

ARTICULOS

Tableros de partículas con renovales de roble (*Nothofagus obliqua*), raulí (*N. alpina*) y un híbrido de ambos

Particleboards from second growth woods of roble (*Nothofagus obliqua*), raulí (*N. alpina*) and a hybrid of both

C.D.O.: 862.2

HERNAN POBLETE W.

Instituto de Tecnología de Productos Forestales, Universidad Austral de Chile, Casilla 567, Valdivia, Chile.

SUMMARY

Second growth thinning materials from stands of roble (*Nothofagus obliqua*), raulí (*Nothofagus alpina*) and hybrid of both was utilized for particleboard production. Board properties (Bending strength, MOR, Internal bond, Thickness swelling, water absorption) were related to wood properties (Specific gravity, extracts, pH-value). Results indicate that wood from Raulí stands produces the best particleboards.

RESUMEN

El producto de los raleos de renovales de roble (*Nothofagus obliqua*), raulí (*Nothofagus alpina*) y un híbrido de ambas especies fue procesado y utilizado para producir tableros de partículas. En el estudio se relacionan las propiedades de los tableros (flexión, tracción, hinchamiento, absorción de agua) con características de la madera de estas especies (densidad, extraíales, pH). Los resultados señalan a la madera de raulí como la de mejor aptitud para la elaboración de tableros.

1. INTRODUCCION

Los bosques de renovales de roble (*Nothofagus obliqua*) y raulí (*Nothofagus alpina*) cubren una superficie aproximada de 150.000 há, distribuidas entre el río Teño (35° S) y el norte del lago Llanquihue (40°-41° S) (De Camino *et al.*, 1974; Puente *et al.*, 1979).

Ambas especies (*N. alpina* y *N. obliqua*) presentan excelentes características tecnológicas, siendo de suma importancia iniciar un manejo adecuado de estos bosques. Rocuant (1974) estudió la influencia de diferentes técnicas silviculturales sobre este tipo de bosques, concluyendo que el raleo favorece el desarrollo de este tipo forestal al reducir la competencia entre individuos.

Naveillan (1986) estudió las propiedades tecnológicas de tableros de partículas elaborados con diferentes tipos de materiales, provenientes del raleo de renovales. Los resultados obtenidos por este autor permiten comprobar que los tableros de partículas producidos con roble y raulí, crecidos en Valdivia, cumplen con los requisitos establecidos por normas internacionales.

Estos resultados, sumados al problema de encontrar alternativas de uso apropiadas para el producto de raleos hacen interesante el estudiar la aptitud de estas especies para la producción de tableros.

En la fabricación de los tableros de partículas influye un sinnúmero de factores que varían dependiendo de las especies utilizadas, de los adhesivos empleados, del tipo de tablero producido y del ciclo de prensado aplicado durante la producción. Considerando estos aspectos, en el presente estudio se optó, en primer lugar, por determinar la densidad de las maderas utilizadas y el valor de pH de ellas. La densidad de la especie tiene una notable influencia sobre las propiedades de los tableros, siendo indispensable que la densidad del tablero sea superior a la de la madera utilizada (Vital *et al.*, 1974). Por su parte, el valor de pH de la madera influye sobre el proceso de fraguado del adhesivo y es un elemento importante de considerar al decidir la cantidad de catalizador a agregar al adhesivo (Roffael *et al.*, 1975).

Otro factor importante a considerar son las dimensiones de las partículas empleadas. El tamaño

de éstas está determinado por la densidad, estructura anatómica de la especie y por el tipo de procesamiento del material. En el trabajo que se presenta a continuación se mantuvieron constantes las condiciones de transformación de la madera, por lo que fue necesario analizar el largo, espesor y la relación de ambas medidas (coeficiente de esbeltez) en las partículas obtenidas de las tres especies en estudio. Estos parámetros son importantes para la calificación de cada especie y permiten enriquecer la discusión de los resultados.

Finalmente, se procedió a fabricar los tableros manteniendo constante la composición del adhesivo y el ciclo de prensado, evaluándose la calidad de los tableros por medio de la determinación de las propiedades físicas: densidad, hinchamiento y absorción de agua, y de las propiedades mecánicas: flexión estática (módulo de rotura) y tracción perpendicular al plano.

