

Determinación de la calidad de tableros aglomerados elaborados con *Eucalyptus Tereticornis* Smith.

RESUMEN

El presente trabajo permitirá caracterizar tecnológicamente la madera joven de cuatro familias (15, 30, 41 y 65) de *Eucalyptus tereticornis* Smith, basándose en las propiedades físico-mecánicas de tableros aglomerados elaborados con partículas de madera de estas familias, con el fin de tener un patrón de referencia al momento de seleccionar o recomendar a futuro plantaciones con mejor performance. Los paneles aglomerados se realizaron en el Instituto de Tecnología de la Madera (ITM) de la Facultad de Ciencias Forestales, Santiago del Estero, Argentina. El adhesivo empleado fue resina de urea-formaldehído. Las familias de *Eucalyptus tereticornis* SMITH mostraron diferencias significativas en las propiedades ensayadas. La familia 65 expuso mejores valores respecto del resto.

Palabras claves: paneles, propiedades, familias, *Eucalyptus tereticornis*.

ABSTRACT

This work will let the early wood of the four *Eucalyptus tereticornis* Smith families (15, 30, 41 y 65) be characterized on the basis of the physico-mechanic properties of particle-board made out of the wood of these families, in order to obtain a reference pattern at the time of selecting or recommending better performing plantations to be. These boards were made at the Wood-based Boards Laboratory in the Wood Technology Institute (WTI) of the Faculty of Forest Sciences, Santiago del Estero, Argentina. The urea-formaldehyde resin was the adhesive used. The families

of *Eucalyptus tereticornis* showed significant differences in the physical-mechanical properties tested in this work. While none of them had values within the ranges set by standard method, family values 65 exhibited best from the rest.

Key words: boards, properties, families, *Eucalyptus tereticornis*.

Ing. Maximiliano Umlandt ¹
MSc. Ing. Estela Pan ²
Dr. Ing. Juan Carlos Medina ³
Ing. Vanesa Jiménez ⁴
Rocio Moreno ⁵

¹ Ing. en Industrias Forestales
E-mail: maximiliano.umlandt@gmail.com

² Ing. en Industrias Forestales
E-mail: epan@unse.edu.ar

³ Dr. Ing. en Industrias Forestales
E-mail: jcmedina@unse.edu.ar

⁴ Ing. en Industrias Forestales
E-mail: paulavanesajimenez@gmail.com

⁵ Estudiante de Ing. Forestal
E-mail: rociocelstemoreno@gmail.com

Universidad Nacional de Santiago del Estero

INTRODUCCIÓN

El desarrollo forestal industrial de un país se basa en el cultivo en gran escala de árboles de especies de rápido crecimiento para la producción de madera comercial, Marcó [1]. Las plantaciones forestales por su concentración espacial son adecuadas para generar actividades comerciales e industriales rentables y para dinamizar el sector con la generación de puestos de trabajo, Cabrera Gaillard [2].

A nivel mundial, el eucalipto se ha plantado inicialmente con objetivos celulósicos y/o energéticos, y en menor medida para tableros. 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 dos países: Brasil y la India, Sánchez Acosta [3]; Mantero [4]. Según la Dirección de Producción Forestal del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (MAGyP) [5], Argentina cuenta con alrededor de 1,2 millones de hectáreas de bosques cultivados. El 80% de las plantaciones se encuentran en la Región Mesopotámica (Misiones, Corrientes y Entre Ríos) y también hay regiones de gran importancia como el Delta de Entre Ríos y Buenos Aires, Neuquén, Río Negro, etc. En Argentina las especies forestadas son el pino (54%), eucalipto (32%), salicáceas (11%) y otras especies (3%).

En Santiago del Estero, el *Eucalyptus tereticornis* se ha destacado por su rápido crecimiento y aceptables características de trabajabilidad de su madera, sin embargo, la madera de éste *Eucalyptus* se caracteriza por presentar elevadas tensiones de crecimiento y la liberación de éstas durante las operaciones de apeado, aserrado y secado crea problemas en su utilización y adecuado aprovechamiento industrial (presencia de grietas, alabeos en madera aserrada y secada), Pan [6].

En América Latina, la fabricación y el empleo de madera reconstituida en forma de tableros, es la tendencia contemporánea en Ingeniería de la madera. Los tableros

más comunes en el mercado son los tableros aglomerados, los contrachapados y los enlistonados. La madera reconstituida y su combinación con adhesivos adecuados, permiten una superficie continua útil mayor que las posibles de obtener del tableado de los árboles. Los árboles destinados a madera en tablas serán cada vez de menor diámetro. Esta limitación geométrica se soluciona con la recomposición a partir de fibras, partículas, astillas, tabletas y chapas de madera, en tableros con superficies y espesores acordes a usos específicos en Ingeniería de la madera, Sotomayor Castellano [7]; Chan [8].

