

FACTIBILIDAD DE USO DE LA MADERA *HEVEA BRASILIENSIS* (CAUCHO) EN LA FABRICACIÓN DE TABLEROS CON PAJILLA Y CEMENTO

Darío A. Garay J.¹, Pablo A. Moreno P.², Jorge A. Durán P.³,
Style W. Valero⁴, Shakespeare S. Trejo P.⁵

RESUMEN

Tableros de madera-cemento fueron confeccionados con residuos de madera provenientes de las plantaciones de cauchos de la zona de la amazonia venezolana. Los tableros fueron confeccionados en proporción 1:2 (madera: cemento) por peso, con dimensiones de 500 x 500 x 50 mm y densidades nominales de 600 kg/m³ y 800 kg/m³. Se utilizó como aglomerante mineral cemento Pórtland de fraguado rápido con la adición de hidróxido de calcio (Ca(OH)₂) en una solución al 3%. La calidad de los tableros se evaluó mediante la determinación de las propiedades mecánicas: resistencia compresión perpendicular y resistencia flexión estática, ensayadas según las Normas Alemanas DIN. Los resultados indican que la madera *hevea brasiliensis* se muestra técnicamente viable para fabricar tableros con cemento.

Palabras Clave: *Hevea brasiliensis*, tablero pajilla cemento, portland, caucho, aglomerante, fraguado, mineralizante.

¹ Ingeniero Forestal, MsC. Profesor de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Labonac, U.L.A. Mérida, Venezuela.

² Ingeniero Forestal, MSC. Profesor de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Labonac, U.L.A. Mérida, Venezuela.

³ B. Sc. Químico, PhD. Profesor de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Labonac, U.L.A. Mérida, Venezuela

⁴ Ingeniero Forestal, MsC. Sección de Ensayos Labonac. ULA. Mérida, Venezuela.

⁵ Ingeniero Forestal.

USE FEASIBILITY IN *HEVEA BRASILIENSIS* (RUBBER) TIMBER FOR THE WOOD CEMENT BOARD PRODUCTION

SUMMARY

Wood-cement boards were made with wood residuals from the Venezuelan Amazonian area rubber plantations. The boards were made in 1:2 (wood: cement) proportion for weight, with dimensions of 500 x 500 x 50 mm and nominal densities of 0,600 g/cm³ and 0,800 g/cm³. Portland quick setting cement was used as a mineral binder with the addition of calcium hydroxide (Ca(OH)₂ in a solution to 3%. The boards quality was evaluated by means of the determination of the mechanical properties: perpendicular compression resistance and static flexion resistance were tested according to the DIN, Deutsche Industrial Norms. The results indicate that *Hevea brasiliensis* timber is technically feasible to make boards with cement.

Key Words: *Hevea brasiliensis*, wood-cement board, Portland, rubber, agglomerate, setting, mineralization.

INTRODUCCIÓN

Hevea brasiliensis es una especie autóctona de la cuenca del Amazonas. En el siglo XIX, Brasil era el principal productor de caucho, que se recolectaba sangrando los árboles en el bosque natural. El sangrado de los árboles de caucho comienza entre el quinto y séptimo año después de la plantación, y se prolonga durante 25 ó 30 años. Transcurrido ese tiempo, la disminución de la producción de látex hace que el sangrado de los árboles resulte antieconómico. En este momento, se talan los árboles y se sustituyen por nuevas plántulas de *Hevea brasiliensis*. En nuestro país, esta actividad se centra principalmente en la amazonía venezolana; la misma se viene desarrollando desde hace varios años atrás, obteniendo el látex para la industria del caucho (Killmann y Hong, 2000; Hernández, 2001).

FAO, 1999, plantea que más del 80 por ciento de los 7,2 millones de hectáreas de plantaciones existentes en el mundo en 1999 para la producción de látex se encuentra en el Asia sudoriental: Indonesia, Malasia y Tailandia acumulan el 70 por ciento de la superficie total, es decir, 5,2 millones de hectáreas. En Venezuela existe un aproximado de 3.000 ha plantadas en la amazonía venezolana.