2. MATERIAL Y METODO

2.1. *Astillas.* Como material para la fabricación de los tableros de partículas se utilizaron astillas producidas con madera de árboles sin descortezar y sin ramas, de las especies roble (*N. obliqua*), raulí (*N. alpina*) y un híbrido de ambas (*Nothofagus* sp.), provenientes del raleo de renovales ubicados en la Séptima Región, en el área de protección Radal 7 Tazas. La selección de los árboles para el estudio se realizó considerando que sus diámetros debían fluctuar entre 10-20 cm, dimensión apta para la producción de tableros de partículas y que corresponden al tipo de material que se puede obtener por medio de raleos.

2.2. *Adhesivos.* Teniendo en consideración que los tableros a estudiar corresponden a aquellos de uso en interiores, se utilizó como adhesivo ureaformaldehído con una concentración de sólidos de 50%. Como catalizador se agregó cloruro de amonio (NH_4Cl).

2.3. *Equipos.* Para determinar algunos parámetros tecnológicos básicos (densidad de la madera y pH), así como en la confección y análisis de las propiedades de los tableros, se utilizaron los equipos del laboratorio de tableros del Instituto de Tecnología de Productos Forestales, en la Universidad Austral de Chile.

2.4. *Determinación del valor de pH.* La determinación del valor de pH fue realizada en soluciones de harina de madera obtenida de muestras tomadas antes y después del secado. La medición se realizó de acuerdo con las recomendaciones de Poblete (1984), disolviendo 10 g de harina de madera en

100 ml de agua destilada. La determinación de pH se realizó luego de 4 horas de agitación a 200 rpm.

2.5. *Determinación de la densidad de las especies.* Se tomaron muestras de la parte central de las trozas y de ellas se obtuvieron probetas cúbicas de 1 cm de arista. Las probetas se trataron en una cámara de clima, alcanzándose una humedad de equilibrio del 12%.

2.6. *Astillado y viruteado.* Para la producción de astillas se utilizó un astillador marca Klockner modelo TR 30. Una vez producidas las astillas se utilizó una viruteadora marca Pallman modelo PZ 2, para reducir las astillas a partículas.

2.7. *Secado y tamizado de las partículas.* Mediante una cámara de secado de astillas Heraeus, modelo TU h2, se redujo el contenido de humedad de las partículas a un 7%. Luego de esta primera etapa de secado se procedió a tamizar el material para separarlo en partículas gruesas, destinadas a la capa media del tablero, y finas, para las capas externas del tablero. El material grueso se sometió a un segundo tratamiento de secado, con el objeto de lograr un contenido de humedad de un 4%. De esta forma, cada tipo de partículas alcanzó el porcentaje de humedad más adecuado para realizar la operación de encolado en óptimas condiciones.

A estos dos tipos de materiales se les realizó un análisis del tamaño de las partículas. Lo anterior se efectuó según la metodología propuesta por Poblete (1979), tamizando diferentes muestras de madera y determinando, para cada clase de tamaño, la participación porcentual, el espesor y el largo promedio.

2.8. *Encolado de las partículas.* Las partículas, una vez secas y clasificadas, se encolaron en forma separada, aplicando un 9% de resina sólida en el caso de las partículas para capas externas, y un 7% en las partículas de la capa media. Ambos porcentajes fueron calculados en base al peso seco de las partículas. El catalizador, cloruro de amonio, se agregó como porcentaje del adhesivo sólido en cantidades de 1.5% para las capas externas y 2.5% para la capa media.

El adhesivo fue distribuido sobre las partículas por medio de toberas, con una encoladora marca Drais modelo FSP 80.

2.9. *Fabricación de los tableros.* Los tableros se fabricaron con una densidad calculada de 700 kg/m³ y 11 mm de espesor, destinándose un 40% del material a las capas externas y un 60% a la capa media. Con estas proporciones se logró un contenido promedio de adhesivo de un 7.8%, lo que equivale a las cantidades utilizadas en la producción industrial.

En ensayos previos a los definitivos se determinó que durante el prensado la presión máxima debe ser de 2.5 N/mm² y que debe descender a 1.25 N/mm² una vez que el centro del tablero haya alcanzado 100°C. Esta última determinación se realizó por medio de una termocupla.

La temperatura a aplicar, necesaria para lograr los 100° C en un período de tiempo corto y acorde con las posibilidades de una prensa para este tipo de tableros, fue de 160°C.

