

# UTILIZACIÓN DE LA MADERA DE RAMAS DE *Fraxinus americana* (FRESNO) EN LA FABRICACIÓN DE TABLEROS DE PARTÍCULAS

## USE OF THE WOOD OF BRANCHES OF *Fraxinus americana* (FRESNO) IN THE PRODUCTION OF PARTICLEBOARD

PABLO MORENO PEREZ<sup>1</sup>, JORGE DURÁN PULIDO<sup>2</sup>, DARÍO GARAY JEREZ<sup>1</sup>,  
STYLES WILL VALERO<sup>3</sup>, SIMÓN TREJO PUENTES<sup>1</sup>, RICHARD NIETO<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratorio Nacional de Productos Forestales, Sección de Tableros Aglomerados. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela. Vía Principal Chorro de Milla, Edificio Labonac, Apartado postal 220, Telef. +5874-2401682-2401661, Fax: +5874-2442606, e-mail: pmoreno@ula.ve

<sup>2</sup> Laboratorio Nacional de Productos Forestales, Sección de Tableros Contraenchapados. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.

<sup>3</sup> Laboratorio Nacional de Productos Forestales, Sección de Ensayos de Maderas. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.

### RESUMEN

El objetivo principal de este estudio es determinar la factibilidad tecnológica de *Fraxinus americana* como materia prima para la fabricación de tableros aglomerados de partículas a dos niveles de densidad teórica (nominal) de 0,600 g/cm<sup>3</sup> y 0,800 g/cm<sup>3</sup> con adhesivo urea formaldehído al 8% de resinosidad. Las propiedades físicas y mecánicas de los tableros fueron determinadas siguiendo las estipulaciones de las normas alemanas DIN y venezolanas COVENIN 847-91 para tableros de partículas en prensado plano. Los resultados de este estudio permiten indicar que los tableros fabricados con la especie en estudio presentan buenas propiedades que cumplen con los valores estipulados por las normas.

PALABRAS CLAVES: *Fraxinus americana*, fresno, partículas, resina, tableros, urea formaldehído.

### ABSTRACT

The main objective of this study is to determine the technological feasibility of *Fraxinus americana* as raw material for the production of particleboard at two levels of theoretical density (nominal) of 0,600 g/cm<sup>3</sup> and 0,800 g/cm<sup>3</sup> with adhesive formaldehyde urea to 8% resinosity. The physical and mechanical properties of the boards were determined by following the stipulations of the German Norms DIN and Venezuelan Covenin 847-91 for plane-pressed particleboard. The results of this study indicate that the boards manufactured with the species in this study present good properties that comply with the values specified by the norms.

KEYWORDS: Boards, formaldehyde urea, *Fraxinus americana*, Fresno, particles, resin.

Recepción: 27/07/05. Revisión: 07/10/05. Aprobación: 09/12/05.

### INTRODUCCIÓN

La industria de tableros aglomerados es uno de los sectores del procesamiento mecánico de la madera que ofrece mayor flexibilidad en cuanto al tipo de materia prima que pue-

de ser utilizada. Esta materia prima puede provenir de madera extraída del bosque con la finalidad directa de abastecer a la industria de tableros aglomerados o del aprovechamiento de residuos de explotación y de las industrias forestales.

Los tableros de partículas también pueden ser manufacturados haciendo uso de ramas y fustes de poco diámetro y con formas no adecuadas para otros tipos de utilización. Esto ofrece una alternativa de uso para el material proveniente del desrame de árboles, los cuales son abandonados en el bosque o en el mejor de los casos son utilizados como combustible.

*Fraxinus americana* es un árbol grande de aproximadamente 36 metros de altura y 182 centímetros de diámetro; muy apreciado gracias a las cualidades de su madera, la cual es moderadamente pesada, fuerte, rígida, dura y resistente a los choques. Por estas características, es usado principalmente para asideros, cabos, remos, partes de vehículos, bates de béisbol y otros artículos deportivos (IFLA, 1995; Kaiser, 2003), así como también para chapas, madera aserrada y canoas (Schlesinger, 2003).

Estudios tecnológicos realizados a la madera de *Fraxinus americana* presente en la zona de Mérida, han permitido el conocer sus propiedades físicas y mecánicas y desde el punto de vista artesanal sólo se han construido algunos artículos deportivos como bates y raquetas, por esta razón es necesario determinar las aptitudes tecnológicas de esta especie en la fabricación de tableros aglomerados de partículas y de esta forma darle uso al alto volumen de ramas que genera como desperdicio por cada árbol aprovechado y perfilarse como una de las especies locales en mediano plazo para la fabricación de tableros aglomerados de partículas en la industria nacional.

