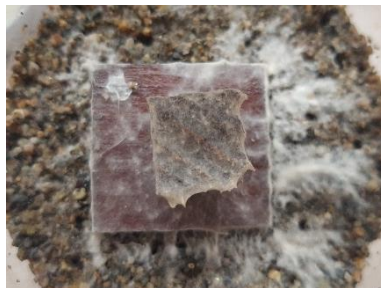


DURABILIDAD NATURAL DE LA MADERA DE PINO OREGON (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco)



DURABILIDAD NATURAL DE LA MADERA DE PINO OREGON
(*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco)

Patricio Elgueta¹; Raúl Campos; Gonzalo Hernández; Cristian Reyes; Javiera Padilla;
Jorge Catalán; Leonardo Troncoso; Luis Vásquez y Pablo Mardones

Financiamiento

Proyecto CORFO Fortalecimiento de Capacidades Tecnológicas del Instituto Forestal para el Desarrollo de la Industria Secundaria de la Madera, a Través de Bienes Públicos Orientados al Sector de la Construcción 2018.



INSTITUTO FORESTAL
Área Tecnología y Productos de Madera
2019

¹ Investigadores, Instituto Forestal, Sede Bio Bio. patricio.elgueta@infor.cl



INFOR

INSTITUTO FORESTAL

Sucre 3397, Ñuñoa, Santiago
Chile

F. 56 2 223667115

www.infor.cl

ISBN N° 978-956-318-154-8

Registro de Propiedad Intelectual N° 2020-A-736

Se autoriza la reproducción parcial de esta publicación siempre y cuando se efectúe la cita correspondiente:

Elgueta, Patricio; Campos, Raúl; Hernández, Gonzalo; Reyes, Cristian; Padilla, Javiera; Catalán, Jorge; Troncoso, Leonardo; Vásquez, Luis y Mardones, Pablo, 2019. Durabilidad Natural de la Madera de Pino Oregon (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco). Instituto Forestal, Chile. Informe Técnico N° 224. P. 11

PRÓLOGO

Con financiamiento de la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO), el Instituto Forestal (INFOR) está desarrollando el proyecto Fortalecimiento de las Capacidades Tecnológicas del Instituto Forestal para el Desarrollo de la Industria Secundaria de la Madera (ISM), a Través de Bienes Públicos Orientados al Sector de la Construcción.

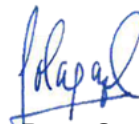
La industria secundaria de la madera corresponde a todas aquellas empresas de diferentes tamaños que emplean madera aserrada como materia prima para la generación de diversos productos, de mayor valor agregado, para distintos usos, entre los cuales está la construcción de viviendas y otras obras. Entre los productos se puede señalar madera dimensionada y cepillada, con o sin nudos y con o sin clasificación estructural; molduras de diferentes tipos; productos más elaborados, como puertas, ventanas, pisos y otros; además de productos de ingeniería en maderas, como diferentes tipos de muros, cerchas, vigas laminadas y otros.

Los principales objetivos apuntan a incrementar el uso de la madera en el país y su aplicación en construcciones en este material, las que presentan diversas ventajas respecto de otros materiales, tanto en términos económicos como sociales y ambientales, y a la transferencia técnica, asesoría y capacitación a la pyme maderera, dado que parte muy importante de la industria secundaria corresponde a pequeñas y medianas empresas, que tienen por una parte dificultades en su abastecimiento de materia prima y por otra diferentes limitaciones económicas, tecnológicas y de gestión.

Casi la totalidad de la madera aserrada en el país se genera a partir de las plantaciones de pino radiata (*Pinus radiata* D. Don.). No obstante, desde hace algunos años hay una emergente producción basada en pino oregon (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco), especie originaria de Estados Unidos y Canadá, de la cual existen ya en Chile más de 16 mil hectáreas de plantaciones y cuya madera, por su veta y color, tiene un especial atractivo para diferentes aplicaciones en la construcción.

