Informe Técnico N° 260

DURABILIDAD NATURAL DE LA MADERA DE RENOVAL DE TEPA (*Laureliopsis philippiana* Looser)

INSTITUTO FORESTAL
2023

Ministerio de Agricultura
Gobierno de Chile

INFOR

CORFO

Las fotografías e imágenes incorporadas en tapas o texto de la presente publicación provienen de archivo institucional o fueron obtenidas o elaboradas durante el desarrollo de las actividades del trabajo que origina esta publicación.

Informe Técnico N° 260

DURABILIDAD NATURAL DE LA MADERA DE RENOVAL DE TEPA (*Laureliopsis philippiana* Looser)

Patricio Elgueta Muñoz[1]; Gonzalo Hernández Careaga;
Raúl Campos Pous e Irma Arriagada Navarrete

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
2023

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

INSTITUTO FORESTAL
Sucre 3397, Ñuñoa, Santiago
Chile
F. 56 2 223667115
www.infor.cl
ISBN: 978 956 318 254 - 5
Rergistro Propiedad Intelectual: 2023 A 7305

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

Elgueta Muñoz, Patricio; Hernández Careaga, Gonzalo; Campos Pous, Raúl y Arriagada Navarrete, Irma (2023). Durabilidad Natural de la Madera de Renoval de Tepa (*Laureliopsis philippiana* Looser). Instituto Forestal, Chile. Informe Técnico N° 260. P. 14.

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 ISM considera a todas aquellas empresas de diferentes tamaños que emplean la madera aserrada como materia prima para generar productos de valor agregado, para distintos usos, entre los que se cuentan los destinados a la construcción de viviendas y otras obras. Entre estos productos se encuentran la madera dimensionada y cepillada, las molduras de diferentes tipos y elementos más elaborados, tales como puertas, ventanas, pisos y otros, además de productos de ingeniería en maderas, como muros, cerchas, vigas laminadas y otros.

Distintas iniciativas de carácter nacional apuntan a aumentar el uso de la madera en la construcción, considerando las ventajas económicas, sociales y ambientales que presenta respecto de otros materiales.

Prácticamente la totalidad de la madera aserrada que se genera en el país proviene de las plantaciones de pino radiata (*Pinus radiata* D. Don.). Sin embargo, se identifican especies madereras alternativas, destacando especies nativas, tales como las de renovales de tepa (*Laureliopsis philippiana* Looser), roble (*Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst), raulí (*Nothofagus alpina* (Poepp. & Endl.) Oerst) y coihue (*Nothofagus dombeyi* (Mirb.) Oerst). Además de otras especies exóticas, como pino oregon (*Pseudotsuga menziesii*), álamos (*Populus* spp) y otras del género *Pinus*.

La tepa se caracteriza por su crecimiento en conjunto con otras especies del bosque nativo, como es el caso del tipo forestal “Coihue-Raulí-Tepa”, que ocupa una superficie de 845.921 ha.

Para habilitar especies madereras como material de construcción, inicialmente se deben determinar su durabilidad natural y propiedades físicas y mecánicas, y posteriormente incorporar los resultados en normas técnicas chilenas. La norma chilena NCh 789/1 define la durabilidad natural de la madera de tepa como No Durable, considerando estudios ejecutados con madera proveniente de bosques de primer crecimiento.

El objetivo general del presente trabajo fue determinar la durabilidad natural de la madera de duramen de renoval de tepa, sometida a la acción de hongos xilófagos de pudrición blanca.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN 1