En la presente investigación se estudió la factibilidad de la fabricación de tableros aglomerados de partículas utilizando *Fraxinus americana*. Dicha factibilidad se estableció sobre la base de comparaciones de las propiedades físicas y mecánicas de los tableros producidos con los valores exigidos por la

norma alemana DIN y la norma venezolana COVENIN.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo fue desarrollado en las secciones de Tableros Aglomerados, Contraenchapados y Ensayos de la Madera del Laboratorio Nacional de Productos Forestales de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela. El material utilizado como materia prima para la fabricación de los tableros está constituido por partículas de ramas de árboles de *Fraxinus americana* (Fresno) provenientes de las plantaciones del Instituto San Javier del Valle del estado Mérida, Venezuela. Como aglutinante se utilizó adhesivo de urea formaldehído al 8% de resinosidad con catalizador sulfato de amonio. Considerando la metodología recomendada por Moslemi (1974) y Maloney (1993), se fabricó un total de 6 tableros, 3 tableros para la densidad de 0,600 gr/cm<sup>3</sup> y 3 tableros para la densidad de 0,800 gr/cm<sup>3</sup>. De cada uno se extrajeron las probetas correspondientes para los ensayos físicos y mecánicos de acuerdo a las normas alemanas DIN. Se compararon los resultados con las normas venezolanas Covenin 847-91 para tableros aglomerados de partículas de madera.

## RESULTADOS

En la Tabla 1 se presentan los valores promedios, intervalos de confianza al 95% y coeficientes de variación de las propiedades físicas y mecánicas de los tableros aglomerados de partículas de *Fraxinus americana* a dos niveles de densidad.

## PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS TABLEROS

### Absorción de agua a 2 y 24 horas de inmersión

En la Figura 1 se representan los valores obtenidos para la absorción de agua de los tableros a las dos horas de inmersión, se puede observar que los tableros a las dos densidades no cumplen con la Norma venezolana COVENIN 847-91 que exige un máximo de 25%.

En la Figura 2 se grafican los valores para absorción de agua a 24 horas de inmersión para ambas densidades. Los tableros de densidad 0,600 g/cm<sup>3</sup> excedieron el valor máximo de 60% estipulado por la Norma COVENIN. La absorción de agua a 24 horas para los tableros de densidad 0,800 g/cm<sup>3</sup> se situó por encima del valor máximo estipulado por la respectiva Norma.

### Variación del espesor a 2 y 24 horas de inmersión en agua

En la Figura 3 se representan los valores obtenidos para la variación de espesor de los tableros a las dos horas de inmersión, se puede observar que los tableros de densidad 0,600 g/cm<sup>3</sup> y 0,800 g/cm<sup>3</sup> exceden el valor máximo permitido por la norma venezolana COVENIN 847-91, la cual exige un valor máximo de 6%.

En la Figura 4 se grafican los valores para la variación de espesor a las 24 horas de inmersión para ambas densidades, los resultados obtenidos para los tableros de densidad 0,600 g/cm<sup>3</sup> se situaron por debajo del valor máximo estipulado del 15% por la norma COVENIN, cumpliendo con las estipulaciones de la misma, por el contrario los tableros de densidad 0,800 g/cm<sup>3</sup> excedieron el valor máximo estipulado por la norma.

## PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS TABLEROS

### Flexión estática (MOR)

En la Figura 5 se grafican los valores obtenidos para la flexión estática. Los resultados obtenidos en los tableros para ambas densidades se situaron por encima del valor mínimo de 180 kg/cm<sup>2</sup> estipulado por la norma venezolana COVENIN 847-91.

### Tracción perpendicular (adhesión interna)

En la Figura 6 se grafican los valores obtenidos para la tracción perpendicular. Los valores obtenidos para los tableros a ambas densidades superan los valores estipulados por la norma venezolana COVENIN 847-91 que exige un mínimo de 3,5 kg/cm<sup>2</sup>.

Tabla 1. Valores promedios de las propiedades físicas y mecánicas de los tableros aglomerados de partículas de *Fraxinus americana* a dos niveles de densidad.

