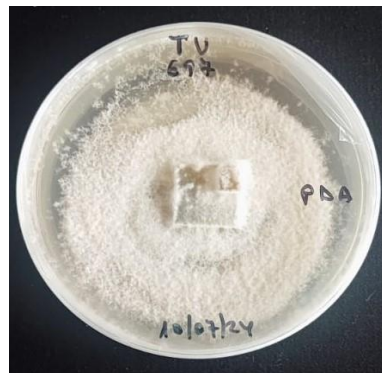
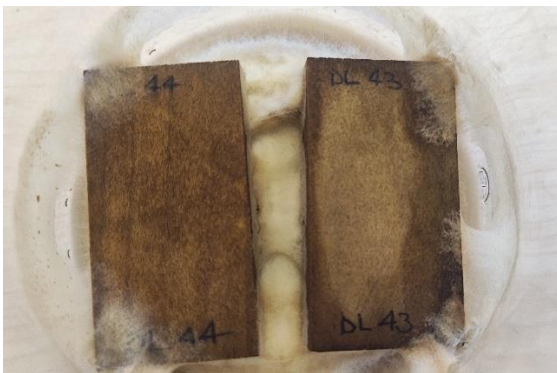


DURABILIDAD NATURAL DE LA MADERA DE RENOVAL DE LAUREL (*Laurelia sempervirens* (Ruiz & Pav.) Tul.)



**INSTITUTO FORESTAL
2024**

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.

**DURABILIDAD NATURAL DE LA MADERA DE
RENOVAL DE LAUREL
(*Laurelia sempervirens* (Ruiz & Pav.) Tuk.)**

Patricio Elgueta Muñoz¹; 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
2024**

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: 978 956 318 279 - 8

Registro Propiedad Intelectual: 2024 A 10712

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 (2024). Durabilidad Natural de la Madera de Renoval de Laurel (*Laurelia sempervirens* (Ruiz & Pav.) Tul.). Instituto Forestal, Chile. Informe Técnico N° 271 P. 13.

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 los renovales de laurel (*Laurelia sempervirens* (Ruiz & Pav) Tul.), tepa (*Laureliopsis philippiana* Looser), roble (*Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst), raulí (*Nothofagus alpina* (Poepp. & Endl.) Oerst) y coihue (*Nothofagus dombeyi* (Mirb.) Oerst); y exóticas, como el pino oregón (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Francoá), álamos (*Populus* spp) y otras especies del género *Pinus*.

Para habilitar especies madereras como material de construcción, inicialmente se deben determinar su durabilidad natural y sus 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 laurel como "Poco Durable", considerando estudios ejecutados con madera proveniente de bosques de primer crecimiento.

El objetivo general del presente estudio consideró determinar la durabilidad natural de la madera de duramen de renoval de Laurel sometida a la acción de hongos xilófagos de pudrición blanca y café.

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	OBJETIVO	1
3.	MATERIALES Y MÉTODO	2
3.1	Hongos de Pudrición	2
3.2	Preparación del Material de Ensayo.....	2
3.2.1	Obtención de las probetas	3
3.2.2	Preparación del medio de cultivo.....	3
3.2.3	Inoculación de las cepas	4
3.3	Montaje del Ensayo	5
3.4	Determinación de la Pérdida de Masa	6
4	RESULTADOS Y ANÁLISIS	6
5	CONCLUSIONES	12
6	REFERENCIAS.....	13

1. INTRODUCCIÓN

La especie *Laurelia sempervirens*, comúnmente conocida como laurel, es una especie nativa de Chile. Crece en la cordillera de los Andes, desde la provincia de Colchagua (región de O'Higgins) hasta la provincia de Llanquihue (región de Los Lagos), entre los 20 y 950 msnm; y desde la provincia de Concepción al sur donde también se encuentra en la cordillera de la costa (Rodríguez *et al.*, 1983). Los árboles de esta especie son de fustes rectos y cilíndricos con abundantes ramas, que pueden alcanzar los 40 metros de altura y diámetros que pueden llegar hasta los 2 metros en los mejores sitios (Díaz-Vaz, 1988). La especie crece en quebradas donde suele encontrarse con coihue (*Nothofagus dombeyi*), roble (*Nothofagus obliqua*), raulí (*Nothofagus alpina*), lingue (*Persea lingue*), canelo (*Drimys winteri*) y olivillo (*Aextoxicon punctatum*), entre otras especies nativas (Donoso *et al.*, 2006).

