

# DENSIDADES Y FLEXIÓN ESTÁTICA DE LAS MADERAS DE *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden Y *Ruprechtia laxiflora* IMPREGNADAS Y SIN IMPREGNAR, DE LA PROVINCIA DE MISIONES

## DENSITY AND STATIC FLEXION OF *Eucalyptus grandis* HILL EX MAIDEN AND *Ruprechtia laxiflora* WOODS IMPREGNATED AND WITHOUT IMPREGNATION OF MISIONES PROVINCE

Suirezs Teresa<sup>1</sup>  
Bobadilla Elisa<sup>1</sup>  
Weber Elizabeth<sup>1</sup>  
Arenhardt Orlando<sup>1</sup>  
Bernio Julio<sup>1</sup>  
Marek Marcelo<sup>1</sup>  
Morel Mariela<sup>2</sup>  
Bragañaol Adelaida<sup>2</sup>

Fecha recepción: 23/10/2012  
Fecha de aceptación: 19/12/2013

1. Ing. Ftal. Docentes. Investigadores. Facultad de Ciencias Forestales (UNaM). Bertoni 124 (3380). Eldorado, Misiones, Argentina. suirezs@facfor.unam.edu.ar
2. Alumnas 5<sup>to</sup> Año. Ing. I.M. Facultad de Ciencias Forestales (UNaM). Bertoni 124 (3380). Eldorado, Misiones, Argentina.

### SUMMARY

The main properties that are taken into account to select a species of wood for structural uses are: its density, elasticity modulus and static flexion breakage, all this defined as an objective the study of *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden (eucalyptus) and *Ruprechtia laxiflora* (mamelero, ibirá, viraró blanco) wood, without impregnation and impregnated with Wolman E (CA-B). These commercial woods were selected in industries of the zone, they were stabilized to make samples for the tests. The impregnation was done with the Burnett's method. The properties studies were done using the IRAM Norms N° 9544 and 9542. The densities of the two studied species showed differences statistically significant between impregnated and without impregnation woods. The moduli of breakage and elasticity to the static flexion for eucalyptus wood showed significant differences, but not for the marmelero.

**Key words:** Density, Static bending, impregnated wood, *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, *Ruprechtia laxiflora*.

### RESUMEN

Las principales propiedades que se tienen en cuenta, para seleccionar una especie de madera para usos estructurales son la densidad, modulo de elasticidad y rotura a la flexión estática, esto llevo a definir como objetivo el estudio de las maderas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden (eucalipto) y *Ruprechtia laxiflora* (mamelero, ibirá, viraró blanco) sin impregnar e impregnadas con Wolman E (CA-B). Estas maderas comerciales fueron seleccionadas de las industrias de la zona, se estabilizaron para la elaboración de las probetas de ensayos. La impregnación se realizó con el método de Burnett. Los estudios de las propiedades se efectuaron bajo las normas IRAM N° 9544 y 9542. Las densidades de las dos especies estudiadas, arrojaron diferencias estadísticamente significativas entre maderas impregnadas y sin impregnar. Los módulos de rotura y elasticidad a la flexión estática para la madera de eucalipto mostraron diferencias significativas, no así para el marmelero.

**Palabras clave:** Densidad, Flexión estática, Madera impregnada, *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, *Ruprechtia laxiflora*.

### INTRODUCCIÓN

La madera de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden posee un buen potencial para ser usada en postes, chapa decorativa, ensambladuras, pisos, postes para el alambrado, puntales en minas y postes de cercas, y para la construcción en general. (GEORGE M. Y JOHN F. 1990).

Las propiedades físicas al 15 % de humedad muestran un peso específico de 0,560 g/cm<sup>3</sup>; siendo una madera poco penetrable a impregnación líquida. Las propiedades mecánicas como la resistencia a la flexión estática muestran un modulo de rotura de 506 kg/cm<sup>2</sup> y un módulo de elasticidad de 111607 kg/cm<sup>2</sup>, (NEILL, 2004).