2. OBJETIVOS 2

3. MATERIALES Y MÉTODO 2

3.1 Hongos de Pudrición 2

3.2 Preparación del Material de Ensayo 3

- Obtención de las probetas 3

- Secado de las probetas control 3

- Preparación de las probetas de humedad y de ensayo 3

- Preparación del medio de cultivo 4

- Inoculación de las cepas 5

3.3 Montaje del Ensayo 6

3.4 Determinación de la Pérdida de Masa 7

4. RESULTADOS Y ANÁLISIS 8

5. CONCLUSIONES 14

6. REFERENCIAS 14

1. INTRODUCCIÓN

La especie *Laureliopsis philippiana* Looser, comúnmente conocida como tepa, es una especie endémica de los bosques subantárticos. En Chile su área de distribución es relativamente reducida y abarca aproximadamente desde la provincia de Arauco, en la región del Bio Bio, hasta la provincia de Aysén, región de Aysén. Es particularmente abundante en las provincias de Llanquihue y Chiloé (Rodríguez *et al*., 1983). Habita en ambas cordilleras, en lugares húmedos y suelos profundos, desde el nivel del mar hasta más de 1.000 metros de altitud (García y Ormazabal, 2008). Los árboles de esta especie son de fustes rectos y cilíndricos de hasta 30 metros de altura, con diámetros de unos 0,6 m que pueden llegar hasta 1 m. Gran parte del tronco está desprovisto de ramas (Diaz-Vaz, 1988). La corteza es delgada, gris clara y lisa o con protuberancias. Las hojas son duras, muy aromáticas y con un margen marcadamente aserrado. En aspecto es similar al laurel (*Laurelia sempervirens* (Ruiz & Pav.) Tul.) (García y Ormazabal, 2008). La especie crece en asociación con coihue (*Nothofagus dombeyi* (Mirb.) Oerst), tineo (*Weinmannia trichosperma* Cav.), ulmo (*Eucryphia cordifolia* Cav.), mañío (*Podocarpus nubigenus* Lindl.), olivillo (*Aextoxicon punctatum* Ruiz & Pav.), raulí (*Nothofagus alpina* (Poepp. & Endl.) Oerst.) y canelo (*Drimys winteri* J.R. Forst. & G. Forst.) (Diaz-Vaz, 1988).

La madera de tepa es de color claro uniforme, carente de veteado y fácil de trabajar (Rodríguez *et al*., 1983). Se utiliza en la construcción de viviendas, formando parte de los revestimientos interiores, puertas interiores, ventanas, cielos, molduras y encofrados Uno de sus usos más importantes corresponde a la fabricación de tableros contrachapados y chapas. Igualmente, es muy apreciada en la tornería y fabricación de juguetes (Diaz-Vaz, 1988).

Al año 2020 se registraron 845.921 hectáreas de bosque nativo del tipo Coihue-Raulí-Tepa, equivalentes al 5,8% del total nacional de bosques nativos, distribuidas entre las regiones de Ñuble y Los Lagos, siendo la región de Los Lagos la que concentra la mayor cantidad con el 46,5% (INFOR, 2022a). En cuanto a la producción de madera aserrada de tepa, el año 2021 se generaron 5.568 m^3, de los cuales el 86,7% provienen de la región de Los Lagos (INFOR, 2022b).

El uso de la madera en la construcción en Chile demanda conocer las propiedades físico-mecánicas y la durabilidad natural de las maderas, aspectos que deben estar incorporados en las normas chilenas respectivas, NCh 1198 (INN, 2014) y NCh 789/1 (INN, 1987). Las propiedades físicas y mecánicas ya fueron definidas por INFOR en informe técnico anterior (Catalán *et al*., 2023), por lo que al sumarse la durabilidad natural ahora presentada esta madera queda habilitada para su incorporación a las normas.

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. INN, 1987). Respecto de la durabilidad natural de la madera, la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC) (MINVU, 1992), cuerpo normativo que regula la construcción en el país (D.S. N°47, 1992), señala que las maderas clasificadas como “No Durables” por la norma NCh 789/1 deben ser preservadas para ser utilizadas con fines estructurales.

Existen dos alternativas para determinar la durabilidad natural de la madera; una de campo y otra de laboratorio. La primera consiste en instalar una serie de estacas (probetas) en contacto con el suelo, al aire libre, por un mínimo de 5 años. La segunda considera un método acelerado, que emplea probetas de madera sometidas a la acción de hongos y/o insectos

xilófagos. Se identifican 2 metodologías de laboratorio para determinar la durabilidad natural de las maderas. Ellas corresponden a la norma americana AWPA E10 (AWPA, 2016) y la norma europea EN-350 (AEONOR, 2016). En este estudio se considera la metodología descrita en la norma EN-350, bajo las directrices del CEN-TS 15083/1 para determinar la durabilidad natural de la madera de duramen de renoval de tepa, sometida a la acción de dos hongos de pudrición blanca.

2. OBJETIVOS

El presente estudio tiene como objetivo general determinar la durabilidad natural de la madera de duramen de renoval de tepa sometida a la acción de dos hongos xilófagos de pudrición blanca, de acuerdo a las categorías establecidas por Findlay (1962) y por la norma EN-350, las cuales se adecuan a las mencionadas en la norma NCh 789/1 (Maderas. Parte 1: Clasificación de maderas comerciales por su durabilidad natural).