El resultado del estudio sobre el programa de prensado dio origen a un ciclo de 5 minutos. Este proceso consideró la aplicación de presión máxima (2.5 N/mm²) durante 2 minutos. Posteriormente la presión disminuyó lentamente a 1.25 N/mm², para facilitar la salida del vapor y gases producidos durante el fraguado del adhesivo. El ciclo finalizó en un período de 2,5 minutos a 1.25 N/mm².

Todos los factores que participan durante este proceso se aplicaron en niveles que corresponden a los utilizados normalmente en las industrias de tableros de partículas.

2.10. *Determinación de las propiedades físicas y mecánicas de los tableros.* Con el objeto de controlar el proceso de fabricación, se determinó la densidad promedio de los tableros y el contenido de humedad de éstos al momento de ser ensayados. Ambas mediciones se llevaron a cabo según el procedimiento establecido por DIN 52361.

Aparte de estas propiedades físicas se realizaron los ensayos correspondientes a la determinación de hinchamiento a 2 y 24 horas, según DIN 52364. En forma paralela y para completar este ensayo, se midió la absorción de agua en las mismas probetas, expresando este parámetro como aumento porcentual del peso de la probeta después de sumergirla en agua (ASTM 1037).

En cuanto a las propiedades mecánicas, se midió la resistencia a la flexión estática (DIN 52362) por ser la propiedad más requerida en servicio a estos tableros. Se agregó a esta propiedad la determinación de la resistencia a la tracción perpendicular al plano, por ser la propiedad que mejor refleja la calidad de la unión entre partículas de la capa media. Esta propiedad mecánica se ensayó según lo prescrito por DIN 52365.

3. RESULTADOS

3.1. *Valores de pH.* El valor de pH de la madera influye durante el proceso de fraguado del adhesivo. En el caso del adhesivo utilizado en la fabricación de los tableros, ureaformaldehído, el fraguado se produce en óptimas condiciones cuando el pH se encuentra alrededor de 3.5 (Pobrete y Zárate, 1986). Debido a que las maderas tienen concen-

traciones de ácidos que no permiten alcanzar estos niveles de acidez, se agregan catalizadores al adhesivo. En este caso se empleó como catalizador cloruro de amonio, el cual reacciona con el agua produciendo amoníaco y ácido clorhídrico (Poblete, 1984).

Las muestras de madera obtenidas, a no menos de 50 cm de los extremos de las trozas, se procesaron para obtener harina de madera. De este material se tomaron 10 g para mezclarlos con 100 ml de agua destilada, durante 4 horas. Aparte de estas muestras, y siguiendo el mismo procedimiento, se determinó el valor de pH en muestras obtenidas de partículas secadas y preparadas para producir tableros (cuadro 1).

CUADRO 1

Valores promedio de pH medidos antes y después del secado de madera de roble, raulí y un híbrido de ambas.

Mean pH-values, before and after drying, of roble, rauli, and a hybrid from both.

Muestra	Roble	Híbrido	Raulí
Húmeda (12%)	5.1	5.9	4.5
Seca (4%)	4.8	4.6	4.1

Con los valores obtenidos antes del secado se podría estimar que la madera de raulí favorecería el fraguado del adhesivo, mientras que la madera de roble haría que el proceso de fraguado sea más lento.

Al proceder a secar la madera, en la forma de partículas, se utilizó un secador que opera con una temperatura promedio de 120° C. Con estas condiciones se inicia una hidrólisis de la madera, descomponiéndose parte de las hemicelulosas y liberando ácidos, principalmente acético y fórmico, lo cual baja el valor de pH del material. Por esta razón los valores de pH medidos en la madera seca, a un 4%, son notablemente más ácidos.

La pérdida de humedad y descomposición térmica provocada al secar la madera cambia el orden inicial en cuanto a la acidez de las especies. Es así como luego del secado la madera de raulí resulta ser la más apta para producir tableros con ureaformaldehído y la de roble la menos adecuada para este propósito.

3.2. *Densidad de la madera.* Los resultados de las mediciones de densidad de la madera, determinados en muestras obtenidas de 5 trozas, se presentan en el cuadro 2.

CUADRO 2

Densidad de la madera en g/cm^3 .
Wood density in g/cm^3 .