El *Hevea brasiliensis* es un árbol de la familia de las Euphorbiaceas que tiene como carácter distintivo la secreción de látex o ceras a base de hidrocarburos. Tradicionalmente, *Hevea brasiliensis* ha sido utilizado en plantaciones desde hace más de cien años para la producción de hule y látex, sin embargo; las plantaciones huleras tuvieron un fuerte golpe en su desarrollo con la producción del hule sintético a base de petróleo que desplazó al hule y látex natural de la gran mayoría de los usos industriales. Por otro lado, la tradicional creencia de que el *Hevea brasiliensis* es una especie que no aporta madera comercial se descartó cuando el desarrollo de una tecnología específica para resolver los problemas de aserrió y preservación superaron los antiguos problemas de degradación biológica (Killmann y Hong, 2000).

El uso de madera ha aumentado aceleradamente, más aún debido al hecho de que ha sido imposible encontrar sustitutos plásticos, metálicos o compuestos que reemplacen la madera en su totalidad. Cada vez es más importante contar con fuentes seguras y sostenibles de madera para el consumo mundial.

La madera de caucho es una fuente importante de madera en Asia. Países como Malasia, Tailandia, Indonesia e India utilizan la madera de caucho que proviene de plantaciones en las que ya no es económicamente rentable extraer

látex. Esto sucede normalmente entre el año 22 y 29 de la plantación en estos países. Hoy en día la madera de caucho se utiliza para diversos fines, siendo algunos los tableros o contrachapados, pisos y muebles (CIPAV y Econometría S.A., 2004).

La cosecha de madera se hace aproximadamente a los 25 años y se hace con la finalidad de renovar la plantación que ya presenta un decrecimiento en su producción de látex. La mayoría de las plantaciones presentan en su conformación de tronco problemas para su aprovechamiento como madera aserrada o chapa, esto origina que una fracción pequeña (20% aproximado) del volumen en rollo total del árbol sea aprovechado como tablas, tablones, chapa o plywood. Esto da pie a que el mayor volumen de madera se aproveche como fuente de energía ya sea en leña o procesando carbón muy utilizado en fundición, otro producto es el chip tanto para tablero como para pulpa (Killmann y Hong, 2000).

Venezuela inició sus plantaciones con la especie *Hevea brasiliensis* en los años 70, en una fase experimental de 2000 ha; para el presente se encuentra en explotación y obtención del látex que es utilizado en la industria del caucho del país. Se han planteado diferentes proyectos los cuales incluyen una taza anual de plantación de 3.000 ha, llevándose a cabo en la zona de San Fernando de Atabapo de la amazonia venezolana, bajo la coordinación de la Corporación Venezolana de Guayana.

Raymond, 1993, estimó que sobre la base de una recuperación de madera aserrada del 25 al 45 por ciento, solamente el 5 por ciento del volumen de madera de los árboles de caucho se han convertido en productos de madera, mientras que el resto ha permanecido en las plantaciones o se ha quemado.

Se afirma que los pequeños propietarios de parcelas de menos de 10 ha suministran trozas de menor calidad porque dedican menos atención a las cuestiones de ordenación de plantaciones y a la adopción de prácticas adecuadas de sangrado. Un estudio realizado en Malasia puso de manifiesto que solo el 18 por ciento de las trozas de cauchos cosechadas en pequeñas propiedades eran adecuadas para el aserradero (Killmann y Hong, 2000).

Kollert y Zana, 1994, manifiestan que el precio reducido de las trozas de caucho, particularmente cuando son de baja calidad, hace que su venta sólo reporte a los pequeños propietarios beneficios insignificantes. Esa es la causa por la que a menudo los pequeños productores optan por quemar las trozas o dejar que se pudran en la plantación una vez taladas.

La madera de caucho reciente contiene de un 1 a un 2,3 por ciento de azúcares libres y de un 7,5 a un 10,2 por ciento de almidón. El contenido bastante elevado de azúcares libres y la ausencia de extractos hacen que la madera no sea duradera y sufra frecuentes ataques de hongos e insectos. El contenido de hidratos de carbonos libres también ha planteado otros problemas, por ejemplo, el fijado del cemento en los tableros pegados con cemento que se fabrican en Malasia. Este problema se resolvió mediante el almacenamiento de las virutas al aire libre, que permitió reducir el contenido de azúcar y almidón al 0,2 y el 1 por ciento, respectivamente (Killmann, 1992).

