

Durabilidad natural de la madera de *Ochroma pyramidale* Urb. en el municipio de Atrato, Colombia *

Yessika Biasney Serna-Mosquera

Docente e investigadora, Universidad Tecnológica del Chocó. Quibdó, Chocó, Colombia.
yebisemo@hotmail.com  <https://orcid.org/0000-0002-8843-4799>

Jhon Jerley Torres-Torres

Investigador Universidad Tecnológica del Chocó. Quibdó, Chocó, Colombia.
i-jhon.torres@utch.edu.co  <https://orcid.org/0000-0002-0503-837X>

Yeison Yair Asprilla-Palacios

Auxiliar de investigación Universidad Tecnológica del Chocó, Colombia.
yeaspa@gmail.com  <https://orcid.org/0000-0002-2241-5798>

RESUMEN

Se evaluó la durabilidad natural de la madera de *O. pyramidale* en el municipio de Atrato, Chocó. En cada uno de los ambientes: bajo dosel de árboles BDA, libre exposición LE y bajo sombra de plástico negro BS, se empleó un diseño de bloques completamente al azar, conformado por tres tratamientos y tres repeticiones de 30 probetas cada uno. Los resultados del análisis de varianza sugieren que no existe diferencia significativa para el contenido de humedad y la pérdida de masa. Se experimentó un aumento en el contenido de humedad de 119,32% y 90,63% de las probetas ubicadas a LE y BS, respectivamente. Basados en estas características, la madera de *O. pyramidale* se ubica en la categoría poco resistente, por lo que se puede inferir que, no es apta para construcciones que queden en contacto directo con el suelo, donde es afectada por diversos agentes de biodeterioro.

PALABRAS CLAVE

Agentes xilófagos, balso, biodeterioro, pérdida de masa, pruebas de cementerio

Natural durability of the wood of *Ochroma pyramidale* Urb. in the municipality of Atrato, Colombia

ABSTRACT

The natural durability of *O. pyramidale* wood was evaluated in the municipality of Atrato, Chocó. In each of the environmental conditions: under canopy of UCT trees, free exposure FE and under black plastic shade UBP, a completely random block design was used, consisting of three treatments and three repetitions of 30 wood samples each. The results of the analysis of variance suggest that there is no significant difference for moisture content and mass loss. An increase in moisture content of 119.32% and 90.63% of the wood specimens located at LE and BS, respectively, was observed. Based on these characteristics, *O. pyramidale* wood is located in the low resistance category, so it can be inferred that it is not suitable for constructions in direct contact with the ground, where it is affected by various biodeteriorating agents.

KEYWORDS

Xylophagous agents, balso, biodeterioration, mass loss, graveyard tests

Recibido: 24/04/2019 Aceptado: 20/12/2019

* Proyecto: Estudio integral de *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb. bajo condiciones agroecológicas de bosque pluvial tropical, en el municipio del Atrato. Este es un artículo Open Access bajo la licencia BY-NC-SA (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>)

Cómo citar este artículo: SERNA-MOSQUERA, Yessika Biasney; TORRES-TORRES, Jhon Jerley y ASPRILLA-PALACIOS, Yeison Yair. Durabilidad natural de la madera de *Ochroma pyramidale* Urb. en el municipio de Atrato, Colombia. En: Entramado. Enero - Junio, 2020 vol. 16, no. 1, p. 192-202 <https://dx.doi.org/10.18041/1900-3803/entramado.16105>



Durabilidad natural da madeira de *Ochroma pyramidale* Urb. no município de Atrato, Colômbia

RESUMO

A durabilidade natural da madeira *O. pyramidale* foi avaliada no município de Atrato, Chocó. Em cada um dos ambientes: sob uma copa de árvores BDA, exposição livre LE e sob uma sombra de plástico preto BS, foi utilizado um desenho de bloco completamente aleatório, consistindo em três tratamentos e três repetições de 30 espécimes cada um. Os resultados da análise de variância sugerem que não há diferença significativa para o conteúdo de umidade e perda de massa. Um aumento no teor de umidade de 119,32% e 90,63% foi experimentado por peças de teste localizadas no LE e na BS, respectivamente. Com base nestas características, a madeira *O. pyramidale* está na categoria de baixa resistência, pelo que se pode inferir que não é adequada para construções que estejam em contacto directo com o solo, onde é afectada por vários agentes biodeteriorantes.

PALAVRAS-CHAVE

Agentes xilófagos, balsa, biodeterioração, perda de massa, testes de cemitério

I. Introducción

Ochroma pyramidale (Cav. Ex Lam.) Urb. (Malvaceae), es una especie heliófita originaria de América tropical; se distribuye desde México hasta Paraguay. En Colombia, se encuentra presente en bosques secundarios húmedos de baja altitud, cercanos a arroyos y claros formados al interior del bosque. Alcanza hasta 30 m de altura y 70 cm de diámetro. Esta especie cumple importantes funciones en el ecosistema, entre las que sobresalen la protección de los cursos de agua (ríos y quebradas), control de la erosión y la provisión de hábitat para la fauna silvestre (WWF, 2013).

La madera de esta especie, se caracteriza por su textura mediana, baja densidad, poca resistencia y fácil trabajabilidad, por lo que es empleada principalmente para la construcción de botes, canaletas, juguetes, boyas, flotadores, salvavidas, maquetas de aeromodelismo y arquitectónicas, tableros contrachapados, aislamientos de refrigeración y sonido, dispositivos de resorte o elásticos, tapón para recipientes, asentadores de navajas, moldes, maniqués, figuras esculpidas, protección en el transporte de muebles y alimentos (Arévalo y Londoño, 2005; WWF, 2013).

Cabe señalar, que a pesar de la variedad de usos que se le da a la madera de *O. pyramidale*, y que algunos emprendimientos están promocionando su uso bajo condiciones diferentes a las descritas, aún se desconocen aspectos como su durabilidad en contacto directo con el suelo o en condiciones de intemperismo directamente expuesta, especialmente en territorios caracterizados como muy húmedos tropicales. Todo esto, no ha permitido que la especie sea utilizada en sectores diferentes al industrial, por lo que se hace necesario avanzar en estudios en los que se obtenga información sobre las propiedades físicas y tecnológicas de la madera y

los cambios que sufre ésta al ser utilizada a la intemperie y en contacto directo con el suelo.