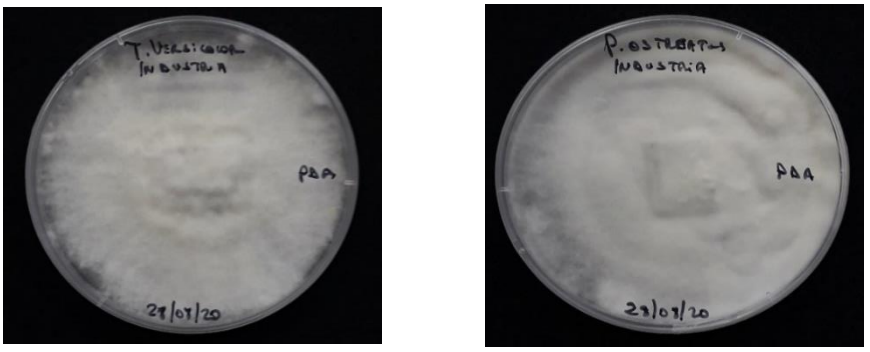
3. MATERIALES Y MÉTODO

3.1 Hongos de Pudrición

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 UNE-EN350 y CEN-TS 15083/1, utilizando los hongos de pudrición descritos en el Cuadro N° 1. 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).

Cuadro N° 1
HONGOS DE PUDRICIÓN

Tipo Hongo	Nombre Científico	Nombre Abreviado
Pudrición Blanca	*Trametes versicolor* (L. ex Fr.) Pilát	T.V.
	Pleurotus ostreatus (Jacq. Ex Fr.) Kummer	P.O.



Trametes versicolor (L. ex Fr.) Pilát. *Pleorotus ostreatus (Jacq. Ex Fr.) Kummer*

Figura N° 1
CULTIVO DE HONGOS PUDRICIÓN BLANCA

3.2 Preparación del Material de Ensayo

Se consideró la obtención de las probetas de ensayo, de control y de contenido de humedad; el secado de las probetas control, la preparación de las probetas de humedad y de ensayo, la preparación del medio de cultivo y la incubación de las cepas.

- **Obtención de las probetas**

Para el estudio se utilizaron probetas de duramen de renoval de tepa, con dimensiones (50±0,5) x (25±0,5) x (15±0,5) mm, libres de defectos como grietas, pudrición, manchas o daño por insectos. Paralelamente, se obtuvo probetas control y para la determinación del contenido de humedad, considerando las mismas dimensiones mencionadas. Las cantidades de probetas se detallan en el Cuadro N° 2.

Cuadro N° 2
CANTIDAD DE PROBETAS

Probeta	Cantidad
Ensayo con *Trametes versicolor* (L. ex Fr.) Pilát	30
Ensayo con *Pleurotus ostreatus* (Jacq. Ex Fr.) Kummer	30
Control *Trametes versicolor* (L. ex Fr.) Pilát	4
Control *Pleurotus ostreatus* (Jacq. Ex Fr.) Kummer	4
Contenido de humedad	25

- **Secado de las probetas control**

Para las probetas control se utilizó duramen de álamo, especie catalogada como “No durable” en el anexo N°1 de la norma NCh 789/1, las que fueron dispuestas en un horno de secado entre 18 y 24 horas. Cumplido el tiempo de secado, se introdujeron en un desecador hasta alcanzar temperatura ambiente. Posteriormente, las probetas fueron pesadas en una balanza con una precisión de 0,01 g para determinar su masa inicial seca (m_0) y dispuestas al interior de la cámara climática para ser acondicionadas al 12% de contenido de humedad (20±2°C y 65±5% H.R.)

- **Preparación de las probetas de humedad y de ensayo**

Las 25 probetas de contenido de humedad y las 60 probetas de ensayo fueron dispuestas en una cámara de acondicionado, configurada a 20±2°C y 65±5% de humedad relativa, hasta que la variación de la masa de las probetas fuera de ±0,01 g, medida en intervalos de 24 horas. Una vez alcanzada la masa constante, las probetas fueron pesadas registrando las masas iniciales acondicionadas (m_1).

Se determinó la densidad media de las probetas de ensayo utilizando la media de la masa acondicionada y el volumen nominal, que corresponde a 18,75 cm^3.

Posteriormente, las probetas fueron secadas en un horno de secado entre 18 y 24 horas. Cumplido el tiempo de secado, se introdujeron en un desecador hasta alcanzar temperatura ambiente, para después pesarlas en una balanza, con 0,01 g de precisión, para determinar la masa seca (m_0) (Figura N° 2).

Probetas en desecador

Pesaje de probetas

Figura N° 2
PREPARACIÓN DE LAS PROBETAS

Con las masas ya determinadas, se procedió a calcular el contenido de humedad de las probetas de ensayo y de contenido de humedad, al expresar la masa de agua (m_1-m_0) como un porcentaje de la masa seca (m_0).

