



Artículo / Article

Durabilidad natural de tableros aglomerados de cocotero

Natural durability of coconut palm trunk chipboards

Xóchitl Elizabeth Cervantes Valdez¹, Jesús Ángel Andrade Ortega²,
Carlos Alberto Ramírez Barragán² y Luis Ramón Bravo García²

Resumen

La industria de fabricación de tableros aglomerados (TA) emplea, tradicionalmente, descartes de madera de pino como materia prima y, en ocasiones, bagazo de caña. Se han realizado trabajos para incorporar otras materias primas no convencionales, cuidando que las propiedades físico-mecánicas no desmerezcan respecto a las habituales. La resistencia al biodeterioro a través del tiempo es una cualidad que no ha sido investigada. El objetivo de este trabajo fue estudiar la durabilidad de los TA de estopa de coco (TAEC) y de fuste de palma de coco (TAFPC) frente al ataque de hongos xilófagos. Se empleó la norma ASTM D-2017-71 para durabilidad de madera, que se basa en la pérdida de peso y cambio de dimensiones de los bloques de prueba (2.5 x 2.5 cm) ante el ataque de hongos, en incubadora (65-70 % de humedad relativa, 26-27 °C), por un periodo de hasta 16 semanas; se hizo una modificación a dicha norma que consistió en cambiar el método de propagación de los hongos de bloque-suelo por un medio de cultivo: agar malta dextrosa (MEA) y agar papa dextrosa (PDA). Como referencia se empleó un TA de pino comercial (TAP). Los hongos de degradación fueron tres de pudrición parda y uno de pudrición blanca (*Laetiporus sulphureus*, *Neolentinus suffrutescens*, *Postia placenta* y *Phanerochaete chrysosporium* respectivamente). Los datos obtenidos indican que los TAEC y TAFPC resultaron altamente resistentes a los cuatro hongos, lo cual es atribuible a las características propias de los materiales de prueba.

Palabras clave: Biodeterioro, *Cocos nucifera* L., descomposición por hongos, hongos xilófagos, propiedades físico-mecánicas, tableros aglomerados de partículas.

Abstract

The agglomerate chipboard (AC) industry has traditionally used discarded pine wood, and occasionally sugar cane mash, as raw materials. Research has been conducted in order to incorporate non-traditional raw materials in the manufacture of chipboards, taking care that the physical-mechanical properties of the new boards do not detract from those of traditional boards. AC resistance to biodeterioration is a phenomenon that has not been researched before. The aim of this work was to study the durability of the ACs made of coconut husk fibers (CHFAC) and coconut trunk fibers (CPTAC) against attack by fungi in terms of the ASTM Standard (D-2017-71). This methodology is commonly used to determine the weight loss and dimensional changes of solid wood blocks (2.5 x 2.5 cm) against fungal attack within the incubator (65-70 % HR, 26-27 °C) during 16 weeks. In this work the propagation method of the fungi was changed from soil-block to agar-block (malt dextrose agar -MDA- and potato dextrose agar -PDA). A commercial pine wood chipboard (PWAC) was used. Three brown-rot and three white-rot fungi were used (*Laetiporus sulphureus*, *Neolentinus suffrutescens*, *Postia placenta* and *Phanerochaete chrysosporium* respectively). Results show that both CHFACs and CPTACs were resistant to attack by the four fungi studied in terms of weight loss, owing to the particular properties of the tested lignocellulosic materials.

Key words: Biodeterioration, *Cocos nucifera* L., fungal decay, xylophagous fungi, physical-mechanical properties, particle boards.

Fecha de recepción/ date of receipt: 12 de noviembre de 2014; Fecha de aceptación/ date of acceptance: 23 de febrero de 2015.

¹ Departamento de Farmacobiología, Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías (CUCEI), Universidad de Guadalajara

² Centro de Investigación en Biomateriales, Departamento de Madera, Celulosa y Papel, (CUCEI), Universidad de Guadalajara.

Correo-e: aandrade@dmcyp.cucei.udg.mx

Introducción

Los tableros aglomerados de partícula (TA) se definen como hojas de dimensiones variables obtenidas por aglutinación y prensado de partículas de madera o algún otro material lignocelulósico fibroso (corteza, paja, bagazo, fibras vegetales diversas y fibras orgánicas), así como por sustancias cementantes. La fabricación y uso de los TA a base de madera, se han incrementado en forma constante (Moslemi, 1994) de tal manera que en la actualidad es posible utilizarlos en diversos campos, los cuales eran exclusivos de la madera aserrada.

El éxito de los TA se puede atribuir a que el proceso de producción permite la utilización de una gran diversidad de materiales, y con ello obtener un producto más económico que la madera sólida o los contrachapados. Por ejemplo, Hiziroglu (2013) plantea el uso de especies no maderables y maderas subutilizadas; Hashim *et al.* (2011) proponen un aprovechamiento más integral de la biomasa (desde la corteza hasta las hojas) de una palmera asiática, con resultados que están acordes a los estándares japoneses en la materia; Ahmad *et al.* (2011) documentan una serie de materiales lignocelulósicos susceptibles de uso en la elaboración de los TA como: bambú, bagazo de caña, lino, algodón, rastrojo de cereales, cáscara de cacahuate, y cocotero. En el Departamento de Madera, Celulosa y Papel de la Universidad de Guadalajara, México, se ha investigado desde hace 25 años y continúa haciéndose sobre fibra de agave, henequén, estopa de coco, lechuguilla (Fuentes *et al.*, 1988; Fuentes, 1989; Fuentes *et al.*, 1991).

En la búsqueda de biomasa para la fabricación de TA, la palma de coco (*Cocos nucifera* L.) y, en general, otras palmeras son candidatas para este tipo de aprovechamiento, tanto su madera como los otros elementos lignocelulósicos que las componen; así, Rocha *et al.* (2002) utilizaron cáscara de coco de babaçu (*Orbignya* sp.) para producir tableros de partículas de madera-cemento; Sulaiman (2009) realizó una evaluación sobre la conveniencia de usar algunos adhesivos para elaborar láminas de madera contrachapada a partir de troncos de palma de aceite; Jumhuri *et al.* (2014) determinaron el efecto de un tratamiento a las partículas de tableros manufacturados con palma de aceite sobre las propiedades finales del TA.

Los TA deben reunir requisitos de calidad (definidas por la industria del tablero) referentes, principalmente, a sus propiedades físico-mecánicas; sin embargo, estas no son las únicas importantes para considerar que los TA son de buena calidad, existe la prueba, que en pocos lugares se realiza, denominada durabilidad. En términos más específicos, en este caso, la durabilidad se considera como la capacidad del TA para mantener sus propiedades y forma original frente al deterioro causado por agentes biológicos, químicos y físicos a través del tiempo (Nicholas, 1973; Zabel, 1992; Touza, 2013). En relación con los primeros, los hongos xilófagos son los principales que

Introduction

Agglomerate chipboards (ACs) are defined as sheets of variable sizes obtained through the agglutination and compression of wood chips or some other fibrous lignocellulosic materials (bark, straw, mash, and a variety of vegetal and organic fibers), as well as cementing substances. The manufacture and use of wood-based chipboards has increased constantly (Moslemi, 1994), so that these may today be given various uses that were formerly exclusive to sawn wood.