El adecuado uso de la madera en la construcción en el país requiere del conocimiento de sus propiedades físico-mecánicas y de su durabilidad natural, características que varían según la especie de que se trate, y estas propiedades deben estar incorporadas en la respectiva normativa nacional.

La durabilidad natural de la madera se entiende como la capacidad que posee la madera para resistir el ataque de los diferentes agentes biológicos de destrucción una vez que se pone en servicio sin ningún tratamiento de preservación. El objetivo general del presente trabajo es determinar la durabilidad natural de la madera de pino oregon sometida a la acción de hongos xilófagos. Esto, dado que la normativa vigente indica que si una madera es clasificada como No Durable debe ser impregnada previo a su uso si este será en aplicaciones estructurales.



Fernando Raga Castellanos
Director Ejecutivo
Instituto Forestal

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	2
3. MATERIALES Y MÉTODO	2
3.1. Diseño Experimental	2
3.2. Preparación del Material de Ensayo	3
3.2.1. Determinación de la Capacidad de Campo de la Arena	3
3.2.2. Sustratos Alimenticios e Incubación de las Cepas	3
3.3. Montaje del Ensayo	5
3.4. Determinación de la Pérdida de Peso	6
4. RESULTADOS Y ANÁLISIS	7
5. CONCLUSIONES	10
REFERENCIAS	10

1. INTRODUCCIÓN

El pino oregon es originario de América del Norte. Su distribución natural se extiende desde British Columbia al sur, abarcando 2.200 km por las costas de Washington, Oregon y California; y 4.500 km por el interior, pasando por Idaho y Utah, llegando hasta Nuevo México (Hermann y Lavender, 1990). Con cerca de 14,4 millones de hectáreas en Estados Unidos y 4,5 millones de hectáreas en Canadá, es una de las especies comerciales más importantes de la costa oeste (*European Forest Institute*, 2019).

La especie fue introducida a Chile a inicios del siglo XX. Al año 2017 se registran 16.567 ha de plantaciones, de las cuales 8.022 ha (48,42%) se encuentran en la región de La Araucanía, 3.816 ha en la región de Los Ríos (23,03%), 3.484 ha en la región de Aysén (21,03%) y 1.245 ha distribuidas en las regiones del Maule, Bio Bio y Los Lagos (7,52%) (INFOR, 2019).

Para el uso de la madera en la construcción en Chile se requiere conocer las propiedades físico-mecánicas y la durabilidad natural de las maderas, aspectos que deben estar incorporados en normas chilenas respectivas; (NCh 1198 (INN, 2006) y NCh 789/1 (INN, 1987).

La durabilidad natural de la madera se define como la capacidad que posee la madera para resistir el ataque de los diferentes agentes biológicos de destrucción, una vez que se pone en servicio sin ningún tratamiento preservador (NCh 789/1). Respecto de la durabilidad natural de la madera, la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC), cuerpo normativo que regula la construcción en el país, D.S. N°47 (MINVU,1992), señala que las maderas clasificadas como “no durables” por la norma NCh 789/1 deben ser preservadas para ser utilizadas con fines estructurales.

La albura sin tratamiento preservante debe considerarse como susceptible a sufrir daño por la acción de hongos de pudrición, insectos, horadadores marinos, y otros; en cambio el duramen, según la especie considerada, mostrará un mayor rango de durabilidad natural (NCh 789/1). La mayor durabilidad natural de la madera de duramen se atribuye principalmente a la presencia de compuestos tóxicos para los hongos xilófagos (extractivos, como polifenoles solubles en agua o en alcohol), cuya naturaleza y cantidad son variables entre las especies madereras (Junta del Acuerdo de Cartagena, 1988).