Es una especie que presenta duramen de color rosado y la albura color pardo amarillento. Los

anillos de crecimiento son poco demarcados, la porosidad difusa, con poros solitarios y disposición diagonal en algunos sectores. Tilosis abundante. Su peso específico aparente es de 0,525 g/cm<sup>3</sup>, (ACOSTA, 2003).

SUIREZS *et al.* (2010), obtuvieron una absorción de 224,23 l/m<sup>3</sup> en la madera de eucaliptos estacionada al 12 % de contenido de humedad, impregnada a presión en autoclave por el método de Burnett.

La madera de marmelero es utilizada en carpintería, sillas, tirantería, machimbres, y para mobiliario en general. Es de color amarillenta, textura fina, homogénea, grano derecho, vetado espigado y duramen pardo rosáceo. Con el secado rápido produce rajaduras y grietas, es difícil de aserrar, pero de fácil cepillado y lijado, permite obtener un excelente acabado. Es una madera dura para clavar y atornillar y posee muy buen agarre. Su peso específico aparente es de 0,740 g/cm<sup>3</sup>. El módulo de rotura a la flexión estática 890,00 kg/cm<sup>2</sup> y el módulo de elasticidad de 112420 kg/cm<sup>2</sup>. (LÓPEZ *et al.* 1987)

El preservante Wolman E (CA-B) (Cobretuconazole-etanolamina) o Copper azole es hidrosoluble compuesto por cobre y un biocida orgánico, está aprobado por la agencia de protección ambiental de E.E.U.U. y por la asociación de preservadores de madera de E.E.U.U. (AWPA). En cuanto a sus aplicaciones es muy similar al cromo cupro arsenicales (CCA). En Europa, los productos alternativos al CCA que se utilizan para preservar maderas que estarán en contacto con el suelo son el Cobre cloruro de benzalconio, CA-B (Cobretuconazole-etanolamina), CBA (Cobre-Boro-Azol), Cu-HDO (xyligen cobre). Los preservantes para usos sin contacto con el suelo son el TBTO (óxido de tributil estaño) y TBTN (naftenato de tributil estaño). (FREEMAN *et al.* 2003).

Como hipótesis de trabajo se planteó que las maderas impregnadas con CA-B no varían sus propiedades respecto a las maderas sin impregnar.

Se planteó como objetivo principal de este trabajo, estudiar los módulos de rotura y módulo de elasticidad a la flexión estática y los pesos específicos aparentes de las maderas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden y *Ruprechtia laxiflora* sin impregnar e impregnadas con CA-B.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Las maderas de eucalipto y marmelero fueron seleccionadas al azar de las siguientes industrias, aserradero Nativa km 18; aserradero Carlos Reble Ruta 12; Michael Siellez avenida El Fundador, instalados en el Departamento de Eldorado, Misiones. Para la obtención de muestras se siguió la metodología de Hannes Hoheisel (1968), adquiriendo cuatro listones por especie y por industria, se elaboraron cuatro probetas de madera

por listón para cada ensayo, de las que se seleccionaron 40 para densidad y 40 para flexión estática, la mitad de las probetas fueron usadas como testigo y la otra mitad para impregnar.

### Impregnación de las maderas

Las maderas se impregnaron por el método Burnett, que consistió en aplicar vacío inicial de -0,50 kg/cm<sup>2</sup> por 5 minutos, seguido por 7 kg/cm<sup>2</sup> de presión durante 120 minutos y finalmente 5 minutos de vacío final de -0,50 kg/cm<sup>2</sup>.

### Propiedades Físicas

Para la determinación de las densidades se utilizaron 20 probetas por especie de maderas impregnadas y 20 probetas por especie de madera sin impregnar, siendo utilizadas estas últimas como testigo.