The success of ACs may be attributed to the fact that the production process allows the use of a large variety of materials, and thereby obtain a cheaper product than when solid wood or plywood is used. For instance, Hiziroglu (2013) suggests using non-timber yielding species and underused woods; Hashim *et al.* (2011) proposes a more thorough exploitation of biomass (from the bark to the leaves) of an Asian palm tree, with results that meet the Japanese standards in this regard; Ahmad *et al.* (2011) document a series of lignocellulosic materials that may be used in the manufacture of ACs, such as bamboo, sugar cane mash, linen, cotton, cereal stubble, peanut shells and coconut palm. At the *Departamento de Madera, Celulosa y Papel of the Universidad de Guadalajara* (Department of Wood, Cellulose and Paper), research has been carried out for the last 25 years on agave, coconut husk and *lechuguilla* fibers (Fuentes *et al.*, 1988; Fuentes, 1989; Fuentes *et al.*, 1991).

The coconut palm (*Cocos nucifera* L.) and in general other palm trees are candidates for use in the manufacture of ACs, for both their wood and their other lignocellulosic elements; thus, Rocha *et al.* (2002) used babassu coconut (*Orbignya* sp.) shells to produce wood-cement chipboards; Sulaiman (2009) carried out an assessment of the convenience of using certain adhesives to manufacture plywood sheets from oil palm trunks; Jumhuri *et al.* (2014) determined the effect of a treatment for the particles of chipboards manufactured with oil palm on the final properties of the ACs.

The ACs must meet certain quality requirements (defined by the chipboard industry), mainly related to their physical-mechanical properties; however, these are not the only important ones that should be taken into account to obtain good quality ACs; there is a durability test which, however, few manufacturers carry out. In more specific terms, in this case, durability is considered as the ability of the AC to keep its original properties and shape in the face of damage caused by biological, chemical and physical agents over time (Nicholas, 1973; Zabel, 1992; Touza, 2013). In relation to the former, xylophagous fungi are the main causes of deterioration of wood or lignocellulosic materials; therefore they are considered to be likely to damage the ACs made with these materials.

degradan la madera o los materiales lignocelulósicos; por lo que se considera que también pueden ocasionar daños a los TA elaborados con esos materiales.

El objetivo del presente trabajo fue determinar la durabilidad (la resistencia al ataque de hongos xilófagos) de dos tipos de tableros aglomerados elaborados con materias primas no tradicionales a base de la biomasa de la palma de coco (TAEC y TAFPC), mediante la norma ASTM D-2017-71 con una modificación en el método de propagación de hongos, que consistió en cambiar la propagación bloque-suelo por los medios de cultivo extracto de malta agar (EMA) y papa dextrosa agar (PDA).

Materiales y Métodos

En la Figura 1 se muestra el diagrama de flujo correspondiente al esquema general del trabajo experimental.

Materia prima

Se emplearon tableros de estopa de coco (TAEC) y de fuste de palma de coco (TAFPC), los cuales fueron proporcionados por el Centro de Investigación en Propiedades y Usos de la Madera, del Departamento de Madera, Celulosa y Papel, de la Universidad de Guadalajara. Las condiciones del proceso de su elaboración consistieron en: aplicación de resina urea-formaldehído al 12 % y tiempo de prensado de 10 minutos para ambos casos; presión de 2.7 N mm² y temperatura de 170 °C para el tablero TAFPC y presión de 3.6 N mm² y temperatura de 150 °C para el tablero TAEC.

Selección y preparación de los bloques de prueba y testigo

Los tableros TAEC, TAFPC y TAP se cortaron en bloques de 2.5 x 2.5 cm (el espesor de los tableros fue de 1.5 cm); a continuación se eligieron aquellos libres de defectos, de cantidades anormales de resina y de evidencia visible de infección por hongos. Se identificaron por uno de sus extremos con un marcador para facilitar su manejo y un mejor control sobre ellos. Los bloques se midieron con un vernier Mitutoyo, modelo 530-104, a fin de tener una mayor exactitud de sus dimensiones y facilitar la comparación del cambio antes y después de la exposición a los hongos de prueba.

Acondicionamiento inicial

Los bloques se sometieron a un acondicionamiento inicial, el cual consistió en un tratamiento de secado en una estufa Felisa, modelo FE-292AD a una temperatura de 90 °C, hasta obtener peso constante (96 horas), que se registró como el valor inicial y fue la base para determinar la pérdida de peso al final del proceso, causada por la pudrición.

The objective of this work was to determine the durability (the resistance to attack by xylophagous fungi) of two types of agglomerate chipboards made with untraditional raw materials based on the biomass of the coconut palm (CHFACs and CPTACs) according to the ASTM D-2017-71 norm, with a modification in the method for the propagation of the fungi, which consisted in replacing the soil-blocks with the agar malt extract (MDA) and agar potato dextrose (APD) culture media.

Materials and Methods

Figure 1 shows a flow chart depicting the general scheme of the experimental work.

Raw materials

Coconut husk fiber (CHF) and coconut palm trunk (CPT) chipboards were used; these were provided by the *Centro de Investigaciones del Departamento de Madera, Centro de Investigación en Propiedades y Usos de la Madera, del Departamento de Madera, Celulosa y Papel* of the *Universidad de Guadalajara*. The conditions in which the manufacturing process took place were: application of urea-formaldehyde resin at 12 % and a press time of 10 minutes for both types of materials; a pressure of 2.7 N mm² and a temperature of 170 °C for the CPT chipboard, and a pressure of 3.6 N mm² and a temperature of 150 °C for the CHF chipboard.

Selection and preparation of the test and control blocks

The CHF, CPT and pine wood (PW) chipboards were cut into blocks of 2.5 x 2.5 cm (the chipboards were 1.5 cm thick); next, those blocks that were free of defects, abnormal amounts of resin and visible evidence of fungal infection were selected. They were identified with a marker on one of their ends to facilitate their handling as well as a better control. The blocks were measured with a Model 530-104 Mitutoyo caliper, in order to obtain more precise measurements and to facilitate the comparison between the conditions before and after exposure to fungal testing.

Initial conditioning

The blocks were subjected to an initial conditioning, which consisted in a treatment of drying in a Model FE-292AD Felisa oven at a temperature of 90 °C until a constant weight was obtained (96 hours); this was recorded as the baseline value and was the basis for determining the loss of weight at the end of the process due to rotting.