En Argentina la producción de tableros de partículas durante 2012 fue de 506.109 m³. Exportó 99.757 m³ e Importó 11.000 m³. Actualmente en Argentina se encuentran cinco fábricas con una capacidad instalada de 690.000 m³/año, que se localizan en las provincias de Buenos Aires, Entre Ríos, Santa Fe y Mendoza. En el presente, la mayor producción es de tableros con revestimientos melamínicos, destinados a la industria del mueble, y también para la industria de la construcción, con productos tales como tableros hidrófugos y resistentes al tránsito, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca [9]; Coronel [10].

A modo de aportar al sector foresto-industrial, un patrón de referencia para seleccionar o recomendar a futuro plantaciones con mejor performance, el presente trabajo tiene por fin, caracterizar tecnológicamente los paneles aglomerados elaborados con partículas provenientes de madera joven de *Eucalyptus tereticornis*, plantados actualmente en Santiago del Estero.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material

Para la elaboración de los tableros se utilizó partículas de madera de *Eucalyptus tereticornis* proveniente de 4 familias de polinización abierta (15, 30, 41 y 65). Los individuos fueron seleccionados por sus características de crecimiento y rectitud de fuste en base a su mérito genético, dentro de un ensayo de

progenies, instalado en la Estación Experimental Fernández, ciudad de Fernández, Departamento Robles, Santiago del Estero, Argentina. Estos materiales provienen de un área productora de semilla en Anhembi, Sao Paulo, adquirido en el Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (IPEF), Brasil.

El adhesivo empleado fue resina de urea-formaldehído diluida en agua, aplicada en una relación del 10% respecto al peso seco de la madera.

Método

De acuerdo a la metodología recomendada por Maloney [11] y Moslemi [12], se fabricaron un total 16 tableros, 4 tableros por cada una de las familias que fueron consideradas como tratamientos (15, 30, 41 y 65). Los tableros

se realizaron con un espesor de 16 mm, con aristas de 54 cm y 55,5 cm, y se elaboraron con una densidad teórica de 700 kg/m³.

Para la obtención de las partículas se llevó a cabo la selección de 4 individuos a apear de *Eucalyptus tereticornis*, cuyas trozas obtenidas fueron transportadas al aserradero del Instituto de Tecnología de la Madera (ITM). Estas trozas provienen de la parte del fuste comprendida entre 1,30 m y 2,30 m de altura, de acuerdo a la metodología reportada por Pan *et al.* [13]. Los rollos fueron aserrados para obtener tacos de madera de dimensiones adecuadas (12 cm de ancho, 10 cm de alto y 18 cm de largo), para realizar posteriormente las operaciones de chipeado, molinado, secado, encolado y formación del tablero, conforme se muestra en la figura 1.







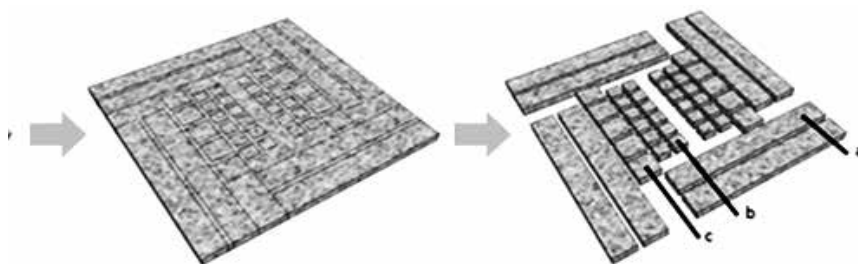
| OPERACIÓN: | | Astillado | Molinado | Separación | Secado | Encolado | Preprensado y Prensado |
|------------|--|--|--|--|---|---|--|
| EQUIPO: | |  |  |  |  |  |  |
| | | Astilladora BENZER | Molino CONDUX | Zaranda oscilatoria Allgaier | Estufa | Encoladora de tambor rotativo | Prensa hidráulica de platos calientes, BÜRKLE |
| MATERIAL: | Familias de <i>Eucalyptus Tereticornis</i> : 15, 30, 41 y 65 | Reducción primaria. Obtención de un espesor de partículas de 0,5 mm | Reducción secundaria. Obtención de una longitud de partículas en 20 mm | Separación por medio de 2 tamices: 8 x 24 mm y 2 mm | Secado con circulación de aire forzado a una temperatura de 60°C | Concentración de cola: 10 %. Composición: 320 g de adhesivo, 16 g de endurecedor (NH ₄ Cl) y 160 cm ³ de agua | Preprensado: 15 kg/cm ² durante 15 segundos. Prensado: 46 kg/cm ² , durante 12 min. Proceso a 100 °C |

Figura 1 - Operaciones, equipos y materiales utilizados para la elaboración de los paneles aglomerados. Fuente: Dr. Ing. J. C. Medina [14]. Elaboración: Ing. Maximiliano Umlandt.