Las densidades o pesos específicos aparentes: estacionado, anhidro, básico y saturado de las maderas se determinaron como se establece en la Norma IRAM N° 9544, utilizándose las siguientes ecuaciones, PEE = Pe/Ve (1); PEA = Po/Vo (2); PEB= Po/Vs (3); PES= Ps/Vs (4)

Siendo: PEE = Peso específico aparente estacionado, en g/cm<sup>3</sup>. Pe = Peso de la muestra estacionada, en g. Ve = Volumen de la muestra estacionada, en cm<sup>3</sup>. PEA = Peso específico aparente anhidro, en g/cm<sup>3</sup>. Po = Peso de la muestra anhidra, en g. Vo = Volumen de la muestra anhidra, en cm<sup>3</sup>. PEB=Peso específico básico, en g/cm<sup>3</sup>. Vs=Volumen de la muestra saturado, en cm<sup>3</sup>. PES=Peso específico saturado, g/cm<sup>3</sup>. Ps=Peso de la muestra saturada, g.

### Propiedades mecánicas

Para estudiar flexión estática se utilizaron 20 probetas por especie de maderas impregnadas y 20 probetas por especie de madera sin impregnar como testigo, las mismas fueron ensayadas en una máquina universal de ensayos. Los módulos de rotura y módulos de elasticidad de las maderas se calcularon como lo especifica la Norma IRAM N° 9542. Con probetas de 2 cm de base x 2 cm de altura y 34 cm de largo. Se usaron las siguientes ecuaciones. MOR= 3PL/2bh<sup>2</sup> (5); MOE = P<sup>2</sup>L<sup>3</sup>/4bh<sup>3</sup>f (6)

Siendo: MOR = módulo de rotura, en kg/cm<sup>2</sup>. P = Carga de rotura, en kg. b = Base, en cm. L=Longitud entre apoyos, en cm. h=Altura, en cm. MOE = Módulo de elasticidad, en kg/cm<sup>2</sup>; P<sup>2</sup>= Carga en el límite proporcional elástico, en kg. f = Deformación en el límite proporcional elástico, en cm.

Se calcularon las medias, desvíos estándares, coeficientes de variación, valores mínimos y máximos de cada variable. Los datos se analizaron a través del análisis de la variancia y para ver entre que medias hay diferencias se emplea el Test de Tukey, con el programa Infostat.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden

En la tabla 1 se encuentran los valores promedios de las densidades estacionadas, anhidra, básica y saturada estudiadas de la madera de *Eucalyptus grandis*, sin impregnar e impregnada con CA-B.

En la tabla 1 se puede observar que para todas las densidades hay diferencia significativas cuando se comparan las maderas impregnadas y sin impregnar. Los pesos específicos aparentes estacionado, básico y anhidro presentaron valores menores en la madera impregnada respecto a la madera sin impregnar, mientras que el peso específico saturado arrojó un valor mayor en la madera impregnada. El peso específico aparente o densidad estacionada de la madera sin impregnar es inferior a 0,560 g/cm<sup>3</sup> y 0,525 g/cm<sup>3</sup> obtenidos por (NEILL, 2004) y (ACOSTA, 2003) respectivamente.

En el gráfico 1 se muestra la comparación de medias de las distintas densidades de la madera de *Eucalyptus grandis* impregnada con CA-B y sin

impregnar.

En la tabla 2 se detallan los valores promedios obtenidos para el módulo de elasticidad (MOE) y módulo de rotura (MOR) a la flexión estática de la madera de eucalipto impregnada con CA-B y sin impregnar.

En la tabla 2 los valores de modulo de elasticidad y modulo de rotura de la madera impregnada y sin impregnar dan diferencias estadísticamente significativas, los MOE y MOR presentan valores inferiores a la madera impregnada. El módulo de rotura y de elasticidad de la madera sin impregnar presentó valores superiores a 506 kg/cm<sup>2</sup> y 111600 kg/cm<sup>2</sup> encontrados por (NEILL, 2004)

En los gráficos 2 y 3 se pueden observar las comparaciones de medias del modulo de rotura (gráfico 2) y modulo de elasticidad (gráfico3).

En la tabla 3 se encuentran los valores promedios de las densidades estacionadas, anhidra, básica y saturada estudiadas de la madera de *Ruprechtia laxiflora*, sin impregnar e impregnada con CA-B.

