

NOTA TECNICA

## Tableros de fibras de la madera de “tornillo” (*Cedrelinga cateniformis* Ducke)

Hardboard fibers from a tropical wood: “Tornillo” (*Cedrelinga cateniformis* Ducke)

MONICA BELLIDO<sup>1</sup>, GRACIELA EGOAVIL-CUEVA<sup>2</sup>, ENRIQUE GONZALES<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Depto. Industrias Forestales, Universidad Nacional Agraria La Molina, Av. La Universidad s/n, Apdo. 456, La Molina, Lima-Perú.

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias Forestales, UNA, La Molina.

<sup>3</sup>Facultad de Ciencias Forestales, UNA, La Molina. E-mail: egonzales@lamolina.edu.pe

### SUMMARY

Fiberboards were manufactured using the pulp of two raw materials: sawdust and chips of a tropical wood, “tornillo” (*Cedrelinga cateniformis* Ducke). The pulp was obtained by means of the cold soda chemi-mechanical process with a yield of 78%. The average dimensions of the fiberboards were 0.40 m x 0.40 m by 5 mm in thickness using 1.5% colophony and 2% alum. The fibrous mantle (MAT) was subjected to 5 kg/cm<sup>2</sup> of room temperature pressing for 2 min, followed by a hot pressing in a diagram of 110 kg/cm<sup>2</sup>, 40 kg/cm<sup>2</sup> and 80 kg/cm<sup>2</sup> for 4, 15 and 4 min, respectively. The density of fiberboards made from sawdust pulp was 958 kg/m<sup>3</sup> and 967 kg/m<sup>3</sup> for fiberboards made from pulp chips and the water absorption values were 69% and 60% for both kinds of fiberboards, respectively. The Modulus of Rupture (MOR) was 107 kg/cm<sup>2</sup> and 242 kg/cm<sup>2</sup>, respectively. Statistically, the values of the fiberboard properties displayed a great variability and there were significant differences between both types.

*Key words:* sawdust, chips, chemi-mechanical process, fiberboards.

### RESUMEN

Se elaboraron tableros de fibras utilizando pulpa de dos materias primas: aserrín y astillas de una madera tropical, “tornillo” (*Cedrelinga cateniformis* Ducke). La pulpa fue obtenida mediante el proceso químico-mecánico a la soda en frío con un rendimiento de 78%. Las dimensiones medias de estos tableros fueron de 0,40 m x 0,40 m por 5 mm de espesor, utilizando 1,5% de colofonia y 2% de sulfato de alúmina. El manto fibroso (MAT) fue sometido a 5 kg/cm<sup>2</sup> de prensado en frío por 2 min, luego prensado en caliente en un esquema de 110 kg/cm<sup>2</sup>, 40 kg/cm<sup>2</sup> y 80 kg/cm<sup>2</sup> por 4, 15 y 4 min respectivamente. La densidad promedio fue de 958 kg/m<sup>3</sup> para tableros confeccionados a partir de pulpa de aserrín y 967 kg/m<sup>3</sup> para los de pulpa de astillas, ambos presentaron valores de absorción de agua de 69% y 60%. El módulo de ruptura (MOR) fue de 107 kg/cm<sup>2</sup> y 242 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente; estadísticamente, los valores de las propiedades de los tableros de fibras presentan gran variabilidad y diferencias significativas entre ambos tipos.

*Palabras claves:* aserrín, astillas, proceso químico-mecánico, tableros de fibras.