Los tableros elaborados fueron acondicionados durante una semana en cámara climatizadora a 20 °C y 65% de humedad relativa, con el fin de estabilizar los paneles con el ambiente. Luego fueron escuadrados para la posterior obtención de probetas tal como lo muestra el esquema en la figura 2.





Esquema seguido en la extracción de las probetas, siendo "a" la probeta de Flexión Estática; "b", Pesp Específico u Humedad; "c" Hinchazón.

Figura 2 - Esquema seguido en la extracción de las probetas. Fuente: Normas DIN [15]. Elaboración: Ing. Maximiliano Umlandt.

La caracterización física y mecánica de los diferentes tableros se llevó a cabo de acuerdo a las Normas DIN [15]. Las probetas obtenidas fueron estabilizadas higrométricamente en cámara climatizadora, a temperatura de 20 ° C y humedad relativa del 65 %. Los ensayos físicos y mecánicos se llevaron a cabo en el laboratorio de "Propiedades Físicas y Mecánicas de la Madera" del ITM.

Los valores de las propiedades físicas y mecánicas que describen las características finales de los paneles son la Media Aritmética, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación. Cada familia (15, 30, 41 y 65) fue considerada un tratamiento y para cada tratamiento se fabricaron cuatro tableros, considerando cada uno como una repetición. Para establecer la diferencia estadística entre tratamientos se utilizó un modelo experimental completamente aleatorizado. Se llevó a cabo un análisis de variancia que permitió establecer la existencia o no de diferencias estadísticas entre los paneles. Posteriormente, establecida la diferencia estadística, se realizó un estudio de comparación de medias a través del Test de Tukey ($P \leq 0,05$).

80



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características de la materia prima

El material utilizado no presentó problemas durante las operaciones de astillado, molienda y encolado, conforme a la metodología utilizada por Medina [14] y Carranza [16]. En la tabla 1 se presentan los valores medios de longitud, espesor y coeficiente de esbeltez (CE) de las partículas empleadas.

Tabla 1 – Coeficientes de esbeltez de las partículas de las distintas familias de *Eucalyptus tereticornis* ensayadas

| Características de las partículas | | | | | | |
|---|------------------|--------------------|-------|-------|------|---------------|
| Familias | Largo medio (mm) | Espesor medio (mm) | CE | C.V. | A.V. | Test de Tukey |
| 15 | 26,06 | 0,55 | 49,22 | 28,49 | * | A |
| 30 | 25,45 | 0,53 | 49,41 | 26,96 | | A |
| 41 | 24,52 | 0,48 | 54,94 | 31,70 | | A |
| 65 | 26,01 | 0,46 | 61,34 | 38,39 | | B |
| A.V.: Análisis de Variancia donde * es significativo con 95% de certeza; y ns es no significativo Test de Tukey: letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,5$) | | | | | | |

De las operaciones de astillado y molienda se obtuvieron virutas con distintos CE para cada familia. La mayoría de las partículas al momento de medirlas parecían estar quebradas. Pan [6], señala que la madera de *E. tereticornis* plantados en Santiago del Estero es quebradiza (o vidriosa), lo que permitiría suponer que las virutas al pasar por la malla del molino se partieron o quebraron, provocando así una alta variabilidad en las dimensiones de las partículas obtenidas. Debido a las diferencias de CE entre las familias, se realizó un análisis de la variancia y se determinó que estas diferencias son estadísticamente significativas a un 95% de certeza.

Los CE calculados para las familias 15; 30 y 41 resultaron bajos comparados con el rango de 60 a 120 sugerido por Ginzel y Peraza [17]; y Peredo [18], para que las propiedades

físicas y mecánicas de los paneles elaborados, sean aceptables. Poblete [19], explica que cuando la esbeltez es más baja que la prescripta (60-120), se notan tendencias dispares en las propiedades físico-mecánicas. Así, la disminución del tamaño de la partícula afecta el comportamiento mecánico, verbigracia la resistencia a la flexión se reduce. El CE de la familia 65 está dentro del rango mencionado.

Caracterización física y mecánica

En la tabla 2 y 3 presentan los parámetros estadísticos de las diferentes propiedades físicas y mecánicas determinadas en este trabajo.