Troza N°	Roble	Híbrido	Raulí
1	0.581	0.677	0.606
2	0.590	0.653	0.565
3	0.640	0.661	0.556
4	0.535	0.674	0.548
5	0.633	0.646	0.530
Media	0.596	0.662	0.561
Desviación	0.0428	0.0135	0.0282

Con estos valores, y considerando que los tableros deben tener una densidad superior a la de la madera que se utilice para su fabricación, se decidió la densidad de los tableros a confeccionar, fijándola en 0.700 g/cm^3 .

Aparte de la importancia que tienen estos valores para definir la densidad de tablero, debe tenerse en cuenta que la densidad influye sobre las propiedades del mismo. En este caso la madera de raulí sería la más apropiada y la madera de híbridos la más desfavorable. La madera de roble se ubica en una posición intermedia.

De la misma forma que en el análisis de pH, los antecedentes de densidad de la madera son interesantes desde el punto de vista del conocimiento de las especies y para explicar las diferencias que se dan en los resultados de las propiedades de los tableros. Es necesario tener presente que la madera de raulí aparece favorecida tanto por los valores de pH como por su densidad. En el caso de roble y de los híbridos se trata de una situación más confusa, por cuanto la densidad favorece al roble y el valor de pH a los híbridos.

3.3. *Análisis del tamaño de partículas.* Con los valores obtenidos del cálculo del tamaño de par-

tículas se determinó el coeficiente de esbeltez, dividiendo el largo promedio, de cada especie, por el espesor promedio correspondiente (cuadro 3).

De acuerdo con los resultados de otros trabajos, al obtener partículas más largas y delgadas se mejora la flexión, mientras que partículas más cortas y gruesas permiten aumentar los valores de tracción, siendo el mejor indicador de la calidad de las partículas el coeficiente de esbeltez (Post, 1958; Poblete, 1985). Por estos motivos, los tamaños obtenidos, aunque presentan diferencias muy pequeñas entre las especies, podrían influir sobre las resistencias. Debe tenerse en cuenta que la diferencia en el tamaño de las partículas se debe exclusivamente a características propias de cada especie. En este caso se observa una estrecha relación entre la densidad de la madera y los tamaños obtenidos.

Cabe agregar que los tamaños y formas de partículas registrados corresponden a los que se utilizan normalmente en las industrias de tableros.

3.4. *Densidad de los tableros y contenido de humedad.* Tal como se mencionara anteriormente, los tableros fueron fabricados calculándose los materiales para obtener una densidad de 0.700 g/cm^3 . Sin embargo, esta densidad calculada suele no coincidir con la densidad real, medida en las probetas. La diferencia entre densidad calculada y densidad real se produce por pérdidas de material durante la elaboración, irregularidades en la distribución de partículas encoladas para formar el tablero, y diferencias en cuanto al contenido de humedad esperado y el obtenido después del climatizado (cuadro 4).

Los valores obtenidos en la medición y cálculo de la densidad de los tableros fueron ligeramente inferiores a la densidad calculada. El promedio de estas diferencias fue de 0.008 g/cm^3 , registrándose la diferencia máxima en la serie de tableros N° 4 de roble, con -0.05 g/cm^3 . Los resultados de los promedios por especie permiten verificar que las diferencias en densidad de tableros son pequeñas. Los valores obtenidos y las tendencias comprobadas en otros trabajos (Poblete, 1985) permiten

CUADRO 3

Análisis del tamaño de partículas, largo promedio, espesor promedio y coeficiente de esbeltez de las partículas de roble, raulí y un híbrido de ambas.

Particle geometry analysis from roble, rauli and a hybrid from both; mean values of particle length, thickness and length/thickness ratio.

Especie	Largo (mm)	Espesor (mm)	Coficiente esbeltez (CE)
Roble	21.18	0.38	55,7
Raulí	15.65	0.34	46.0
Híbrido	18.59	0.39	47.6

CUADRO 4

Densidad real de los tableros en g/cm³ y contenido de humedad, luego del climatizado (según DIN 53361).

Specific gravity and moisture content of Boards after conditioning.