Finalmente, se calculó el contenido de humedad medio de las probetas de control de humedad, el que fue utilizado para calcular la masa inicial seca de cada probeta de ensayo de acuerdo a la siguiente expresión.

$$mi = m_1 * \frac{100}{100 + MC}$$

Dónde: mi: Masa inicial seca de cada probeta de ensayo (g).
m_1: Masa acondicionada inicial de cada probeta (g).
MC: Contenido de humedad medio (%).

- **Preparación del medio de cultivo**

Como medio de cultivo se utilizo PDA (Potato Dextrosa Agar) preparado en una proporción de 39 g de medio por cada litro de agua destilada utilizando matraces de Erlenmeyer (Figura N° 3). Una vez disuelto el preparado, se procedió a esterilizar el medio de cultivo en autoclave bajo un programa a 121°C por 20 minutos (Figura N° 4). De forma paralela se esterilizaron también los frascos de vidrio. Una vez esterilizado todo el material, se trasvasijaron 75 ml de medio de cultivo a cada frasco de vidrio, dejando la tapa cerrada, sin apretar en exceso.

Finalizado el proceso de trasvasijado, los frascos de vidrio fueron dispuestos de forma horizontal al interior de la cabina de flujo laminar, donde se produjo la solidificación del medio de cultivo (Figura N° 5).

Figura N° 3
PREPARACIÓN DEL MEDIO DE CULTIVO

Figura N° 4
ESTERILIZACIÓN DEL MEDIO DE CULTIVO

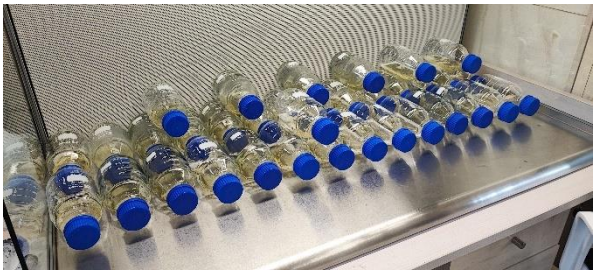


Figura N° 5
ENFRIADO DEL MEDIO DE CULTIVO

- **Inoculación de las cepas**

Al interior de una cabina de flujo laminar, y con la ayuda de un sacabocado de acero inoxidable, se cortaron secciones circulares de 5 mm de diámetro desde las placas Petri que contenían los hongos de pudrición.

Con un asa previamente esterilizada se inocularon 4 secciones circulares de hongos de pudrición en cada frasco de vidrio, una por esquina (Figura N° 6). Los frascos se cerraron utilizando sus respectivas tapas y fueron rotulados con el tipo de hongo y la fecha de inoculación.

Posteriormente, los frascos de vidrio fueron introducidos en la cámara climática configurada a 22±2°C y 70±5% de humedad relativa, hasta que el medio de cultivo fue cubierto en su totalidad por micelio.

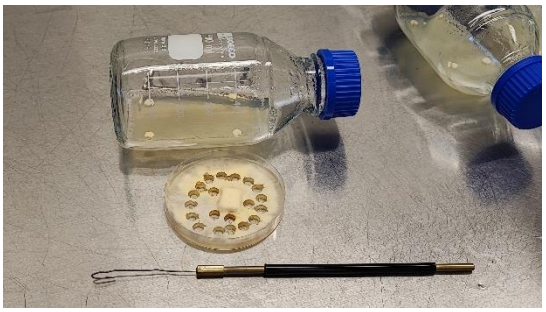


Figura N° 6
INOCULACIÓN DE HONGOS EN MEDIO DE CULTIVO

3.3 Montaje del Ensayo

Previo al montaje del ensayo, las probetas de ensayo y de control fueron esterilizadas en autoclave aplicando dos ciclos de trabajo distanciados por 24 horas. El primero consideró 20 minutos a 121°C, mientras que el segundo fue de 10 minutos a 121°C. Una vez que el micelio cubrió el medio de cultivo, los frascos de vidrio fueron retirados de la cámara climática, desinfectados en su exterior con alcohol al 73% y dispuestos al interior de la cabina de flujo laminar (Figura N° 7).

Desinfección de los frascos de vidrio

Frascos de vidrio y probetas en cabina de flujo

Figura N° 7
PREPARACIÓN PARA EL MONTAJE DEL ENSAYO

En cada frasco de vidrio se introdujo una lámina plástica estéril, de manera que las probetas no quedaran en contacto directo con el medio de cultivo. Sobre ella se montaron 2 probetas en serie hacia la boquilla (Figura N° 8). Los frascos de vidrio fueron cerrados con sus respectivas tapas y rotulados con el número de las probetas en su interior y la fecha del montaje (Figura N° 9). Finamente, los frascos de vidrio fueron dispuestos al interior de la cámara climática configurada a 22±2°C y 70±5% de humedad relativa por 16 semanas.