Su madera es aromática, clara y de color amarillento con tinte oliváceo a verdoso y con vetas de color irregular (Rodríguez *et al.*, 1983). Su duramen es de color heterogéneo amarillo verdoso a café verdoso. Su albura, en tanto, presenta un color grisáceo con tintes verdosos pálidos. Su textura es fina y homogénea, presentado un veteado liso. Presenta una densidad moderada, de aproximadamente 580 kg/m³ a un 12% de contenido de humedad (Díaz-Vaz, 1988). Es una madera fácil de trabajar, por lo que se utiliza en la construcción de viviendas, formando parte de los revestimientos interiores, puertas interiores, ventanas, cielos, molduras y encofrados (Díaz-Vaz, 1988). Uno de sus usos más importantes corresponde a la fabricación de tableros contrachapados y chapas. Igualmente es muy apreciada para la construcción de viviendas y fabricación de juguetes (Díaz-Vaz, 1988).

El uso de la madera en la construcción en Chile demanda conocer sus propiedades físico-mecánicas y su durabilidad natural, aspectos que deben estar incorporados en las normas chilenas respectivas, NCh 1198 (INN, 2024) y NCh 789/1 (INN, 2023).

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). 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, en tanto, considera un método acelerado, que emplea probetas de madera sometidas a la acción de hongos y/o insectos xilófagos; identificando 2 metodologías. Ellas corresponden a la norma americana AWWA E10 (AWWA, 2016) y la norma europea EN-350 (AENOR, 2016).

2. OBJETIVO

El presente estudio tiene como objetivo general determinar la durabilidad natural de la madera de duramen de renoval de laurel sometida a la acción de dos hongos xilófagos, uno de pudrición café y otro de pudrición blanca.

3. MATERIALES Y MÉTODO

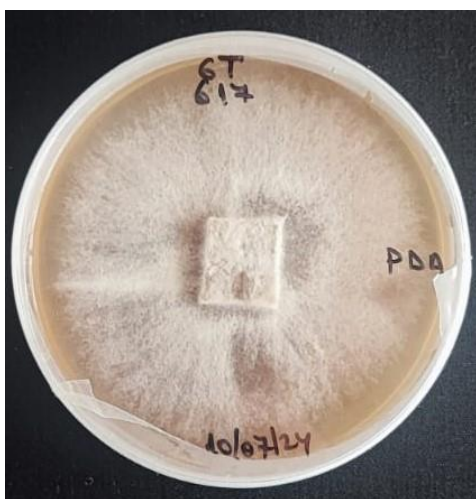
3.1 Hongos de Pudrición

El ensayo se ejecutó en el Laboratorio de Madera Estructural del Instituto Forestal (LME-INFOR), Sede Bio-Bio. Su implementación se realizó según indicaciones de UNE-EN 113-2. (AEONOR, 2021).

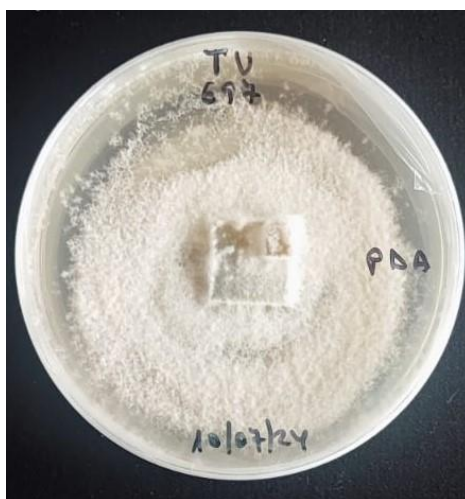
Se utilizaron los hongos de pudrición descritos en el Cuadro N°1, los cuales fueron cultivados en un medio de crecimiento en base a PDA (potato dextrosa agar), en ambiente a 24°C, por 7 días (Figura N°1).

**Cuadro N° 1
HONGOS DE PUDRICIÓN**

Tipo Hongo	Nombre Científico	Nombre Abreviado
Pudrición Café	<i>Gloeophyllum trabeum</i> Mad-617-R	G.T.
Pudrición Blanca	<i>Trametes versicolor</i> Mad-697	T.V.