Existen dos alternativas para determinar la durabilidad natural de la madera; una de campo y otra de laboratorio. La primera consiste en instalar un cementerio de estacas, que considera probetas en contacto directo con el suelo, al aire libre, por un mínimo de 5 años. La segunda considera un método acelerado, que emplea probetas de madera de pequeñas dimensiones que son sometidas a la acción de hongos y/o insectos xilófagos. La duración del procedimiento de laboratorio se reduce a 2 meses para los hongos de pudrición café (coníferas) y a 4 meses para los de pudrición blanca (latifoliadas).

Se identifican 2 metodologías de laboratorio para determinar la durabilidad natural de las maderas. Ellas corresponden a la norma americana AWP A E10 (AWPA, 2016) y la norma europea UNE EN-350 (AENOR, 2016). La principal diferencia entre ambas es que la primera considera arena y un sustrato alimenticio para el desarrollo de los hongos de pudrición, lo que permite simular condiciones reales de servicio, en tanto que la segunda considera PDA (Potato Dextrosa Agar) como medio de cultivo para el desarrollo de los hongos, en lugar de un sustrato alimenticio. En este estudio se considera la metodología de la AWP A E10 y se determina la

durabilidad natural de la madera de Pino oregón, albura y duramen, sometida a la acción de hongos de pudrición café.

2. OBJETIVOS

El presente estudio tiene como objetivo general determinar la durabilidad natural de la madera de pino oregon sometida a la acción de dos hongos xilófagos de pudrición café, considerando madera de albura y duramen, de acuerdo a las categorías establecidas por Findlay (1962), las cuales se adecuan a las mencionadas en la norma NCh 789/1 (Maderas – Parte 1: Clasificación de Maderas Comerciales por su Durabilidad Natural).

3. MATERIALES Y MÉTODO

3.1. Diseño Experimental

El ensayo se ejecutó en el Laboratorio de Madera Estructural del Instituto Forestal (INFOR), Sede Bio Bio. Su implementación se realizó según indicaciones de la norma AWPA E10-16 y el diseño experimental del estudio se detalla en el Cuadro N° 1.

Cuadro N° 1
DISEÑO EXPERIMENTAL

Tipo Hongo	Nombre Científico	Nombre Abreviado	Tipo Madera	Número Probetas
Pudrición Café	<i>Gloeophyllum trabeum</i> (Pers. ex Fr.)	G.T.	Albura	10
			Duramen	40
	<i>Postia placenta</i> (Fries) M. Larsen et Lombard	P.P.	Albura	10
			Duramen	40

Los hongos fueron cultivados utilizando un medio de crecimiento en base a PDA (Potato Dextrosa Agar), en ambiente a 24°C, por 7 días (Figura N°1).

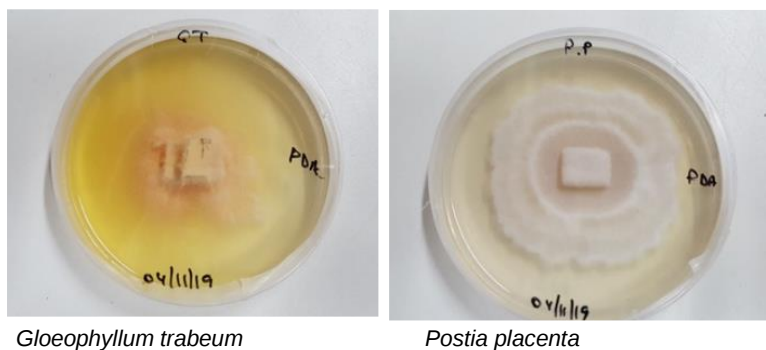


Figura N°1
CULTIVO HONGOS PUDRICIÓN CAFÉ

3.2. Preparación del Material de Ensayo

Consideró la determinación de la capacidad de campo de la arena, la preparación de los sustratos alimenticios y la incubación de las cepas.