Tabla 2 – Estadígrafos para los ensayos de humedad y densidad

| Tratamiento | Humedad (%) | | | | Densidad real (g/cm ³) | | | |
|-------------|-------------|-------|------|-------------|------------------------------------|------|------|-------------|
| | Media | C.V. | A.V. | T. de Tukey | Media | C.V. | A.V. | T. de Tukey |
| Familia 15 | 9,53 | 3,80 | | A | 0,749 | 5,65 | | B |
| Familia 30 | 9,67 | 10,08 | * | A | 0,716 | 4,52 | * | A |
| Familia 41 | 9,35 | 5,05 | | A | 0,754 | 7,40 | | B |
| Familia 65 | 10,36 | 5,50 | | B | 0,745 | 8,20 | | A B |

A.V.: Análisis de Variancia donde * es significativo con 95% de certeza; y ns es no significativo
 Test de Tukey: letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,5$)

Tabla 3 – Estadígrafos para los ensayos de hinchamiento y flexión estática

| Tratamiento | Hinchamiento (%) | | | | Flexión (N/mm ²) | | | | | | | | | | |
|-------------|------------------|-------|-------|-------------|------------------------------|-------|------|-------------|---------|-------|--|---|---------|-------|-----|
| | 2 Hs | | 24 Hs | | MOR | | MOE | | | | | | | | |
| | Media | C.V. | A.V. | T. de Tukey | Media | C.V. | A.V. | T. de Tukey | | | | | | | |
| Familia 15 | 12,29 | 34,38 | | A | 50,87 | 16,80 | | A | 5741,46 | 53,07 | | A | | | |
| Familia 30 | 28,53 | 11,71 | | C | 79,73 | 38,09 | | B | 4,38 | 28,11 | | A | 6444,76 | 62,94 | A B |
| Familia 41 | 22,26 | 25,42 | | B | 60,13 | 10,19 | | A | 4,28 | 35,33 | | A | 6012,92 | 50,82 | A B |
| Familia 65 | 14,30 | 34,73 | | A | 52,69 | 12,82 | | A | 6,23 | 20,59 | | B | 3512,81 | 34,61 | B |

* A.V.: Análisis de Variancia donde * es significativo con 95% de certeza; y ns es no significativo
Test de Tukey: letras comunes no son significativamente diferentes (p > 0,5)

- Ensayos físicos de los paneles de partículas

Humedad:

Como se observa en la tabla 2, la humedad de equilibrio media de la familia 65 es la más alta; y es significativamente diferente de las demás familias (para un $p > 0,5$). Para Deppe y Ernst (1966), citados por Moslemi [12], un indicador del correcto fraguado de la cola, es un contenido de humedad de los tableros al salir de la prensa de $8 \pm 2\%$. La Norma DIN 50014 señala valores de humedad de equilibrio para tableros aglomerados comprendidos en $9 \pm 3\%$. Además, FAO [20], cita al Centro Técnico de la Madera, en París, el cual especifica un rango para el contenido de humedad de equilibrio comprendido entre el 7% al 12%. Los valores medios de las cuatro familias se encuentran dentro de los rangos citados, por lo tanto es esperable que al momento de ensayar las probetas, éstas se encontraban en condiciones semejantes de climatizado, factor importante a tener en cuenta, debido a que el contenido de humedad de equilibrio es una de las variables que influyen en las propiedades de los tableros de partículas, Medina [14], Manzano Sosa [21], Ginzel y Peraza [17].

Densidad:

La tabla 2 presenta los valores medios reales de densidad obtenidos para cada familia que, aunque con pequeñas variaciones, se ajustan a los valores teóricos planificados $0,70 \text{ g/cm}^3$, de manera similar a lo ensayado por Mendez [22] y Carranza [16]. Al respecto, Contreras [23], atribuye la diferencia entre densidades teóricas y reales, en parte, a la manipulación de las partículas de una máquina a otra durante el proceso de elaboración de los paneles. Medina [14] y Manzano Sosa [21] mencionan que entre las causas que producen la variación de densidad de los tableros, se encuentran la cantidad de material asignando durante el proceso de fabricación y las variaciones del contenido de humedad, tanto de las partículas que entran en la encoladora como el contenido de humedad de equilibrio

final del panel. Por lo tanto, la densidad del tablero va a estar condicionada por el contenido de humedad del mismo. Como se muestra en la tabla 2, existen diferencias significativas entre las densidades de los paneles de la familia 30 con las del resto.

Pan [6] reporta para las maderas de las familias 15; 30; 41 y 65 densidades básicas de $0,76 \text{ g/cm}^3$; $0,86 \text{ g/cm}^3$; $0,87 \text{ g/cm}^3$ y $0,93 \text{ g/cm}^3$ respectivamente. Tomando los valores de densidades básicas de las cuatro familias y las densidades teóricas establecidas para los paneles ($0,700 \text{ g/cm}^3$), obtenemos relaciones de compresión de 0,92; 0,81; 0,80 y 0,75. Todas las relaciones de compresión resultan bajas respecto al valor de 1,3 recomendado por Maloney [11]. Urzúa y Poblete [24]; y Medina [14], explican que es conveniente que la especie utilizada posea una densidad más baja que la densidad final del tablero aglomerado, para obtener paneles de calidad. Moslemi [12], señala que las materias primas de bajas densidades dan propiedades de resistencia superiores a las materias primas de alta densidad.