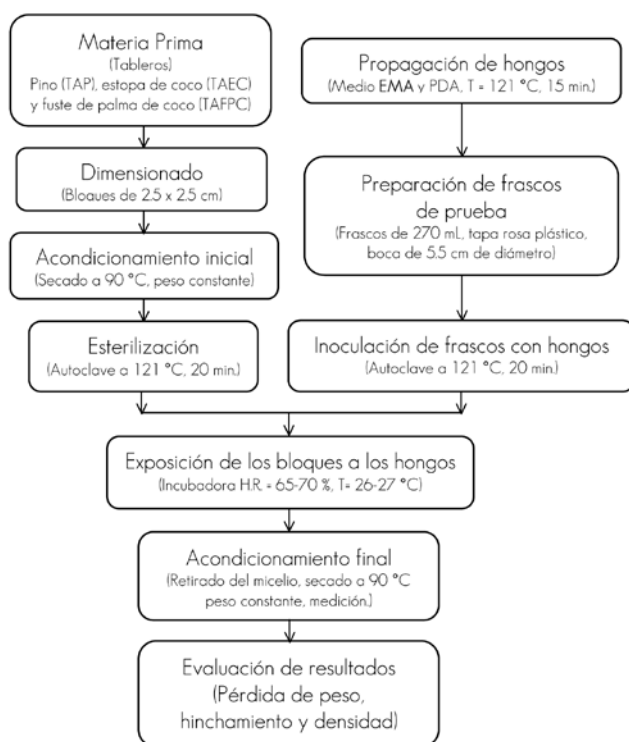


Figura 1. Diagrama de flujo general del trabajo experimental realizado.

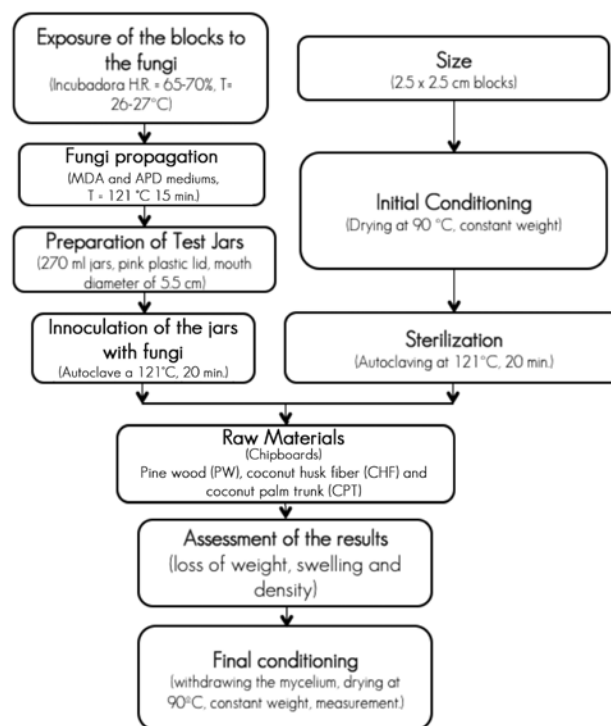


Figure 1. General flow chart of the experimental work carried out.

Acondicionamiento final: esterilización.

Previo al proceso de pudrición, los bloques de prueba, el testigo y la referencia se esterilizaron en autoclave marca FT Goley modelo 12 x 20 de doble tambor a 121 °C durante 20 minutos y una presión de 1.05 kg cm⁻²; finalmente, se colocaron en frascos inoculados con los hongos xilófagos.

Las características de los hongos xilófagos empleados se resumen en el Cuadro 1 (Gómez et al., 1978; Bonnarne et al., 1993; Herrera et al., 1980).

Cuadro 1. Resumen de los hongos de estudio.

Hongo	Sinónimos	Tipo de pudrición	Degrada:
<i>Phanerochaete chrysosporium</i> Burdsall***	<i>Chrysosporium pruinum</i> (J. C. Gilman & E. V. Abbott) J. W. Carmich., <i>Sporotrichum pulverulentum</i> Burdsall).	Blanca	Carbohidratos y lignina
<i>Laetiporus sulphureus</i> (Bull.) Murrill*	<i>Polyporus sulphureus</i> Bullex Fr (poliporo azufrado); <i>Leptoporus sulphureus</i> Bull, ex. Fr.; <i>Tyromyces</i> S. Donk; <i>Grifola sulphurea</i> Pil.; <i>Polyporus caudicinus</i> Schroet; <i>Polypilus caudicinus</i> Karst.	Parda	Carbohidratos
<i>Neolentinus suffrutescens</i> (Brot.) T. W. May & A. E. Wood*	<i>Lentinus squamosus</i> (Schaeff.) Quél. (lentino escamoso); <i>Agaricus squamosus</i> Pers., <i>Lentodium squamulosum</i> Morgan, <i>Lentinus lepideus</i> (Fr.) Fr.	Parda	Carbohidratos
<i>Postia placenta</i> (Fr.) M. J. Larsen & Lombard**	<i>Poria placenta</i> (Fr.) Cooke, <i>Poria monticola</i> Murrill	Parda	Carbohidratos

* Proporcionados por el Laboratorio de Micología del Instituto de Botánica, (CUCBA) de la Universidad de Guadalajara.

** Donado por el Instituto de Ecología de Xalapa, Veracruz.

***Facilitado por el Laboratorio de Bioingeniería ahora parte del Centro de Investigación en Fibras, Pulpeo y Blanqueo del Departamento de Madera, Celulosa y Papel, "Ing. Karl Augustin Grellmann" de la Universidad de Guadalajara

Table 1. Summary of the studied fungi.

Fungus	Synonyms	Type of rot	Degrades:
<i>Phanerochaete chrysosporium</i> Burdsall***	<i>Chrysosporium pruinosum</i> (J. C. Gilman & E. V. Abbott) J. W. Carmich., <i>Sporotrichum pulverulentum</i> Burdsall).	White	Carbohydrates and lignine
<i>Laetiporus sulphureus</i> (Bull.) Murrill*	<i>Polyporus sulphureus</i> Bullex Fr. (Poliporo azufrado); <i>Leptoporus sulphureus</i> Bull., ex. Fr.; <i>Tyromyces</i> S. Donk; <i>Grifola sulphurea</i> Pil.; <i>Polyporus caudicinus</i> Schroet; <i>Polypilus caudicinus</i> Karst.	Brown	Carbohydrates
<i>Neolentinus suffrutescens</i> (Brot.) T. W. May & A. E. Wood*	<i>Lentinus squamosus</i> (Schaeff.) Quél., (Lentino escamoso); <i>Agaricus squamosus</i> Pers., <i>Lentodium squamulosum</i> Morgan, <i>Lentinus lepideus</i> (Fr.) Fr.	Brown	Carbohydrates
<i>Postia placenta</i> (Fr.) M. J. Larsen & Lombard**	<i>Poria placenta</i> (Fr.) Cooke, <i>Poria monticola</i> Murrill	Brown	Carbohydrates

* Provided by the Laboratorio de Micología del Instituto de Botánica, CUCBA (Mycology Laboratory of the Institute of Botany) of the Universidad de Guadalajara (University of Guadalajara).

** Donated by the Instituto de Ecología (Institute of Ecology) of Xalapa, Veracruz.

***Facilitated by the Laboratorio de Bioingeniería (Bioengineering Laboratory), today a part of the Centro de Investigación en Fibras, Pulpeo y Blanqueo (Research Center on Fibers, Pulp and Bleaching) of the "Ing. Karl Augustin Grellmann" Departamento de Madera, Celulosa y Papel (Department of Wood, Cellulose and Paper) of the Universidad de Guadalajara.

