



PROYECTO "TECNOLOGIA DE ENSAYO DE PRODUCTOS FORESTALES"

SEMINARIO DE PRODUCTOS FORESTALES
JICA-LATU

AVANCES EN LA CARACTERIZACIÓN DE MADERAS URUGUAYAS

APOYAN:

SOCIEDAD DE PRODUCTORES FORESTALES
ASOCIACIÓN DE INDUSTRIALES DE LA MADERA
DIRECCIÓN GENERAL FORESTAL
M.G.A.P.

APUB
30791

DICIEMBRE 2002
MONTEVIDEO

PROGRAMA

| Horario | Presentación | Disertante | Moderador |
|---------------|---|--|-----------------------------|
| 9:00 a 9:15 | Apertura | Ing. T. Tanaka. JICA | |
| 9:15 a 9:30 | Introducción a las actividades técnicas del Proyecto JICA-LATU | Ing. R. de Castro. LATU | |
| 9:30 a 10:25 | Propiedades físicas fundamentales en maderas de especies de prioridad forestal | J. Doldán, Ing. S. Böthig. LATU | Ing. R. de Castro. LATU |
| 10:25 a 11:10 | Humedad de equilibrio de maderas de Pinos y Eucalyptus en seis sitios de Uruguay | Ing. R. de Castro. LATU | Ing. B. Acle. SPF |
| 11:10 a 11:30 | Café | | |
| 11:30 a 12:25 | Estudio de secado en horno de <i>Eucalyptus grandis</i> | Ing. A. Pérez del Castillo, Ing. A. Ono. LATU | Ing. R. de Castro. LATU |
| 12:25 a 14:00 | Intervalo para el almuerzo | | |
| 14:00 a 14:45 | Adhesividad de maderas nacionales y durabilidad de tableros derivados de la madera | L. Benites. LATU | Ing. R. de Castro. LATU |
| 14:45 a 15:30 | Propiedades mecánicas de <i>Eucalyptus grandis</i> | Ing. A. Pérez del Castillo. LATU | Nilmo Pirone. ADIMAU/CIU |
| 15:30 a 15:50 | Café | | |
| 15:50 a 16:05 | Introducción al Grupo Técnico de Madera Aserrada | Ing. C. Voulminot. SPF | |
| 16:05 a 16:50 | Avances en los trabajos de caracterización de propiedades mecánicas <i>Pinus elliottii</i> Eng. y <i>Pinus taeda</i> L. | Per. Agr. H. O'Neill. LATU | Ing. C. Voulminot. SPF |
| 16:50 a 17:00 | Cierre | | |

NK
30791

LOS PRESENTACIONES DE LOS FRUTOS DEL “PROYECTO DE TECNOLOGÍA DE ENSAYO DE PRODUCTOS FORESTALES” EN EL “SEMINARIO DE PRODUCTOS FORESTALES DE JICA-LATU”



Esta vez, el “Seminario en Productos Forestales de JICA*-LATU**” en “Avances en la Caracterización de Maderas Uruguayas” se celebra para difundir los frutos del “Proyecto de Tecnología de Ensayo de Productos Forestales”.

El “Proyecto de Tecnología de Ensayo de Productos Forestales” se está poniendo en práctica por JICA y LATU desde Octubre de 1998 hasta Setiembre de 2003 en Sector Productos Forestales de LATU.

En el Proyecto, principalmente, la parte de JICA está introduciendo las maquinarias y los equipos, los expertos de largo o corto plazo y el curso para formación de los investigadores, y la parte de LATU está introduciendo las facilidades, los investigadores, los servicios de apoyo y los costos locales a base del contrato.

A base de la utilización de la introducción, las tecnologías de ensayo/inspección en extensas áreas para la utilización de la madera están siendo activamente transferidas en el Proyecto.

Los campos de actividad en estas tecnologías de ensayo/inspección son las áreas en propiedades anatómicas, físicas y mecánicas, aserrado, secado, preservación, pintado de madera/madera aserrada, las calidades mecánicas, de adherencia y durabilidad, las investigaciones en las normas de calidad y los controles de calidad en los tableros derivados de la madera y otros.

Por las actividades del Proyecto, las capacidades de los investigadores de LATU en las tecnologías de ensayo/inspección están mejorando notablemente y los muchos frutos obtenidos se deben a sus grandes esfuerzos.

Hasta el presente, estos resultados del Proyecto están publicados por los informes de investigaciones, las presentaciones en los congresos internacionales/domésticos y otros.

Además, esta vez, una parte de estos resultados principales del Proyecto se están presentando en el “Seminario de Productos Forestales”.

Nosotros deseáramos que los participantes en el Seminario tengan la impresión de que “Avances en la Caracterización de Maderas Uruguayas” del Proyecto es notable.

Se espera que los resultados y los progresos del Proyecto sean útiles no sólo para los participantes sino también para el desarrollo de las industrias de la madera y el incremento de la utilización en las exportaciones de productos forestales en Uruguay.

El Proyecto está muy agradecido por la orientación, el apoyo y la cooperación que nos dan las autoridades, las organizaciones y todas las personas relacionadas.