Por consiguiente, el propósito de esta investigación fue evaluar la durabilidad natural de la madera de *O. pyramidale* en el municipio de Atrato, Chocó. Esto se realizó bajo tres condiciones, con la finalidad de generar pautas para su utilización en construcciones que queden en contacto directo con el suelo o expuestas al medio ambiente directamente, o bajo algún grado de exceso de humedad. La información obtenida servirá como insumo inicial para que en la región se estructuren paquetes tecnológicos en los que se incluyan aspectos que contribuyan a alargar la vida útil de las piezas a colocar en servicio, como la inmunización de estas, con productos que cumplan la función de protegerlas y darles una mayor vida útil.

2. Marco teórico

Especies forestales y *O. pyramidale*

En el trópico existen especies forestales de rápido crecimiento, con altos rendimientos anuales en volumen (25 m³/ha/año a 40 m³/ha/año), las cuales pueden utilizarse en el establecimiento de plantaciones forestales que permitan obtener una diversidad de productos forestales maderables, a base de madera o combinados con otros materiales, productos no maderables, pulpa para papel y combustibles (Lucia, Argyropoulos, Adamopoulos y Gaspar, 2006).

Conviene mencionar, dentro de este grupo a *O. pyramidale*, la cual es una especie pionera de rápido crecimiento, cuya gravedad específica básica es de 0,10 a 0,17 g/cm³. Además, posee una baja densidad y propiedades mecánicas relativamente altas. Estas características han contribuido a que

en la actualidad se emplee la especie para la elaboración de artesanías, salvavidas acuáticos, cajas para el transporte de alimentos y como complemento en la elaboración de muebles e incluso dentro de los automóviles (Vásquez, 1997; Aguirre, 2012; Borrega, Ahvenainen, Serimaa y Gibson, 2015).

En la actualidad son muy variados e importantes los usos en los que se aplica la madera de balso como, en la elaboración de bloques encolados de balso (calidad industrial) empleados en la producción de palas de energía eólica, aeronaves, barcos con densidades de 150 Kg/cbm (Franco, Burgos, González y Neira-Vera, 2017).

Con respecto al deterioro de la madera, Chudnoff (1984) sostiene que *O. pyramidale* es una especie común en América Tropical, cuya madera es no resistente, alcanzando 4 en una escala de clasificación de nivel de deterioro, en la que 1 es muy resistente, 2 es resistente, 3 es moderadamente resistente y 4 es no resistente. Sin embargo, JUNAC (1988) en su manual de bases y métodos para preservación de madera de la región de América Latina, la registra en la categoría de resistente, lo que crea una cierta incertidumbre, por lo que se hace necesario emprender investigaciones que dilucidan este interrogante.

Por otra parte, la madera de *O. pyramidale* posee importancia económica y ambiental en la región del Chocó, donde es muy común encontrarla en áreas degradadas por minería; sin embargo, aún se desconocen una serie de aspectos como su durabilidad natural, resistencia, entre otros. Por lo tanto, es necesario investigar sobre la durabilidad natural de la madera, ya que es factible potenciar el uso de la misma, en diversas aplicaciones que vayan en mejora de la economía de los pobladores. Considerando que, al interior de las comunidades, tienen por costumbre, cortar los bancos de madera y dejarlos almacenados en el bosque a espera que las fuentes hídricas como ríos y quebradas aumenten su caudal para el posterior desemboque de estos a los sitios de venta de madera, tiempo en el cual la madera puede sufrir procesos de infestación de agentes de deterioro; además de los inconvenientes que se pueden presentar para el aserrado y posterior secado por este tipo de prácticas (Martínez, Torres-Torres y Medina, 2015).

Durabilidad natural de maderas tropicales

De acuerdo con Paes (2002), la propiedad de la madera que le confiere resistencia al ataque de agentes degradadores químicos, físicos y biológicos, sin tratamiento ajeno de preservación, se denomina durabilidad natural, la cual depende de la composición química de la pared celular, la presencia de otros compuestos químicos en las cavidades celulares, la permeabilidad, contenido de humedad y

temperatura, y por las condiciones finales de uso de la madera.

Por consiguiente, estos agentes, en conjunto o por separado, aceleran el proceso de deterioro de la madera, por lo que la durabilidad de este elemento está influenciada por la interacción de la composición química de sus protectores naturales (extractivos) con las condiciones ambientales (Brischke, Meyer y Olberding, 2014).

Cabe mencionar, además, que dentro de estos agentes que degradan la madera el mayor daño lo ocasionan los hongos xilófagos, responsables de grandes pérdidas económicas, por las afectaciones generadas en la madera, siendo estas principalmente pudriciones, manchas y mohos (Guevara y Lluncor, 1993).

Además, los hongos xilófagos degradan moléculas complejas como la celulosa, las hemicelulosas, las pectinas, el almidón y la lignina. Estos agentes, pueden clasificarse en varios grupos de acuerdo a la forma de vida y al tipo de deterioro que ocasionan. La mayoría de los hongos pudridores pertenecen a la clase Basidiomicetes; dentro de estos, los hongos lignícolas son los más importantes, ya que son capaces de desintegrar las paredes de la célula, desintegrando la lignina por oxidación (pudrición blanca) y la celulosa por hidrólisis (pudrición marrón), cambiando la composición química y las propiedades físicas, mecánicas y anatómicas de la madera. Tal desorganización de la materia, da lugar al estado llamado pudrición. Por ello, el término durabilidad suele asociarse con la resistencia a la degradación fúngica (Intini y Tello, 2003).

En lo que respecta a la especie en estudio, los resultados de investigaciones realizadas conducen hacia algunas propiedades de la madera, las cuales han sugerido el uso que debe dársele; sin embargo, aún se desconocen aspectos como su durabilidad natural puesta en servicio, en lugares con altas temperaturas, precipitación y humedad relativa. De allí, que se hace necesario evaluar esta variable, con el propósito de sugerir usos en lugares que poseen estas particularidades climáticas (Arévalo y Londoño, 2005; WWF, 2013; MAE y FAO, 2014).