Preparación de hongos de prueba

Los hongos se cultivaron en cajas Petri con los medios nutritivos de papa dextrosa agar (PDA) para *Phanerochaete chrysosporium* Burdsall y agar con extracto de malta (EMA) para las otras tres especies. A cada caja se les adicionó 20 mL de los medios de cultivo, se esterilizaron a 121 °C durante 15 min; se agregó el inóculo y se incubaron durante una semana a 27 °C. Así se obtuvieron los cultivos para la posterior inoculación en los frascos de prueba.

Preparación de frascos de prueba

En frascos de cultivo de vidrio de 270 mL de capacidad y diámetro de 5.5 cm, con tapa rosca de plástico sin empaque, se colocaron 80 mL de medio de cultivo (EMA y PDA); enseguida se esterilizaron en autoclave en posición vertical durante 15 min, a 121 °C y presión de 1.05 kg cm⁻²; posteriormente, los frascos se dejaron enfriar hasta la completa solidificación del medio.

Inoculación de frascos con hongos

Cuando el medio se endureció, se llevó a cabo la inoculación con 1 cm² de medio de cultivo con micelio, el cual se transfirió asepticamente a la superficie de agar, colocándose aproximadamente en el centro del medio de cultivo. Los frascos de prueba inoculados, se colocaron en una incubadora VWR 1560 (de dos compartimentos individuales con controles independientes), a 27 °C, con las tapas ligeramente flojas por una vuelta desde la posición cerrada, por un periodo de 8 días (tiempo que le llevó al hongo formar una capa de micelio sobre la superficie del medio).

Fungal test preparation

The fungi were cultivated in Petri dishes using agar dextrose and potato (APD) nutritional mediums for *Phanerochaete chrysosporium* Burdsall and with a malt extract (MEA) for the other three species. 20 mL of the culture mediums were added to each dish; they were sterilized at 121 °C during 15 min; the inoculum was added, and the fungi were incubated during one week at 27 °C. Thus, cultures were obtained for subsequent inoculation of the test jars.

Preparation of test jars

80 mL of culture mediums (MEA and APD) were placed in 270 mL glass cultivation jars of 5.5 cm diameter and with a pink plastic screw lid without a gasket; next, they were sterilized in an autoclave in a vertical position during 15 min at a temperature of 121 °C and a pressure of 1.05 kg cm⁻²; finally, the jars were left to cool until the medium was completely solidified.

Inoculation of the jars with fungi

Once the medium hardened, it was inoculated with 1 cm² of culture medium with mycelium, which was aseptically transferred to the agar surface, roughly at the center of the culture medium. The inoculated test jars were placed in a VWR 1560 incubator (having two individual compartments with independent controls) at a temperature of 27 °C, with the lids slightly loose by one turn from the closed position, during an 8-day period (the time it took for the fungus to form a mycelium layer on the surface of the medium).

Exposición de bloques a los hongos

Los bloques de TA esterilizados, se dejaron enfriar y, en condiciones de asepsia, se colocaron uno por uno en cada frasco sobre el micelio desarrollado; las tapas de los frascos se aflojaron ligeramente con el fin de permitir la entrada de oxígeno. El material se dejó en incubación el tiempo indicado en la prueba de referencia.

La prueba de severidad se realizó con los bloques TAP comercial para determinar el tiempo mínimo de exposición del material de estudio con base en el progreso de su pudrición, empleándose esta como guía para concluir la incubación con los respectivos hongos de prueba. A partir de la semana ocho, se extrajeron tres bloques de TAP para secarlos a 90 °C, hasta obtener un peso constante (96 horas) y se calculó la pérdida de peso.

La prueba de referencia es la de control, que se realizó con el objeto de observar la pérdida de peso en el material bajo las condiciones generales de la prueba, sin presencia de los hongos. Para definir el criterio a seguir en los ajustes, respecto a las pérdidas de peso por las condiciones experimentales (sin hongos); es decir, si el testigo tiene una pérdida de peso inferior a 5 % no se hace ningún ajuste, si varía entre 5 y 10 %, se deduce mediante un factor de corrección, y si es mayor a 15 %, se rechaza la prueba para la especie de interés.

Acondicionamiento final

Al término de la octava semana de incubación se comenzaron a extraer bloques de TAP comercial correspondientes a la prueba de severidad, sacando tres bloques por cada hongo de prueba, quitando cuidadosamente el micelio del bloque con un cepillo de cerdas suaves para pasarlos a una estufa de secado a una temperatura de 90 °C hasta obtener un peso constante (96 horas), registrándose este como peso final. El procedimiento se realizó semanalmente, para los bloques de TAP comercial.

El período de exposición de los bloques de TAFPC y TAEPC a los hongos se extendió hasta las 29 semanas; al final de dicho periodo se retiraron de los frascos. Los bloques de prueba se limpiaron, el micelio superficial con un cepillo de cerdas suaves; después, todos los bloques fueron sometidos al acondicionamiento descrito en el párrafo anterior, para obtener el peso final de cada bloque.

Método para la determinación de durabilidad

Se calculó la pérdida de peso de cada bloque con una balanza de precisión marca Sartorius modelo i1800, expresado como porcentaje, con respecto a su peso original (siempre en base

Exposure of the blocks to the fungi

The sterilized AC blocks were left to cool and were individually placed in each jar, under aseptic conditions, on the developed mycelium; the lids of the jars were slightly loosened in order to allow the entry of oxygen. The material was left in incubation during the time indicated in the reference test.

The severity test was performed with the commercial PWAC blocks to determine the minimum exposure time of the study material based on the progress of its rotting, using this as a guideline to conclude the incubation with the respective test fungi. At the eighth week, three PWAC blocks were extracted and dried at a temperature of 90 °C during 96 hours, until a constant weight was obtained, and the weight loss was estimated.

The reference test was the test carried out on the controls to observe the weight loss of the material under the general testing conditions without the presence of fungi, in order to define the criterion to be followed in the adjustments for the weight loss due to the experimental conditions (without fungi): if the control has a weight loss below 5 %, no adjustments are made; if it ranges between 5 and 10 %, it is deducted by means of a correction factor, and if it is above 15 %, the test is rejected for the species of interest.

Final conditioning

At the end of the eighth week of incubation, the commercial PWAC blocks subjected to the severity test began to be extracted, carefully removing the mycelium from the block with a brush with soft bristles; the blocks were then transferred to a drying oven at a temperature of 90 °C during 96 hours until they attained a constant weight, which was registered as the final weight. This procedure was carried out on a weekly basis for the commercial PWAC blocks.

The period of exposure of the CPTAC and CHFAC blocks to fungi was extended to 29 weeks; at the end of this period, the jars were discarded. The test blocks were cleaned, removing the mycelium of the surface with a brush with soft bristles; all the blocks were then subjected to the conditioning described in the previous paragraph in order to obtain the final weight of each block.