Diciembre, 2002
Toshinari Tanaka
Líder del Proyecto, JICA

INTRODUCCIÓN A LAS ACTIVIDADES TÉCNICAS

En octubre de 1998 se iniciaron formalmente las actividades del Proyecto de Cooperación entre la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA) y el LATU en el área de la tecnología de la madera.

La participación de expertos Japoneses de corto y largo plazo, la capacitación de técnicos del LATU, así como la donación de equipamiento de última generación, permiten una constante transferencia de conocimientos y el desarrollo de investigaciones en las diferentes áreas relacionadas. Dichas áreas son las siguientes: Propiedades Físicas Fundamentales, Propiedades Mecánicas, Secado, Pintura y Acabado, Certificación de calidad, Adhesividad y Tableros.

Los trabajos se han desarrollado en los géneros *Pinus* y *Eucalyptus*. Las especies principales para la industrialización como madera sólida y derivados son *Pinus elliottii*, *Pinus taeda* y *Eucalyptus grandis*.

Considerando las áreas forestadas y la ubicación geográfica de las plantaciones se estableció un plan de muestreo inicial a los efectos de la caracterización de las maderas de las diferentes regiones. Fue así que se establecieron muestreos de la zona norte, de la zona litoral y de la zona sur.

Los resultados iniciales indican una gran variabilidad de las propiedades de las maderas, por lo cual es fundamental un tamaño de muestra adecuado para poder obtener resultados representativos de ese sitio y de esa especie.

A su vez se estudian las distribuciones de las distintas propiedades desde la médula a la corteza (dirección radial a los anillos de crecimiento) y en la altura del árbol.

Pueden consultar la página web del LATU (<http://www.latu.org.uy>) ingresar al módulo 11 y allí acceder a la información del Sector Productos Forestales.

Deseo agradecer la cooperación del sector privado para la realización de los diferentes ensayos.

Espero que los resultados y avances en la caracterización de las maderas sean de utilidad para todo el sector forestal.

Ing. Químico Raúl de Castro

PROPIEDADES FÍSICAS FUNDAMENTALES EN MADERAS DE ESPECIES DE PRIORIDAD FORESTAL

Javier Doldán
Ing. Quím. Silvia Böthig

jdoldan@latu.org.uy
sbothig@latu.org.uy

Resumen

La calidad de la madera se determina mediante las propiedades físicas, mecánicas y químicas que son requeridas para un determinado uso final. Para desarrollar estándares de calidad es necesario un conocimiento profundo de dichas propiedades para cada especie. En el campo de las propiedades físicas fundamentales, es uno de los objetivos del **Proyecto JICA – LATU** (1998-2003), obtener una amplia, confiable y accesible base de datos que contribuya a la caracterización de las maderas forestales de prioridad forestal con destino aserrable.

En el transcurso del proyecto, se han realizado siete muestreos, de las diferentes zonas forestales de mayor desarrollo. Se obtuvieron dos de *Eucalyptus grandis* de la zona Norte y uno de la zona del Litoral, *Pinus taeda* del Norte y Litoral y *Pinus elliottii* del Litoral y Sur. En esta presentación se muestra la metodología utilizada, discusión de resultados y la comparación con maderas comerciales de algunas de las más importantes propiedades físicas fundamentales:

- **CONTENIDO DE HUMEDAD**
- **LONGITUD DE FIBRAS Y TRAQUEIDAS**
- **DENSIDAD APARENTE**
- **CONTRACCIÓN LINEAL Y VOLUMÉTRICA**
- **GRANO INCLINADO o ENTRECruzADO**
- **PORCENTAJE DE DURAMEN**
- **VELOCIDAD DE CRECIMIENTO**
- **ANCHO DE ANILLOS Y PORCENTAJE DE LEÑO TARDÍO***

* Propiedades medidas solamente para *Pinus spp.*

Se anexa tabla de los principales resultados promedio.

La madera de *Eucalyptus grandis* estudiada, muestra una notoria variación de su calidad desde médula a corteza. Mediante la determinación de la longitud de fibras, es posible encontrar la zona de transición entre madera juvenil y adulta. Se encuentra una diferencia marcada entre ellas, presentando la última, indicadores de calidad superiores y comparables con maderas de uso comercial. Al tratarse de madera proveniente de montes de 16 a 18 años, se corrobora la existencia de un alto porcentaje de madera juvenil, entre un 40% y 50%. Por ésta razón, es necesario realizar una clasificación adecuada a los diferentes usos finales.

Para los pinos estudiados se encuentra madera adulta con menos variabilidad en sus propiedades que la madera juvenil generada en los primeros años de crecimiento. Se observa una diferencia aún más intensa entre la calidad de ambas maderas que en el *Eucalyptus grandis* estudiado. El límite de transición varía entre los distintos muestreos e individuos; pero en los árboles ensayados siempre se encuentra dentro de un rango de 8 a 16 años.

Se verificó la influencia que ejerce sobre los indicadores de calidad la formación de madera de compresión en los pinos estudiados.