Figura N° 7
MONTAJE DE LAS PROBETAS

Figura N° 8
ROTULADO DE LOS FRASCOS DE VIDRIO

Figura N° 9
ENSAYO EN CÁMARA DE CLIMA

3.4 Determinación de la Pérdida de Masa

Cumplido el tiempo de exposición, las probetas fueron retiradas de los frascos, se eliminó el micelio superficial y se pesaron (m_2). Posteriormente, se secaron en una estufa configurada a 103±2°C, hasta alcanzar masa constante, para determinar la masa seca final (m_3).

La pérdida de masa de cada probeta de ensayo y control fue calculada al expresar la pérdida de masa (m_i-m_3) como un porcentaje de la masa inicial seca (m_i), de acuerdo a la siguiente expresión.

$$PM = \frac{m_i - m_3}{m_i} * 100$$

Dónde:

PM: Corresponde a la pérdida de masa (%).
m_i: Corresponde a la masa seca inicial de cada probeta (g).
m_3: Corresponde a la masa seca final de cada probeta (g).

Con el porcentaje de pérdida de peso se asignó una categoría de durabilidad natural para el duramen, en base a las escalas de Findlay (1962) y EN-350:2016 (Cuadro N° 3).

Cabe consignar que ambas escalas consideran las mismas 5 categorías que señala la norma chilena NCh 789-1 Of.1987.

Cuadro N° 3
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 8 semanas las probetas de duramen sometidas al hongo T.V. presentaron un micelio más abundante y voluminoso en comparación al hongo P.O., que presentó un micelio más homogéneo. Al cabo de 16 semanas las probetas fueron cubiertas en su totalidad.

Las Figuras N° 10 y N° 11 ilustran el ataque de los hongos de pudrición blanca en las probetas de duramen del renoval de tepa. 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.

En las probetas sin micelio se observó un cambio en el color de la madera, volviéndose a una tonalidad más café.

Figura N° 10
ATAQUE HONGO T.V. MADERA DE DURAMEN

Figura N° 11
ATAQUE HONGO P.O. MADERA DE DURAMEN

La Figura N° 12 ilustra las pérdidas de masa de las probetas en función del tipo de hongo. De los resultados se desprende que la acción del hongo de pudrición blanca T.V. fue más agresiva que la del hongo P.O. La degradación generada por los hongos T.V. y P.O. alcanzó un 20,4 y 16,5%, respectivamente.