**Tabla 1: Valores promedios de las densidades de *Eucalyptus grandis* en madera impregnada con CA-B y sin impregnar**

**Table 1: Densities mean values of *Eucalyptus grandis* wood impregnated with CA-B and without impregnation**

Tratamiento	Densidades	n	Media g/cm <sup>3</sup>	DS	CV %	Mín	Máx
impregnado	PEA	20	0,476 a	0,05	9,60	0,410	0,579
sin impregnar	PEA	20	0,590 b	0,07	12,06	0,480	0,716
impregnado	PEB	20	0,430 a	0,04	8,74	0,386	0,500
sin impregnar	PEB	20	0,519 b	0,06	11,09	0,427	0,628
impregnado	PES	20	0,939 b	0,05	5,31	0,857	1,024
sin impregnar	PES	20	0,834 a	0,08	9,41	0,703	1,021
impregnado	PEE	20	0,507 a	0,05	9,97	0,442	0,625
sin impregnar	PEE	20	0,644 b	0,08	12,61	0,517	0,800

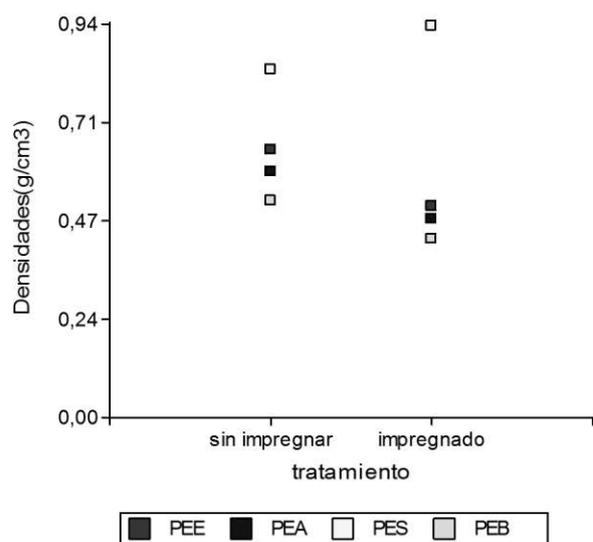
PEA: densidad anhidra; PEB: Densidad básica; PES: densidad saturada; PEE: densidad estacionada; DS: Desviación estandar; CV: Coeficiente de Variación; Min: Mínimo; Max: Máximo.

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ )

En la tabla 3 se puede observar que para todas las densidades hay diferencia significativas cuando se comparan las maderas impregnadas y sin impregnar. Las densidades de la madera del marmelero impregnado presentan valores mayores que la madera sin impregnar. La densidad estacionada (PEE) de la madera sin impregnar de este trabajo arrojó un valor inferior a 740 kg/m<sup>3</sup>, obtenido por LÓPEZ et al. 1987.

En el gráfico 4 se presentan las comparaciones de medias de las densidades de marmelero sin impregnar e impregnado con CA-B.

En la tabla 4 se muestran los resultados obtenidos para los módulos de elasticidad y módulo de rotura a la flexión estática de la madera del marmelero sin impregnar e impregnada con CA-B.



**Gráfico 1: Comparación de medias de las distintas densidades de maderas de *Eucalyptus grandis* sin impregnar e impregnadas. Se gráfico solo la media para que no se superpongan los desvíos.**  
**Graph 1: Comparison of mean of different densities of *Eucalyptus grandis* wood without impregnation and impregnated. Only the media was graphed so the deviation would not be superposed.**

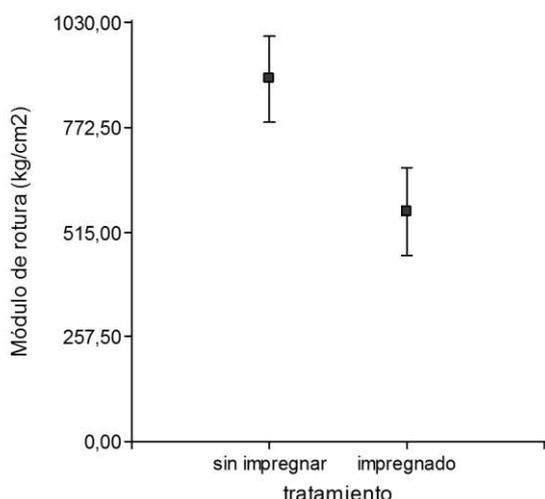
**Tabla 2: Valores promedios de módulos de elasticidad y de rotura a la flexión estática de la madera de *Eucalyptus grandis* impregnada con CA-B y sin impregnar**