3. Metodología

Área de estudio

El presente trabajo se realizó en el corregimiento de Doña Josefa, ubicado en el municipio de Atrato, Chocó, Colombia a 5°32'60" N y 76°26'65" O (Figura 1). De acuerdo con el sistema de Holdrige, corresponde a la zona de vida de bosque pluvial tropical (bp-T). El sitio de estudio se encuentra a una altitud de 32 m.s.n.m. Posee una temperatura prome-

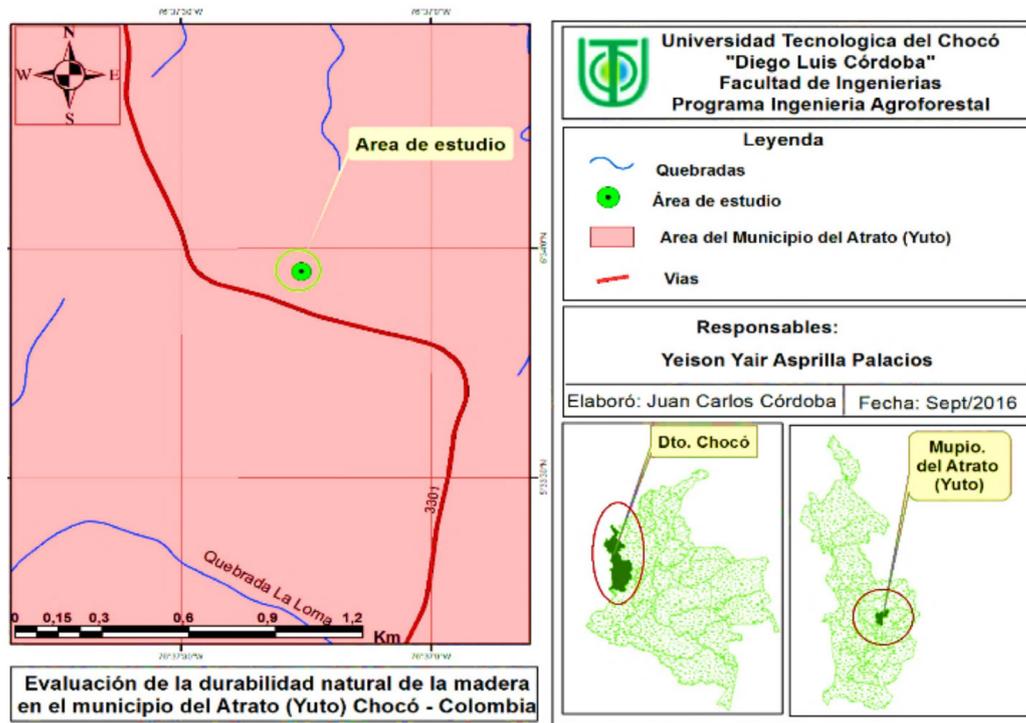


Figura 1. Localización del área de estudio.
Fuente: Elaboración propia

dio de 26°C, una precipitación media anual superior a los 9.000 mm y una humedad relativa de 88%. La explotación maderera, la agricultura y la minería son las principales actividades económicas que desarrolla la población (Bejarano, 2011).

Instalación del experimento

Para la evaluación, se utilizó madera de albura de cuatro arboles de la especie *O. pyramidale* (Balso) de 30 cm de diámetro previamente seleccionados en inmediaciones del municipio de Atrato (Yuto) y Cértégui en el departamento del Chocó, de los cuales, se obtuvieron 3 trozas por árbol, que fueron aserradas en tablones y de los que se obtuvieron al azar 6 listones de 20 cm x 4 cm x 100 cm.

En la preparación del material de evaluación, se empleó la metodología descrita en la Norma ASTM 1758, modificando las dimensiones de las muestras según lo establecido por Márquez, Castro, Ramírez, Gómez, Toro y Velásquez (2009). Se prepararon 90 probetas de 30 cm x 4 cm x 1,5 cm (la mayor dimensión paralela a la dirección de las fibras), libre de defectos y ataque de hongos e insectos. Estas se distribuyeron al azar en un terreno previamente adecuado (campo cementerio), bajo tres tipos de cobertura (bajo dosel de árboles BDA, libre exposición LE y bajo sombra de

plástico negro BS). En cada uno de estos se establecieron 30 probetas, a las cuales se le enterró el 80% de su longitud con una separación entre probeta de 20 cm. El tiempo de evaluación fue de 36 semanas y el monitoreo se realizó en diferentes etapas de descomposición de la madera, específicamente, después de la semana 9 de exposición.

Determinación del contenido de humedad de la madera

Las probetas fueron pesadas en una Balanza Mecánica Ohaus Triple Pro (peso húmedo) y posteriormente sometidas a un proceso de secado en un horno THERMOLAB – Standard ASTM E 145-94 Type II A, a una temperatura de 103°C ± 2°C durante 48 horas; una vez secas, se determinó su peso seco o final (Ps). Con estos datos se calculó el contenido de humedad inicial de las probetas, empleando la siguiente ecuación (De La Cruz, Carrillo, Nájera, Cruz, Hernández y Méndez, 2018):

$$\%CH = \frac{Ph - Ps}{Ps} * 100 \quad (1)$$

Dónde:

- %CH= Porcentaje de contenido de humedad
- Ph= Peso húmedo o inicial

- Ps= Peso seco o final
- Pérdida de masa y durabilidad de la madera

La durabilidad natural de la madera se determinó mediante el método cuantitativo. Para tal efecto, se extrajeron 5 probetas de cada tratamiento, a las cuales se les retiró la parte descompuesta. Estas fueron secadas en horno, y posteriormente pesadas nuevamente. Con esta información se determinó la pérdida de peso, mediante la siguiente ecuación (De la Cruz *et al.* 2018):

$$M = \frac{m1-m2}{m1} * 100 \quad (2)$$

Dónde:

- M= Pérdida de masa de la probeta en %.
- m1= Masa inicial de la probeta seca en gramos, antes de montar el ensayo.
- m2=Masa final de la probeta seca en gramos, finalizado el ensayo.