Gloeophyllum trabeum Mad-617-R



Trametes versicolor Mad-697

**Figura N°1
CULTIVO DE HONGOS PUDRICIÓN BLANCA**

3.2 Preparación del Material de Ensayo

Se consideró la obtención de las probetas de duramen, la preparación del medio de cultivo y la inoculación de las cepas en los frascos de ensayos.

3.2.1 Obtención de las probetas

Se utilizaron probetas de duramen del renoval de laurel, con dimensiones $(50\pm 0,5) \times (25\pm 0,5) \times (15\pm 0,5)$ mm, libres de defectos, tales como grietas, pudrición, manchas o daño por insectos; las que fueron pesadas individualmente en una balanza digital con una precisión de 0,01g, y dispuestas en una cámara climática configurada a 21°C y 65% de humedad relativa, hasta alcanzar un 12% de humedad (m_i). La cantidad de probetas utilizadas en este estudio se detalla en el Cuadro N°2.

**Cuadro N°2
CANTIDAD DE PROBETAS**

Probeta	Cantidad
Ensayo con <i>Gloeophyllum trabeum</i> Mad-617-R	30
Ensayo con <i>Trametes versicolor</i> Mad-697	30
Total de probetas	60

3.2.2 Preparación del medio de cultivo

Como medio de cultivo se utilizó PDA (potato dextrosa agar), preparado en una proporción de 39 g por cada litro de agua destilada, utilizando matraces de Erlenmeyer y frascos de 900 ml (Figura N°2). Una vez disuelto el preparado, se procedió a su esterilización en una autoclave semiautomática, a 121°C por 20 minutos (Figura N°3). De forma paralela se esterilizaron los frascos de vidrio a utilizar en el montaje del ensayo.

Una vez esterilizado todo el material y con la ayuda de una jeringa estéril, se trasvasijaron 75 ml de medio de cultivo a cada frasco de vidrio, dejando sus tapas cerradas, sin apretar en exceso. Finalizado el proceso de trasvasiado, los frascos de vidrio fueron dispuestos al interior de la cabina de flujo laminar, para la solidificación del medio de cultivo producto del enfriamiento del mismo (Figura N°4).



**Figura N°2
PREPARACIÓN DEL MEDIO DE CULTIVO**



**Figura N°3
ESTERILIZACIÓN DEL MEDIO DE CULTIVO**

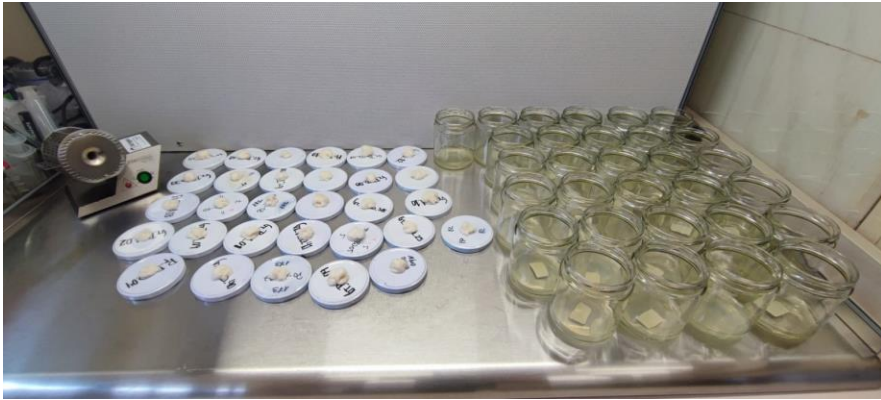


Figura N°4
ENFRIADO DEL MEDIO DE CULTIVO

3.2.3 Inoculación de las cepas

Al interior de una cabina de flujo laminar y con la ayuda de un bisturí estéril, se cortaron secciones cuadradas de los hongos de pudrición, de aproximadamente 5 mm de arista.

Con un asa previamente esterilizada se inocularon los medios de cultivo con una sección cuadrada de los hongos de pudrición, dispuestos previamente en los frascos de vidrio, los cuales fueron cerrados, rotulados con el tipo de hongo y fecha de inoculación, y almacenados en una cámara de clima, previamente configurada a $22\pm 2^{\circ}\text{C}$ y $70\pm 5\%$ de humedad relativa, hasta que el medio de cultivo fuera cubierto en su totalidad por micelio (Figura N°5).