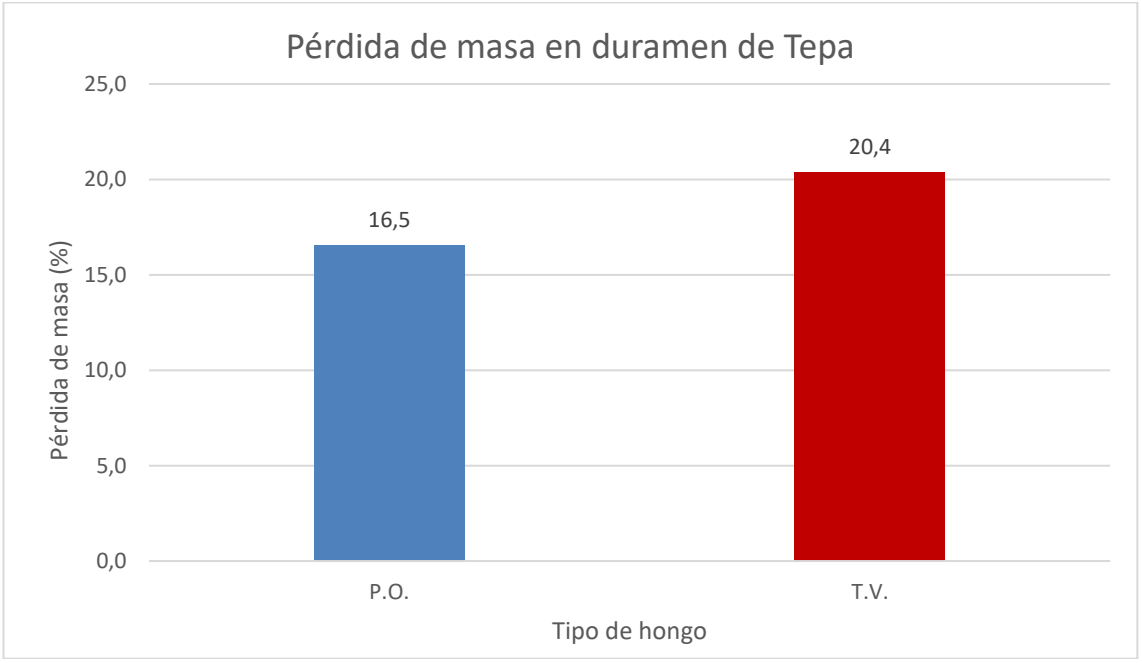


Figura N° 12
PÉRDIDA DE MASA PROMEDIO POR TIPO DE HONGO

En el Cuadro N° 4 se indican las categorías de durabilidad natural según las escalas de Findlay y EN-350. La madera de duramen de renoval de tepa califica como Poco Durable frente a la acción de los hongos de pudrición blanca, con pérdidas de masa entre 10% y 30%.

Cuadro N° 4
CLASIFICACIÓN DE LA DURABILIDAD NATURAL

Tipo Hongo	Madera	Nombre Abreviado Hongo	Pérdida Masa* (%)	Findlay		EN-350	
				Rango (%)	Categoría	Rango (%)	Categoría
Pudrición Blanca	Duramen	T.V.	20,4	10 - ≤30	Poco Durable	15 - ≤30	Poco Durable
		P.O.	16,5	10 - ≤30	Poco Durable	15 - ≤30	Poco Durable

* Corresponde al promedio de las repeticiones.

La escala de Findlay y la señalada en la norma EN-350 presentan las mismas 5 categorías de durabilidad natural que señala la norma chilena NCh 789/1, lo que permite homologar los resultados a la realidad nacional (Cuadro N° 5). Para asignar la durabilidad natural de la madera de renoval de tepa se debe considerar la escala más rigurosa, que en este caso corresponde a la propuesta por Findlay. Bajo esta condición, se aprecia que la madera de duramen del renoval de Tepa califica como “Poco Durable” a la acción de hongos xilófagos de pudrición blanca.

Cuadro N° 5
CLASIFICACIÓN DE LA DURABILIDAD NATURAL

Tipo Hongo	Madera	Nombre Abreviado Hongo	NCh 789/1 (1987)
Pudrición Blanca	Duramen	T.V.	Poco Durable
		P.O.	Poco Durable

Los datos experimentales fueron analizados estadísticamente utilizando el software R. En la Figura N° 13 se observa un traslapo de los datos, lo que podría indicar que no existen diferencias significativas entre ambos hongos de pudrición. Misma situación muestra la Figura N° 14, donde también se observa un traslapo de los datos. Sin embargo, se verificará con una prueba T de Student si las medias de pérdida de masa son estadísticamente diferentes.

Previo al análisis estadístico de las muestras, se verificó la normalidad de los datos, la ausencia de valores atípicos y la homogeneidad de las varianzas.