3.2.1. Determinación de la Capacidad de Campo de la Arena

En forma paralela al desarrollo de los hongos de pudrición café se determinó la capacidad de campo de la arena empleada (Lampa), correspondiente a la máxima capacidad de saturación del suelo, que debe oscilar en el rango de 20 al 40%. Para tal efecto se utilizó un vaso de precipitado de vidrio y un embudo de Buchner dispuesto con un papel filtro circular en su interior. La arena al interior del embudo fue saturada con agua destilada para posteriormente dejarla decantar por 24 h. El vaso de precipitado y el embudo fueron cubiertos con un paño húmedo para evitar pérdidas por evaporación. Transcurrido el tiempo de decantación, la arena fue pesada en una balanza analítica marca Adam, secada a $105^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ hasta peso constante en una estufa marca Memmert, de 260 L de capacidad, y pesada nuevamente para determinar su capacidad de campo según la siguiente ecuación.

$$WHC(\%) = \frac{PA1 - PA2}{PA2} \cdot 100$$

Donde: WHC (%), corresponde a la capacidad de campo de la arena.

PA1 corresponde al peso de la arena húmeda.

PA2 corresponde al peso de la arena seca en horno hasta lograr masa constante.

Con el valor de la capacidad de campo se determinó la cantidad de agua destilada a incorporar a cada frasco de 460 cc con 200 cc de arena, para alcanzar un 130% de la capacidad de campo (Figura N° 2), de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\text{Agua}(g \text{ o } ml) = (0,013 \cdot WHC \cdot PA4) + (PA4 - PA3)$$

Donde: Agua (g o ml), corresponde a la cantidad de agua a incorporar en cada frasco.

PA3 corresponde al peso de la arena a introducir en cada frasco.

PA4 corresponde al peso de la arena seca en horno hasta lograr masa constante.

3.2.2. Sustratos Alimenticios e Incubación de las Cepas

Una vez alcanzada la capacidad de campo, se dispusieron sobre la arena los sustratos alimenticios (58 x 37 x 4 mm) (Figura N° 3).

Los frascos y sus contenidos, con la tapa a medio cerrar, fueron pesados y posteriormente esterilizados en autoclave vertical marca Delta-K, de 80 L de capacidad, en dos oportunidades durante 30 minutos, con un intervalo de aproximadamente 24 h, a una temperatura y presión de 121°C y 1,2 atmósferas, respectivamente (Figura N° 4).

Posterior a la esterilización, los frascos fueron pesados nuevamente para verificar la existencia de variaciones en el peso producto de la evaporación del agua durante el proceso de

esterilización. Las diferencias fueron corregidas incorporando agua destilada equivalente a la diferencia entre los pesos antes y después del proceso.

Los sustratos se inocularon con los hongos de pudrición café (Figura N°5) en un ambiente aséptico generado por una cámara de flujo laminar de 4 pies de ancho, marca Labconco, con secciones circulares de aproximadamente 5 mm² (Figura N° 6).

Finalmente, los frascos fueron dispuestos en un ambiente con luz tenue durante 3 semanas, con la tapa abierta a un cuarto de vuelta y a temperatura y humedad relativa de 25°C y 65%, respectivamente (Figura N° 7).