Method to determine durability

The weight loss was estimated for each block with a i1800 model Sartorius precision scale, expressed as a percentage of its original weight (always on a dry base), as indicated in equation No. 1. This value is a marker of the degree of damage caused by the test fungus, according to norm ASTM D-2017-71 (a standard method for the quick lab test for the natural resistance

seca), como se indica en la ecuación 1. Este valor es un indicativo del grado de deterioro causado por el hongo de prueba, de acuerdo a lo señalado en la norma ASTM D-2017-71 (método estándar para la prueba rápida de laboratorio de la resistencia natural de la madera sólida a la pudrición); además y con la finalidad de evaluar los cambios en los bloques, en cuanto a sus dimensiones después de la exposición a los hongos de prueba, se midieron el largo, ancho y espesor de cada bloque, y se compararon con sus dimensiones iniciales (ecuaciones 2 y 3) (ASTM, 1971).

$$\% \text{ de pérdida de peso} = ((\text{Peso inicial} - \text{Peso final}) / (\text{Peso inicial})) * 100 \quad (1)$$

$$\% \text{ de hinchamiento} = ((\text{Espesor final} - \text{Espesor inicial}) / (\text{Espesor inicial})) * 100 \quad (2)$$

$$\text{Densidad} = P / (A) (L) (e) \quad (3)$$

Donde:

A = Ancho (cm)

P = Peso

L = Largo (cm)

Densidad = g cm⁻³

e = Espesor (cm)

Resultados y Discusión

Prueba de severidad

En la Figura 2 se representan los resultados de la prueba de severidad; es decir, la relación de pérdida de peso (expresado en %) con respecto al tiempo de exposición de los TAP comercial a los hongos xilófagos.

La norma ASTM D2017-71 establece una pérdida de 60 % del peso inicial del material de prueba, o bien un periodo de 16 semanas para dar por concluido el periodo de exposición a los hongos xilófagos. En este estudio, no se observó un valor de pérdida de peso cercano al citado en la norma para los TAP comercial, para ninguna de las cuatro especies de hongos que se incluyeron, razón por la cual se decidió extender la prueba lo más posible. De tal forma, que se continuó el monitoreo a las 18, 20, 23, 25, 27 y 29 semanas (2, 4, 7, 9, 11 y 13 semanas después del período de incubación de 16 semanas), sin que se observaran cambios significativos de peso; por lo que se concluyó la prueba precisamente a las 29 semanas.

P. chrysosporium provocó, con mucho, la mayor pérdida de peso en los TAP comercial, el valor máximo se registró a las 11 semanas, con 22.4 % (Figura 2); este hongo es de pudrición blanca, por lo que su relativa mejor actividad estaría relacionada a su tipo de alimentación, que consiste en celulosa (carbohidratos) y lignina. *Laetiporus sulphureus* (Bull.) Murrill, también ocasionó una pérdida relativamente significativa de peso, con 7.8 % en la semana 18; a pesar de ser un hongo de pudrición

of the solid wood to rotting); furthermore, and in order to assess the changes in the blocks as to their dimensions after exposure to the test fungi, the length, width and thickness of each block were measured and compared to the baseline dimensions (equations 2 and 3) (ASTM, 1971).

$$\% \text{ weight loss} = ((\text{Initial weight} - \text{Final weight}) / (\text{Initial weight})) * 100 \quad (1)$$

$$\% \text{ of swelling} = ((\text{Final thickness} - \text{Initial thickness}) / (\text{Initial thickness})) * 100 \quad (2)$$

$$\text{Density} = P / (A) (L) (e) \quad (3)$$

Where:

Wd = Width (cm)

Wt = Weight

L = Length (cm)

Density = g cm⁻³

T = Thickness (cm)

Results and Discussion

Severity Test

Figure 2 shows the results of the severity test, i.e. the relationship between weight loss (expressed in %) and the exposure time of the commercial PWACs to xylophagous fungi.

The ASTM D2017-71 norm establishes a weight loss of 60 % in relation to the initial weight of the test material, or a period of 16 weeks, as the parameter signaling the end of the period of exposure to xylophagous fungi. In this study no weight loss value was observed to be close to that cited in the norm for commercial PWACs, for any of the four species of fungi included; for this reason the decision was made to prolong the test as much as possible. Thus, the monitoring was continued at weeks 18, 20, 23, 25, 27 and 29 (i.e. 2, 4, 7, 9, 11 and 13 weeks after the 16-week incubation period), during which no significant changes in weight were observed; the test was therefore concluded precisely at the end of week 29.

P. chrysosporium caused the greatest weight loss, by far, in the commercial PWACs; the maximum value – 22.4 % – was registered at 11 weeks (Figure 2); this is a white-rot fungus, and therefore its relatively better activity may be related to the nature of its nutrition, which consists of cellulose (carbohydrates) and lignine. *Laetiporus sulphureus* (Bull.) Murrill also caused a relatively significant weight loss of 7.8 % at week 18, despite being a brown-rot fungus and feeding exclusively on carbohydrates like cellulose. *Neolentinus suffrutescens* (Brot.) T. W. May & A. E. Wood and *Postia placenta* (Fr.) M. J. Larsen & Lombard displayed very similar tendencies, although neither had a value above 3.5 %; both species are brown-rot fungi.

parda y que solo se alimenta de carbohidratos, como la celulosa. *Neolentinus suffrutescens* (Brot.) T. W. May & A. E. Wood y *Postia placenta* (Fr.) M. J. Larsen & Lombard, presentaron tendencias muy similares, aunque ninguno de ellos tuvo un valor por arriba de 3.5 %; ambas especies son de pudrición parda.

Lentinus lepideus (Fr.) Fr. es capaz de atacar la madera de pino, a tal grado que ha sido clasificada como no resistente a su ataque (Gómez *et al.*, 1978); de tal forma que los resultados de la

Lentinus lepideus (Fr.) Fr. can attack pine wood, so this has been classified as non-resistant to attacks by this fungus (Gómez *et al.*, 1978). Therefore, the results of the severity test indicate that the additives used in the formulation of the chipboards (urea-formaldehyde binder) interfere with the activity of the fungi that cause rotting and weight loss in commercial PWACs.

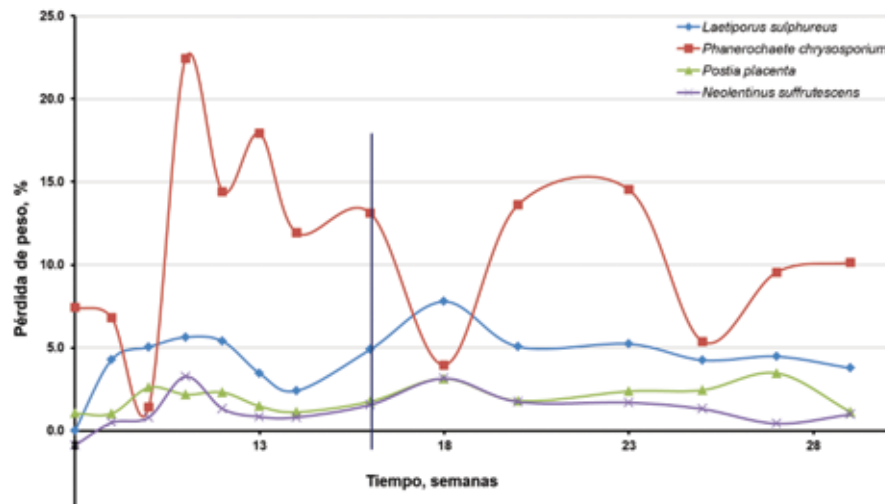


Figura 2. Resultados de la prueba de severidad.
Figure 2. Severity test results.

prueba de severidad indicarían que los aditivos empleados en la formulación de los tableros (aglutinante de urea-formaldehído) interfieren con la actividad de los hongos para provocar pudrición y pérdida de peso en los TAP comercial.