Agentes de deterioro de la madera

Siguiendo los criterios sugeridos por Cárdenas y Polanco (2004), se realizaron observaciones para determinar la presencia de cromógenos, mohos, grietas orificios u otros defectos causados por los agentes de biodeterioro (hongos e insectos xilófagos). Esta información fue consignada en formularios prediseñados que incluían fecha de presencia y tipo de agente. Esto fue acompañado con colectas de hongos e insectos, que fueron transportados al laboratorio de Sistemas Productivos, donde se identificaron por medio de confrontaciones con el material existente en las colecciones biológicas de la Universidad Tecnológica del Chocó y empleando claves específicas para el grupo biológico (Delvare, Aberlenc, Michel y Figueroa, 2002; Ripa y Luppichini, 2004; Reyes, 2007).

Con la información recabada en campo, se elaboraron matrices en las que se definieron los meses en los que se presentaron los ataques de los agentes de biodeterioro, identificando aquellos intervalos en los que se presentaron mayores afectaciones; lo que se acompañó de una descripción de lo observado (Alfieri, 2018).

Procesamiento y análisis de la información

Los datos provenientes de campo fueron organizados en hojas de cálculo de Microsoft Excel, donde se elaboraron matrices que facilitaron su análisis. La pérdida de masa y contenido de humedad fueron analizados en el programa estadístico InfoStat versión libre 2018 por medio de un análisis de varianza para determinar la existencia de diferencia

significativa. Para determinar la acción y avance de los agentes de deterioro sobre las probetas, se efectuaron comparaciones del ataque progresivo por mes de cada agente sobre las probetas. Se realizó una valoración cualitativa sobre la durabilidad de la madera basada en la apariencia de las probetas una vez finalizada la evaluación. Los resultados de pérdida de masa fueron cotejados con los rangos de durabilidad natural de la pudrición sugeridos por la norma NTC 1127 (Tabla 1).

Tabla 1.
Clasificación de durabilidad natural según norma NTC 1127

Perdida promedio de masa (%)	Masa residual promedio (%)	Durabilidad natural
0 – 10	90 – 100	Altamente resistente
11 – 24	76 – 89	Resistente
25 – 44	56 – 75	Moderadamente resistente
45 en adelante	55 o menos	Poco resistente

Fuente: NTC 1127 (1994)

4. Resultados y discusión

Contenido de humedad de las probetas al inicio y al final del ensayo

Los resultados del análisis de varianza indican que no existe diferencias significativas entre el contenido de humedad de las probetas ubicadas bajo los tres tratamientos ($p=0,8532$), dando esto a entender que en los tres escenarios evaluados (libre exposición, bajo dosel de árboles y bajo plástico negro) la madera contiene y mantiene un nivel de humedad similar, por lo que se puede inferir que bajo las condiciones de estudio esta variable afecta la madera de forma similar; jugando en este aspecto la humedad relativa un papel fundamental, ya que permite la conservación de los niveles de humedad en el ambiente y en los elementos que lo conforman y al mismo tiempo favorece la pudrición y deterioro microbiológico de la madera (Mora y Encinas, 2001; Thybring, 2013).

Frente a lo anterior, De la Mata (2011), indica que en regiones tropicales con altos niveles de humedad relativa y precipitación (como es el caso del área de estudio), es muy común que el agua presente en la madera se encuentre por encima del punto de saturación de la fibra (estado sobresaturado $> 30\%$), haciendo que la variación en el contenido de humedad sea mayor mientras más esté expuesta la madera al intemperie. Por lo tanto, esta apreciación explica los resultados obtenidos en el presente estudio, donde el

mayor contenido de humedad se experimentó en las muestras establecidas a libre exposición (LE) con un aumento promedio de 119,32%, mientras que el menor se registró en las probetas establecidas bajo sombra de plástico negro (BS) con un 90,63%; sin desconocer que no se detectaron diferencias significativas (Figura 2a).

Pérdida de masa de las probetas

No se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre las tres coberturas evaluadas ($p= 0,9696$), indicando esto que al poner en uso la madera de *O. pyramidale* en las condiciones estudiadas su duración sería semejante, por lo que se hace necesario explorar usos de esta especie, en la que la madera no esté en contacto directo con el suelo.

La madera de balso experimentó una pérdida de masa promedio para los tres tratamientos de 60,89%; siendo el tratamiento a libre exposición el que presentó la mayor pérdida con 61,22% y el de bajo dosel el de menor pérdida de masa con un 60,55% (Figura 2b). Estos resultados permiten ubicar a la madera de *O. pyramidale* en la clasificación más baja de resistencia establecida por la norma NTC 1127 (Tabla 1), siendo esto explicado por el contenido de humedad y la pérdida de masa que experimentaron las probetas, que junto con las condiciones ambientales (precipitación, temperatura y humedad relativa) y los agentes xilófagos determinan la durabilidad de la madera de esta especie (Polanco, Caicedo y Beltrán, 2014).

Lo descrito en el párrafo anterior, valida el concepto expuesto por Chudnoff, (1984), quien determinó por apariencia física que la madera de *O. pyramidale* es poco resistente. Cabe señalar que la afirmación del autor antes mencionado

se basó en experimento que no incluía la disposición de la madera en el suelo (campo cementerio), por lo que los resultados aquí presentados se convierten en un punto de partida para la exploración de nuevos usos del balso, especialmente en ecosistemas con altos valores de precipitaciones, humedad relativa y temperatura.

La poca durabilidad de la madera de *O. pyramidale*, se relaciona con el bajo contenido de extractivos concentrados en el duramen, por lo que no resistente gran parte de los ataques biológicos y a menudo experimenta grandes porcentajes de pérdida de masa (Kirker, Bishell y Lebow, 2016).

El proceso de deterioro en las probetas de *O. pyramidale* se empezó a evidenciar a partir del mes ocho, resultado que difiere con el obtenido por Toledo (2016), quien manifiesta que la madera de esta especie se empieza a deteriorar a partir del mes nueve. Estas diferencias pueden ser explicadas por las diferencias climáticas de ambos estudios, por ejemplo el presente estudio se realizó en un ecosistema con mayores valores de precipitación, humedad relativa y temperatura en comparación con el del autor citado. En tal sentido, ambos resultados sugieren una baja durabilidad de la madera de esta especie, por lo que Honorato, Colotl, Apolinar y Aburto (2015) sugieren que si se pretende potenciar su uso, se deben tomar medidas que vayan en dirección de la preservación de la madera antes de ponerla en servicio para alargar la vida útil de las piezas.