### INTRODUCCION

En el Perú la transformación mecánica de la madera, principalmente aserrío, es una actividad con rendimientos de madera rolliza a madera aserrada de aproximadamente 60%, correspondiendo

la diferencia a residuos conocidos como cantoneras, cantos, costaneras, despuntes, viruta y aserrín. Estos residuos, según sus dimensiones y etapa de la transformación obtenidos, se les emplea, por sus mayores dimensiones, para elaborar cajones para frutas, palitos de fósforo, palos de escoba, paletas para

helados, juguetes, etc. La viruta y aserrín son desechados debido a que no se ha encontrado, hasta la fecha, un uso rentable para ellos. Sin embargo, estos residuos pueden ser utilizados en la industria de tableros de fibra; al respecto, se tiene conocimiento de experiencias en otros países que utilizan hasta el 44% de residuos de los aserraderos como materia prima para la obtención de tableros de fibras, cuya producción a nivel mundial presenta un aumento constante debido a la tendencia de sustituir madera sólida por elementos livianos con alto grado de resistencia y variedad de densidades y superficies. Esta realidad se ve reflejada a nivel nacional con las importaciones de este producto que han presentado un notable ascenso en los últimos años. Por lo antes mencionado, la presente investigación tuvo como objetivo la fabricación de tableros de fibras a partir de astillas y aserrín de la madera de tornillo (*Cedrelinga cateniformis* Ducke), procedente de bosques amazónicos de la zona de Pucallpa, Perú. El estudio busca aumentar la eficiencia en la transformación de una de las especies forestales más comercializadas a nivel nacional, al considerar el mayor consumo de un producto en el mercado interno, cuya elaboración local permitiría un mayor rendimiento y mayor rentabilidad para la industria forestal peruana.

Tablero de fibras se define como el producto obtenido del entrecruzamiento de las fibras lignocelulósicas aglutinadas con la lignina contenida en las fibras o con la adición de otros aglutinantes orgánicos e inorgánicos, pudiendo elaborarse en una extensa gama de densidades y espesores (Noriega 1996). Asimismo, las capas de pulpa apiladas hasta un grosor determinado, y prensadas luego en caliente, dan lugar a los tableros propiamente dichos (Maldonado 1989). La Confederación Nacional de la Madera (1977) define a los tableros de densidad alta como los elaborados en base a fibras de madera unidas entre sí por un sistema de presión húmeda sin aplicación de cola, con una densidad cercana a  $1,0 \text{ g/cm}^3$ , por lo que se prefieren espesores de hasta 5 mm. Por otro lado, Kollmann, Kenzi y Stamm (1975) señalan que la densidad es el mejor indicador para clasificar los tableros, indicando que ellos se encuentran entre  $0,02$  a  $1,45 \text{ g/cm}^3$  y que, según su vía de formación, se clasifican en:

- Tableros por vía húmeda obtenidos a partir de pulpas semiquímicas o de procesos mixtos. La formación del manto fibroso se realiza en medio acuoso con una consistencia de 2% y humedad de la pulpa al prensar de 50 a 60%.
- Tableros por vía seca obtenidos a partir de pulpas mecánicas. La conformación del tablero utiliza corrientes de aire para el transporte de las fibras previamente encoladas con adhesivos sintéticos; la humedad de la pulpa al prensar es de 7 a 9%.

En formación de tableros por la vía húmeda, el método es similar a la formación del papel mediante un movimiento continuo, donde el agua es drenada o escurrida, formando un manto fibroso que posteriormente se seca y prensa hasta obtener el tablero (Maloney 1977). Al respecto, Kollmann, Kenzi y Stamm (1975) señalan que los mantos fibrosos son generalmente formados en una máquina Fourdrinier y sometidos a prensado en frío hasta un contenido de humedad de 65 a 70%, posteriormente pasan a las sierras circulares para el corte, de acuerdo a las dimensiones de los platos en la prensa caliente, donde se aplica una presión específica de 10 a  $50 \text{ kg/cm}^2$  a una temperatura mayor de  $140^\circ\text{C}$  en esquemas de prensado que dependen de las características finales del tablero. El contenido de humedad final es no mayor al 10%.