Especie	Serie N°	Densidad g/cm ³		Contenido de humedad (%)	
		Media	Desviación	Media	Desviación
Roble	1	0.701	0,03	9.3	0.09
	2	0.690	0.05	9.5	0.05
	3	0.700	0.04	9.2	0.10
	4	0.650	0.06	9.2	0.05
	promedio	0.688	0.05	9.3	0.15
Raulí	1	0.692	0.03	9.3	0.04
	2	0.690	0.01	9.3	0.03
	3	0.680	0.04	9.4	0.04
	4	0.690	0.04	9.2	0.07
	promedio	0.691	0.03	9.3	0.07
Híbrido	1	0.660	0.02	9.4	0.04
	2	0.730	0.03	9.6	0.07
	3	0.680	0.03	9.6	0.02
	4	0.710	0.05	9.7	0.12
	promedio	0.699	0.04	9.6	0.13

indicar que su efecto sobre las propiedades físicas y mecánicas será ligeramente favorable para los tableros producidos con madera de híbrido.

Los contenidos de humedad determinados permiten asegurar que al momento de ensayar las probetas, éstas se encontraban en iguales condiciones de climatizado. Sin embargo, debe notarse que al efectuar el cálculo de materiales para producir los tableros, se estimó que la humedad final de éstos sería de 10%. Luego, al efectuar el climatizado se logró un contenido de humedad promedio de sólo 9.45%. Esta imprecisión del climatizado influyó directamente sobre la densidad de las probetas y explica en parte las diferencias existentes entre densidad calculada y real. Lo anterior se ve reforzado por los valores alcanzados con madera de híbridos, cuyos tableros presentan las humedades y densidades más altas.

3.5. *Resistencia a la flexión estática, módulo de rotura.* La resistencia a la flexión estática es la propiedad mecánica más requerida en la utilización de los tableros de partículas, lo que la transforma en una característica de gran importancia para calificarlos (cuadro 5).

Los resultados de flexión demuestran que la especie raulí es la más adecuada para la fabricación de este tipo de tableros.

La especie roble se presenta como la más desfavorable y registra el promedio más bajo de flexión. En esta especie la serie N° 4 posee una resistencia a la flexión notablemente inferior a las otras series de tableros. Esta disminución de la propiedad se debe principalmente a que la densidad de los tableros fue la más reducida (0.650 g/cm³), tal como se aprecia en el cuadro 4. En este caso, los valores más bajos de densidad son causa de pérdidas de material durante la formación de la estera de partículas. Sin embargo, si en el cálculo de la resistencia a la flexión de roble no se considera la serie N° 4, la especie continúa registrando el promedio más bajo, con 15.89 N/mm².

Al comparar los valores de **coeficiente de esbeltez** con las resistencias a la flexión, se pudo comprobar que este parámetro no tuvo un efecto detectable sobre esta propiedad. La especie roble presentó el coeficiente de esbeltez mayor, lo que debió haberla favorecido. Si se considera que el coeficiente de esbeltez puede variar desde 30 a 140, las diferencias entre las especies estudiadas resultan ser pequeñas, y por lo tanto no afectarían mayormente a la calidad del tablero. Pese a lo anterior, no puede destacarse un efecto del **espesor de partícula**, el cual a medida que decrece favorece a la flexión (Poblete, 1985) y explicaría en parte los resultados de raulí.

CUADRO 5

Valores de flexión estática en N/mm^2 (según DIN 52362) y desviación estándar.
Bending strength, MOR, (N/mm^2) and standard deviation.

Serie N°	Roble		Raulí		Híbrido	
	Media	Desviación	Media	Desviación	Media	Desviación
1	15.8	2.0	18.7	2.2	15.3	2.3
2	15.7	2.6	17.4	2.1	17.0	2.9
3	16.0	3.4	18.9	1.9	15.9	2.3
4	14.5	2.2	19.0	2.2	17.0	3.0
promedio	15.5	2.6	18.5	2.1	16.3	2.6

Las diferencias en la resistencia a la flexión entre las especies pueden ser explicadas sólo parcialmente por el efecto de la **densidad de la madera**. En este caso se observa que la especie de densidad menor, raulí, dio los mejores resultados, lo cual concuerda con los estudios anteriores (Vital *et al*, 1974). Esta influencia no pudo apreciarse en el caso de la madera de híbrido y roble.

La influencia del **valor de pH** de la madera sobre esta propiedad resultó ser más evidente que la de otros factores. En este sentido, coinciden los valores de pH más favorables con los mejores resultados de flexión. Para obtener resistencias superiores con la madera de roble, sería recomendable incluir porcentajes de catalizador superiores a los utilizados en el presente estudio. Debe tenerse presente que la densidad del roble es más favorable que la de los híbridos, lo que demuestra que el efecto del valor de pH es más importante que el de la densidad, para estas condiciones de fabricación.