Figura N° 5
INOCULACIÓN DE HONGOS EN MEDIO DE CULTIVO

3.3 Montaje del Ensayo

Previo al montaje del ensayo, las probetas de duramen de laurel, ya acondicionadas a un 12% de contenido de humedad, fueron esterilizadas en una autoclave aplicando 2 ciclos de acondicionado, distanciados por 24 horas entre ellos. 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 de clima, desinfectados en su exterior con alcohol al 73% y dispuestos al interior de la cabina de flujo laminar.

En cada frasco de vidrio se introdujeron dos láminas plásticas estériles de 50x25 mm de superficie, de manera que las probetas de laurel no quedaran en contacto directo con el medio de cultivo. Sobre cada una de las láminas se montó una probeta, quedando dos probetas por cada frasco de vidrio.

Los frascos fueron cerrados con sus respectivas tapas, rotulados con el número de las probetas en su interior y la fecha del montaje, y sellados con un tapón de algodón en la parte central de cada tapa para asegurar una renovación de aire al interior de ellos, evitando que posibles contaminantes ambientales colonicen el ensayo (Figura N°6). Finalmente, los frascos de vidrio fueron dispuestos al interior de la cámara climática, previamente configurada a $22\pm 2^\circ\text{C}$ y $70\pm 5\%$ de humedad relativa, por un periodo de 16 semanas.

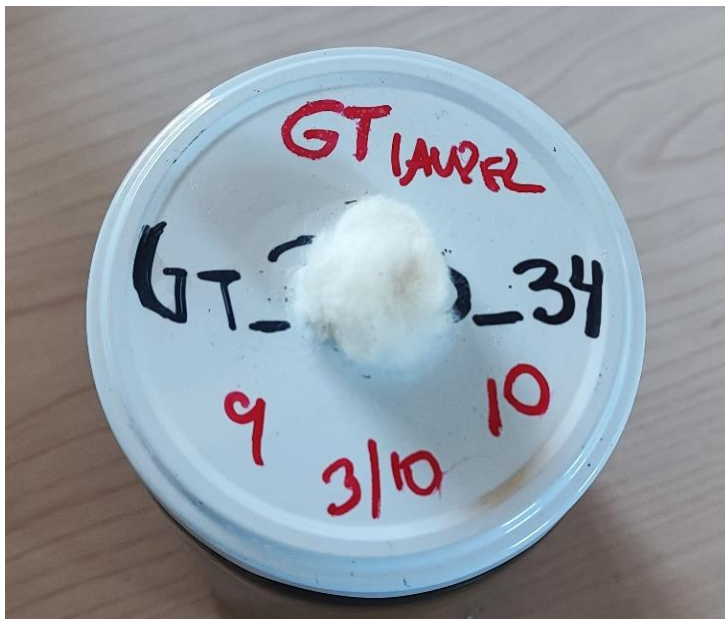


Figura N°6
ROTULADO DE LOS FRASCOS DE VIDRIO

3.4 Determinación de la Pérdida de Masa

Cumplido el tiempo de exposición en la cámara de clima, las probetas de laurel fueron retiradas de los frascos, se eliminó el micelio superficial y se pesaron (m_2). Posteriormente, fueron acondicionadas al 12% de contenido de humedad (m_3), igualando la condición inicial del ensayo.

La pérdida de masa de las probetas utilizadas en el ensayo fue determinada con la siguiente expresión.

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

Donde:

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

Con el porcentaje promedio de pérdida de masa, se asignó una categoría de durabilidad natural para el duramen de la madera de renoval de laurel, en base a la escala indicada en la norma NCh 789/1 (Cuadro N°3).

Cuadro N°3
ESCALA DE DURABILIDAD NATURAL, NCh 789/1

Categoría	Pérdida de Peso (%)
Muy Durable	≤ 1
Durable	1 - ≤ 5
Moderadamente Durable	5 - ≤ 10
Poco Durable	10 - ≤ 30
No Durable	> 30

4 RESULTADOS Y ANÁLISIS

Al cabo de 16 semanas las probetas de duramen del renoval de laurel sometidas al hongo G.T. presentaron un micelio más abundante y voluminoso que el registrado por el hongo T.V., que presentó muy poco micelio. Ninguna probeta fue cubierta totalmente con el micelio de los hongos evaluados.