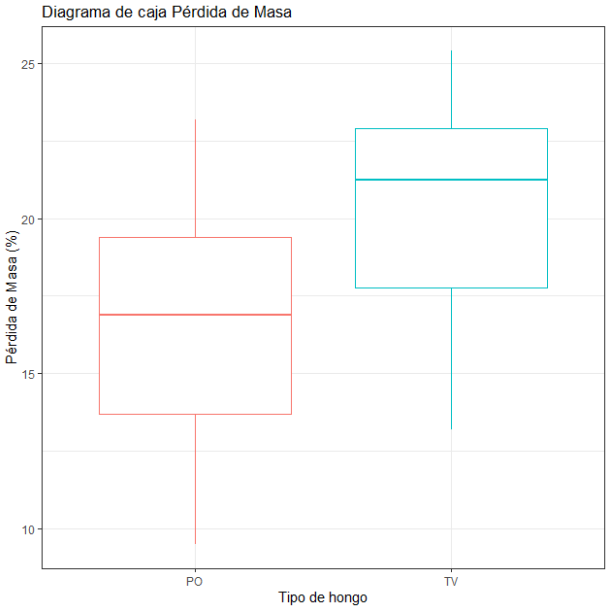


Figura N° 13
GRÁFICO DE CAJA DE LA PÉRDIDA DE MASA EN DURAMEN

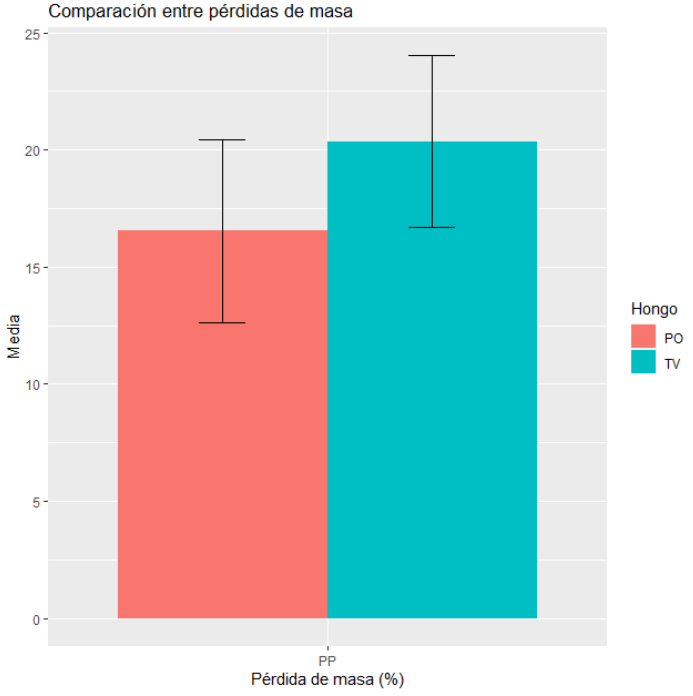


Figura N° 14
COMPARACIÓN ENTRE PÉRDIDAS DE MASA EN DURAMEN

El supuesto de normalidad de los datos se representó gráficamente (Figura N° 15). En el caso del hongo P.O. y T.V. los datos se mueven en torno a la recta y dentro de la zona de normalidad. Gráficamente se puede concluir que los datos siguen una distribución normal, sin embargo, aplicando una prueba estadística formal se verificará este supuesto.

Se aplicó el método de Shapiro-Wilk (Cuadro N° 6) para verificar la normalidad de los datos asociados a las muestras (P.O. y T.V.). Se plantea como hipótesis nula (H_0) que las pérdidas de masa de las muestras se distribuyen normalmente, y como hipótesis alternativa (H_1) que las pérdidas de masa de las muestras no se distribuyen de forma normal.

Se observa que ellas siguen una distribución normal, dado que los valores P son mayores al nivel de significancia (α = 0,05). El análisis de puntos atípicos y extremos resultó ser negativo para ambas muestras estudiadas.