Durabilidad de los bloques de prueba

Los datos correspondientes a la evaluación de la durabilidad de los bloques de prueba TAEC y TAFPC se resumen en el Cuadro 2. Dado que las variaciones de peso final fueron menores a 5 %, no fue necesario aplicar el factor de corrección (de 0.05 % para tableros de estopa y de 0.35 % para el de palma).



Test block durability

The assessment data for the durability of the CHFAC and CPTAC test blocks are summarized in Table 2. Given that the final weight variations were lower than 5 %, it was not necessary to apply the correction factor (0.05 % for coconut husk fiber and 0.35 % for palm trunk chipboards)

Table 2 shows that, while the brown-rot fungus *L. sulphureus* caused the greatest weight loss in both types of ACs --above that caused by *P. chrysosporium* (a white-rot fungus), this species produced the most intense attack in the severity test. It is significant that CHF chipboards proved to be more resistant to all four species of fungi than CPTACs. The highest values for weight loss were those of *N. suffrutescens* and *P. placenta*, which caused at least 80 % more damage to CPT chipboards than to CHFACs.



Cuadro 2. Pérdida de peso, expresada en porcentaje, en bloques de prueba expuestos a pudrición.

Hongos de prueba	Bloques de prueba			
	TAFPC		TAEC	
	Pérdida de peso (%)	Desviación estándar	Pérdida de peso (%)	Desviación estándar
<i>Laetiporus sulphureus</i> (Bull.)Murrill	6.9	0.5	4.5	0.8
<i>Phanerochaete chrysosporium</i> Burdsall	3.9	1.4	2.3	0.2
<i>Neolentinus suffrutescens</i> (Brot.) T. W. May & A. E. Wood	4.2	0.6	1.5	0.5
<i>Postia placenta</i> (Fr.) M. J. Larsen & Lombard	3.0	1.0	1.7	0.5

Table 2. Weight loss undergone by the test blocks exposed to rotting, expressed as percentages.

Test fungi	Test blocks			
	CPTAC		CHFAC	
	Weight loss (%)	Standard deviation	Weight loss (%)	Standard deviation
<i>Laetiporus sulphureus</i> (Bull.) Murrill	6.9	0.5	4.5	0.8
<i>Phanerochaete chrysosporium</i> Burdsall	3.9	1.4	2.3	0.2
<i>Neolentinus suffrutescens</i> (Brot.) T. W. May & A. E. Wood	4.2	0.6	1.5	0.5
<i>Postia placenta</i> (Fr.) M. J. Larsen & Lombard	3.0	1.0	1.7	0.5

En el Cuadro 2 se observa que en los dos tipos de TA, el hongo de pudrición parda *L. sulphureus* ocasionó la mayor pérdida de peso, incluso superior a la provocada por *P. chrysosporium* (pudrición blanca); a diferencia de lo que ocurrió en la prueba de severidad, en la cual este fue el produjo el ataque más intenso. Resulta significativo que los TAEC fueron más resistentes a las cuatro especies de hongos, que los TAFPC. Destacan los valores de pérdida de peso por *N. suffrutescens* y *P. placenta* a los TAFPC que representan mínimo 80% más daño que el registrado por los TAEC.

De acuerdo con Herrera *et al.* (1976; 1980), *N. suffrutescens* y *P. placenta* atacaron especies de angiospermas y, aunque la palma de coco no es considerada, en términos rigurosamente botánicos, un árbol, sí forma parte de ese grupo de plantas, lo que explicaría la tendencia observada.

La resistencia de los TAEC al ataque de hongos, con respecto a los TAFPC se relaciona con el contenido de sustancias fenólicas nativas (con actividad antimicrobiana) en este tipo de material lignocelulósico (Esquenazi *et al.*, 2002). Venkataraman *et al.* (1980), también documentan actividad antimicótica en extractos alcohólicos de estopa de coco, constituidos principalmente de compuestos fenólicos.

According to Herrera *et al.* (1976; 1980), *N. suffrutescens* and *P. placenta* attacked angiosperm species, and although from a rigorously botanical perspective the coconut palm is not considered to be a tree, it is part of this group of plants, a fact that may account for the observed trend.

The resistance of CHFACs to attack by fungi compared to CPTACs is related to the content of native phenolic compounds (with anti-microbial activity) in this type of lignocellulosic material (Esquenazi *et al.*, 2002). Venkataraman *et al.* (1980) also document anti-mycotic activity in alcoholic extracts from coconut husk fibers, which are mainly phenolic compounds.

According to the ASTM D2017-71 norms for the interpretation of the results in this type of test, Table 3 shows the generally used classification of weight loss and residual weight by percentages; both values refer to the initial dry weight of the test chipboard blocks.



Con base en las normas ASTM D2017-71 para la interpretación de resultados en este tipo de prueba, en el Cuadro 3 se registra la clasificación para uso general sobre la pérdida porcentual de peso o de la proporción porcentual de peso residual, referidos uno u otro a los pesos secos iniciales de los bloques de tableros de prueba.

Based on the classification described above, both the CHFAC and the CPTAC chipboards are highly resistant, since they have an average weight loss of 0 to 10 %. However, due to the potential interference of the binders with attack by fungi, this classification must be revised or reinforced with other parameters, such as the changes in dimensions and density of the ACs.

Cuadro 3. Criterio para clasificar la resistencia del material de estudio, con base en las normas ASTM D2017-71.

Promedio de pérdida de peso (%)	Promedio de peso residual (%)	Grado de resistencia al hongo de prueba	Clase
0 - 10	90 - 100	Altamente resistente	A
11 - 24	76 - 89	Resistente	B
25 - 44	56 - 75	Moderadamente resistente	C
Más de 45	55 ó menos	Ligeramente o no resistente	D

Table 3. Criterion for classifying the resistance of the study material based on the ASTM D2017-71 norms.

Average weight loss (%)	Average residual weight (%)	Degree of resistance to the test fungus	Class
0 - 10	90 - 100	Highly resistant	A
11 - 24	76 - 89	Resistant	B
25 - 44	56 - 75	Moderately resistant	C
Over 45	55 or less	Slightly resistant or non-resistant	D

A partir de la clasificación antes descrita tanto los TAEC como los TAFPC son altamente resistentes pues corresponden al promedio de pérdida de peso de 0 a 10 %. Sin embargo, debido a la posible interferencia de los aglutinantes sobre el ataque de los hongos, esta clasificación requiere de ser revisada o reforzada con otros parámetros como los cambios en las dimensiones y la densidad de los TA.

Cambios en las dimensiones del material

Las dimensiones (largo, ancho y espesor) de los TA son afectadas por las condiciones de prueba empleadas y la acción de los hongos. Se observó que los cambios en largo y ancho fueron mínimos, no así los del espesor. A partir de este último, se calcula el hinchamiento absoluto del tablero, los datos promedio de esta propiedad se muestran en el Cuadro 4 que se estimaron con base en siete repeticiones por hongo.