Los tableros de fibras reciben tratamientos posteriores a su formación; así un tratamiento térmico a los tableros disminuye la higroscopicidad de la fibra (Myers 1986). También se mejora la resistencia mecánica de los tableros, especialmente el módulo de rotura, el cual aumenta aproximadamente en 25% después de 8 horas a  $160^\circ\text{C}$ . Por otro lado, un tratamiento térmico seguido de un tratamiento con aceite temperado, aplicado generalmente a los tableros, le imprime dureza, resistencia al agua y resistencia a la abrasión. Estos tratamientos se realizan después del prensado en caliente y los reactivos químicos utilizados se aplican entre 4 a 8%, base materia seca. Después del prensado en caliente y del tratamiento con aceite, los tableros alcanzan un contenido de humedad considerablemente menor al de equilibrio, por este motivo son humedecidos por 5 a 6 horas a  $60^\circ\text{C}$  hasta alcanzar un contenido de humedad de 5 a 8% (Kollmann, Kenzi y Stamm 1975).

Respecto a su apariencia, los tableros pueden tener un acabado natural y brillante, algunos son especialmente diseñados, laminados y encolados en plástico; se utilizan en el montaje de torrecillas blindadas, alerones y fuselajes, ya que ofrecen la posibilidad de realizar estructuras de una sola pieza sin necesidad de soporte alguno (Maldonado 1989).

## MATERIAL Y METODOS

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en los Laboratorios del Area de Transformación Química, Laboratorio de Paneles de Madera y Laboratorio de Tecnología de la Madera, de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú.

Como materia prima para la elaboración de tableros de fibra se utilizó madera de tornillo (*Cedrelinga cateniformis* Ducke) proveniente como residuos de una industria forestal. Una parte fue trozada y cortada hasta obtener astillas de aproximadamente 0,5 x 5 x 10 mm de espesor, ancho y largo respectivamente; la otra parte de la madera fue molida hasta obtener aserrín; el material obtenido no fue clasificado. Se obtuvo pulpa por el proceso químico-mecánico a la soda en frío, con 2 etapas definidas: un tratamiento químico cuyas condiciones se presentan en el cuadro 1; luego, un tratamiento mecánico mediante un desfibrador de discos Bauer de 12 pulgadas de diámetro y 30 HP de potencia instalada. Durante el tratamiento mecánico, el aserrín y las astillas pasaron una y dos veces por el desfibrador de discos; la abertura entre discos fue de 0,3 y 0,15 mm respectivamente para la primera y segunda pasada y la consistencia utilizada fue de 5%.

Los parámetros considerados para la formación de los tableros de fibras se presentan en el cuadro 2, y el prensado se lleva a cabo en prensa de platos calientes Horma Machine, el esquema de prensado en caliente se presenta en la figura 1.

Los tableros fueron acondicionados según norma ASTM D 1037. Asimismo se determinaron las siguientes propiedades: densidad, absorción en agua, contenido de humedad y módulo de rotura –MOR– igualmente según la norma ASTM D 1037.

CUADRO 1

Condiciones del proceso a la soda en frío.

Conditions the cold soda process.

|                                     |          |
|-------------------------------------|----------|
| Concentración de sodio - NaOH (g/l) | 25       |
| Temperatura (°C)                    | Ambiente |
| Presión (mm Hg)                     | 750      |
| Tiempo de impregnación (h)          | 24       |
| Relación licor/masa seca            | 5/1      |

CUADRO 2

Parámetros de formación de tableros de fibras.

Parameters of fiberboard manufacturing.

|   |             |
|---|-------------|
| Dimensión del tablero (m)                         | 0,40 x 0,40 |
| Espesor promedio (mm)                             | 5           |
| Masa seca de pulpa (g)                            | 450         |
| Colofonia (%)                                     | 1,5         |
| Sulfato de alúmina (%)                            | 2           |
| Presión de prensado en frío (kg/cm <sup>2</sup> ) | 5           |
| Tiempo de prensado en frío (min)                  | 2           |
| Temperatura de prensado en caliente (°C)          | 150         |
| Densidad (kg/cm <sup>3</sup> )                    | > 0,8       |

El análisis estadístico corresponde a un diseño completamente al azar con dos tratamientos:

- Tratamiento A: Tableros de aserrín.
- Tratamiento B: Tableros de astillas.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados de la pulpa obtenida a partir de aserrín y astillas de madera de tornillo por el proceso químico-mecánico a la soda en frío se presentan en el cuadro 3. El rendimiento promedio alcanzado tanto para pulpas a partir de aserrín como astillas fue de 78%, difiriendo en sus valores de drenabilidad, los cuales fueron de 15 °SR para astillas y 30 °SR para aserrín. Respecto

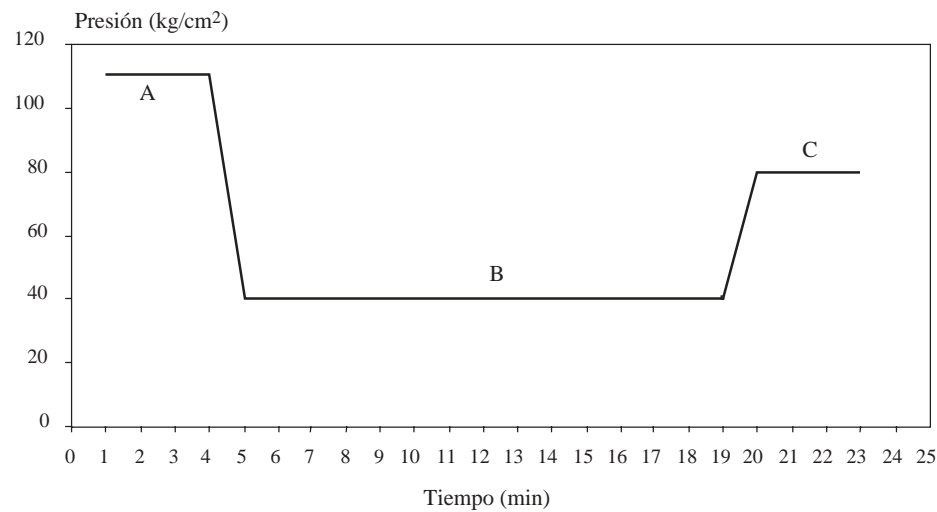


Figura 1: Prensado en caliente. Etapa A: Definición del espesor del tablero. Etapa B: Eliminación de agua libre. Etapa C: Polimerización de la lignina y consolidación del tablero.

Hot pressed. Phase A: Thickness of board. Phase B: Elimination of free water. Phase C: Lignin polymerization and fiberboard consolidation.

a los rendimientos de las pulpas éstos registraron valores dentro del rango citado por Kollmann, Kenzi y Stamm (1975) de 70 a 85% y por debajo de lo señalado por Casey (1981) de 85 a 90%. Respecto a la drenabilidad de las pulpas obtenidas, la diferencia entre ellas se debe a la diferencia en la composición de la materia prima inicial. Por el mayor valor de drenabilidad, en el aserrín habría mayor cantidad de finos; sin embargo, cabe agregar que en las pulpas de aserrín se encontró mayor cantidad de paquetes de fibras ("shives") que las provenientes de astillas de madera. Apparently, las partículas de aserrín son más pequeñas, pasando fácilmente y en diferentes posiciones a través de los discos desfibradores sin que las fibras se separen totalmente, como sí ocurre en el caso de las astillas de madera que, por el tama-

ño mayor de sus partículas, son necesariamente expuestas a las barras de los discos del desfibrador y por efecto de la fricción se produce una mayor separación de las fibras. Estas diferencias van a influir sobre las propiedades de los tableros como se verá más adelante.

*Densidad:* El valor promedio para tableros a partir de pulpa de aserrín fue de 958 kg/cm<sup>2</sup> y 967 kg/cm<sup>2</sup> para tableros de pulpa de astillas (cuadros 4 y 5) y, de acuerdo con la literatura, corresponde a una densidad adecuada para tableros de fibra de alta densidad (Kollmann, Kenzi y Stamm 1975). Los valores de densidad para tableros a partir de pulpa de astillas son algo mayores que para los obtenidos a partir de pulpa de aserrín; probablemente esta diferencia se deba a que los primeros presentan mejor compactación porque poseen una mayor cantidad de finos que contribuyen a una mayor compactación y/o acomodo de los elementos dentro de la estructura del tablero durante el prensado; sin embargo, estas diferencias de valores no son estadísticamente significativas.