Salleh, 1984, señala 61 productos diferentes de madera de caucho. Sus usos más importantes son los muebles y sus partes, el parquet, los tableros de madera (tableros de partículas, tableros encolados con cemento y yeso, y tableros de fibra de densidad media), y productos de cocina y artículos innovadores, así como en forma de madera aserrada para uso generales y como combustible.

El talado del árbol del caucho, después de ser extraído el látex, aportará un alto volumen de madera que podría ser utilizada por parte de empresas procesadoras de madera, como también un alto volumen de desperdicios (ramas, copas, fustes deformes y de poco diámetro) que genera problemas ambientales y de subutilidad de las áreas disponibles para replantar la especie. En otro caso, por el poco valor comercial que tiene la especie, este material es acumulado y posteriormente quemado, que bien es necesario realizar estudios tecnológicos del caucho en el área de tableros de pajilla y cemento que permitan obtener un producto de valor agregado con buenas propiedades físicas y mecánicas.

Malasia utiliza como materia prima el caucho, para la industria de tableros en expansión y se han establecido cuatro fábricas de tableros de partículas, cuatro de tableros de fibrocemento de madera y cuatro de tableros de fibra de densidad media (Departamento Forestal, Malasia Peninsular, 1998).

El *Hevea brasiliensis* pudiera convertirse en materia prima a mediano plazo para las industrias de tableros de pajilla y cemento; y permitir la instalación de pequeñas empresas que generarán empleo directo, además, estos tableros como elementos de cerramientos internos y externos, que comparados con los elementos de construcción tradicional como el bloque y ladrillo, podrían ser de menor costo y permitirán la construcción de viviendas progresivas de interés social, de esta manera tratar de disminuir el déficit habitacional que existe en nuestro país.

OBJETIVOS

GENERAL

- Determinar las aptitudes tecnológicas de la especie *Hevea brasiliensis* en la fabricación de tableros de pajilla y cemento a dos niveles de densidad.

ESPECÍFICOS

- Determinar las propiedades de resistencia mecánicas a la flexión estática (módulo de ruptura) y compresión perpendicular, de los tableros de pajilla y cemento fabricados con la especie *Hevea brasiliensis*.
- Comparar los valores de las propiedades de los tableros con los estipulados por la norma alemana DIN 1101.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó con residuos de árboles de *Hevea brasiliensis* provenientes de la plantación del Campo comparativo de clones de Trapichote del Orinoco, estado Amazonas. Se aserraron con una sierra cinta marca Brenta (Fig. 1) y se segmentaron en una sierra circular marca Sanvick en trozos de 50 cm de longitud, con la finalidad de facilitar el acceso a la maquina lanera marca Rehau Bayern para producir la pajilla de madera (Fig. 2), cuyos espesores variaron entre 0,2 a 0,5 mm de ancho y con un contenido de humedad cercano al 30%.

MINERALIZACIÓN DE LA PAJILLA

La pajilla o lana de madera fue sumergida en una solución saturada de hidróxido de calcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) (Fig. 3), por un tiempo de 48 horas, con la finalidad de absorber el mineral y de eliminar o neutralizar sustancias como azúcares, taninos y otros que inhiben el fraguado del cemento.

MEZCLADO DE LA PAJILLA CON EL CEMENTO

Una vez extraída la pajilla del mineralizante, se distribuyó uniformemente el cemento sobre la misma, utilizando una máquina para el mezclado tradicional del concreto (cemento, agua y arena).



Figura 1. Aserrado de madera de *Hevea brasiliensis*.



Figura 2. Obtención de la pajilla de la máquina lanera.



Figura 3. Mineralización de la pajilla de madera.

FABRICACIÓN DE LOS TABLEROS

Se estableció una relación a razón de 2:1, dos partes (por peso) de cemento y una parte (por peso) de pajilla (Fig.4). Se fabricaron 8 tableros para densidad de 600 kg/m³ y 8 tableros para densidad de 800 kg/m³ de 500 mm x 500 mm x 50 mm, fueron prensados en frío por 24 horas, posteriormente fueron climatizados a 65% \pm 2% de humedad relativa y temperatura de 20 ° C \pm 1 ° C, por un tiempo de 28 días.