Changes in the dimensions of the material

The dimensions (length, width and thickness) of the ACs are affected by the conditions of the tests used and by the action of fungi. The changes in length and width were minimal, unlike those in thickness. The latter are the basis for estimating the absolute swelling of the chipboard; the average swelling values shown in Table 4 were estimated based on seven repetitions per fungus.

The swelling of the CPTAC blocks exposed to *L. sulphureus* could not be determined because they crumbled apart. The fungus and the moisture available in the rotting chamber produced additional moisture during the attack (water drops were observed in the jars), contributing to further size instability. Another change was observed in the density of the study material, which was estimated based on the data from the weight losses and changes in the dimensions of the blocks (Table 5).



Cuadro 4. Hinchamiento en los bloques de estopa de coco (TAEC) y de fuste de palma de coco (TAFPC).

Hongo de prueba	Hinchamiento					
	TAFPC		TAEC		TAP	
	%	Desviación estándar	%	Desviación estándar	%	Desviación estándar
<i>Laetiporus sulphureus</i> (Bull.) Murrill	--	--	89.4	1.3	--	--
<i>Phanerochaete chrysosporium</i> Burdsall	42.2	2.5	26.2	1.3	39.7	3.6
<i>Neolentinus suffrutescens</i> (Brot.) T. W. May & A. E. Wood	40.1	0.5	36.4	1.9	28.9	0.6
<i>Postia placenta</i> (Fr.) M. J. Larsen & Lombard	45.6	0.5	45.9	1.7	46.4	1.0
Testigo	32.4	2.3	31.0	0.4	--	--

-- = Tableros desbaratados o desintegrados.

Table 4. Swelling in coconut husk fiber (CHFAC) and coconut palm trunk (CPTAC) blocks.

Test fungus	Swelling					
	CPTAC		CHFAC		PWAC	
	%	Standard deviation	%	Standard deviation	%	Standard deviation
<i>Laetiporus sulphureus</i> (Bull.) Murrill	--	--	89.4	1.3	--	--
<i>Phanerochaete chrysosporium</i> Burdsall	42.2	2.5	26.2	1.3	39.7	3.6
<i>Neolentinus suffrutescens</i> (Brot.) T. W. May & A. E. Wood	40.1	0.5	36.4	1.9	28.9	0.6
<i>Postia placenta</i> (Fr.) M. J. Larsen & Lombard	45.6	0.5	45.9	1.7	46.4	1.0
Control	32.4	2.3	31.0	0.4	--	--

-- = Crumbled or disintegrated chipboards.

Para los bloques TAFPC expuestos a *L. sulphureus* no fue posible determinar su hinchamiento, debido a que se desbarataron. El hongo, además de la humedad disponible en la cámara de pudrición produjo humedad durante su ataque (se observaron gotas de agua en los frascos), lo que contribuyó a una mayor inestabilidad dimensional. Otro cambio en el material de estudio fue en su densidad, la cual se estimó con los datos obtenidos de las pérdidas de peso y los cambios en las dimensiones de los bloques (Cuadro 5).

As was to be as expected, all the blocks, including the controls, decreased in density, since weight loss is not the only factor that causes this reduction: swelling plays a decisive role in the density trends of the AC blocks. The combination of the experimental conditions and the test fungi produce ruptures and rotting of the materials they attack (Lomelí, 1991; Bonnarne *et al.*, 1993). In terms of the overall results, in this case the resistance of an AC is not determined by weight loss but by size stability.



Cuadro 5. Densidades de los tableros de estopa y palma de coco en el estudio.

Hongo de prueba	Densidad (g cm ⁻³)					
	TAEC			TAFPC		
	Inicial	Final	Pérdida (%)	Inicial	Final	Pérdida (%)
<i>Laetiporus sulphureus</i> (Bull.) Murrill	0.62	0.29	53.2	0.68	--	--
<i>Phanerochaete chrysosporium</i> Burdsall	0.64	0.46	28.1	0.69	0.42	39.1
<i>Neolentinus suffrutescens</i> (Brot.) T. W. May & A. E. Wood	0.61	0.42	31.1	0.69	0.45	34.8
<i>Postia placenta</i> (Fr.) M.J. Larsen & Lombard	0.63	0.40	36.5	0.66	0.43	34.8
Testigo	0.59	0.45	23.7	0.67	0.46	31.3

-- = Tableros desbaratados o desintegrados.

Table 5. Densities of the coconut husk fiber and palm trunk chipboards used in the study.

Test fungus	Density (g cm ⁻³)					
	CHFAC			CPTAC		
	Initial	Final	Loss %	Initial	Final	Loss %
<i>Laetiporus sulphureus</i> (Bull.) Murrill	0.62	0.29	53.2	0.68	--	--
<i>Phanerochaete chrysosporium</i> Burdsall	0.64	0.46	28.1	0.69	0.42	39.1
<i>Neolentinus suffrutescens</i> (Brot.) T. W. May & A. E. Wood	0.61	0.42	31.1	0.69	0.45	34.8
<i>Postia placenta</i> (Fr.) M. J. Larsen & Lombard	0.63	0.40	36.5	0.66	0.43	34.8
Control	0.59	0.45	23.7	0.67	0.46	31.3

-- = Crumbled or disintegrated chipboards.

Como era de esperarse, todos los bloques disminuyen su densidad, incluso los bloques testigo, ya que no solo la pérdida de peso provoca una disminución en los valores de esta propiedad. El hinchamiento juega un papel determinante en las tendencias de la densidad de los bloques de TA. La combinación de las condiciones experimentales y los hongos de prueba producen ruptura y descomposición del material que atacan (Lomelí, 1991; Bonnarne *et al.*, 1993). En función de los resultados globales, en este caso, no es la pérdida de peso la que determina la resistencia de un TA, sino la estabilidad dimensional.

Conclusiones

Los TAEC y TAFPC son altamente resistentes ante el ataque de *Laetiporus sulphureus*, *Phanerochaete chrysosporium*, *Neolentinus suffrutescens* y *Postia placenta*, en función de la pérdida de peso.

Conclusions

CHFACs and CPTACs are highly resistant to attacks by *Laetiporus sulphureus*, *Phanerochaete chrysosporium*, *Neolentinus suffrutescens* and *Postia placenta* in regard to weight loss.

Modification of the standard for the utilized agar-block method is convenient due to its short duration but has several drawbacks: if the testing time is exceeded, the culture medium will become compacted as a consequence of the temperature in the incubation chamber; there is competition for space, air and moisture between the objects being tested within the incubation area.

Moisture is a decisive factor, since it affects the properties of the material -i.e. the size stability of the blocks, particularly their thickness- due to the conditions of the process; consequently, the density was also modified.

La modificación a la norma para el método agar-bloque empleado es práctica por su corta duración, pero tiene algunos inconvenientes: si se excede el tiempo de prueba, el medio de cultivo comienza a compactarse, debido a la temperatura presente en la cámara de incubación; existe competencia por espacio, aire y humedad de los objetos de prueba en la zona de incubación.