PROPIEDADES FÍSICAS FUNDAMENTALES EN MADERAS DE ESPECIES DE PRIORIDAD FORESTAL

ANEXO

Densidad aparente básica

| unidad | <i>Eucalyptus grandis</i> | | | | | | <i>Pinus taeda</i> | | | | | | <i>Pinus elliptica</i> | | | | | |
|-------------------------------|---------------------------|--------------|-----------------|--------------|-------------------|--------------|--------------------|--------------|-------------------|--------------|-------------------|--------------|------------------------|------|---------------|------|--|--|
| | Norte (12 años) | | Norte (16 años) | | Litoral (18 años) | | Norte (11-21 años) | | Litoral (24 años) | | Litoral (24 años) | | Litoral (24 años) | | Sur (40 años) | | | |
| | m.j. | m.a. | m.j. | m.a. | m.j. | m.a. | m.j. | m.a. | m.j. | m.a. | m.j. | m.a. | m.j. | m.a. | m.j. | m.a. | | |
| promedio (g/cm ³) | 0,399 | 0,439 | 0,397 | 0,416 | 0,457 | 0,356 | 0,443 | 0,385 | 0,457 | 0,365 | 0,434 | 0,355 | 0,404 | | | | | |
| C.V. (%) | 10,5 | 8,5 | 8,5 | 11,8 | 10,5 | 9,1 | 9,6 | 13,5 | 10,6 | 10,7 | 11,1 | 7,3 | 9,1 | | | | | |
| máx (g/cm ³) | 0,505 | 0,473 | 0,529 | 0,551 | 0,581 | 0,462 | 0,573 | 0,580 | 0,611 | 0,505 | 0,564 | 0,451 | 0,314 | | | | | |
| mín (g/cm ³) | 0,314 | 0,333 | 0,377 | 0,336 | 0,348 | 0,286 | 0,366 | 0,294 | 0,370 | 0,278 | 0,323 | 0,305 | 0,501 | | | | | |

* Dab. medido como peso de madera anhidra sobre volumen verde, m.j. madera juvenil, m.a. madera adulta

Longitud de fibras o traqueidas

| unidad | <i>Eucalyptus grandis</i> | | | | | | <i>Pinus taeda</i> | | | | | | <i>Pinus elliptica</i> | | | | | |
|---------------|---------------------------|-------------|-------------------|-------------|--------------------|-------------|--------------------|-------------|-------------------|-------------|-------------------|-------------|------------------------|------|---------------|------|--|--|
| | Norte (16 años) | | Litoral (18 años) | | Norte (11-21 años) | | Litoral (24 años) | | Litoral (24 años) | | Litoral (24 años) | | Litoral (24 años) | | Sur (40 años) | | | |
| | m.j. | m.a. | m.j. | m.a. | m.j. | m.a. | m.j. | m.a. | m.j. | m.a. | m.j. | m.a. | m.j. | m.a. | m.j. | m.a. | | |
| promedio (mm) | 0,87 | 1,08 | 0,78 | 1,05 | 2,91 | 4,50 | 2,88 | 4,28 | 2,85 | 4,18 | 2,96 | 4,26 | | | | | | |
| C.V. (%) | 12,44 | 5,84 | 18,01 | 8,86 | 26,89 | 9,57 | 25,80 | 8,00 | 25,13 | 8,27 | 26 | 8,4 | | | | | | |
| máx (mm) | 1,01 | 1,26 | 1,01 | 1,29 | 4,30 | 5,55 | 4,11 | 5,30 | 4,00 | 5,03 | 4,22 | 5,17 | | | | | | |
| mín (mm) | 0,67 | 0,94 | 0,58 | 0,90 | 1,42 | 3,73 | 1,59 | 3,61 | 1,78 | 3,41 | 1,66 | 3,56 | | | | | | |

Contracción total lineal y volumétrica

| r (%) | <i>Eucalyptus grandis</i> | | | | | | <i>Pinus taeda</i> | | | | | |
|------------|---------------------------|-------------|-------------------|-------------|-------------------|-------------|--------------------|--------------|-------------------|-------------|-------------------|-------|
| | Norte (16 años) | | Litoral (18 años) | | Litoral (18 años) | | Litoral (24 años) | | Litoral (24 años) | | Litoral (24 años) | |
| | t (%) | v (%) | t (%) | v (%) | t (%) | v (%) | t (%) | v (%) | t (%) | v (%) | t (%) | v (%) |
| promedio | 4,54 | 8,80 | 13,53 | 2,04 | 26,6 | 4,61 | 8,11 | 12,73 | 1,80 | 1,80 | 28,7 | |
| Desv. Est. | 1,20 | 1,77 | 2,13 | 0,55 | 2,49 | 0,95 | 1,39 | 2,18 | 0,31 | 0,31 | 3,28 | |