En base a los valores medios de densidad real que presentan los paneles de las cuatro familias, éstos se clasifican en tableros de densidad media, ya que se encuentran dentro de los rangos señalados por Coronel [10]; FAO [20]; Ginzel y Peraza [17]. Las normas DIN 68761, para tableros de densidad media, indican un rango de densidades comprendido entre 0.450 g/cm^3 a 0.750 g/cm^3 . Los valores alcanzados en este trabajo se encuentran dentro del rango establecido por la norma antes mencionada.

Hinchamiento en 2 y 24 horas:

Como los tableros presentaron diversos valores de hinchamiento se realizó el correspondiente análisis de varianza y test de Tukey (tabla 3), tanto para el hinchamiento en 2 hs como en 24 hs, resultando significativamente diferentes entre ellas. Hinchamiento 2 hs: las familias 30 y 41 presentaron los mayores valores de hinchamiento 2 hs; y entre ellas hubo diferencia significativa siendo la familia

41 la de peor resultado. A su vez las familias 15 y 65 presentan los mejores (menores) valores de hinchamiento y resultan estadísticamente similares. Hinchamiento 24 hs: La familia 30 resultó ser la de mayor hinchamiento diferenciándose estadísticamente de las otras tres familias. A su vez entre las tres de menor hinchamiento no existió diferencia significativa.

La norma DIN 52364, establece un hinchamiento máximo después de 2 y 24 horas de 8% y 16%, respectivamente, en todos los casos los hinchamientos estuvieron por encima del límite establecido por la norma. Mendes [22] al utilizar *Eucalyptus urophylla* de 7 y 12 años de edad en la elaboración de paneles aglomerados, con urea-formaldehído sin agentes hidrófugos, también obtuvo en ambos casos valores por encima de lo exigido por las normas. Nemli [25], para paneles elaborados con partículas de *Eucalyptus globulus* Labill, con el agregado de diversos niveles de partículas de acículas de *Pinus pinaster* Ait, obtuvo valores superiores a los especificados por la norma para 2 y 24 horas, excepto para los tableros con el nivel más alto de partículas de acículas (95%). El autor explica que estos tableros con mayor contenido de partículas de acículas cumplen con lo exigido en la norma, debido a los extractivos presentes en las acículas. Poblete [26] menciona que ninguna de las densidades ensayadas en su trabajo cumplió con lo exigido por la norma de hinchamiento; señalando que no se aplicaron productos hidrófugos que mejoren esta propiedad. Para Pelen [27] la incorporación de un agente hidrófugo a la resina cambiaría esta situación. Gorrini [28] en estudios realizados con *Eucalyptus nitens* que incluyeron hidrófugos, consiguió hinchamientos menores que cumplen con la norma. Nacar [29] en su estudio con *Eucalyptus camaldulensis* utilizó un 1% de cloruro de amonio y 0,5% de cera en la resina (urea-formaldehído), para mejorar la estabilidad dimensional de los paneles elaborados. Peredo [18] halló que la adición de un agente hidrófugo a los tableros confeccionados, no afectó significativamente la resis-

tencia a la flexión. Este trabajo no incluye la utilización de agentes hidrófugos, razón por la cual todas las familias presentaron valores de hinchamientos superiores a lo indicado por la norma. Con lo expuesto en las referencias anteriores, podemos inferir que el agregado de parafinas, ceras u otros agentes hidrófugos mejoraría los resultados. De los tableros aglomerados aquí ensayados, los que presentaron mejor comportamiento en relación al hinchamiento 2 hs son los elaborados con partículas de las familias 15 y 65.

- Ensayos mecánicos de los paneles de partículas

En la tabla 3 se presentaron los valores medios que resultaron de los ensayos de resistencia a la flexión estática (MOR y MOE). Dado que los tableros de los diferentes tratamientos presentaron diferencias entre si respecto del MOR y del MOE, se realizó el análisis de varianza y test de Tukey. Con respecto al MOR, existen diferencias significativas entre la familia 65 y el resto. En el caso del MOE, solo existen diferencias significativas entre las familias 65 y 41.