<b>Propiedades físicas</b>					
Propiedad	Densidad teórica (g/cm <sup>3</sup> )	Tablero	Valor promedio de la propiedad	Intervalo de confianza al 95%	Coefficiente de variación (%)
Absorción agua 2 horas (%)	0,600	1	62,591	54,054 ≤ X ≤ 71,429	8,680
		2	59,818	51,064 ≤ X ≤ 70,513	11,179
		3	54,666	47,727 ≤ X ≤ 66,667	10,413
	0,800	1	37,597	35,112 ≤ X ≤ 40,083	10,667
		2	44,710	42,412 ≤ X ≤ 47,008	8,292
		3	51,009	47,712 ≤ X ≤ 54,307	10,431
Absorción agua 24 horas (%)	0,600	1	79,778	70,270 ≤ X ≤ 90,476	7,574
		2	79,297	67,021 ≤ X ≤ 92,308	10,578
		3	75,295	67,033 ≤ X ≤ 81,889	8,932
	0,800	1	66,978	62,328 ≤ X ≤ 69,628	7,504
		2	63,934	60,487 ≤ X ≤ 67,380	8,698
		3	70,540	66,687 ≤ X ≤ 74,393	8,813
Variación de espesor 2 horas (%)	0,600	1	12,481	11,753 ≤ X ≤ 13,209	9,408
		2	11,343	10,459 ≤ X ≤ 12,227	12,574
		3	11,409	11,092 ≤ X ≤ 11,727	4,491
	0,800	1	16,056	15,414 ≤ X ≤ 16,697	6,446
		2	20,665	19,935 ≤ X ≤ 21,395	5,699
		3	15,002	13,844 ≤ X ≤ 16,160	12,455
Variación de espesor 24 horas (%)	0,600	1	13,541	12,606 ≤ X ≤ 14,476	11,143
		2	12,367	11,597 ≤ X ≤ 13,126	9,974
		3	12,788	11,630 ≤ X ≤ 13,946	14,608
	0,800	1	19,198	18,013 ≤ X ≤ 20,383	9,958
		2	23,252	22,341 ≤ X ≤ 24,163	6,322
		3	16,639	15,517 ≤ X ≤ 17,760	10,877
<b>Propiedades mecánicas</b>					
Flexión estática (MOR) (kg/cm <sup>2</sup> )	0,600	1	291,190	209,232 ≤ X ≤ 353,680	14,478
		2	213,606	171,067 ≤ X ≤ 237,127	8,167
		3	196,491	163,977 ≤ X ≤ 216,888	8,159
	0,800	1	341,949	306,755 ≤ X ≤ 377,143	16,606
		2	346,954	310,476 ≤ X ≤ 383,431	16,963
		3	410,262	395,404 ≤ X ≤ 425,120	5,843
Tracción perpendicular (kg/cm <sup>2</sup> )	0,600	1	4,125	3,655 ≤ X ≤ 5,541	6,995
		2	3,654	3,181 ≤ X ≤ 5,325	7,445
		3	3,730	3,131 ≤ X ≤ 6,249	7,801
	0,800	1	7,100	4,880 ≤ X ≤ 9,900	25,923
		2	6,780	3,600 ≤ X ≤ 9,210	29,504
		3	7,540	5,120 ≤ X ≤ 9,090	17,362

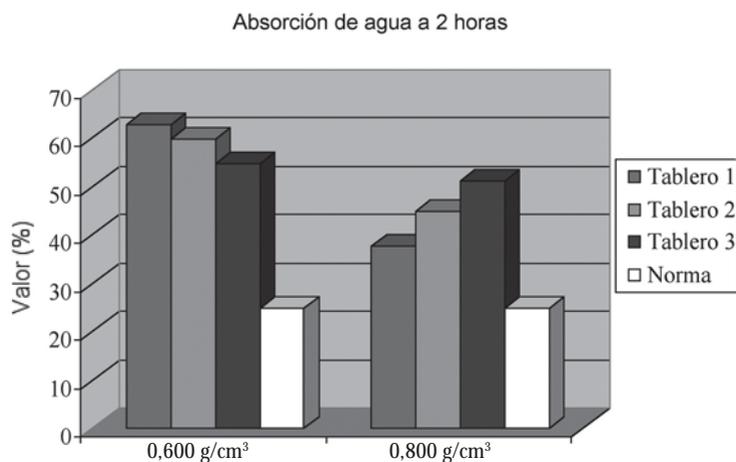


Figura 1. Valores promedios para absorción de agua a 2 horas de inmersión para tableros a dos niveles de densidad.