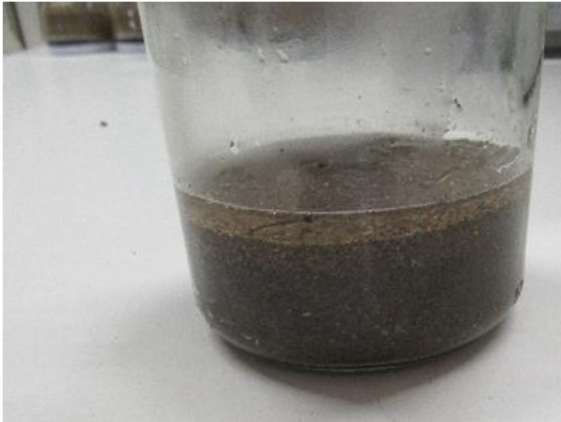


Figura N° 2
FRASCO DE CULTIVO CON ARENA



Figura N° 3
FRASCOS CON SUSTRATO ALIMENTICIO



Figura N° 4
ESTERILIZACIÓN LOS FRASCOS DE CULTIVO



Figura N° 5
SECCIONES PARA INOCULACIÓN



Figura N° 6
INOCULACIÓN SUSTRATO ALIMENTICIO



Figura N° 7
INCUBACIÓN DE CEPAS

3.3. Montaje del Ensayo

Las probetas de 14 x 14 x 14 mm de albura y duramen fueron acondicionadas al 12% de humedad en una cámara climática, marca Memmert, de 1.060 L de capacidad, considerando una humedad relativa del 65% y una temperatura de 21 °C, (Figura N° 8).

Luego, las probetas fueron esterilizadas en autoclave, por 20 minutos, a 121 °C y a 1,2 atmosferas (Figura N° 9), y pesadas para determinar la masa inicial del ensayo (P1) (Figura N° 10). Para el control del contenido de humedad de equilibrio de las probetas se utilizaron muestras testigos. Transcurridas 3 semanas de incubación de las cepas, las probetas fueron introducidas en los frascos de vidrio con la sección transversal en contacto con el micelio generado sobre la placa alimenticia (Figura N° 11).



Figura N° 8
PROBETAS EN CÁMARA CLIMÁTICA



Figura N° 9
PROBETAS EN ESTERILIZADOR



Figura N° 10
PROBETAS EN BALANZA ANALÍTICA



Figura N° 11
INSTALACIÓN DEL ENSAYO

Finalizado el montaje del ensayo, los frascos fueron dispuestos en un ambiente con luz tenue, a 25°C de temperatura y 65% de humedad relativa por un periodo de 8 semanas y con la tapa de cada frasco a medio cerrar.

3.4. Determinación de la Pérdida de Peso

Cumplido el tiempo de exposición, las probetas fueron retiradas de los frascos, se eliminó el micelio superficial y se las acondicionó al 12% de humedad, para posteriormente ser pesadas.

Con el peso inicial y final de cada probeta se procedió a calcular el porcentaje de pérdida de peso. El valor promedio de cada tratamiento fue considerado como la pérdida de peso total.

$$PP = \frac{P1 - P2}{P1} * 100$$

Donde: PP corresponde a la pérdida de peso en %.

P1 corresponde al peso inicial de la probeta acondicionada al 12% C.H.

P2 corresponde al peso final de la probeta acondicionada al 12% C.H.

Con el porcentaje de pérdida de peso se asignó una categoría de durabilidad natural, para albura y duramen, en base a las escalas de Findlay (1962) y EN-350 (Cuadro N° 2).

Cabe consignar que ambas escalas consideran las mismas 5 categorías que señala la norma chilena NCh 789-1.

Cuadro N° 2
ESCALAS DE DURABILIDAD NATURAL

Categoría	Pérdida de Peso (%)	
	Findlay	EN-350
Muy Durable	0 - ≤1	≤5
Durable	1 - ≤5	5 - ≤10
Moderadamente Durable	5 - ≤10	10 - ≤15
Poco Durable	10 - ≤30	15 - ≤30
No Durable	>30	>30

4. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Al cabo de 2 semanas, las probetas de albura fueron cubiertas casi en su totalidad con micelio del hongo G.T. El duramen atacado por el mismo hongo fue cubierto completamente con micelio entre las 4 y 8 semanas.

En el caso del hongo P.P., el desarrollo fue más lento, tanto en albura como en duramen, generando micelio a partir de la cuarta semana. Al cabo de 8 semanas las probetas fueron cubiertas en su totalidad.