El resultado antes descrito contribuye para que en la región se estructuren paquetes tecnológicos en los que se incluya la inmunización de las piezas a colocar en servicio de la especie, con productos que cumplan la función de proteger las piezas a utilizar, con el objetivo de darles una mayor vida útil.

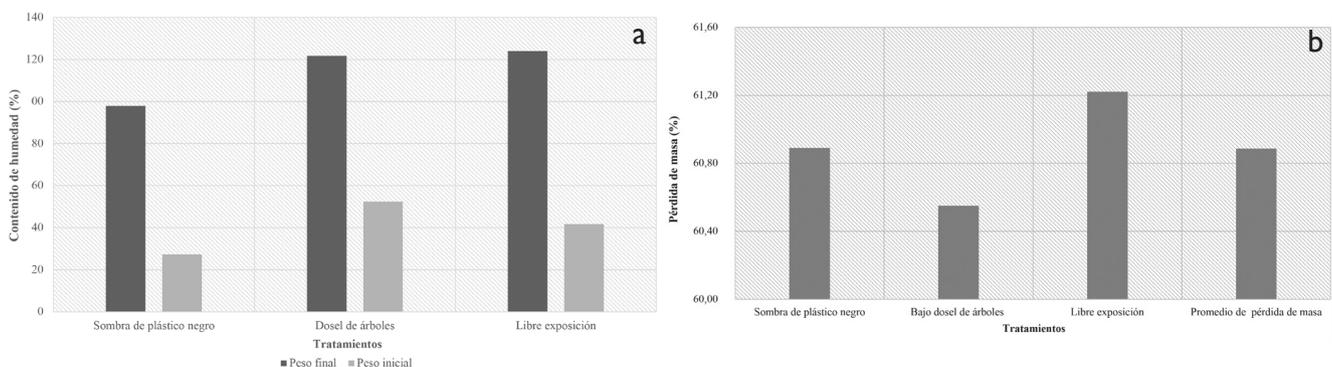


Figura 2. (a) Contenido de humedad de las probetas al inicio y al final del estudio. (b) Pérdida de masa de las probetas en los tres tratamientos (%).

Fuente: Elaboración propia

Agentes de deterioro en la madera

El pico en las mediciones se identificó entre diciembre de 2017 y enero de 2018 con 43 y 29 ataques respectivamente; mientras que la menor incidencia de agentes se evidenció entre septiembre y octubre de 2017 con 1 y 4 ataques respectivamente (Figura 2a). Estos resultados contrastan con lo reportado por Ruan, Song, Hu, Han, y Zhang (2015), quienes encontraron ataques bajos por termitas en madera en enero y febrero y altos en septiembre y octubre en áreas subtropicales en China. El mes de menor ataque se presentó en septiembre con 1 ataque ocasionado por himenóptero que fue el agente que ocasiono menores afectaciones.

Las muestras fueron atacadas de forma selectiva por hongos cromógenos, termitas (*Heterotermes* sp.), insectos del orden himenóptero e interperismo (Figura 3b). En este sentido, las observaciones señalan que los agentes abióticos

(clima), fueron los primeros en afectar la madera de *O. pyramidale*, luego se presentaron las perforaciones por algunos himenópteros (Figura 4), después se pudieron apreciar ataques por hongos de tipo cromógeno (Figura 5a) y por último las termitas (Figura 6), coincidiendo esto con los resultados obtenidos por Cárdenas y Polanco (2004), quienes encontraron que las perforaciones de insectos y la pudrición de la madera, aparecen cuando ya ha habido ataque cromógeno (tal como se evidencia en la Figura 5a), lo cual es favorecido por las condiciones climáticas del lugar.

Frente a los agentes de biodeterioro, los encontrados en este estudio son similares a los reportados por Moreira (2013), quien además, afirma que dentro de los agentes biológicos, la madera de *O. pyramidale* es más susceptible al ataque de termitas y hongos (los primeros en atacar la probetas en el presente estudio), lo que hace que sea poco durable.

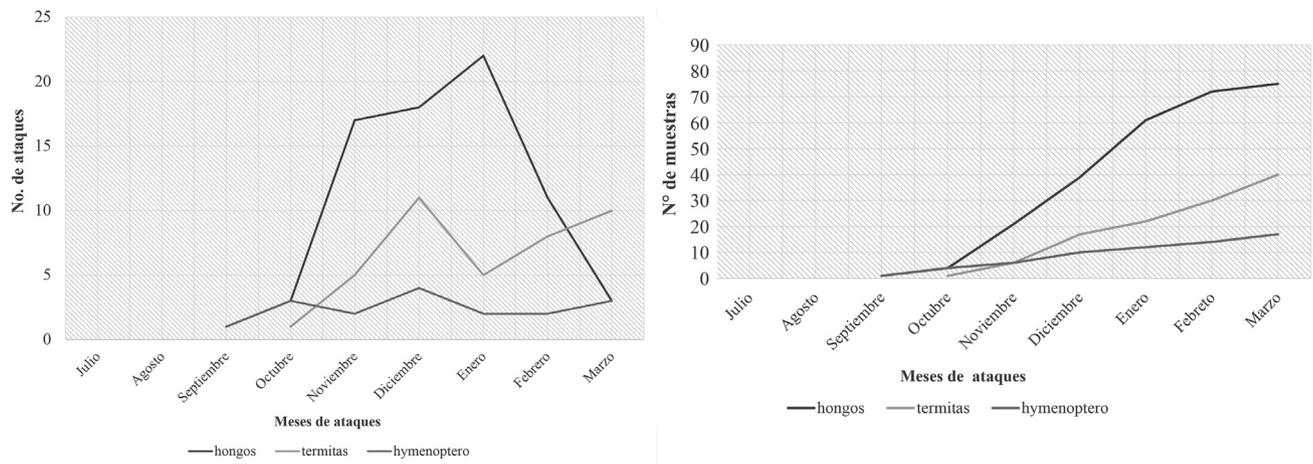


Figura 3. (a) Meses en que ocurrieron los ataques. (b) Ataques por hongos, termitas (*Heterotermes* sp.) e himenópteros
Fuente: Elaboración propia



Figura 4. (a) Himenóptero de la familia Vespidae que atacó la madera de balsa. (b) Adulto emergiendo por galería construida en probeta. (c) Perforación hecha por himenóptero
Fuente: Elaboración propia.