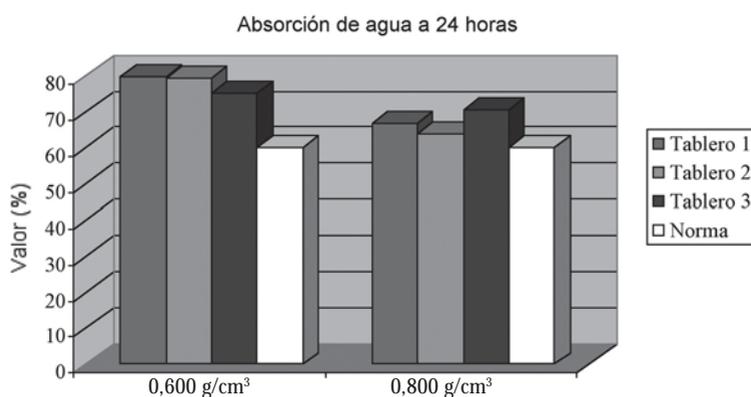


Figura 2. Valores promedios para absorción de agua a 24 horas de inmersión para tableros a dos niveles de densidad.

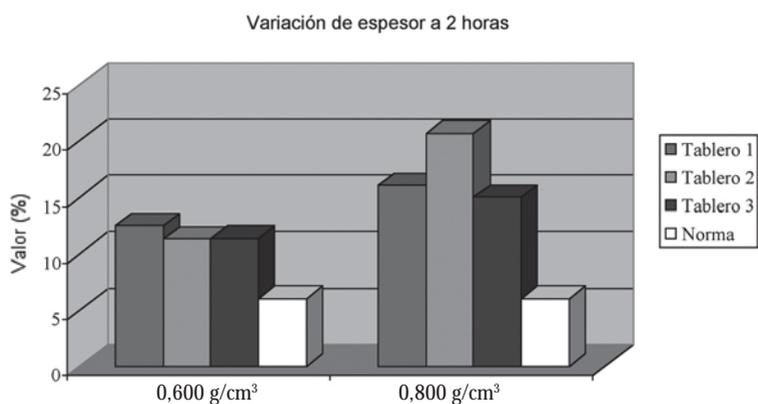


Figura 3. Valores promedios para la variación de espesor a 2 horas de inmersión para tableros a dos niveles de densidad.

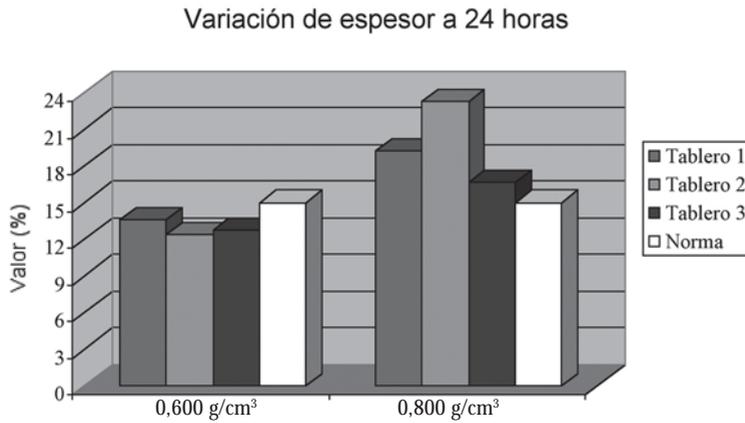


Figura 4. Valores promedios para la variación de espesor a 24 horas de inmersión para tableros a dos niveles de densidad.

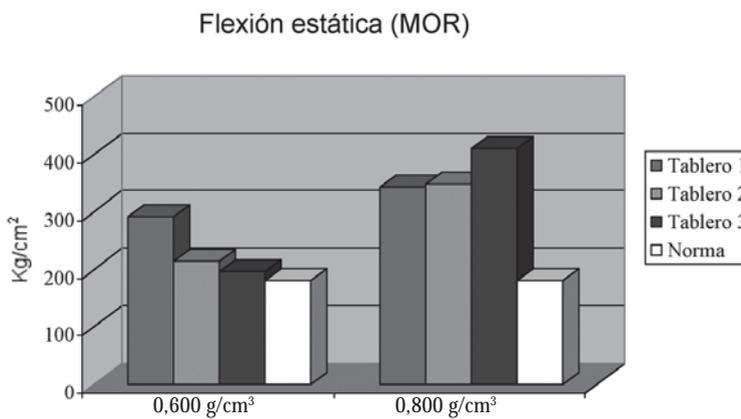


Figura 5. Valores promedios de flexión estática (MOR) para tableros a dos niveles de densidad.