Las Figuras N° 12 a N° 15 ilustran el ataque de los hongos de pudrición café para las probetas de madera de albura y duramen. En las imágenes de la izquierda se observan las probetas cubiertas con micelio una vez finalizado el tiempo de exposición, mientras que en las imágenes de la derecha se observa la probeta sin la cubierta de micelio.



Figura N° 12
ATAQUE HONGO G.T. MADERA DE ALBURA



Figura N°13
ATAQUE HONGO G.T. MADERA DE DURAMEN



Figura N°14
ATAQUE HONGO P.P. MADERA DE ALBURA



Figura N° 15
ATAQUE HONGO P.P. MADERA DE DURAMEN

En la Figura N° 16 se ilustra el detalle de las pérdidas de peso de las probetas en función del tipo de hongo y madera ensayada.

La pérdida de peso más importante se registró para el hongo de pudrición G.T., resultando en un total de 40,38% para la madera de albura y un 32,01% para la madera de duramen.

El hongo de pudrición P.P., en cambio, totalizó pérdidas de peso de un 36,70% para la madera de albura y un 31,05% para la madera de duramen.

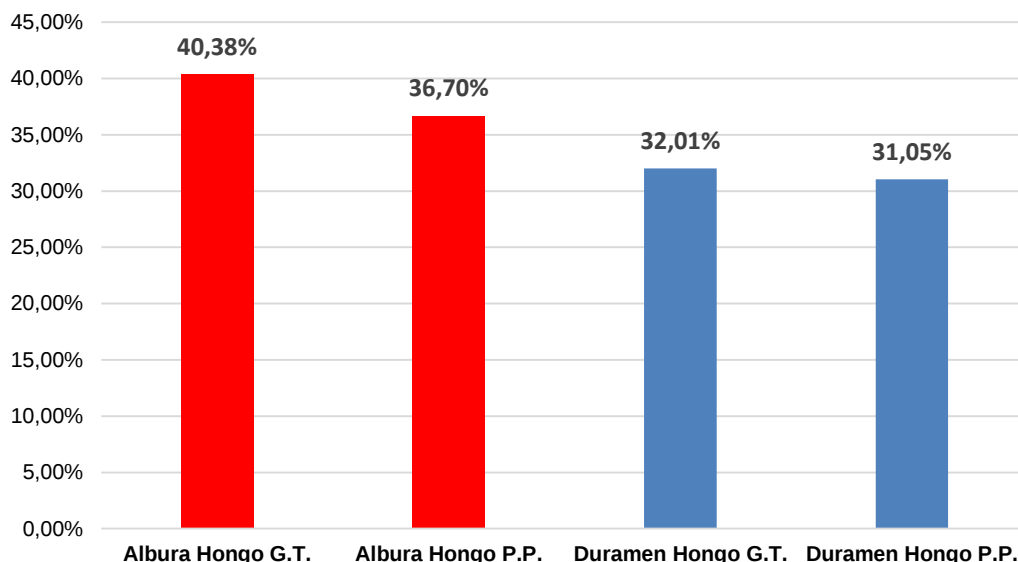


Figura N° 16
PÉRDIDA DE PESO PROMEDIO EN MADERA POR TIPO DE HONGO

De los resultados se desprende que la degradación en la madera de duramen fue similar para ambos hongos xilófagos.

Este comportamiento se justifica por la naturaleza de los hongos de pudrición café, los que se alojan generalmente en especies coníferas destruyendo la celulosa y hemicelulosa.

Los hongos de pudrición blanca, en cambio, atacan principalmente la madera de latifoliadas destruyendo la lignina (Haque, 1997; University of Illinois, 1999; Kim and Singh, 2000).

En el Cuadro N° 3 se indican las categorías de durabilidad natural según las escalas de Findlay y EN-350.

Las maderas de albura y duramen de pino oregon califican como "no durable" frente a la acción de los hongos de pudrición café, con pérdidas de peso superior al 30%.

