y Suirezs (2) realizando ensayos con la madera de un solo ejemplar de *Eucaliptus dunni* de 11 años, plantado en cortina rompevientos en la Provincia de Misiones, hallaron los resultados que aparecen en el cuadro N° 5.

Se puede observar en éste caso, con las restricciones que impone el hecho de tratarse del

Cuadro N° 1: Densidades

Densidad	gr/cm <sup>3</sup>	Desv. standard %	Coef. variación Gr/cm <sup>3</sup>	Número de probetas
Aparente	0,60	0,07	13	34
Anhidra	0,58	0,07	13	28
Básica	0,47	0,06	12	31

Cuadro N° 2: Retracciones Totales

Sentido	Retracción	Desv. standard %	Coef. variación %	Número de probetas
Axial	0,42	0,07	15	19
Radial	5,04	1,08	21	20
Tangencial	10,77	2,23	20	20

Cuadro N° 4: Propiedades Mecánicas de *Eucaliptus grandis*

Flexión estática		Compresión paralela a las fibras		Dureza janka	Corte paralelo a las fibras
Módulo de rotura kg/cm <sup>2</sup>	Módulo de elasticidad kg/cm <sup>2</sup>	Tensión de rotura kg/cm <sup>2</sup>	Módulo de elasticidad kg/cm <sup>2</sup>	Transversal kg/cm <sup>2</sup>	Radial kg/cm <sup>2</sup>
731,7	98.345	342,8	150.534	450	109,1

Cuadro N° 5: Propiedades Mecánicas de *Eucaliptus dunni*

Flexión estática		Dureza janka			Tracción perpendicular	Corte paralelo
Módulo de rotura kg/cm <sup>2</sup>	Módulo de elasticidad kg/cm <sup>2</sup>	Transversal kg/cm <sup>2</sup>	Radial kg/cm <sup>2</sup>	Tangencial kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
787,5	91.198	335	277,5	263,7	39,5	91,92

ensayo de la madera de un solo ejemplar desarrollado en una situación especial (cortina), que los valores de flexión estática se asemejan a los obtenidos con *Eucalyptus grandis*, siendo algo menores la Dureza y el Corte paralelo a las fibras.-

Si bien los resultados obtenidos son discretos, serán necesarios otros ensayos con arboles de edades más avanzadas para comprobar si es dable esperar una mejora en algunas sollicitaciones, sobre todo en Flexión estática, ya que la construcción puede ser uno de los destinos de ésta especie de rápido crecimiento. No obstante, está comprobado que *Eucalyptus dunnii* es una especie de muy buen comportamiento en la industria del laminado y compensado. Pereyra (3).-

#### AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Pedro Irschik, quién proveyó el material de sus propias reforestaciones y posibilitó el aserrado de las piezas.-

A la Srta. Mabel M. Acosta, alumna de 5to. año, por su colaboración en la realización de los ensayos.-

Al Sr. Miguel Roa Barth, alumno de 4to. año, por su colaboración en la preparación de las probetas y realización de algunos ensayos.-

#### REFERENCIAS

- (1) SÁNCHEZ ACOSTA MARTÍN -Experiencia Argentina en el uso de la madera de Eucalipto. 1.993.-
- (2) PEREYRA ABDULIO Y TERESA SUIREZS-*Eucalyptus dunnii*: Contribución al conocimiento de las propiedades físicas y mecánicas de su madera. 1.990.-
- (3) PEREYRA ABDULIO-«Estudio de la madera de *Eucalyptus sp.* para la producción de láminas y compensados». Trabajo de Tesis de Maestría. 1.995.-
- (4) IRAM-Normas Técnicas N° 9.544 y 9.543.-
- (5) DIN-Normas Técnicas N° 52.186.-
- (6) ASTM-Normas Técnicas N° 143/52.-

Cuadro N° 3: Ensayos Mecánicos

	Flexión estática kg/cm <sup>2</sup>		Dureza janka kg/cm <sup>2</sup>			Clivaje kg/cm		Corte paralelo a las fibras kg/cm <sup>2</sup>		Tracción perp. a las fibras kg/cm <sup>2</sup>		Compresión paralela a fibras kg/cm <sup>2</sup>
	Módulo de rotura	Módulo de elast.	Transv.	Tang.	Radial	Tang.	Radial	Tang.	Radial	Tang.	Radial	Módulo de rotura
<b>Valor promedio</b>	536	45.774	415	357	346	63	89	136	94	46	72	412
<b>Desviación standard</b>	147	12.837	80	83	70	14	14	13	9	7	14	59
<b>Coef. de variación %</b>	27	28	19	23	20	23	15	9	9	16	19	14
<b>N° de probetas</b>	31	27	12	12	12	12	12	12	12	12	12	39

Humedad promedio: 15,3 %.-