Conviene subrayar, que las afectaciones provocadas por insectos del orden himenóptero difieren de lo reportado por Cárdenas y Polanco (2004), y esto pudo estar relacionado con la facilidad de penetración a la estructura de la madera por su aparente baja densidad cercana a 2.0 g/cm^3 . Basado en esto, Toledo (2016) sugiere que los orificios dejados por estos insectos favorecen la presencia de otros agentes de biodeterioro (De la Cruz *et al.* 2018), tal y como sucedió en el presente estudio, donde los orificios dejados por insectos del orden Himenóptero, fue aprovechado principalmente por los hongos.

Los ataques por hongos se observaron desde la línea de tierra (nivel de superficie del suelo) hacia arriba, alrededor de unos 5 cm en las probetas afectadas. Estos ataques se presentaron en 75 muestras correspondientes al 83% de las 90 probetas establecidas (Figura 3 y 5).

Al final del estudio, el mayor grado de descomposición se obtuvo en las probetas establecidas a libre exposición. Este comportamiento se puede deber a las condiciones climáticas del área de estudio, específicamente la precipitación y la humedad relativa (superior a 8000 mm anuales y 88%, respectivamente). Referente a esto Polanco *et al.* (2014), indican que las altas temperaturas, gran pluviosidad y alta humedad relativa favorecen la presencia de hongos xilófagos.

Es de anotar, que los hongos del genero *Penicillim* colonizan fácilmente en la mayoría de los casos las maderas de especies tropicales, debido al tipo de lignina presente; varios estudios han demostrado que la lignina tipo siringil presente en este grupo de especies es más fácil de degradar enzimáticamente que la lignina guayacil por los hongos de este género (Eriksson, Blanchette, y Ander, 1990). En términos generales, en estas maderas las vías de penetración inicial



Figura 5. (a) Hongos cromógenos en madera. (b) *Penicillim* sp. en las probetas de balsa
Fuente: Elaboración propia

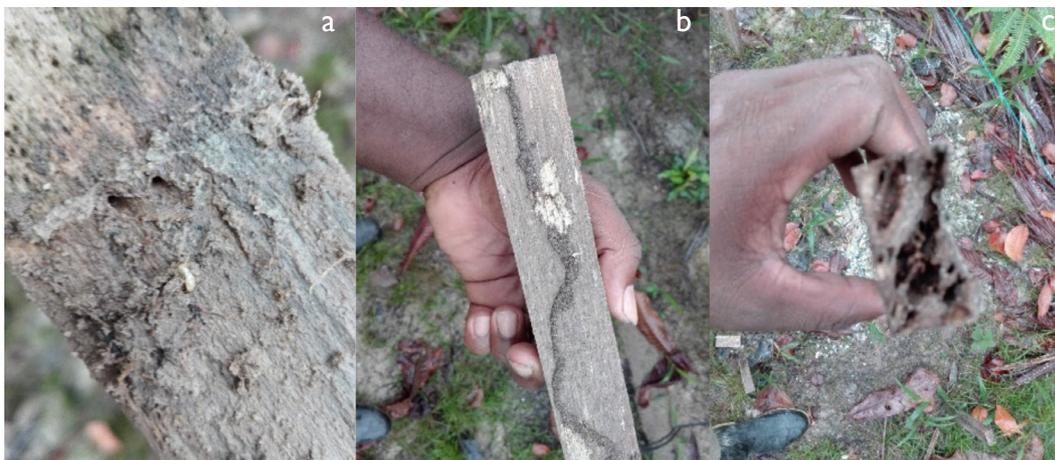


Figura 6. Afectaciones por termitas (*Heterotermes* sp.) en madera de balsa
Fuente: Elaboración propia

así como los patrones de crecimiento de *Penicillium* se dan a través de los vasos, parénquima radial y axial. En el caso de la especie *O. pyramidale*, se evidencia la presencia de hongos de este género (Figura 5), los cuales se caracterizan por generar colores blancos y negros en la madera (Trujillo, 2007).

5. Conclusiones

La madera de *O. pyramidale* en su estado natural, a los ocho meses de puesta en servicio en contacto directo en el suelo (libre exposición, bajo dosel de árboles y bajo plástico negro), experimenta una variación en el contenido de humedad de 90,6% y una pérdida de peso de 60,8%, por lo que es considerada poco resistente. Bajo estas circunstancias, se recomienda emplear la madera en construcciones que no queden en contacto directo con el suelo y en segundo lugar evaluar el comportamiento de la especie bajo la aplicación de algún conservante a la madera, incluyendo comparaciones con probetas utilizadas en interiores.

El índice de durabilidad natural obtenido (60,85%), sugiere poca resistencia de la madera de *O. pyramidale*, en condición natural, pero dada su importancia a nivel ecológico e industrial va a seguir siendo utilizada por la comunidad, por lo cual esta investigación contribuye a su conocimiento, estimulando su manejo y buen uso (en interiores).

El tiempo máximo de uso de la madera de la especie en forma natural es de 8 meses, por lo que si se quiere explorar para uso en exteriores debe someterse por lo menos a algún proceso de conservación e inmunización para alargar su vida útil.

Los agentes de deterioro identificados (clima, insectos y hongos) favorecen la descomposición de la madera y afectan la madera en momentos diferentes. En este sentido, luego que las condiciones ambientales desgastan la madera, se observan los insectos del orden *Hymenoptera*, los cuales realizan agujeros que favorecen el accionar de los hongos xilófagos, quienes hacen un desgaste en la madera que es aprovechado por las termitas - *Heterotermes sp* y exponen la madera a su deterioro final.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Docente Darío Antonio Murillo Barahona y a los funcionarios de la Colección Entomológica de la Universidad Tecnológica del Chocó por su colaboración y facilitación del material para la identificación de los grupos biológicos encontrados en el trabajo de campo. A los miembros de la comunidad de Doña Josefa por su colaboración y acompañamiento en las labores de campo y

al Grupo de investigación de Sistemas Productivos de la Universidad Tecnológica del Chocó por su colaboración en el desarrollo de la investigación. ≡