| r (%) | <i>Pinus taeda</i> | | | | | | | | | | |
|------------|----------------------|-------------|-------------------|-------------|-------------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|--|
| | Norte (11 a 21 años) | | Litoral (24 años) | | Litoral (24 años) | | | | | | |
| | t (%) | v (%) | t (%) | v (%) | t (%) | v (%) | | | | | |
| promedio | 3,22 | 5,90 | 9,07 | 1,87 | 25,2 | 3,75 | 6,70 | 10,51 | 1,85 | 28,4 | |
| Desv. Est. | 0,73 | 1,04 | 1,64 | 0,26 | 2,03 | 1,05 | 1,21 | 2,13 | 0,30 | 2,04 | |

| r (%) | <i>Pinus elliptica</i> | | | | | | | | | | |
|------------|------------------------|-------------|---------------|-------------|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--|
| | Litoral (24 años) | | Sur (40 años) | | Sur (40 años) | | | | | | |
| | t (%) | v (%) | t (%) | v (%) | t (%) | v (%) | | | | | |
| promedio | 3,59 | 6,02 | 0,31 | 9,91 | 1,73 | 5,85 | 0,23 | 9,22 | 1,62 | 25,9 | |
| Desv. Est. | 0,94 | 1,09 | 0,24 | 1,74 | 0,28 | 1,02 | 0,21 | 1,37 | 0,26 | 2,10 | |

* r: contracción radial, t: contracción tangencial, l: contracción longitudinal, tr: anisotropía, PSF: punto de saturación de las fibras estimado

HUMEDAD DE EQUILIBRIO DE MADERAS DE PINOS Y EUCALYPTUS EN SEIS SITIOS DE URUGUAY

Ing. Quim Raúl de Castro

rdecas@latu.org.uy

Resumen

El objetivo de este estudio es profundizar los conocimientos sobre el contenido de humedad de equilibrio climático y la velocidad de secado al aire de las maderas nacionales para las diferentes regiones del país y para cada estación anual.

Los materiales empleados fueron tablas verdes de 38 x 150 x 600 mm, rollizos verdes y descortezados de diámetro entre 10 y 20 cm y 1 m de largo y tablillas secas de 20 x 50 x 200 mm, como testigos.

Los sitios fueron elegidos como representativos de los climas diferentes de nuestro país y teniendo en cuenta el área de las plantaciones forestales de las especies de prioridad forestal. La madera para los ensayos se obtuvo de plantaciones de cada departamento.

Para las tablas las especies fueron: *Eucalyptus grandis*, *Pinus taeda* y *Eucalyptus maidenii* (solo en Tacuarembó). Se utilizaron rollizos de *Eucalyptus globulus*, *Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus maidenii* (solo en Tacuarembó).

Se instalaron los ensayos en agosto del 2000 en los siguientes departamentos: Rivera, Paysandú, Tacuarembó, Soriano y San José. Se instaló un ensayo adicional, solo con tablas de los cinco sitios, en Montevideo, en el LATU, para realizar ensayo de contracción. Las estibas de tablas y rollizos a secar se colocaron en el predio de las estaciones meteorológicas de la Dirección Nacional de Meteorología, a los efectos de obtener de dicha estaciones los datos climatológicos relevantes durante el período del estudio (agosto 2000- febrero 2002) y los datos históricos de los 10 años anteriores.

Se midió el contenido de humedad de las muestras mediante el peso de cada muestra.

Durante los primeros dos meses la medición fue con frecuencia semanal y luego quincenal.

El tiempo de secado hasta el equilibrio para el promedio de tablas de *E. grandis* (90 días) fue superior al tiempo de secado de *P. elliottii* y *P. taeda* (76 y 60 días respectivamente).

El tiempo de secado hasta el equilibrio de los rolos de *E. maidenii* (237 días) fue mayor al de los rolos de *E. globulus* y de *E. grandis* (180 días y 131 días respectivamente).

El contenido de humedad de equilibrio (CHE) promedio anual de tablas de los pinos *elliottii* y *taeda*, para Rivera, llegó a 17,2 % (rango 12,9-19,5%). Para los pinos de Paysandú el CHE promedio anual fue de 20,1 % (rango 14,4-21,5%). En Tacuarembó, el CHE promedio anual para los pinos fue de 19,9% (rango 14,0-23,1%). En Soriano y en San José, el CHE promedio anual para los pinos fue de 18,1% (rango 14,0-20,6%) y 18,8% (14,3-23,1%) respectivamente. En Montevideo, el promedio anual de CHE para pinos fue de 17,1% (rango 14,5-19,0%). Se aprecia que el CHE promedio de *Pinus elliottii* es un 2% superior al de *Pinus taeda*.

Para las tablas de *E. grandis*, el CHE promedio anual en Rivera alcanzó a 16,5% (rango 13,4-18,4%). En Paysandú el CHE promedio anual fue de 17,3% (rango 14,1-19,3%). En Tacuarembó el CHE promedio anual alcanzó a 16,9% (rango 14,0-19,3%). En Soriano el CHE promedio anual fue de 16,5% (rango 13,9-18,7%). En Montevideo el CHE promedio anual arribó a 15,0% (rango 12,9-16,6%).

Se observa diferencia en el CHE entre cada sitio. Para pinos, el rango entre sitios es de 17,1-

20,1%, mientras que para *E. grandis* el rango es 15,0-17,3%.