Es necesario tener presente que al comparar las cifras obtenidas en este ensayo con las exigencias establecidas por la Norma DIN 68761, se verificó que sólo la madera de raulí cumple con este requisito, por lo que es necesario investigar la influencia

de variables tales como temperatura y tiempo de prensado, cantidad de adhesivo y catalizador. También podrían mejorarse los resultados cambiando el sistema de corte y mejorando la forma de las partículas.

3.6. *Resistencia a la tracción perpendicular al plano.* La posición de la probeta y las fuerzas iguales y contrarias que recibe, hacen que la resistencia tracción perpendicular al plano sea un reflejo de la calidad de la unión lograda en el centro del tablero (cuadro 6).

La revisión de los **tamaños de partículas** permite constatar que, tal como en el caso de otros trabajos (Poblete, 1985), el espesor de la partícula tiene un efecto importante sobre esta propiedad. La mayor resistencia a la tracción la registran los híbridos y roble, lo cual coincide con la dimensión espesor.

Aparte de lo anterior, al analizar las cifras obtenidas y compararlas con los **valores de pH** de las especies se comprobó que existe un efecto negativo al acentuarse la acidez de la madera. Esto se debe fundamentalmente a que este ensayo prueba la capa media del tablero, donde las partículas se

CUADRO 6

Valores de tracción perpendicular en N/mm^2 (según DIN 52365) y desviación estándar.
Internal Bond, (N/mm^2) and standard deviation.

Serie N°	Roble		Raulí		Híbrido	
	Media	Desviación	Media	Desviación	Media	Desviación
1	1.0	0.1	0.7	0.10	1.0	0.08
2	0.9	0.1	0.7	0.07	1.0	0.07
3	1.0	0.8	0.7	0.18	1.0	0.12
4	0.9	0.1	0.6	0.08	1.1	0.15
promedio	1.0	0.1	0.7	0.13	1.0	0.11

encolaron con un adhesivo que contenía una cantidad de catalizador que superaba en un 66% a la de las capas externas. De esta forma, el efecto de la acidez de la madera de raulí sumado a la del catalizador pueden haber provocado una precondensación del adhesivo.

Es necesario hacer presente que los tres tipos de materia prima, roble, raulí e híbrido, dieron resistencias a la tracción que superan holgadamente las exigencias de la Norma DIN 68761 (0.4 N/mm²).

3.7. *Hinchamiento y absorción de agua.* Como se mencionara anteriormente, los tableros fueron encolados con ureaformaldehído sin utilizar ningún tipo de aditivo. En estas condiciones los tableros no son aptos para ser utilizados en la intemperie, ya que el adhesivo es incapaz de soportar el efecto prolongado de altos contenidos de humedad.

Sin embargo, y a modo de control, se verificaron las propiedades físicas, hinchamiento y absorción de agua. Los resultados obtenidos, para cada especie, se graficaron en las figuras 1 y 2.

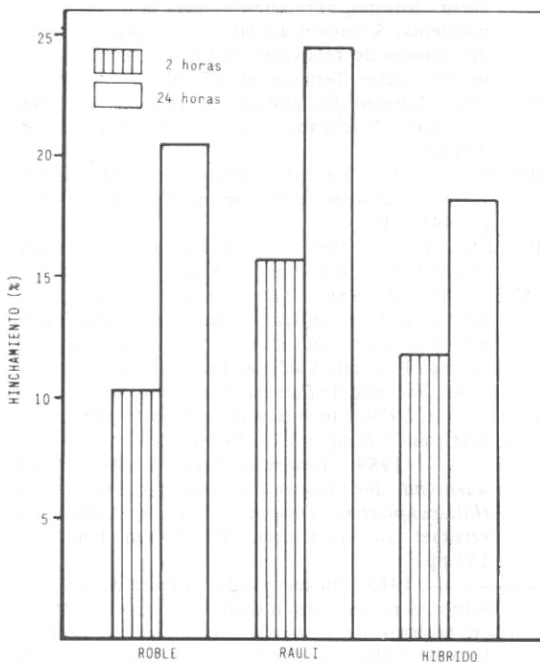


Fig. 1. Promedios de hinchamiento a 2 y 24 horas, medido según DIN 52364.

Mean values for thickness swelling after 2 and 24 hours.