Conflicto de intereses

Las autores declaran no tener ningún conflicto de intereses

Referencias bibliográficas

1. AGUIRRE MENDOZA, Zhofre. Especies forestales de los bosques secos del Ecuador. Guía dendrológica para su identificación y caracterización. Quito, Ecuador: MAE/FAO, 2012. 140 p. https://www.academia.edu/5400279/GUIA_DENDROLOGICA_DE_LAS_ESPECIES_FORESTALES_DE_LOS_BOSQUES_SECOS_DE_ECUADOR
2. ALFIERI, Paula Vanesa. Control del deterioro de la madera mediante la acción de nano-impregnantes y recubrimientos sol-gel a base de silanos. Tesis Doctoral en Ciencias Agrarias y Forestales. La Plata, Argentina: Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, 2018. 184 p.
3. ASTM (American Society of Testing Materials). Standard Test Method for Moisture Analysis of Particulate Wood Fuels 1: Annu. B. ASTM Stand, 2013. P. 871-882.
4. ARÉVALO FUENTES, Rosven Libardo y LONDOÑO ARANGO, Alberto. Manual para la identificación de maderas que se comercializan en el departamento del Tolima. 1 ed. Ibagué: Corporación Autónoma Regional del Tolima, 2005. 152 p. ISBN: 958-33-8849-1.
5. BEJARANO SÁNCHEZ, Yaissy. La función ecológica de la propiedad colectiva en los territorios colectivos de las comunidades negras. Caso Yuto cabecera municipal del Atrato, Chocó, Colombia. Tesis de Maestría en Gestión Ambiental. Bogotá, Colombia: Universidad Javeriana. 2011. 108 p. <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/1984>
6. BORREGA, Marc; AHVENAINEN, Patrik; SERIMAA, Ritva y GIBSON, Lorna. Composition and structure of balsa (*Ochroma pyramidale*) Wood. En: Wood Sci Technol. Mayo-agosto, 2015, vol. 49, no. 2, p. 403-420. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00226-015-0700-5>
7. BRISCHKE, C., L. MEYER y OLBERDING, S. 2014. Durability of wood exposed in ground—comparative field trials with different soil substrates. En: International Biodeterioration and Biodegradation. Marzo, 2014, vol 86, no. 3, p. 108-114. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0964830513002473>
8. CÁRDENAS PABA, Dorian y POLANCO TAPIA, César Augusto. Durabilidad natural de la madera de *Trichospermum colombianum* (algodoncillo). En: Revista Colombia Forestal. Enero-junio, 2004, vol. 8 no. 1, p. 120-129. <http://www.scielo.org.co/pdf/cofo/v17n1/v17n1a02.pdf>
9. CHUDNOFF, Martin. Tropical Timbers of the World. Agricultural Handbook. Washington DC: USDA Forest Service, 1984. 466 p. https://www.esf.edu/wus/documents/TropicalTimbersoftheWorld-chud_total.pdf
10. DE LA CRUZ CARRERA, Ricardo; CARRILLO PARRA, Artemio; NÁJERA LUNA, Juan Abel; CRUZ COBOS, Francisco; HERNÁNDEZ, Francisco Javier y MÉNDEZ GONZÁLEZ, Jorge. Durabilidad natural de la madera de siete especies forestales de El Salto, Durango. En: Revista Mexicana de Ciencias Forestales. Julio-diciembre, 2018, vol. 9, no. 46, p. 102-130. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i46.144>