Considerando un promedio general de todos los sitios, el CHE promedio anual de los pinos es un 2,1 % superior al de *E. grandis*.

Con los datos climáticos (promedios mensuales de temperatura y humedad relativa) se calculó, para cada sitio, el contenido de humedad de equilibrio teórico de las maderas (a partir de fórmula del Wood Handbook, F.P.L., USDA, 1999). Se halló una correlación significativa entre los valores de CHE medidos en tablas y el contenido de humedad de equilibrio teórico según datos de clima. Esto permite hacer la estimación del CHE de otros sitios no comprendidos en este trabajo, a partir de los datos de clima de ese sitio.

ESTUDIO DE SECADO EN HORNO DE *EUCALYPTUS GRANDIS*

Ing. Agr. O.F. Alvaro Pérez del Castillo
Ing. Qco. Andrés Ono

aperez@latu.org.uy
aono@latu.org.uy

Resumen

El secado es considerado un paso muy importante en el procesamiento de madera sólida, desde el punto de vista de la estabilidad dimensional requerida para su uso final. La instalación y uso de elementos de madera con una humedad acorde a la de sus condiciones de servicio garantiza sus prestaciones durante un prolongado tiempo. Actualmente, el énfasis está puesto en mejorar la calidad de la madera seca y a la vez, en reducir tiempo y costos del proceso. El Sector Productos Forestales del LATU, con el apoyo de la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA), está trabajando en el estudio del secado de diferentes especies de prioridad forestal en el Uruguay. Hasta el momento, se ha venido trabajando con *Eucalyptus grandis* utilizando diferentes programas en dos hornos de secado a diferentes escalas. El horno de secado a escala de laboratorio está instalado desde octubre de 1996 y tiene una capacidad de $\frac{1}{4}$ m³. El horno a escala piloto fue instalado a comienzos del 2002 y su capacidad nominal es de 3 m³. Ambos hornos son calefaccionados eléctricamente, el de laboratorio, mediante resistencias y el piloto, con vapor generado por dos calderas eléctricas. Se midieron diferentes parámetros tanto en el seguimiento como también para la evaluación del secado. El seguimiento se realizó por la medida de peso de tablas testigo. Los parámetros de evaluación incluyeron contenido de humedad final, variación interna de humedad, defectos (colapso, abarquillado, combado, encorvado, torcedura, y grietas externas e internas), contracción y color.

Se realizaron dos corridas en el horno a escala de laboratorio, con un total de 18 tablas en cada corrida. El tamaño de las tablas fue de 27 x 150 x 600 mm. El programa utilizado fue similar en ambas corridas, con la diferencia de vaporizaciones cortas y periódicas a lo largo de todo el proceso, que se realizaron durante 20 minutos en la primer corrida y no se realizaron en la segunda. El seguimiento (pesadas diarias) se realizó sobre la totalidad de las 18 tablas. En el horno piloto se realizó una corrida con 85 tablas de tamaño real, de 50 x 150 x 3000 mm. Se siguió diariamente el peso y las dimensiones de 14 tablas testigo de menor tamaño (50 x 150 x 600 mm) y se realizó la evaluación de defectos del secado sobre 30 tablas de diferente corte (10 tangenciales, 10 radiales y 10 semi-radiales). En cada una de las 3 corridas se realizó una vaporización prolongada de 8 horas (100 °C y 100 % HR) cuando el contenido de humedad de las tablas alcanzó el 24 %. Esta etapa es muy importante para la recuperación del colapso, lo cual se verificó en todas las corridas.

A nivel de laboratorio, se logró el secado de tablas de 27 mm de espesor desde un contenido de humedad inicial de 120% hasta un 11% en 11 días, con un nivel de defectos aceptable. En el horno a escala piloto se secaron tablas de 50 mm de espesor desde un contenido de humedad inicial de 120 % hasta un 11% en 56 días observándose un nivel de defectos mayor que en el horno laboratorio. La realización de vaporizaciones cortas y periódicas durante todo el proceso de secado se traducen en una leve mejora de la calidad.

En cuanto a los costos del secado, a pesar de que no es posible correlacionar directamente dicho costo a nivel industrial, es posible comparar diferentes metodologías y asimismo, evaluar los costos de las vaporizaciones frente a sus beneficios.

Se continuarán los estudios de secado con otras especies de *Eucalyptus*, entre las que se destacan, *E. globulus*, *E. dunii*, y *E. maideni*. En estas especies se ensayarán diferentes programas de secado a nivel de laboratorio para luego ser trasladados a escala piloto. Los resultados preliminares obtenidos hasta ahora permitirán mejorar algunos detalles del secado tanto a escala piloto como a escala de laboratorio, y a nivel de la operativa de secado como también en cuanto a la metodología que se sigue. Se estudiará asimismo, la combinación del secado a la intemperie con el secado en horno convencional con el fin de disminuir costos. Para esto, ya se está realizando el seguimiento de una estiba de *E. grandis* que se está secando a la intemperie. El seguimiento se está realizando en forma semanal.