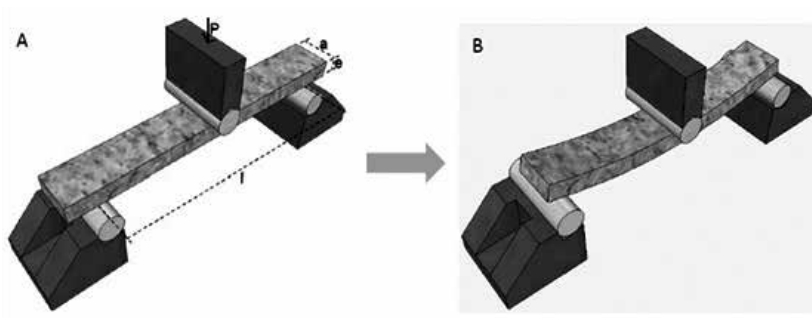


Figura 3 - Esquema de ensayo a la flexión estática (MOR y MOE).
Fuente: Norma DIN [15].
Elaboración:
Ing. Maximiliano Umlandt.

A: Esquema de los elementos de trabajo en el ensayo a la flexión, donde “a” y “e” son el ancho y el espesor de la probeta respectivamente. T es la longitud entre los apoyos de la probeta y “P” señala la dirección y sentido de la carga aplicada sobre la probeta.

B: Esquema de los elementos de trabajo en el ensayo a la flexión, representando la probeta deformada producto de la carga aplicada sobre ella.

Los valores de MOR para las cuatro familias ensayadas en este trabajo son bajos con respecto a los valores mínimos exigidos por la Norma DIN (18 N/mm²). No así en el caso del MOE, donde todas las familias presentaron valores superiores a los de la norma (3400 N/mm²).

Nacar [29] en su trabajo con *Eucalyptus camaldulensis*, evaluó las características físicas y mecánicas de los paneles aglomerados elaborados, para distintos niveles de resina ureica, densidades de tableros y tiempos de prensado. Los mejores resultados de MOR (17,46 N/mm²) y MOE (6172,16 N/mm²) los obtuvo en el tratamiento que incluía 8,9% de resina, 750 kg/m³ de densidad y 7 minutos de prensado. Mendes [22] trabajando con *Eucalyptus europophylla* obtuvo valores de MOR de 7,85 N/mm², los cuales son próximos a los obtenidos en este trabajo para la familia 65.

El tamaño de las partículas utilizadas en este trabajo son semejantes a las de *Eucalyptus cinérea* utilizadas por Pan [30], donde estableció que de los tres tamaños de partículas analizadas, las obtenidas de la malla 20-40, entregaron los valores más altos de MOE (1564,2 N/mm²) y MOR (13,6 N/mm²), valores que se asemejan a los publicados por Nemli [25]. Pan [30] explica que sus resultados pudieron deberse a que las partículas de ese tamaño se cubrieron mejor por la resina y tenía lazos más estrechos. Asimismo, es-

tableció que los tratamientos que incluían corteza mostraban valores menores de MOR y MOE respecto de los tratamientos que no la incluían. Las partículas de *E. tereticornis* utilizadas en este estudio incluían corteza, por lo que podemos atribuirle a este factor la obtención de valores más bajos de MOR, lo que se corresponde con lo expresado por Maloney [11]; y Ginzler y Peraza [17].

Es importante resaltar la alta variabilidad que presentaron los ensayos mecánicos (MOR y MOE) en este estudio. Según Poblete [19] esto puede ser atribuible al bajo coeficiente de esbeltez de las partículas. En relación a esto Contreras [23] explica que la irregularidad y diversidad de tamaños de partículas, especialmente los muy pequeños, pueden ocasionar que no se entrecrucen o traben al momento del prensado, ocasionando una menor resistencia al momento del ensayo. Moslemi [12], declara que materias primas de bajas densidades dan propiedades de resistencia superiores a las materias primas de alta densidad, lo que concuerda con los bajos valores de MOR obtenidos en este trabajo. Las partículas de la familia 65 presentan el mayor coeficiente de esbeltez, y un menor coeficiente de variabilidad, esto explicaría el valor de MOR superior respecto de las otras familias, lo cual estaría de acuerdo con lo reportado por Medina [14] y Peredo [18]. Se puede observar que, de manera general

en las familias, a medida que los valores de MOR aumentan, los valores de MOE disminuyen, los ensayos de Jiménez [31] mostraron la misma tendencia. La familia 65 presentó el valor más alto de MOR, en contraste, esta familia presentó el menor MOE.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Las cuatro familias presentaron valores bajos de coeficiente de esbeltez de acuerdo a lo recomendado por la bibliografía. Esto se debió al espesor de las partículas relativamente alto, y a la característica quebradiza de la madera de *E. tereticornis*, que proporcionó partículas cortas. Esto explica los bajos valores de MOR. La Familia 65 presentó el mejor coeficiente de esbeltez. Se recomienda realizar estudios granulométricos para determinar diferencias de calidad de partículas entre familias de *Eucalyptus tereticornis*.