Los requisitos impuestos por la Norma DIN 68761 fijan como hinchamiento máximo un 8%, luego de dos horas bajo agua a 20° C. Al respecto, se comprobó que ninguna de las especies utilizadas cumple con este límite. Por este motivo resul-

ta indispensable agregar al adhesivo algún tipo de hidrófobo que permita disminuir esta propiedad. La norma no establece, para este tipo de tableros, un límite para hinchamiento a 24 horas ni para absorción de agua, por lo que estas cifras se deben considerar como un antecedente de referencia y complemento del estudio.

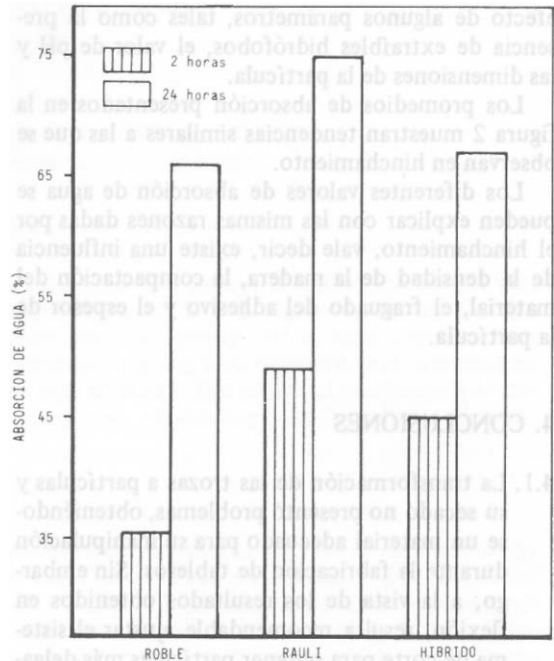


Fig. 2. Promedios de absorción de agua a 2 y 24 horas medida según ASTM 1037 en probetas según DIN 53364.

Mean values for water absorption after 2 and 24 hours. Measured according to ASTM 1037 on samples to DIN 52364.

La situación de las especies en cuanto al hinchamiento es similar a la que presentan los valores de flexión y tracción, lo que también demuestra la influencia del **espesor de la partícula** y un fraguado más débil en las capas externas por falta de catalizador.

El ordenamiento de las especies en cuanto al hinchamiento luego de 24 horas en agua no se mantiene. En este ensayo la especie roble superó a la madera de híbrido, pero se mantienen dentro de un rango similar.

Respecto a la influencia de la **densidad de la madera** sobre el hinchamiento y la absorción de agua existe una relación clara, lo cual coincide con los resultados de otros trabajos (Moslemi, 1974). La razón fundamental que explica el ordenamiento de las especies en cuanto a su hinchamiento, está

dada por la densidad de la madera, ya que generalmente al mantener una densidad de tablero constante las especies de menor densidad originan cifras de hinchamiento superiores. Esto se debe a que para alcanzar la densidad de tablero deseada es necesario comprimir un volumen de madera mayor a medida que la densidad de la madera decrece.

Aparte de la razón anterior, es probable que al realizar el ensayo a 24 horas se haya acentuado el efecto de algunos parámetros, tales como la presencia de extraíbles hidrófobos, el valor de pH y las dimensiones de la partícula.

Los promedios de absorción presentados en la figura 2 muestran tendencias similares a las que se observan en hinchamiento.

Los diferentes valores de absorción de agua se pueden explicar con las mismas razones dadas por el hinchamiento, vale decir, existe una influencia de la densidad de la madera, la compactación del material, el fraguado del adhesivo y el espesor de la partícula.

4. CONCLUSIONES

- 4.1. La transformación de las trozas a partículas y su secado no presentó problemas, obteniéndose un material adecuado para su manipulación durante la fabricación de tableros. Sin embargo, a la vista de los resultados obtenidos en flexión, resulta recomendable ajustar el sistema de corte para obtener partículas más delgadas y largas.
- 4.2. De las especies estudiadas sólo la madera de raulí cumple con las exigencias de flexión establecidas por la Norma DIN. Esto se debe a un efecto del valor de pH de la madera, el cual en el caso de roble e híbrido impidió un buen fraguado del adhesivo de las capas externas. Para solucionar este problema se recomienda incluir un porcentaje más alto de catalizador en estas zonas del tablero. Esta desventaja de roble e híbrido también puede disminuirse al producir partículas para las capas externas con un espesor menor.
- 4.3. Todos los valores de tracción superan las exigencias de la Norma DIN. Esta propiedad no es una limitante para producir los tableros bajo las condiciones dadas en el estudio.
- 4.4. Ninguna de las maderas estudiadas presenta valores de hinchamiento aceptables. Por esta razón resulta indispensable agregar al adhesivo algún componente hidrófobo.
- 4.5. Dado que los tableros se han fabricado para su uso en interiores, los resultados de los ensayos de hinchamiento y absorción de agua deben

ser tomados sólo como antecedentes que complementan la información sobre estas especies.