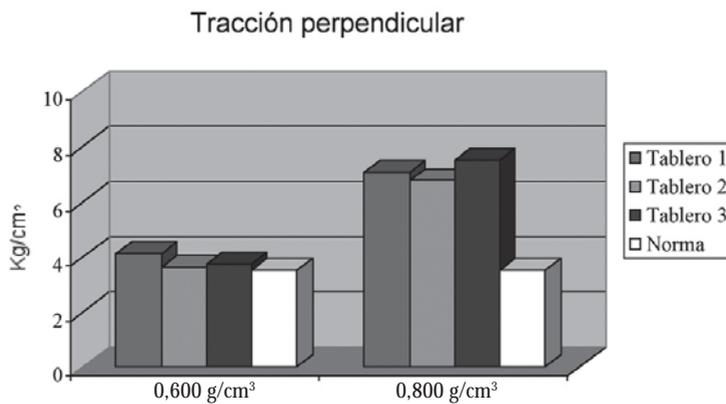


Figura 6. Valores promedios de tracción perpendicular para tableros a dos niveles de densidad.

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En relación a la absorción de agua en los tableros, se confirma, al igual que Durán, 1981; Garay, 1988 y Moreno, 2001, en que la facilidad de la absorción de agua está en función de la relación de compresibilidad del tablero, a la eficiencia de la resina, facilidad de penetración del fluido (permeabilidad del tablero) por los canales entre partículas y capilares de las mismas. Relaciones de compresibilidad bajas (baja densidad) absorben más agua en comparación con relaciones de alta compresión (alta densidad).

Estos resultados también pueden ser atribuidos en gran parte a que la madera de ramas de *Fraxinus americana* presenta una alta proporción de poros, que permite una mayor permeabilidad y por lo consiguiente mayor absorción de agua, sumado esto a la baja compresibilidad de las partículas dentro del tablero originada por la alta densidad de la madera. De igual forma Halligan, 1970; Katie, 2001 manifiestan que tableros fabricados con madera de alta densidad pueden presentar altas tensiones internas que al liberar la presión de la prensa estos esfuerzos son liberados, rompiendo el enlace adhesivo-partícula y, por consiguiente, mayores canales libres que propician una alta absorción de agua, conllevando a una mayor inestabilidad dimensional en los tableros.

Otra causa probable para la alta absorción sería la geometría de las partículas que permitió que el tablero fuera más poroso y por tal razón éste absorbiera más agua. Moslemi (1974) menciona que la albura abundante en las ramas tiende a ser más absorbente, reteniendo cantidades inadecuadas de adhesivo sobre la superficie de las partículas, lo cual hace que las propiedades de tableros fabricados con alto porcentaje de albura sean menores que los tableros donde predominan partículas provenientes del duramen.

Durán (1981) plantea que la variación de espesor a las 24 horas de inmersión pro-

duce resultados que pueden esperarse en relación a que, a mayor densidad del tablero, mayor debería ser la hinchazón. En este caso, al aumentar el tiempo de inmersión a 24 horas, se permite que los esfuerzos irreversibles de hinchazón sean liberados y el agua tenga el tiempo suficiente para producir la penetración e hinchazón de las zonas y capas de alta densidad, es decir, que el factor tiempo de inmersión va a nivelar el efecto de la densidad del tablero y los resultados son que a mayor densidad del tablero, mayor es la hinchazón del espesor a las 24 horas.

El presente estudio ha permitido conocer que la madera de ramas de *Fraxinus americana* bajo las condiciones de trabajo aplicadas presenta buena aptitud para fabricar tableros de partículas de densidad de  $0,800 \text{ g/cm}^3$ .

Las propiedades físicas de absorción de agua y variación de espesor a 2 y 24 horas de inmersión no cumplieron con las especificaciones de las normas, excepto la variación de espesor a 24 horas de inmersión para los tableros de  $0,600 \text{ g/cm}^3$  que cumplieron con la norma venezolana COVENIN 847-91.