La humedad es un factor determinante, ya que por las condiciones del proceso se apreció que afecta las propiedades del material, principalmente, en lo referente a la estabilidad dimensional de los bloques, y en especial en el espesor, en consecuencia también cambió la densidad.

La combinación de las condiciones experimentales y los hongos de prueba producen descomposición del material y afectan la estabilidad dimensional de los bloques; no solo la pérdida de peso debe ser considerada para la evaluación de durabilidad de TA.

The combination of the experimental conditions and the test fungi cause rotting of the material and affect the size stability of the blocks; weight loss is therefore not the only factor to be considered when assessing the durability of ACs.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests.

Contribution by author

Xóchitl Elizabeth Cervantes Valdez: experimental design, statistical analysis, writing of the manuscript; Jesús Ángel Andrade Ortega: advice, review and correction of the manuscript; Carlos Alberto Ramírez Barragán: advice and review of the manuscript; Luis Ramón Bravo García: research planning, negotiation of the financial and material resources for the experimental work, advice and review of the experimental results, writing and correction of the manuscript.

End of the English version

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Contribución por autor

Xóchitl Elizabeth Cervantes Valdez: desarrollo experimental, análisis estadístico, redacción y elaboración del manuscrito; Jesús Ángel Andrade Ortega: asesoría, revisión y corrección del manuscrito; Carlos Alberto Ramírez Barragán: asesoría, revisión del manuscrito; Luis Ramón Bravo García: planeación de la investigación, gestión de los recursos económicos y materiales para la realización del trabajo experimental, asesoría, revisión de los resultados experimentales, redacción y corrección del escrito.

Referencias

- Ahmad, N., J. Kasim, S. Z. Mahmud, S. A. K. Yamani, A. Mokhtar and N. Y. M. Yunus. 2011. Manufacture and properties of oil palm particleboard. In: 3rd International Symposium and Exhibition in Sustainable Energy and Environment. June 1-3. Melaka, Malaysia 84-7 p.
- American Society for Testing and Materials (ASTM). 1971. Annual book of ASTM Standards. Designation D2017- 71. Standard method for accelerated laboratory test of natural decay resistance of woods. Easton, MD, USA. pp. 612-618.
- Bonnarme, P., M. Delattre, H. Drouet, G. Corrieu and M. Asther. 1993. Toward a control of lignin and manganese peroxidases hypersecretion by *Phanerochaete chrysosporium* in agitated vessels: evidence of the superiority of pneumatic bioreactors on mechanically agitated bioreactors. *Biotechnology and Bioengineering* 41(4): 440-450.
- Esquenazi, D., M. D. Wigg, M. M. Miranda, H. M. Rodrigues, J. B. Tostes, S. Rozental, A. J. R. da Silva and C. S. Alviano. 2002. Antimicrobial and antiviral activities of polyphenolics from *Cocos nucifera* Linn. (Palmae) husk fiber extract. *Research in Microbiology* 153: 647-652.
- Fuentes T., F. J., E. Montes, S. Sámano y G. García. 1988. La fibra de la estopa de coco, usos actuales y posibilidades de utilización en aglomerados. *AMATL* 2(4): 2-6.
- Fuentes T., F. J. 1989. Elaboración y evaluación físico-mecánica de tableros aglomerados a partir de astilla del fuste de la palma de coco. Tesis de Maestro en Ciencias en Madera, Celulosa y Papel. Escuela de Graduados. Instituto de Madera, Celulosa y Papel. Universidad de Guadalajara, Guadalajara Jal., México. pp. 29-76.
- Fuentes T., F. J., J. A. Silva G., R. Rodríguez A., L. R. Bravo G y J. L. Valdés. 1991. Tableros aglomerados de partículas a partir de materias primas no tradicionales. *Revista ICIDCA* 3(25): 50-54.
- Gómez-Nava, M. S., R. Echenique-Manrique y R. Salinas-Quinard. 1978. Índices de laboratorio sobre resistencia de la madera a la pudrición en once especies forestales mexicanas. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. Boletín Técnico Núm. 31. México, D. F., México. 28 p.
- Hashim, R., W. N. A. Wan Nadhari, O. Sulaiman, F. Kawamura, S. Hiziroglu, M. Sato, T. Sugimoto, T. G. Seng and R. Tanaka. 2011. Characterization of raw materials and manufactured binderless particleboard from oil palm biomass. *Materials and Design* 32: 246-254.
- Herrera R., J. A., M. S. Gómez y A. Herrera. 1976. Durabilidad natural de la madera de especies forestales mexicanas. Índice de durabilidad natural de quince especies forestales mexicanas. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. Secretaría de Agricultura y Ganadería, Subsecretaría Forestal y de la Fauna. México, D. F., México. Boletín Núm. 52. pp. 5-21.
- Herrera R., J. A., M. S. Gómez y E. Barretero. 1980. Durabilidad natural de la madera de catorce especies forestales mexicanas. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. Secretaría de Agricultura y Ganadería, Subsecretaría Forestal y de la Fauna. México, D.F., México. Boletín Núm. 67. pp. 9-19.



- Hiziroglu, S. 2013. Interior composite panels from under-utilized wood and non-wood species. *Pro Ligno* 9(4): 417-422.
- Jumhuri, N., R. Hashim, O. Sulaiman, W. N. A. Wan Nadhari, K. M. Salleh, I. Khalid, N. I. Saharudin and M. Z. Mohd Zulhairie Razali. 2014. Effect of treated particles on the properties of particleboard made from oil palm trunk. *Materials and Design* 64:769-774.
- Lomelí R., M. G. 1992. Generalidades sobre la durabilidad natural de la madera al ataque de hongos xilófagos. *Revista AMATL*. 224-225 (1-2): 11-16.
- Moslemi, A. A. 1994. Particleboard. Volume 2: Technology. Southern Illinois University Press. Carbondale, IL, USA. 193 p.
- Nicholas, D. D. 1973. Wood deterioration and its prevention by preservative treatments. Vol I. Degradation and protection of wood. Syracuse University Press. Syracuse, NY, USA. pp. 15-94.
- Rocha R., A., M. C. H. Soares and D. E. Teixeira. 2002. Utilization of the coconut shell of babaçu (*Orbignya* sp.) to produce cement-bonded particleboard. *Bioresource Technology* 85(2): 159-163.
- Sulaiman, O., N. Salim, R. Hashim, L. H. M. Yusof, W. Razak, N. Y. M. Yunus, W. S. Hashim and M. H. Azmy. 2009. Evaluation on the suitability of some adhesives for laminated veneer lumber from oil palm trunks. *Materials and Design* 30(9): 3572-3580.
- Touza V., M. C. 2013. Capítulo 2: "Durabilidad". In: Confemadera Hábitat (ed.). Guía de la madera. Madrid, España. pp. 94.
- Venkataraman, S., T. R. Ramanujam and V. S. Venkatasubbu. 1980. Antifungal activity of the alcoholic extract of coconut shell- *Cocos nucifera* Linn. *Journal of Ethnopharmacology* 2: 291-293.
- Zabel, R. A. and J. J. Morell. 1992. Wood microbiology: decay and its prevention. Academic Press Inc., San Diego, CA, USA. 476 p.