- 4.6. Se recomienda el estudio de otras variables tales como tiempo de prensado, temperatura de prensado, adición de hidrófobos y otros tamaños de partículas, con el objeto de determinar las condiciones óptimas de producción.

AGRADECIMIENTOS

El autor desea agradecer la colaboración del técnico forestal Sr. Luis Inzunza D. en la preparación de los materiales y la confección y ensayo de los tableros.

5. BIBLIOGRAFIA

- A.S.T.M. 1987. *Annual Book of ASTM Standards Part 22. Wood; Adhesives*. American Society for Testing and Materials, 1042 pp.
- DE CAMINO, R.; SMITH, B.; BENAVIDES, M; RODAS, J. 1974. "Los renovales de bosque nativo como recurso forestal, antecedentes para la discusión del problema. Situación actual y posibilidades futuras del manejo de renovales en Chile", *Actas del primer seminario*. Temuco, pp. 25 -40.
- DIN. 1982. *Normen für Holzfaserplatten, Spanplatten, Sperrholz*. Taschenbuch 60, Beuth Verlag, Berlin, 228 pp.
- GRETEN, E. 1966. "Bison-Verfahren", In: KOLLMANN, F. *Holzspanwerkstoffe*. Springer Verlag, Berlin, pp. 441-445.
- MOSLEMI, A. 1974. *Particleboard. Volume 1: Materials. Southern III*. Univ. Press, 243, pp.
- NAVEILLAN, M. 1986. *Utilización de renovales de roble (Nothofagus obliqua) y raulí (Nothofagus alpina) en la fabricación de tableros de partículas*. Tesis Ing. Forestal, Valdivia, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales, 56 pp.
- POBLETE, H. 1979. "Inclusión de aserrín en tableros de partículas", *Bosque* 3(1): 39-46.
- . 1984. *Veraenderungen in Holzspaenen waehrend der Trocknung und des Pressens zu Holzspanplatten*. Dissertation. Georg-August-Universitaet zu Goettingen. Forstlichen Fakultae. 157 pp.
- . 1985. "Influencia del tamaño de partícula sobre las propiedades mecánicas, flexión y tracción en tableros de partículas aglomeradas con urea-formaldehído. *Pinus radiata* Investigación en Chile", *Actas Simposio*. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales, pp. 241-256.
- POBLETE, H.; ZARATE, M. 1986. *Influencia de los extraíbles sobre las propiedades de la madera y su utilización como materia prima*. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales, Publicación Docente N° 20, 55 pp.
- POST, W. 1958. "Effect of particle geometry and resin content on bending strength of oak flakeboard", *For. Prod. Journal*. October 1958: 317-322.
- PUENTE, M.; DONOSO, C; PENALOZA, R.; MORALES, E. 1979. *Estudio de raleo y otras técnicas para el manejo de renovales de raulí y roble*. Proyecto CONAF/PNUD/FAO/CHI/76/003, Fac. Ing. Fo-

- restal, Universidad Austral de Chile. Informe de Convenio N° 5, 87 pp.
- ROCUANT, L. 1974. "Raleos en renovales de roble y raulí. Situación actual y posibilidades futuras del manejo de los renovales en Chile", *Actas del primer seminario*. Temuco, pp. 19-23.
- ROFFAEL, E.; RAUCH, W. und VON BISMARCK, C. 1975. "Formaldehydabgabe und Festigkeitsausbildung bei der Verleimung von Eichenspaenen mit Harnstoffformaldehydharzen", *Holz als Roh-und Werkstoff* 33(7): 271-275.
- VITAL, B.; LEHMANN, W.; BOONE, S. 1974. "How species and board densities affect properties of exotic hardwood particteboard", *For. Prod. Journal* 24(12): 37-45.