**Table 2: Mean values of elasticity and breakage to static flexion moduli of *Eucalyptus grandis* wood impregnated with CA-B and without impregnation.**

Tratamiento	Módulo	n	Media Kg/cm <sup>2</sup>	DS	CV %	Mín	Máx
impregnado	MOR	20	564,00 a	108,44	19,23	468	856
sin impregnar	MOR	20	890,15 b	104,95	11,79	703,1	1125
impregnado	MOE	20	82811,45 a	8385,04	10,13	72166	100902
sin impregnar	MOE	20	138197,85 b	23703,92	17,15	105468,8	188733,6

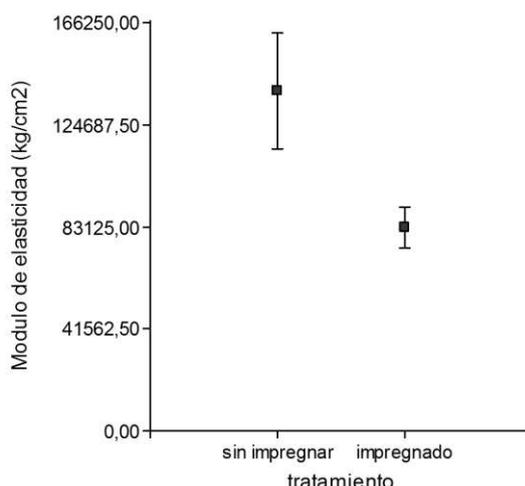
MOR: Módulo de rotura; MOE: Módulo de elasticidad; DS: Desviación estandar; CV: Coeficiente de Variación; Min: Mínimo; Max: Máximo.

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ )



**Gráfico 2: Comparación de medias del módulo de rotura de maderas de eucaliptos sin impregnar e impregnadas**

**Graph 2: Comparison of mean of breakage modulus of eucalyptus wood without impregnation and impregnated.**



**Gráfico 3: Comparación de medias del módulo de elasticidad de maderas de eucaliptos sin impregnar e impregnadas.**

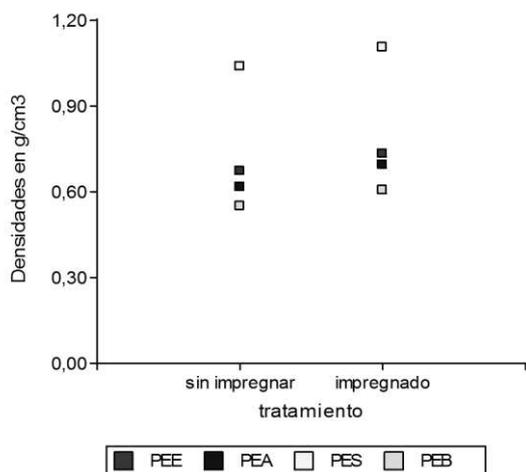
**Graph 3: Comparison of mean of elasticity modulus of eucalyptus wood without impregnation and impregnated.**

**Tabla 3: Valores promedios de las densidades de la madera impregnada con CA-B y sin impregnar de marmelero****Table 3: Densities mean values of marmelero wood impregnated with CA-B and without impregnation.**