11. DE LA MATA JIMENEZ, Jaime. Influencia de la humedad de la madera en la evaluación de las propiedades mecánicas del pino silvestre mediante técnicas no destructivas. Tesis de Ingeniería de Montes. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid. 165 p. http://oa.upm.es/36492/1/PFC_JAIME_DE_LA_MATA_JIMENEZ.pdf
12. DELVARE, Gérard; ABERLENC, Henri Pierre ; MICHEL, Bruno y FIGUEROA, Alberto. Los insectos de África y América tropical: Claves para la identificación de las principales familias. Mopelier, Francia: Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique Pour Le Développement- CIRAD. 257 p. http://aberlentomo.fr/02_delvaberl_1989_pdf/delvaberl_espana.pdf
13. ERIKSSON, Karl; BLANCHETTE, Robert y ANDER, Paul. Microbial and enzymatic degradation of wood and wood components. Berlín: Springer-Verlag, 1990. 407 p.
14. FRANCO CASTAÑEDA, Zoila Nelly; BURGOS POVEDA, Guido; GONZÁLEZ RUIZ, José y NEIRA-VERA, Gabriel. Interacción de la economía ecuatoriana respecto a la alternativa ecológica con el uso industrial de la balsa y su futuro verde. En: Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana. Agosto, 2017. vol. 1, no. 1, p. 1-24.
15. GUEVARA-SALNICOV, Leticia y LLUNCOR-MENDOZA, David. Durabilidad natural y adquirida de 27 maderas tropicales en condición de campo. En: Folia Amazónica. Julio-diciembre, 1993. vol. 5, no. 2, p. 203-215. <http://revistas.iiap.org.pe/index.php/foliamazonica/article/view/242>
16. HONORATO SALAZAR, Aamador; COLOTL-HERNÁNDEZ, Gertrudis; APOLINAR-HIDALGO, Flora y ABURTO, Jorge. Principales componentes químicos de la madera de Ceiba pentandra, Hevea brasiliensis y *Ochroma pyramidale*. En: Madera y Bosques. Julio-diciembre, 2015. vol. 21, no. 2, p. 131-146. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=esci_arttext&pid=S1405-04712015000200009
17. INTINI, María y TELLO, María Luisa. Investigations on the Xylophagous fungi of urban trees in Europe: *Inonotus rickii* (Pat.). Reid found in Spain. En: Boletín de Sanidad Vegetal y Plagas. Julio-diciembre, 2003. vol. 29, no. 2, p. 277-279. https://www.researchgate.net/publication/277262063_Comunicacion_investigaciones_sobre_hongos_xilofagos_de_arboles_urbanos_en_Europa_primera_cita_de_Inonotus_rickii_Pat_Reid_en_Espana
18. JUNAC (Junta del Acuerdo de Cartagena). Manual del Grupo Andino para la Preservación de Maderas. Lima, 1988. 402 p.
19. KIRKER, Grant; BISHILL, Amy y LEBOW, Paul. Laboratory evaluations of durability of Southern pine pressure treated with extractives from durable wood species. En: Journal of economic entomology. Enero-junio, 2016. vol. 109, no. 1, p. 259-266. <https://www.fs.usda.gov/treearch/pubs/52224>
20. LUCIA, Lucian; ARGYROPOULOS, Dimitris; ADAMOPOULOS, Lambrini y GASPAS, Armindo. Chemicals and energy from biomass. En: Canadian Journal of Chemistry. Octubre-diciembre, 2006. vol. 84, no. 4, p. 960-970.
21. MAE (Ministerio del Ambiente del Ecuador) y FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). Propiedades anatómicas, físicas y mecánicas de 93 especies forestales – Ecuador. Quito, 2014. 105 p. <http://www.fao.org/3/a-i4407s.pdf>
22. MÁRQUEZ, Alenys; CASTRO, Ferida; RAMÍREZ, Eliezer; GÓMEZ, Luis; TORO, María y VELÁSQUEZ, Jesús. Resistencia natural de la madera de especies forestales latifoliadas en contacto con el suelo. En: Revista Copérnico. Enero-junio, 2009. vol. 10, no. 1, p. 11-17. https://www.researchgate.net/publication/258208925_Resistencia_natural_de_la_madera_de_especies_forestales_latifoliadas_en_contacto_con_el_suelo
23. MARTÍNEZ GUARDIA, Melida; TORRES-TORRES, Jhon Jerley y MEDINA ARROYO, Henry Hernan. Aprovechamiento forestal maderable en cuatro municipios del departamento del Chocó, Colombia. En: Revista de Investigación Agraria y Ambiental. Julio-diciembre, 2015. vol. 6, no. 2, p. 57-73. <https://doi.org/10.22490/21456453.1405>
24. MORA, Nestor, y ENCINAS, Osvaldo. Evaluación de la durabilidad natural e inducida de *Pterocarpus acapulcensis*, *Tabebuia serratifolia* y *Pinus caribaea*, en condiciones de laboratorio. En: Revista Forestal Venezolana, Enero-junio, 2001. vol. 45, no. 1, p. 23-31. <http://www.saber.ula.ve/handle/123456789/24375>
25. MOREIRA MURILLO, Nancy Rossanna. Proyecto de factibilidad para la creación de una micro-empresa de siembra y aserrado de madera (balsa), ubicada en la provincia de los Ríos, Cantón Buena-Fe, y su comercialización en la Provincia del Guayas. Tesis de Administración de empresa. Loja, Ecuador: Universidad Nacional de Loja, 2013. 252 p. <http://dspace.unl.edu.ec:9001/jspui/bitstream/123456789/54711/TESIS%20FINAL%20NANCY%20MOREIRA%209%20MAYO%202013%20%28REVISION%20TRIBUNAL%29.pdf>
26. PAES, Juez Benigno. Resistência natural da madeira de *Corymbia maculata* (Hook.) KD Hill y LAS Johnson a fungos e cupins xilófagos, em condições de laboratório. En: Árvore. Noviembre-diciembre, 2002. vol. 26 no. 6, p. 761-767. <http://www.scielo.br/pdf/rarv/26n6/a12v26n6.pdf>
27. POLANCO TAPIA, César Augusto; CAICEDO VELÁSQUEZ, Jenny Paola y BELTRÁN HERNÁNDEZ, Diego Hernán. Durabilidad natural y descripción anatómica de la madera de la especie *Caryodaphnopsis cogolloi* Van der Werf. En: Colombia Forestal. Enero-junio, 2014. vol. 17, no. 1, p. 25-39. <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/colfor/article/view/4447>
28. REYES CAPURRO, María Soledad. Asociación hongos-insectos xilófagos presentes en muestras de maderas ingresadas en el Laboratorio Regional del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) – Osorno. Tesis de Ingeniería Forestal. Valdivia, Chile: Universidad Austral de Chile, 2007. 70 p. <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2007/ffr457a/doc/ffr457a.pdf>
29. RIPA, Renato y LUPPICHINI, Paola. (eds.). Termitas y otros insectos Xilófagos en Chile: Especies, Biología y Manejo. Santiago, Chile: Instituto de Investigaciones Agropecuarias, 2004. 146 p. ISBN: 956-7016-18-6. <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/libros/NR32333.pdf>
30. RUAN, Guanhua; SONG, Xiaogang; HU, Yin; HAN, N. y ZHANG, Dayu. Foraging activities of *Coptotermes formosanus* in Subtropical areas in China. En: Journal of economic entomology. Julio-diciembre, 2015. vol. 108, no. 2, p. 82-92. <https://academic.oup.com/jee/article-abstract/108/2/701/772832>
31. TOLEDO GONZÁLEZ, Karina Antonia. Germinación, crecimiento y densidad de la madera en dos variedades de *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb. de la Selva Lacandona, Chiapas. Tesis de Maestría en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural. Chiapas, México: Colegio de la Frontera Sur. 2016. 46 p. http://aleph.ecosur.mx:8991/exlibris/aleph/a22_1/apache_media/NN652M67T57XAN6U3A9MR2NECI2FEE.pdf
32. THYBRING, Emil Engelund. The decay resistance of modified wood influenced by moisture exclusion an Author links open overlay panel d swelling reduction. In: International Biodeterioration & Biodegradation. Agosto, 2013. no. 82, p. 87-95. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2013.02.004>
33. TRUJILLO NAVARRETE, Enrique. Guía de reforestación: los árboles adaptación características madera usos rendimientos silvicultura. El semillero, Bogotá, 2007, 278 p.
34. VÁSQUEZ MARTÍNEZ, Rodolfo. Flórua de las reservas biológicas de Iquitos, Perú. Missouri Botanical Garden. Vol. 63. Loja-Ecuador:

Herbario Reinaldo Espinoza de la Universidad Nacional de Loja, 1997. 1046 p. ISBN 976091527948-7.

35. WWF (World Wildlife Fund). Maderas de Colombia. Programa Subregional Amazonas Norte y Chocó Darién. 1 ed. Bogotá, 2013. 88 p. ISBN 978-958-8353-53-1. http://d2ouvy59p0dg6k.cloudfront.net/downloads/maderas_de_colombia_15_version_aprobada.pdf