Las Figuras N°7 y N°8 ilustran el ataque de los hongos de pudrición café y blanca, respectivamente. En la Figura N°7, la imagen de la izquierda muestra las probetas al interior del frasco de ensayo, donde se observa abundante micelio sobre el medio de cultivo, mientras que en la imagen de la derecha se observa la probeta sin cubierta de micelio. En la Figura N°8, en tanto, la imagen de la izquierda muestra la probeta recién extraída del frasco de ensayo,

observando una tenue presencia de micelio, mientras que en la imagen de la derecha se observa degradación de la probeta en su sección transversal.

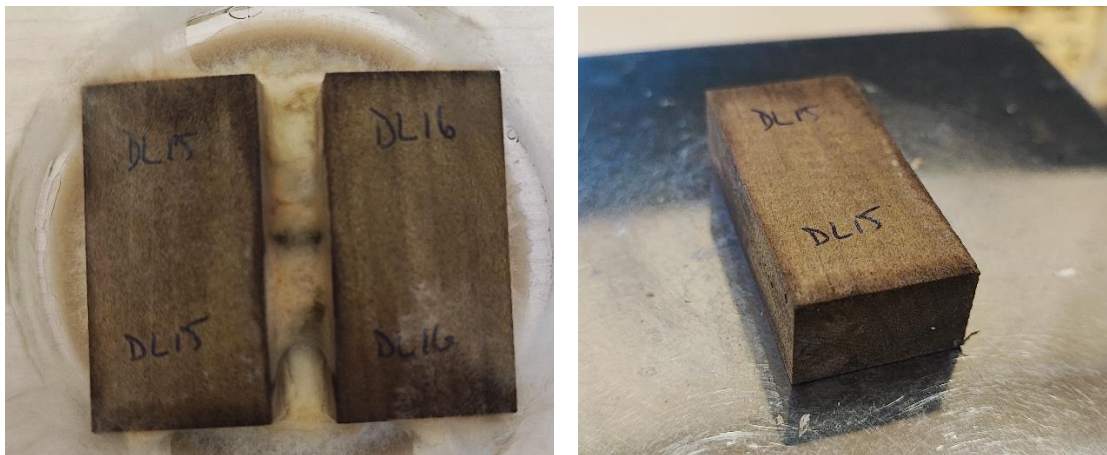


Figura N°7
ATAQUE HONGO G.T. MADERA DE DURAMEN



Figura N°8
ATAQUE HONGO T.V. MADERA DE DURAMEN

La Figura N°9 ilustra las pérdidas de masa de las probetas en función del tipo de hongo evaluado. De los resultados se desprende que la acción del hongo de pudrición blanca T.V. fue más agresiva en comparación al hongo de pudrición café G.T. La degradación generada por los hongos T.V. y G.T. alcanzó un 10,0 y 4,9%, respectivamente.

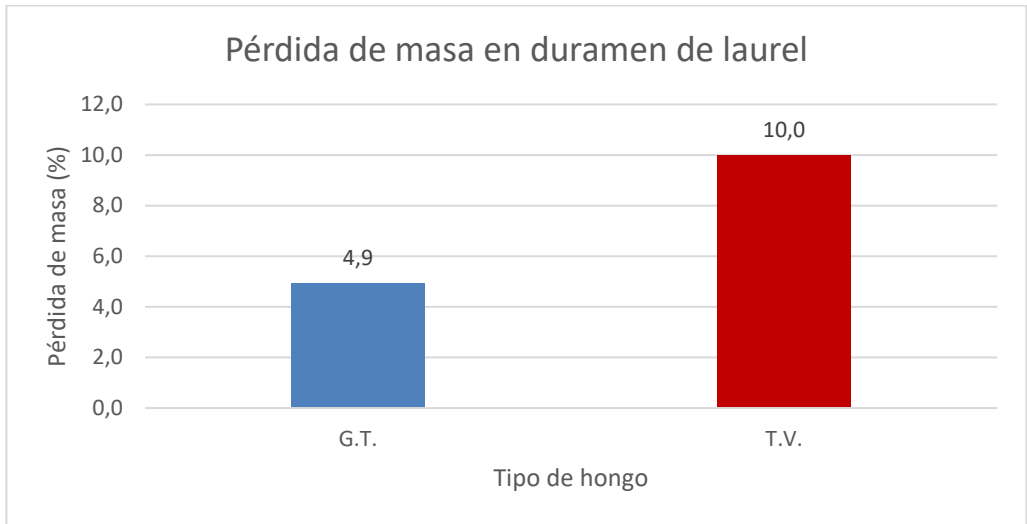


Figura N°9
PÉRDIDA DE MASA PROMEDIO POR TIPO DE HONGO

El Cuadro N°4 indica las categorías de durabilidad natural que señala la norma NCh 789/1, que se basa en la pérdida de la masa promedio de las probetas de duramen ensayadas.