Tratamiento	Densidades	n	Media g/cm <sup>3</sup>	DS	CV %	Mín	Máx
impregnado	PEA	20	0,692 b	0,03	3,81	0,632	0,750
sin impregnar	PEA	20	0,616 a	0,05	8,33	0,541	0,714
impregnado	PEB	20	0,606 b	0,02	3,11	0,571	0,636
sin impregnar	PEB	20	0,549 a	0,03	6,26	0,500	0,611
impregnado	PES	20	1,108 b	0,03	2,88	1,023	1,154
sin impregnar	PES	20	1,037 a	0,04	3,49	0,974	1,116
impregnado	PEE	20	0,734 b	0,03	3,60	0,692	0,780
sin impregnar	PEE	20	0,670 a	0,05	7,84	0,600	0,786

PEA: densidad anhidra; PEB: Densidad básica; PES: densidad saturada; PEE: densidad estacionada; D.S.: Desviación estandar; C.V: Coeficiente de Variación; Mín: Mínimo; Max: Máximo.

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ )



PEA: densidad anhidra; PEB: Densidad básica; PES: densidad saturada; PEE: densidad estacionada

**Grafico 4: Comparación de medias de las distintas densidades de maderas de marmelero sin impregnar e impregnadas. Se gráfico solo la media para que no se superpongan los desvíos. Graph 4: Comparison of mean of different densities of marmelero wood without impregnation and impregnated. Only the media was graphed so the deviation would not be superposed.**

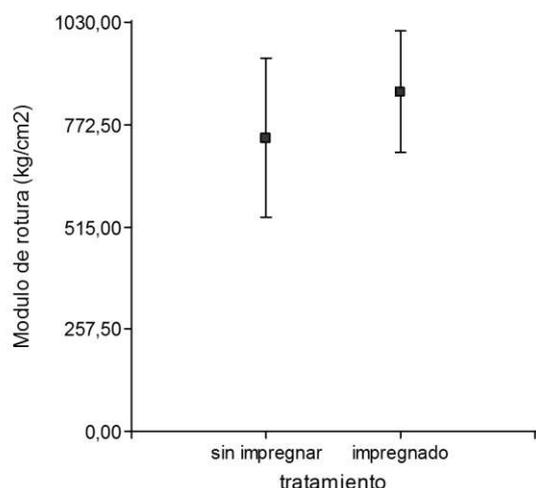
Como se puede observar en la tabla 4 los valores de MOR a la flexión estática del marmelero presentan diferencias significativas para las distintas maderas impregnadas y sin impregnar, mejorando en este caso el modulo de rotura en la madera impregnada, por presentar un valor significativamente mayor. Los MOE no presentaron diferencias significativas entre maderas impregnadas y sin impregnar. Los valores obtenidos de los módulos de rotura y elasticidad a la flexión estática, son inferiores a 890,00 kg/cm<sup>2</sup> y 112420 kg/cm<sup>2</sup> presentado por LÓPEZ *et al.* 1987

En los gráficos 5 y 6 se presentan las comparaciones de medias de los módulos de rotura (gráfico 5) y del modulo de elasticidad (gráfico 6).

**Tabla 4: Valores promedios de módulos de elasticidad y módulo de rotura de la madera impregnada y sin impregnar de marmelero****Table 4: Mean values of elasticity and breakage to static flexion moduli of marmelero wood impregnated with CA-B and without impregnation**

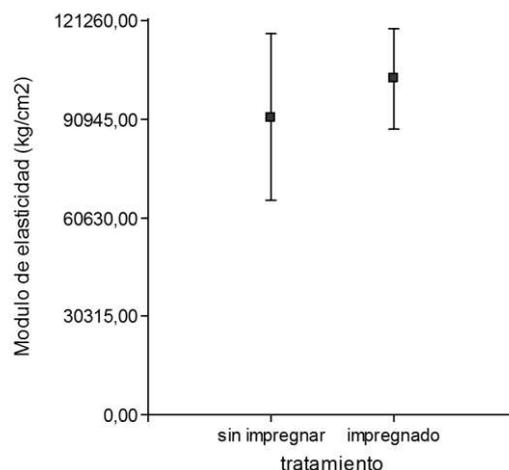
Tratamiento	Módulos	n	Media kg/cm <sup>2</sup>	DV	CV %	Mín	Máx
impregnado	MOR	20	855,3 b	151,12	17,67	597	1147
sin impregnar	MOR	20	739,04 a	201,03	27,2	414	1033
impregnado	MOE	20	103257,3 a	15345,27	14,86	67673,7	126912
sin impregnar	MOE	20	91391,91 a	25557,55	27,96	52259,6	154369,3