- Los coeficientes de compresión resultaron bajos para el tipo de tablero elaborado (densidad media), por lo cual no se puede asegurar que haya existido íntimo contacto y adhesión entre las partículas durante el proceso de prensado. Esto explica, en parte, los valores bajos de hinchamiento y MOR.

- El hinchamiento en 2 horas y 24 horas resultó mayor en ambos casos a lo exigido por las normas DIN, pero comparables con otros trabajos en los que no se utilizaron agentes hidrófugos. Las familias 15 y 65 exhibieron el mejor comportamiento. Se recomienda realizar estudios para analizar el hinchamiento para diferentes niveles de adición de agentes hidrófugos; y su correlación con la resistencia mecánica de los paneles.

- Todas las familias presentaron valores de MOR inferiores a lo estipulado por normas, mientras que para el MOE los valores fueron superiores a lo indicado por normas y comparables con los resultados de otros estudios. La familia N° 65 presentó los mejores valores de MOR, en contraste esta familia presentó el menor valor de MOE.

- Las cuatro familias de *Eucalyptus tereticornis* mostraron diferencias significativas en las propiedades físico-mecánicas ensayadas.

Si bien ninguna de ellas presentó valores dentro de los rangos estipulados por normas, la familia 65 expuso los mejores valores de propiedades físicas y mecánicas respecto del resto. Se recomienda modificar las variables que correspondan en las distintas etapas de producción de los tableros de partículas, de acuerdo a las características que presenta esta madera proveniente de plantaciones en Santiago del Estero, con el propósito que pueda ser utilizada en la manufactura de tablero de partículas con fines industriales.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Marcó, M. A. 2005. Conceptos generales del mejoramiento genético forestal y su aplicación a los bosques cultivados de Argentina. Revista Mejores Árboles para más Forestadores. Proyecto Federal de Desarrollo. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos. Buenos Aires, Argentina. Pp 9 – 17.

[2] Cabrera Gaillard, C. 2003. Plantaciones Forestales: Oportunidades para el Desarrollo Sostenible. Serie de Documentos Técnicos N° 6. Instituto de Agricultura, Recursos naturales y Ambiente, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas, Universidad Rafael Landívar. Guatemala. Pp 20.

[3] Sanchez Acosta, M. y Sepliansky, F. 2005. Tecnología de la madera de eucaliptos colorados: propiedades – usos – posibilidades. I Jornadas Forestales de Santiago del Estero. Pp 21.

[4] Mantero, C. 1995. Aptitud de uso de la madera de los eucaliptos colorados para carpintería de obra. Ayuntamiento granada. Nápoles. Página web http://scholar.google.com.ar/scholar?cluster=70052318224543124&hl=es&as_sdt=2005&scioldt=0,5 Disponible el día 13 de octubre de 2012.

[5] Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (MAGyP). 2015. Argentina: Plantaciones Forestales y Gestión Sostenible. Bs.As., Argentina. Pp. 15.

[6] Pan, E. M. et al. 2013. Tensiones de crecimiento en madera de familias y progenies

de *Eucalyptus tereticornis* plantados en Santiago del Estero (inédito). Revista Quebracho, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero. Santiago del Estero, Argentina.

[7] Sotomayor Castellanos, J. R. et al. 2011. Caracterización mecánica de madera reconstituida: tableros aglomerados, contrachapados y enlistonados de madera evaluados con métodos no destructivos. Publicación Investigación e Ingeniería de la Madera, volumen 7, número 1. Morelia, Michoacán, México. Pp 16 – 35.

[8] Chan, M. et al. 2004. Tableros de madera de partículas. Artículo de divulgación Ingeniería, volumen 8 (3). Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán, México. Pp 39 – 46.

[9] MAGyP. 2012. Publicación: Industrias Forestales. Dirección de Producción Forestal, Subsecretaría de Agricultura, Secretaría de Agricultura Ganadería y Pesca, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación. Buenos Aires, Argentina. Pp 29.

[10] Coronel, E. O. 2006. Productos forestales argentinos. Serie de publicaciones 2006, Instituto de Tecnología de la Madera, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero. Santiago del Estero, Argentina. Pp 83 – 92.

[11] Maloney, T. 1977. Modern particleboard and dry process fiberboard manufacturing. Miller Freeman Publications. San Francisco, EEUU. Pp. 672.

[12] Moslemi, A. A. 1974. Particleboard: materials. Volume 1. Southern Illinois University Press. Carbondale, Illinois, EEUU. Pp 244.