ADHESIVIDAD DE MADERAS URUGUAYAS

Luciano Benites

lbenites@latu.org.uy

Resumen

La utilización de adhesivos ha tenido un rol preponderante en el desarrollo y crecimiento de la industria de productos derivados de la madera.

En la actualidad, grandes cantidades de adhesivos se utilizan en la fabricación de : tableros de variados tipos (laminados, de partículas, de fibras, alistonados, mixtos), elementos laminados (vigas, arcos, pórticos), viviendas mediante sistemas de tableros etc.

Con la finalidad de abordar la naturaleza específica de la adherencia, el estudio que se presenta:

- **Examina la adhesividad de especies forestales de nuestro país.**
- **Intenta determinar cómo la interacción entre: especies, densidad de la madera y adhesivos se vinculan con la calidad de la adherencia.**

Fueron seleccionadas cinco especies de maderas uruguayas: *Eucalyptus grandis*, *E. tereticornis*, *E. globulus*, *Pinus taeda* y *P. elliottii*. De cada especie se elaboraron tablillas de 100(L) x 20(R) x 5(T)mm, a las que se les determinó su densidad. Se conformaron probetas, encolando tablillas de similar densidad. Para el encolado de tablillas, se utilizaron tres adhesivos: emulsión polivinil acetato(PVA), polímero isocianato hidrosoluble (IC) y resina resorcinólica(R). Se aplicaron 200 g/m², con 10 a 12 kgf/cm² de presión durante 24 horas, a temperatura ambiente. Se elaboraron probetas para ensayo en : seco(D) y húmedo(W). Se ensayaron en máquina universal NMB TG-50kN para obtener la fuerza de adhesión. A continuación se determinó el porcentaje de falla en madera.

Excepto para *E. tereticornis*, en las cuatro especies restantes (para los tres adhesivos), se obtuvo que a mayor densidad correspondía mayor fuerza de adhesión, con relación lineal entre ellas. Para *E. tereticornis*, se obtuvieron valores similares de fuerza de adhesión pero en caso de PVA, los porcentajes de falla en madera fueron muy bajos. En cuanto a la retención (W/D) de la fuerza de adhesión, utilizando IC, se obtuvo que era baja en : *P. elliottii*, *E. globulus* y *E. tereticornis*.

- 1) Existe proporcionalidad entre densidad y fuerza de adhesión en todas las especies y adhesivos.
- 2) Para densidades mayores a 0.5g/cm³, la falla en madera es inversamente proporcional a la densidad.
- 3) La retención de la fuerza de adhesión con resina resorcinólica es la más alta para todas las especies.

DURABILIDAD DE TABLEROS DE MADERA

Luciano Benites

lbenites@latu.org.uy

Resumen

Los tableros derivados de madera en sus diferentes variantes, se utilizan actualmente ya sea en la elaboración de muebles, revestimientos, embalajes, en la construcción : desde el uso como material para encofrado de hormigón hasta cumplir funciones estructurales y/o decorativas de importancia, en vigas, muros perimetrales e interiores, cielorrasos etc. Los mismos pueden estar aptos para su utilización tanto en interiores como en exteriores.

Con la finalidad de estudiar el comportamiento de estos materiales a lo largo del tiempo, en diferentes condiciones, se ha implementado la realización de una serie de actividades tendientes a :

- **Evaluar la durabilidad de tableros expuestos a la intemperie y en interiores.** Este ensayo requiere largo tiempo, pero la evaluación debe ser rápida; por lo tanto se deben realizar variados ensayos de envejecimiento acelerado, por ejemplo ASTM D 1037, WCAMA, BS 5669, APA etc.
- **Comparar resultados de ensayos sobre tableros expuestos a la intemperie con los de tableros sometidos a envejecimiento acelerado según BS 5669.**

Se utilizaron: Madera contrachapada (12 y 15mm), Tablero de partículas (12 y 15mm), Tablero de fibras de densidad media (12 y 15mm) y Tablero de virutas orientadas (12mm).

Exposición a la intemperie: se expusieron probetas (350mm x 50mm x espesor) a la intemperie, en parrillas orientadas hacia el norte y a un mínimo de 70 cm por encima del suelo e inclinadas 45°. Se deben realizar inspecciones al cabo de 1, 3, 6, 12, 18 y 24 meses. Se determina el hinchamiento en el espesor, resistencia a la rotura y adhesión interna.

Envejecimiento acelerado: Se sometieron a ensayo cíclico probetas de 50mm x 50mm x espesor : agua (3 días) / congelado a -12°C (1 día) / secado a 70°C (3 días), según norma BS 5669. Para completar 3 ciclos se requieren 21 días. Se determinó el hinchamiento en el espesor y la adherencia interna.

Al cabo de un mes de exposición a la intemperie, la adherencia interna se redujo a la mitad, siendo muy pequeña de ahí en adelante, con porcentajes de decrecimiento muy chicos.

El porcentaje de hinchamiento en el espesor fue incrementándose permanentemente durante los seis primeros meses; en orden creciente, contrachapado, fibras, partículas y virutas orientadas. En el ensayo de envejecimiento acelerado se verificó el mismo comportamiento. En el futuro se podrán comparar resultados luego de mayor exposición a la intemperie.