Figura 4. Fabricación de los Tableros.

RESULTADOS Y ANÁLISIS

En el cuadro 1, se muestran los resultados obtenidos de las propiedades mecánicas de los tableros de pajilla cemento de *Hevea brasiliensis*.

Cuadro 1. VALORES PROMEDIOS, INTERVALOS DE CONFIANZA AL 95% Y COEFICIENTES DE VARIACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS TABLEROS DE PAJILLA CEMENTO DE HEVEA BRASILIENSIS A DOS NIVELES DE DENSIDAD TEÓRICAS.

Propiedades Mecánicas					
Propiedad	Densidad teórica (g/cm ³)	Tablero	Valor promedio de la propiedad	Intervalo de confianza al 95%	Coefficiente de variación (%)
Flexión Estática (MOR) (kg/cm ²)	0,600	1	12,488	10,286 ≤ X ≤ 14,689	11,077
		2	18,383	10,516 ≤ X ≤ 26,249	26,893
		3	15,883	3,282 ≤ X ≤ 28,483	49,861
		4	19,485	7,812 ≤ X ≤ 31,158	37,651
		5	16,378	9,599 ≤ X ≤ 23,156	26,010
		6	16,028	7,418 ≤ X ≤ 24,637	33,760
		7	12,958	8,327 ≤ X ≤ 17,589	22,461
		8	13,995	9,584 ≤ X ≤ 18,406	19,807
	0,800	1	19,983	11,399 ≤ X ≤ 28,567	27,035
		2	22,528	16,792 ≤ X ≤ 28,264	16,002
		3	15,625	9,321 ≤ X ≤ 21,929	25,354
		4	14,770	4,193 ≤ X ≤ 25,347	45,005
		5	18,505	14,210 ≤ X ≤ 22,800	14,588
		6	23,673	11,305 ≤ X ≤ 36,041	32,835
		7	21,990	13,876 ≤ X ≤ 30,104	23,190
		8	16,083	9,447 ≤ X ≤ 22,718	25,929
Compresión (kg/cm ²)	0,600	1	18,115	17,327 ≤ X ≤ 18,903	2,733
		2	18,538	17,569 ≤ X ≤ 19,506	3,284
		3	18,348	17,576 ≤ X ≤ 19,119	2,642
		4	18,035	17,758 ≤ X ≤ 18,312	0,965
		5	18,083	17,846 ≤ X ≤ 18,319	0,822
		6	18,278	18,186 ≤ X ≤ 18,369	0,314
		7	18,160	17,769 ≤ X ≤ 18,551	1,354
		8	18,198	17,832 ≤ X ≤ 18,563	1,262

0,800	1	18,263	$17,716 \leq X \leq 18,809$	1,881
	2	18,528	$17,189 \leq X \leq 9,866$	4,540
	3	18,245	$17,177 \leq X \leq 19,313$	3,678
	4	18,428	$17,878 \leq X \leq 18,976$	1,873
	5	18,003	$17,716 \leq X \leq 18,289$	1,000
	6	18,253	$17,819 \leq X \leq 18,686$	1,492
	7	18,075	$17,421 \leq X \leq 18,729$	2,274
	8	18,228	$17,919 \leq X \leq 18,286$	0,637

La Norma DIN 1101 establece que para tableros de espesor de 50 mm la resistencia a la flexión debe situarse en 5 kg/cm², como se puede observar en la tabla 1, los valores obtenidos están entre 12,486 kg/cm² y 19,485 kg/cm² para tableros de densidad de 600 kg/m³ y para la densidad de 800 kg/m³ se situaron entre 15,625 kg/cm² y 23,673 kg/cm², encontrándose muy por encima del valor estipulado, cumpliendo con la norma.

La variabilidad en el ensayo de flexión reflejado por los coeficientes de variación indican probablemente que la presión manual aplicada a los tableros no fue la adecuada, ya que no hay manera de controlarlo, puesto que no se cuenta con indicadores manométricos que indiquen la presión que se está ejerciendo.

Es de esperarse este comportamiento para la los tableros de densidad 800 kg/m³ en comparación con los de baja densidad, es decir que a mayor densidad del tablero, mejores serán sus propiedades mecánicas, y esto se vio reflejado con los resultados obtenidos en ambas densidades.