Las propiedades mecánicas de flexión estática y tracción perpendicular para las dos densidades cumplieron con los valores mínimos estipulados por la norma venezolana COVENIN.

La madera de ramas de *Fraxinus americana* produce tableros de partículas de aceptables propiedades a densidades de  $0,600 \text{ g/cm}^3$  y  $0,800 \text{ g/cm}^3$ , que puede ser utilizada como fuente alternativa de materia prima para la producción de tableros aglomerados de partículas.

Conociendo la influencia de la densidad de la madera de *Fraxinus americana* sobre algunas propiedades de los tableros de partículas, es recomendable combinar especies de baja densidad con el fresno y obtener una mezcla que proporcione mejores propiedades físicas y mecánicas de los tableros.

Para mejorar la tensión interna generada por la alta densidad de la madera en el centro del tablero y disminuir la porosidad del mismo, se recomienda utilizar partículas más finas para distribuir mejor las tensiones internas del tablero y además de producir menor cantidad de espacios vacíos en el interior del mismo y de esta forma producir tableros más rígidos, resistentes a la flexión y con mayor estabilidad dimensional.

Aumentar el nivel de resinosidad a un 10% ó 12%, para así tener más cantidad de adhesivo que distribuir sobre las superficies de las partículas, debido que esta especie presenta alta porosidad, el adhesivo es absorbido quedando poco en la superficie de las partículas. De esta forma, al aumentar el nivel de resinosidad, se consigue aumentar los puntos de contacto partícula adhesivo partícula, desarrollando mayor resistencia.

## AGRADECIMIENTOS

Esta investigación ha sido financiada por el Proyecto FO-517-03-01-F, año 2004. Consejo de Desarrollo Científico Humanístico y Tecnológico (CDCHT). Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.

A la empresa Química Intequim C. A., por donar la resina urea formaldehído.

Al Instituto San Javier del Valle, Mérida, Venezuela, por la donación de las ramas de fresno que se utilizaron en esta investigación.

## BIBLIOGRAFÍA

DURAN, J. (1981) Utilización de los aclareos de las especies de la plantación de Caparo para tableros aglomerados de Partículas. Parte I, teca.

Universidad de Los Andes. Laboratorio Nacional de Productos Forestales. Mérida, Venezuela, p. 98.

GARAY, D. (1988) Producción de tableros aglomerados de partículas a partir de mezclas de especies de los llanos occidentales. Universidad de Los Andes. Centro de Estudios Forestales de Postgrado. Mérida, Venezuela, p. 80.

HALLIGAN, A. (1970) A review of thickness swelling in particleboard. *Wood Science and Technology* 4: 301-312.

INSTITUTO FORESTAL LATINOAMERICANO (IFLA) (1995) Maderas comerciales de Venezuela. Ficha Técnica N° 44. Fresno. Mérida-Venezuela, p. 31.

KAISER, J. (2003) White Ash. Not Just for Baseball Bats. <http://www.iswonline.com/wwp/wom/whiteash.shtml>.

KATIE, S. (2001) Influence of thermally conductive Filler on the Physical Properties of Waferboard.

<http://www.chem.mtu.edu/org/ctc/pdf/KTThesis.pdf>

MALONEY, T. (1993) Modern particleboard & dry-process fiberboard manufacturing. Miller Freeman Inc. San Francisco. U.S.A., p. 688.

MORENO, P. (2001) Efectos de las sales CCA sobre las propiedades físicas y mecánicas y durabilidad inducida en tableros de partículas de Pino caribe. Universidad de Los Andes. Centro de Estudios Forestales y Ambientales de Postgrado. Programa Tecnología de Productos Forestales. Mérida, Venezuela, p. 98.

MOSLEMI, A. (1974) Particleboard: materials. Illinois: Southern. Illinois University Press. Vol 1, p. 244.

Normas DIN (Deutsche Normen). Números 52360 / 52361 / 52362 / 52363 / 52364 / 52365.

NORMAS VENEZOLANAS COVENIN (1993) Comisión Venezolana de Normas Industriales. N° 847-91 (provisional). Tableros de Partículas. Ministerio de Fomento.

SCHLESINGER, R. (2003) White Ash. [http://www.na.fs.fed.us/spfo/pubs/silvics\\_manual/volume\\_2/fraxinus/americana.htm](http://www.na.fs.fed.us/spfo/pubs/silvics_manual/volume_2/fraxinus/americana.htm)