PROPIEDADES MECÁNICAS DE *EUCALYPTUS GRANDIS* DE URUGUAY

Ing. Agr. O.F. Alvaro Pérez del Castillo

aperez@latu.org.uy

Resumen

Es de fundamental importancia para la futura comercialización de nuestras maderas (tanto para el mercado interno como para exportación) la caracterización y el conocimiento profundo de las diferentes propiedades físicas, químicas y mecánicas, para así en el futuro tener acceso a más mercados y con mejores precios. Por otra parte estos conocimientos serán de utilidad para lograr un mejor aprovechamiento de la madera obtenida de las plantaciones sustentables de nuestro país. Para los diferentes usos finales a los que se pueda destinar la madera, será necesario conocer sus propiedades de resistencia así como realizar una clasificación según sus propiedades mecánicas, principalmente por métodos no-destructivos. Es importante conocer la variación de las distintas propiedades de la madera tanto dentro de árboles (variación de médula a corteza), como entre árboles (muy importante desde el punto de vista del mejoramiento genético y manejo forestal).

Esta presentación se basa en el estudio de diferentes propiedades mecánicas de *Eucalyptus grandis* de dos zonas diferentes de nuestro país, entre las que se destacan para tablas de tamaño real: estimación del módulo de elasticidad por métodos no-destructivos y flexión estática a diferentes contenidos de humedad (estimación de MOE y MOR).

Una vez ensayadas las tablas de tamaño real, de éstas mismas se cortaron pequeñas probetas libres de defectos para realizar ensayos de flexión estática (cálculo de MOE y MOR), dureza (dureza Janka y penetración con Pilodyn) y compresión paralela a las fibras.

Por otra parte, se realizó una clasificación visual de todas las tablas, siguiendo normas de calidad japonesas (JAS). Los resultados de esta clasificación se correlacionaron con el MOR.

Se presentan 5 equipos diferentes para la estimación del MOE y la correlación entre éstos y MOR. Los métodos utilizados son: frecuencia de vibración longitudinal (FFT Analyzer); tiempo de propagación de onda inducida por impacto (Fakopp); tiempo de propagación de onda de ultrasonido (Pundit y Sylvatest) y flexión estática de tablas sin llegar al límite elástico (Máquina Universal de Ensayos). Los ensayos no-destructivos permiten una estimación rápida, simple y confiable del MOE de tablas y trozas. A su vez, se presentan resultados de cómo estas propiedades mecánicas obtenidas por métodos no-destructivos se correlacionan con otras propiedades de la madera como ser dureza Janka, penetración con Pilodyn, densidad, compresión paralela a las fibras y flexión estática de probetas pequeñas libres de defectos. Finalmente, se presenta una comparación de las propiedades mecánicas estudiadas entre el *Eucalyptus grandis* de distintas zonas del Uruguay y otras especies que hoy día compiten con éste en los diferentes mercados (Teka, Cerejeira, Meranti, Cedro, Curupay y *Eucalyptus grandis* de otras regiones.)

El estudio se realizó sobre 52 tablas de tamaño real procedentes de 10 árboles de un monte de *Eucalyptus grandis* del departamento de Rivera y 51 tablas (procedentes de 15 árboles) de un monte del departamento de Río Negro. Las dimensiones de las tablas ensayadas eran de 5 cm de espesor x 15 cm de ancho x 280 cm de largo.

Los resultados para *Eucalyptus grandis* procedente de Rivera son los siguientes:

El MOE y el MOR promedio de las 52 tablas fue de 11200 MPa y 54 MPa respectivamente. El coeficiente de correlación entre el MOR y el MOE fue de 0,58 (MOE estimado con la Máquina Universal de Ensayos). En lo que respecta a pequeñas probetas libres de defectos, los valores fueron de 80 MPa para MOR en flexión estática, 45 MPa para compresión y 38 MPa para dureza Janka.

Por otra parte, los resultados para *Eucalyptus grandis* procedente de Río Negro son los siguientes:

El MOE y el MOR promedio de las 51 tablas fue de 12000 MPa y 52 MPa respectivamente. El coeficiente de correlación entre el MOR y el MOE fue de 0,81. En lo que respecta a pequeñas probetas libres de defectos, los valores fueron de 103 MPa para MOR en flexión estática, 57 MPa para compresión y 43 MPa para dureza Janka.

La variación entre árboles fue significativa para la mayoría de las propiedades estudiadas, no siendo tan importante la variación dentro de árboles.

Propiedades Mecánicas de *Pinus elliottii* Eng. y *Pinus taeda* L. del Litoral de Uruguay

Perito Agr. Hugo O'Neill

honeill@latu.org.uy

Resumen

En este trabajo de investigación se muestran los resultados de los estudios de las propiedades mecánicas de *Pinus elliottii* y *Pinus taeda* del departamento de Río Negro, al oeste de Uruguay. Con el fin de contribuir a la caracterización de las especies de pinos más difundidas en nuestro país, conocer las variaciones dentro del árbol y entre los árboles, para optimizar el uso final de nuestras maderas.