La resistencia a la compresibilidad perpendicular se midió por el porcentaje de reducción de espesor del tablero bajo un esfuerzo de 3 kg/cm², los valores obtenidos están entre 18,035 % y 18,278 % para tableros de densidad de 600 kg/m³ y para la densidad de 800 kg/m³ se situaron entre 18,003 % y 18,528 %.

La Norma DIN 1101 establece que para tableros de 50 mm de espesor la resistencia a la compresión debe estar en 20%. Los valores obtenidos en los tableros a ambas densidades se sitúan muy ligeramente por debajo de este valor, ajustándose a lo exigido por la respectiva norma.

Los coeficientes de variación para la resistencia a la compresión perpendicular, fueron muy homogéneos situándose por debajo del 5%. Los porcentajes de los coeficientes de variación reportan que son confiables, ya que sus valores son

menores del 5%, indicando que la dispersión de los resultados respecto al promedio es muy baja.

CONCLUSIONES

La especie *Hevea brasiliensis* presenta buenas aptitudes tecnológicas para la obtención de lana de madera, que son compatibles con el cemento Pórtland para la fabricación de tableros cemento madera.

Los tableros de *Hevea brasiliensis* con una relación 1:2 (una parte de pajilla por dos de cemento) arrojaron buenos resultados en cuanto al fraguado, lo que indica que la mineralización contribuyó de manera apropiada, haciendo que las sustancias extractivas propias de la especie no interfirieron de manera negativa en la obtención de un tablero con buenas propiedades.

La propiedad mecánica de resistencia a la flexión estática cumplió de manera satisfactoria, mientras que la resistencia a la compresión perpendicular estuvo muy ligeramente por debajo de la exigencia establecida por la norma alemana DIN 1101 para tableros de madera cemento.

Los resultados de las propiedades mecánicas permiten indicar que estos tableros pueden ser utilizados en la industria de la construcción y sustituir otros elementos y formar parte como paneles de cerramientos externos e internos.

BIBLIOGRAFÍA

1. CIPAV y Econometría S.A. 2004. **Proyecto OIMT. Análisis de prefactibilidad para el aprovechamiento industrial de madera de Caucho *Hevea brasiliensis*, incluyendo la formulación para la implementación de un caso piloto en una zona específica de Colombia.** Documento de Internet: <http://www.cipav.org.co/cipav/new/caucho/portada.html>.
2. Departamento Forestal, malasia peninsular.1998. **Informe Anual.** Kuala lumpur.
3. FAO. 1999. **Data on Agriculture/agricultural Production-Primary Crops/Natural Rubber.** En *FAOSTAT - FAO Statistical Databases*. Documento de Internet: <http://apps.fao.org>.
4. Hernández, D. 2001. **Estudio de las Propiedades Físicas y Mecánicas de la Especie *Hevea brasiliensis* sp (caucho) Proveniente de las Plantaciones de CVG- Estado Amazonas.** Mérida, Venezuela.
5. Killmann, W. 1992. **Eigenschaften und Verwendung von Heveaholz (*Hevea brasiliensis*).** Documento presentado en el octavo taller de Hamburgo sobre los bosques y la madera, 22-24 de octubre de 1992, Hamburgo, Alemania.
6. Killmann, W. y Hon, Lt. 2000. **El Caucho, el Exito de un Subproducto Agrícola.** *Unasyva*. 201 (51):66-72.
7. Kollert, W. y Zana, A. 1994. **Rubberwood From Agricultural Plantations: a Market Analysis for Peninsular Malaysia.** *The Planter*. 70:435-452.
8. Normas DIN (**Deutsche Normen**). Números 1101.

9. Raymond, A. 1993. **Tapping Rubberwood's Export Market Potential. Documento Presentado en el Foro Internacional sobre Oportunidades de Inversión en la Industria del Caucho.** Kuala Lumpur, Malasia, Septiembre 1993. Resumido en Asian Timber: 53-55.
10. Salleh, M. 1984. **Heveawood - Timber of the Future.** *The Planter.* 60 (702):370-381.

AGRADECIMIENTO

Esta investigación ha sido financiada por
el Proyecto F0-491-01-01-B año 2002.
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.