El contenido de humedad para ambos tableros (cuadros 4 y 5) fue de 10 por ciento, valores algo mayores a lo hallado en la literatura consultada para este tipo de productos. El contenido de humedad influye directamente en los valores de otras características de los tableros sobre todo en la propiedad de resistencia.

### CUADRO 3

Proceso a la soda en frío.  
 The cold soda process.

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| Rendimiento (%)             | 78  |
| pH                          | 7,4 |
| Drenabilidad aserrín (°SR)  | 30  |
| Drenabilidad astillas (°SR) | 15  |
| Contenido de humedad (%)    | 65  |

Los tableros de fibras presentaron valores de absorción de agua promedio de 69% para tableros de aserrín y 60% para tableros de astillas, ambos valores presentan diferencias significativas, con un de 95% de probabilidad (cuadros 4 y 5). El valor de 60% para el caso de tableros de astillas fue menor debido probablemente a que las fibras presentan menor capacidad de hidratación por la estructura rígida de la fibra, la cual aún comprende la lámina media adherida a su superficie, constituida mayormente por lignina, de carácter hidrofóbico. Con los tableros de pulpa de aserrín no sucede lo mismo; éstos presentan mayor cantidad de finos y también fibras cortadas, las que poseen una mayor capacidad de hidratación, permitiendo de esta manera la fijación de una mayor cantidad de agua. Al respecto Matakí (1972) señala que las propiedades físicas del tablero dependen de las dimensiones y características físicas de la fibra influenciadas por el desfibrado y refinado. Los valores de absorción son mayores a lo reportado por Kollmann *et al.* (1975), de 56,2% para densidades de 948 kg/m<sup>3</sup> y 58,5% para densidades de 1.005 kg/m<sup>3</sup>.

Se determinó el módulo de rotura (MOR) para ambos tableros presentados en los cuadros 4 y 5. El módulo de rotura promedio para tableros de pulpa de aserrín y de astillas fue de 107 kg/cm<sup>2</sup> y 242 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente. Según el análisis de varianza, con un nivel de significación del 5% se encontraron diferencias significativas entre estos dos valores. Una explicación de la menor resisten-

CUADRO 4

Tableros de fibras de pulpa de aserrín.  
Fiberboards made from sawdust.

| Tablero  | Densidad (kg/cm <sup>3</sup> ) | Contenido humedad (%) | Absorción (%) | MOR (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|----------|--------------------------------|-----------------------|---------------|---------------------------|
| 1        | 920                            | 10                    | 83            | 102                       |
| 2        | 1.008                          | 10                    | 73            | 107                       |
| 3        | 955                            | 9                     | 67            | 103                       |
| 4        | 956                            | 10                    | 63            | 108                       |
| 5        | 954                            | 10                    | 59            | 116                       |
| Promedio | 959                            | 10                    | 69            | 107                       |

CUADRO 5

Tableros de fibras de pulpa de astillas.  
Fiberboards made from pulp chips.

| Tablero  | Densidad (kg/cm <sup>3</sup> ) | Contenido humedad (%) | Absorción (%) | MOR (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|----------|--------------------------------|-----------------------|---------------|---------------------------|
| 1        | 938                            | 9                     | 62            | 232                       |
| 2        | 999                            | 9                     | 65            | 262                       |
| 3        | 962                            | 9                     | 63            | 223                       |
| 4        | 1.001                          | 10                    | 57            | 253                       |
| 5        | 935                            | 11                    | 51            | 242                       |
| Promedio | 967                            | 10                    | 60            | 242                       |

cia de los tableros elaborados con pulpa de aserrín es que presentan una mayor cantidad de finos y por consiguiente un menor tamaño medio de fibras y una menor capacidad de afieltramiento, propiedad que gobierna la resistencia de los tableros (Kollmann, Kenzi y Stamm 1975).