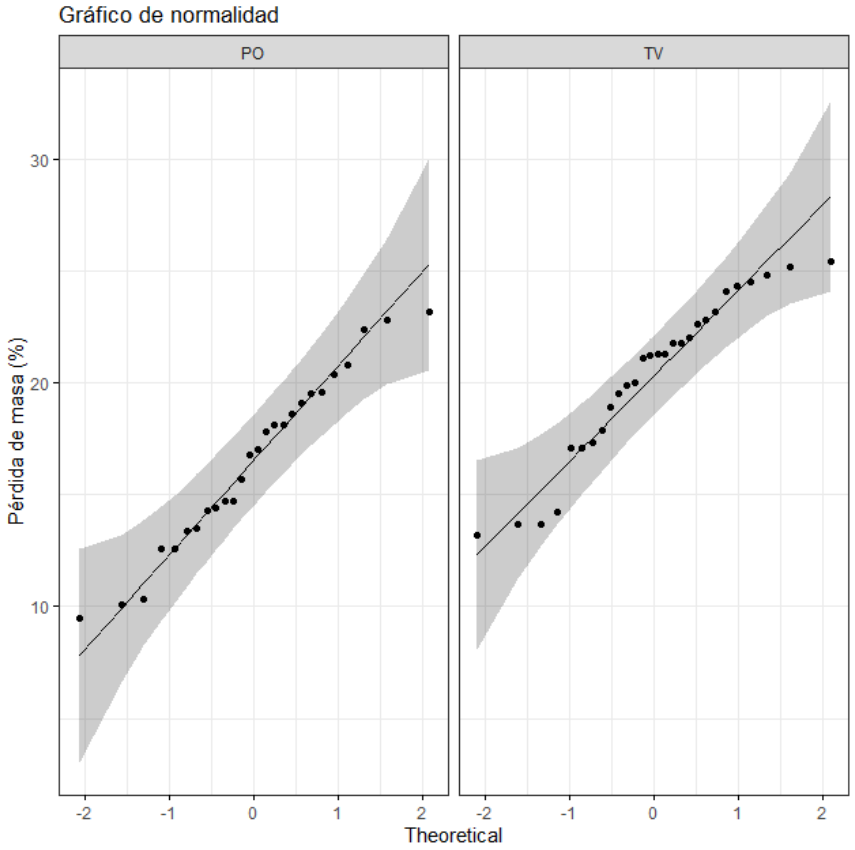


Figura N° 15
GRÁFICOS DE NORMALIDAD DE LA PÉRDIDA DE PESO EN DURAMEN

Cuadro N° 6
PRUEBA DE NORMALIDAD DE SHAPIRO-WILK

Variable	Estadístico de prueba	Valor P
PO	0,969	0,6040
TV	0,929	0,0599

El supuesto de homogeneidad de varianzas se verificó mediante el test de Levene. Se planteó como hipótesis nula (H_0) que las varianzas de las pérdidas de masa de las muestras son homogéneas y como hipótesis alternativa (H_1) que las varianzas de las pérdidas de masa de las muestras no son homogéneas. La prueba estadística (Cuadro N° 7) indicó que las pérdidas de masa asociadas a cada hongo de pudrición presentan igualdad de varianzas, dado que el valor P obtenido en la prueba es mayor al nivel de significancia ($\alpha = 0,05$). A modo de corroboración, se ejecutó el test de Flinger-Killeen, obteniendo un valor P de 0,750.

Cuadro N° 7
PRUEBA DE LEVENE PARA HOMOCEDASTICIDAD

Variable	Prueba estadística	Grados de libertad	Valor F	Valor P
Pérdida de peso	Levene	1	0,410	0,525
	Flinger-Killeen	1	0,101	0,750

Con los supuestos verificados, se procedió a ejecutar una prueba T de Student para comprar ambas muestras. Se planteó como hipótesis nula (H_0) que las medias de las pérdidas de masa de las muestras son iguales, y como hipótesis alternativa (H_1) que las medias de las pérdidas de masa de las muestras son diferentes. Los resultados ~~en~~ en el Cuadro N° 8 indican que el valor P de la prueba es menor al valor de significancia ($\alpha = 0,05$), por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula, confirmando con un 95% de confianza que existen diferencias significativas entre las medias de las pérdidas de masa en la madera de duramen de renoval de Tepa.

Cuadro N° 8
COMPARACIÓN DE LAS MUESTAS MEDIANTE PRUEBA T

Variable	Muestra 1	Muestra 2	Tamaño muestra 1	Tamaño muestra 2	Estadístico de prueba	Grados de libertad	Valor P
Pérdida de peso	PO	TV	26	28	-3,69	51	0,000546

5. CONCLUSIONES

La escala de Findlay y la señalada en la norma EN-350 definen la durabilidad natural de la madera de duramen de renoval de tepa como Poco durable, con pérdidas de masa entre el 10 - ≤30% y entre el 15 - ≤30%, respectivamente.

Para asignar la categoría de durabilidad natural a la madera de duramen de renoval de tepa se utilizó la escala de Findlay, por ser la de mayor rigurosidad en comparación a la señalada en la norma EN-350.

De acuerdo a lo establecido en la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones de Chile, las maderas que presenten una durabilidad natural en la categoría de No durable, deben ser preservadas para su uso en aplicaciones estructurales. Para el caso de la madera de renoval de tepa, al incrementar su actual durabilidad natural a la categoría de Poco durable, no es necesario su preservación para uso en aplicaciones estructurales.

El análisis estadístico realizado permite concluir que existe diferencia significativa en la pérdida de masa promedio obtenida para cada tipo de hongo de pudrición, dado que el valor P obtenido es menor que el valor de significancia, cumpliendo con todos los supuestos del análisis.

6. REFERENCIAS

AENOR (2016). UNE-EN 350 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. Madrid. España.

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

Catalán, Jorge; Vásquez, Luis; Hernández, Gonzalo; Campos, Raúl y Mardones, Pablo (2023). Tensiones admisibles de la madera aserrada estructural de renoval de tepa (*Laurelia philippiana* (Phil.) Looser) con Clasificación Visual. Instituto Forestal, Chile. Informe Técnico N°259. P. 30.

Diaz-Vaz, J. E. (1988). Anatomía de madera de *Laurelia philipiana* Looser. Revista Bosque: 9(1): 65-67, 1988.

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

García, N. y Ormazabal, C. (2008). Árboles Nativos de Chile. Enersis S.A. Santiago, Chile.

INFOR (2022a). Anuario Forestal 2022. Boletín Estadístico N° 187. Chile.

INFOR (2022b). La Industria del Aserrío 2020. Boletín Estadístico N° 189. Chile.

INN (1987). NCh 789/1 Of. 1987. Maderas - Parte 1: Clasificación de maderas comerciales por su durabilidad natural. Santiago. Chile.

INN (2014). NCh 1198 Of. 2014. Madera - Construcciones en madera - Cálculo. Santiago. Chile.

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

Rodríguez Ríos, R., Matthei S., O., Quezada M., M. (1983). Flora arbórea de Chile. Concepción, Chile: Universidad de Concepción.

www.infor.cl