[13] Pan, E. M; Ruiz, A. P. y Ruiz E. 2009. Propiedades tecnológicas de la madera 1ª parte. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero. Editorial Lucrecia. Santiago del Estero, Argentina. Pp 184.

[14] Medina, J.C. 2012. Guía de estudio cátedra Industrias Mecánicas de la Madera II. Carrera de Ingeniería en Industrias Forestales, Facultad de Ciencias Forestales, Univer-

sidad Nacional de Santiago del Estero. Santiago del Estero, Argentina.

[15] Normas DIN. 1982. Normen über Holz. Deutsches Institut für Normung eV. Beuth – Vertrieb GMBH. Berlin, Köln, Frankfurt, Alemania.

[16] Carranza, M. 2004. *Geoffroea decorticans* (Gills. X H. et A.). Burk "Chañar". Propiedades y utilización de su madera en la elaboración de tableros aglomerados convencionales de uso exterior y virutas orientadas (OSB). Trabajo final. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero. Santiago del Estero, Argentina. Pp. 143.

[17] Ginzel, W. y Peraza, C. 1966. Tecnología de los tableros de partículas. Ministerio de Agricultura, Dirección General de Montes, Caza y Pesca Fluvial, Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias. Madrid, España. Pp 187.

[18] Peredo, M. 1988. Fabricación de tableros de partículas para uso en exteriores. Revista Bosque volumen 9, número 1. Valdivia, Chile. Pp 35 – 42.

[19] Poblete, H. 1985. Influencia del tamaño de la partícula sobre las propiedades mecánicas flexión y tracción en tableros de partículas aglomerados con urea formaldehído. Simposium *Pinus radiata* Investigación en Chile. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. Pp. 241 – 256.

[20] FAO .1968. Tableros contrachapados y otros paneles a base de maderas. Informe de una consulta internacional sobre tableros contrachapados y otros paneles a base de madera. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia. Pp 250.

[21] Manzano Sosa, A. 2000. Tesis de grado. Propiedades físico - mecánicas de tableros aglomerados de partículas de 12, 16 y 19 mm de una empresa del estado de Durango. División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México. Pp 65.

[22] Mendez, M. 2009. *Eucalyptus urophylla* Stands wood utilization at two different ages

for production of particleboard panels. *Revista Cerne*, Volumen 15 (3). Universidade Federal de Lavras, Brasil. pp. 288 – 294.

[23] Contreras, W. et al. 2008. Determinación de las propiedades de resistencia de los tableros aglomerados de partículas, fabricados con vástago de plátano y adhesivofenol formaldehído (R10/R13%). *Tecnología y Construcción* volumen 24 (3). Caracas, Venezuela. Pp.

[24] Urzua, J.D. y Poblete, H. 1980. Utilización silvoagro-pecuaria de los terrenos de Ñadi. Factibilidad técnica de la producción de tableros de partículas utilizando especies que crecen en terrenos de Ñadi. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile. Convenio SERPLAC X Región - U. Austral de Chile. Valdivia, Chile. Pp 140.

[25] Nemli, G. y Aydin, G. 2007. Evaluation of the physical and mechanical properties of particleboard made from the needle litter of *Pinus pinaster* Ait. *Journal Industrial Crops and Products*, volume 26. E.E.U.U. Pp 252 – 258.

[26] Poblete, H. 2010. *Eucalyptus nitens* como materia prima para tableros de partículas. *Revista Maderas: Ciencia y Tecnología*, volumen 12, número 1. Concepción, Chile. Pp 25 – 35.

[27] Pelen, P., Poblete, H. e Inzunza, E. 1998. Duramen y albura de *Acacia melanoxylon* como materia prima para tableros de partículas. *Revista Bosque*, volumen 19, número 2. Valdivia, Chile. Pp 29-36.

[28] Gorrini, B. et al. 2004. Tableros de partículas y MDF de *Eucalyptus nitens*: ensayos a escala industrial. *Revista Bosque*, volumen 25, número 3. Valdivia, Chile. pp. 89 – 97.

[29] Nacar, N. et al. 2005. Some of the properties of particleboard panels made from *Eucalyptus*. Página web: <http://www.thefree-library.com/Some+of+the+properties+of+particleboard+panels+made+from+eucalyptus.-a0145780428> Disponible el día 16 de septiembre de 2012.

[30] Pan, Z. et al. 2007. Physical properties of thin particleboard made from saline Eucalyptus.

Journal Industrial Crops and Products, volume 26. E.E.U.U. Pp 185 – 194.

[31] Jiménez, P. V. 2013. Uso de residuos de garlopa y cepilladora de las especies *Proso-pis alba* y *Pinus sp.* en aglomerados. Trabajo final de grado. Instituto de Tecnología de la Madera, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero. Santiago del Estero, Argentina. Pp 92.