Comparando los valores obtenidos de MOR, 107 y 242 kg/cm<sup>2</sup>, con los valores de tableros de alta densidad comercializados actualmente en el mercado, de 188 a 369 kg/cm<sup>2</sup>, se observa que los tableros obtenidos a partir de pulpa de astillas se encuentran dentro del rango comercial, no así los tableros elaborados a partir de pulpa de aserrín. Cabe señalar que a los valores de módulo de rotura de los tableros comerciales se ha descontado un 25% por tratamiento térmico y 8% por baño en aceite temperado, a fin de poder comparar estos resultados con los obtenidos en la presente investigación, a los cuales no se les aplicaron estos tratamientos.

El análisis estadístico aplicado a los valores de los tableros elaborados a partir de pulpa de aserrín y pulpa de astillas de madera de tornillo demuestra que existen diferencias significativas entre los valores de densidad, contenido de humedad y módulo de rotura de los tableros obtenidos en el presente estudio.

## CONCLUSIONES

- Los rendimientos de las pulpas a partir de aserrín y astillas presentaron valores ligeramente

por debajo de lo reportado en la literatura para pulpas mecánicas.

- Los valores de densidad, contenido de humedad, absorción de agua y módulo de rotura de los tableros elaborados a partir de pulpa de astillas se encuentran dentro del rango mencionado para tableros de alta densidad comerciales.
- Los valores de densidad, contenido de humedad y absorción de los tableros elaborados a partir de pulpa de aserrín se encuentran dentro del rango mencionado para tableros de alta densidad comerciales, excepto el módulo de rotura, cuyo valor se encontró por debajo del valor comercial.
- Los tableros elaborados a partir de pulpa de aserrín presentaron mayores valores de absorción de agua y menores valores de módulo de rotura que los elaborados a partir de pulpa de astillas.
- En general, los tableros de fibras a partir de pulpa de astillas de madera son los que presentaron los mejores valores de las características físico-mecánicas.

## BIBLIOGRAFIA

- AROSTEGUI, V. 1970. Descripción de las propiedades físico-mecánicas y usos de las maderas del Perú. Centro de Investigaciones Forestales, Lima, Perú. 102 pp.
- CALZADA BENZA, J. 1981. *Métodos estadísticos para la investigación*. 4ª ed., Editorial Milagros, Lima, Perú. 644 pp.
- CASEY, J. P. 1990. *Pulpa y Papel. Química y Tecnología Química*. Vol. 1. 3ª ed., Ed. Limusa, México. 950 pp.
- CLARKE, E. 1980. "Continuous Cold Soda Semichemical Pulping", *Appita*. Vol. 29. (5): 385.
- CONFEDERACION NACIONAL DE LA MADERA 1997. *El Maderero*. N° 25, Lima, Perú, 24 pp.
- KOLLMANN, F.P., E. KENZI, A. STAMM 1975. *Principles of Wood Science and Technology II. Wood Based Materials*. New York. 703 pp.
- MALDONADO, J. 1989. *Industrias Forestales de Transformación Química*. Univ. Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú. 24 pp.
- MALONEY, T. 1977. *Modern Particleboard and Processes Fiberboard Manufacturing*. Miller Freeman Publications. 672 pp.
- MATAKI, Y. 1972. *Internal Structure of Fiberboard an its Relation to Mechanical Properties. Theory and Desing of Wood and Fiber Composite Material*. Syracuse University Press. 418 pp.
- MYERS, G. 1986. "A comparison of hardboards manufactured by semidry, dry, and wet formed processes", *Forest Products Journal* 36 (7/8): 49-56.
- MYERS, G. 1987. "Characterization of fiberboard pulp", *Forest Products Journal* 37 (2): 30-36.
- NORIEGA, M. 1996. Aptitud del *Eucalyptus globulus* en la preparación de tableros de fibrocemento. Tesis Mg Sc. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú. 116 pp.