Cuadro N° 3
CLASIFICACIÓN DE LA DURABILIDAD NATURAL

Tipo Hongo	Madera	Nombre Abreviado Hongo	Pérdida Peso* (%)	Findlay / EN-350	
				Rango (%)	Categoría
Pudrición Café	Albura	G.T.	40,38	>30	No durable
		P.P.	36,70	>30	No durable
	Duramen	G.T.	32,01	>30	No durable
		P.P.	31,05	>30	No durable

* Corresponde al promedio de las 10 repeticiones para albura y 40 repeticiones para duramen.

Al homologar las escalas de durabilidad natural a la normativa chilena (Cuadro N°4), se aprecia que la madera de duramen de pino oregon califica como “no durable” a la acción de hongos xilófagos de pudrición café.

Cuadro N° 4
CLASIFICACIÓN DE LA DURABILIDAD NATURAL

Tipo Hongo	Madera	Nombre Abreviado Hongo	NCh 789/1
Pudrición Café	Albura	G.T.	N/A
		P.P.	N/A
	Duramen	G.T.	No durable
		P.P.	No durable

N/A: No aplica. De acuerdo a NCh 789/1 la madera de albura se asume como no durable.

5. CONCLUSIONES

Las escalas de Findlay y de la norma EN-350 definen la durabilidad natural de la madera de duramen de pino oregon como “no durable”, con pérdidas de peso superiores al 30%.

La condición de “no durable” obliga a preservar la madera de pino oregon para su uso en aplicaciones estructurales, de acuerdo a lo establecido en la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones de Chile.

En Chile no hay una norma que defina los requisitos de calidad de la madera preservada de pino oregon. La norma NCh 819 está referida a pino radiata.

REFERENCIAS

AWPA, 2016. Testing wood preservatives by laboratory soil block cultures. E10 Standard. American Wood Protection Association.

MINVU, 1992. Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones. Decreto Supremo N°47. Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU). Chile.

European Forest Institute, 2019. What Science Can Tell Us. Douglas-Fir – An Option for Europe. European Forest Institute. European Cooperation in Science & Technology (COST).

Findlay, W. P. K., 1962. Preservation of Timber. A & C Black Publishers Ltd. 176 pp.

Hermann, R. K. and Lavender D. P., 1990. *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco Douglas-Fir. Silvics of North America Volume 1: Conifers. Agriculture Handbook 654. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Washington, DC.

Haque, N., 1997. White rot fungal decay of wood. University of Wales. United Kingdom.

INFOR, 2019. Anuario Forestal 2019. Boletín Estadístico N° 168. Instituto Forestal. Chile.

Junta del Acuerdo de Cartagena, 1988. Manual del Grupo Andino para la Preservación de Maderas. PRID-MADERA. Perú.

Kim, Y. S. and Singh, A. P., 2000. Micromorphological characteristics of wood biodegradation in wet environments: A review. IAWA Journal, Vol. 21 (2), 2000: 135–155.

INN, 1987. Maderas - Parte 1: Clasificación de maderas comerciales por su durabilidad natural. NCh 789/1. Instituto Nacional de Normalización. Santiago. Chile.

INN, 2006. Madera - Construcción en Madera – Cálculo. NCh 1198.Of2006. Instituto Nacional de Normalización. Santiago. Chile.

INN, 2009. Madera preservada - Pino radiata - Clasificación según uso y riesgo en servicio y muestreo. NCh 819. Instituto Nacional de Normalización. Santiago. Chile.

AENOR, 2016. Durabilidad de la madera y de los productos derivados de la madera. Ensayos y clasificación de la resistencia a los agentes biológicos y de los productos derivados de la madera. UNE-EN 350. Asociación Española de Normalización. Madrid. España.

University of Illinois, 1999. Report on Plant Disease. RPD N°642. Department of Crop Sciences. University of Illinois. United States.



INFOR

www.infor.cl