Se estudiaron las variación de dichas propiedades en el ancho del radio (de la médula a la corteza) y en la altura del fuste (hasta 12 m), también la velocidad de crecimiento en tres clases diamétricas.

Se clasificaron visualmente las trozas obtenidas de tres alturas (troza basal, segunda y tercera troza, de 4 m cada una), se determinó también la densidad básica, el contenido de humedad en estado verde y el módulo de elasticidad (método no destructivo FFT Analyzer).

Luego se procedió al aserrado para la obtención de tablas de 2" x 6" y al secado en horno industrial. Seguidamente al secado se cepillaron las tablas llevándolas a su dimensión final (50 mm x 150 mm x 2,8 m). Las tablas fueron inspeccionadas por dimensiones y defectos tales como: alabeos, grietas, nudos, aristas faltantes, etc.

A las tablas secas se les midió el módulo de elasticidad (MOE) por método no-destructivo. Luego se determinó el módulo de elasticidad y el módulo de rotura (MOR) mediante ensayo de flexión estática en máquina universal.

De las tablas ensayadas se confeccionaron pequeñas probetas libres de defectos, para ensayos de flexión estática, flexión dinámica, dureza JANKA, contenido de humedad y densidad corriente.

En estos ensayos también se analizó la variación en el radio y en la altura del fuste.

Se confeccionaron tablas comparativas de los resultados obtenidos de los pinos nacionales analizados en este trabajo entre sí y también con dos pinos estudiados dentro del Proyecto JICA - LATU. También se realizaron cuadros comparativos con otras especies de pinos iguales o similares que compiten directamente en el mercado nacional y en el extranjero (ejemplo: *Pinus radiata* de Chile y de Nueva Zelanda, *Pinus taeda* y *Pinus ponderosa* de EE.UU.).

Este trabajo se realizó sobre 72 trozas de *Pinus elliottii* y 72 de *Pinus taeda* provenientes de 30 árboles de cada especie, obtenidas de muestreos realizados en agosto y en setiembre del año 2001 respectivamente. En el momento del muestreo los árboles tenían 24 años de edad y una densidad final de 250 árboles por hectárea. De estas trozas (12 basales, 30 segundas y 30 terceras) se obtuvieron unas 216 tablas de 2"x 6" (3 tablas por troza) que son las que fueron estudiadas.

Los variaciones de los resultados de los ensayos realizados, fueron analizados en el ancho del radio y en la altura del fuste. Se observó la gran influencia entre las distintas proporciones de madera juvenil y de madera adulta, esta última en mayor proporción a medida que nos acercamos a la corteza y también cuando subimos en la altura del fuste (menores valores madera juvenil y mayores en la madera adulta)

Se analizaron las correlaciones entre las distintas propiedades evaluadas en las trozas, como el MOE (FFT Analyzer) y el MOE (máquina universal) $r = 0,914$ y $0,948$, la relación entre MOE y MOR (máquina universal) $r = 0,650$ y $0,632$ para *Pinus elliottii* y *Pinus taeda* respectivamente. En cuanto a la relación entre MOE (FFT Analyzer) y la velocidad de crecimiento expresada como diámetro a la altura de pecho (DAP) los valores fueron los siguientes ($r = -0,382$ y $-0,373$ respectivamente).

Se obtuvieron para tablas los siguientes valores promedios de MOE y MOR , $7050 \text{ MPa} / 36 \text{ MPa}$ para *Pinus elliottii* y $8383 \text{ MPa} / 38 \text{ MPa}$ para *Pinus taeda* respectivamente. Los valores promedios de MOE y MOR obtenidos de las pequeñas probetas libres de defectos son los siguientes $6699 \text{ MPa} / 63 \text{ MPa}$ para *Pinus elliottii* y $8190 \text{ MPa} / 73 \text{ MPa}$ para *Pinus taeda* respectivamente.

Se clasificaron las tablas ensayadas (2"x 6") según norma JAS (Japan Agricultural Standard) para madera de coníferas para uso estructural en la construcción, obteniendo diferentes resultados para las dos especies analizadas y para el tipo de tabla (según su ubicación en el radio), en el caso del *Pinus elliottii* solo un 20 % de las tablas podría utilizarse como madera para uso estructural, en cuanto al *Pinus taeda* calificarían el 44 % de las tablas.

En los resultados que muy claro la gran influencia que tiene la alta presencia de madera juvenil en los valores de las propiedades físicas y mecánicas, lo que nos hace suponer que a medida que se prolonguen los turnos de nuestras plantaciones de pinos, obtendremos mayor calidad de madera. Esto se comprobó en las comparaciones de especies tanto nacionales con las extranjeras.

Laboratorio Tecnológico del Uruguay
Sector Productos Forestales

Av. Italia 6201- CP. 11500-Montevideo, Uruguay
Tel. (+598-2)601.3724 Int. 203 / 321 Fax:(+598-2)601.8554
e-mail: rdecas@latu.org.uy