MOR: Módulo de rotura; MOE: Módulo de elasticidad; DS: Desviación estandar; CV: Coeficiente de Variación; Min: Mínimo; Max: Máximo. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ )



**Gráfico 5: Comparación de medias del módulo de rotura de maderas de marmelero sin impregnar e impregnadas.**

**Graph 5: Comparison of mean of breakage modulus of marmelero wood without impregnation and impregnated.**



**Gráfico 6: Comparación de medias del módulo de elasticidad de maderas de marmelero sin impregnar e impregnadas.**

**Graph 6: Comparison of mean of elasticity modulus of marmelero wood without impregnation and impregnated**

## CONCLUSIONES

Las maderas de *Eucalyptus grandis* impregnadas han resultado con valores de peso específico aparente estacionado. Básico y anhidro menores estadísticamente significativas comparadas con las no impregnadas y el peso específico saturado fue mayor estadísticamente significativo en la madera impregnada.

Los módulos de elasticidad y de rotura a la flexión estática de la madera de *Eucalyptus grandis* impregnada dieron diferencias estadísticamente significativas con valores menores respecto a las maderas sin impregnar.

La madera de *Ruprechtia laxiflora* respondió al tratamiento de impregnación aumentando significativamente todos los pesos específicos aparentes.

Estadísticamente no dieron diferencias significativas los módulos de elasticidad a la flexión estática en la madera impregnada y sin impregnar del marmelero, pero hubo un incremento en el valor del MOE en la madera impregnada. Sin embargo presento diferencias estadísticamente significativas superior el MOR de la madera impregnada respecto a la madera sin impregnar.

## BIBLIOGRAFÍA

- ACOSTA, J. 2003. [www.inta.gov.ar/concordia/info/documentos/Forestacion/Eucalyptus\\_/20viviendas.pdf](http://www.inta.gov.ar/concordia/info/documentos/Forestacion/Eucalyptus_/20viviendas.pdf)
- FREEMAN, et al. 2003. [www.vyh.fi/tila/ilma/paastot/preservation\\_of\\_wood.doc](http://www.vyh.fi/tila/ilma/paastot/preservation_of_wood.doc)
- GEORGE M. y John F. 1990. [www.fs.fed.us/global/iitf/Eucalyptusgrandis.pdf](http://www.fs.fed.us/global/iitf/Eucalyptusgrandis.pdf)
- HANNES HOHEISEL (1968). Estipulaciones para los ensayos de propiedades físicas y mecánicas de la madera. Editado por centro de documentación y publicaciones del instituto forestal latinoamericano. Mérida, Venezuela. Pp.56.
- INSTITUTO ARGENTINO DE RACIONALIZACIÓN DE MATERIALES, IRAM 9542. 1985. Método de ensayo de flexión estática. Pp. 11.
- INSTITUTO ARGENTINO DE RACIONALIZACIÓN DE MATERIALES, IRAM 9544. 1973. Método de la determinación de la densidad aparente. Pp. 10.
- LÓPEZ, J.A; Little, E; Ritz, G; Rombold, J; Hahn, W. 1987. Árboles comunes del Paraguay: ñande yvyra mata kuera. Paraguay, Cuerpo de Paz. Pp. 425.
- NEILL O. H. 2004. Estimación de la calidad de la

madera producida en Uruguay para uso estructural y evaluación en servicio por métodos no destructivo. Dpto de Proyectos Forestales - Laboratorio Tecnológico del Uruguay. Pp. 9.

SUIREZS T. M.; Weber E. M.; Bobadilla E. A.; Pereyra O.; Vera L.; Magnago S. 2010. Absorción en maderas impregnadas por los métodos sin presión y a presión. 2do Congreso Iberoamericano de Protección de la Madera. Mar del Plata. En formato CD.