La madera de duramen del renewal de laurel califica como “Poco Durable” frente a la acción de los hongos de pudrición blanca, con una pérdida de masa en el rango 10% y 30%.

Cuadro N°4
CLASIFICACIÓN DE LA DURABILIDAD NATURAL

Tipo de Hongo	Madera	Nombre Abreviado Hongo	Pérdida Masa* (%)	NCh 789/1 Rango (%)	Categoría
Pudrición Blanca	Duramen	T.V.	10,0	10 - ≤30	Poco Durable
Pudrición café		G.T.	4,9	1 - ≤5	Durable

* Corresponde al promedio de las repeticiones.

Los datos experimentales fueron analizados estadísticamente utilizando el software R.

En la Figura N°10 no se evidencia un traslape de los datos, lo que podría indicar que existen diferencias significativas entre ambos hongos de pudrición. Misma situación muestra la Figura N°11.

Para comprobar diferencias significativas, se verificó 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.

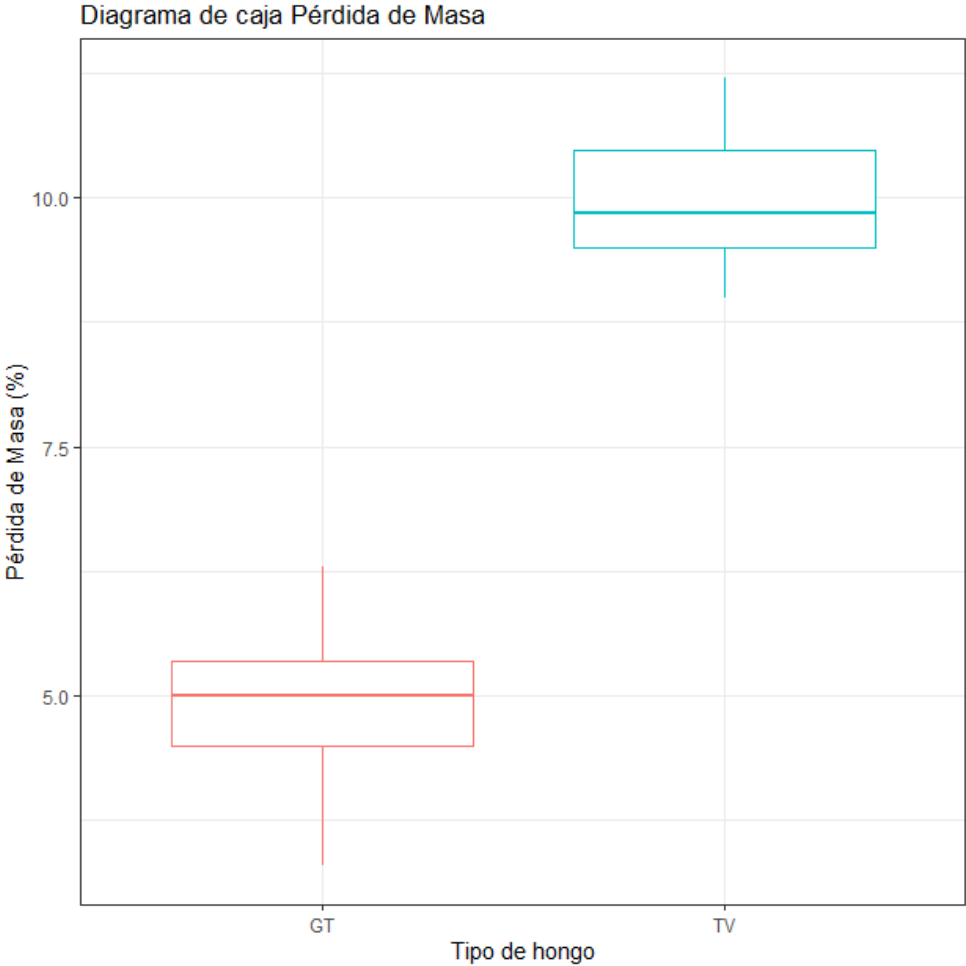


Figura N°10
GRÁFICO DE CAJA DE LA PÉRDIDA DE MASA EN DURAMEN

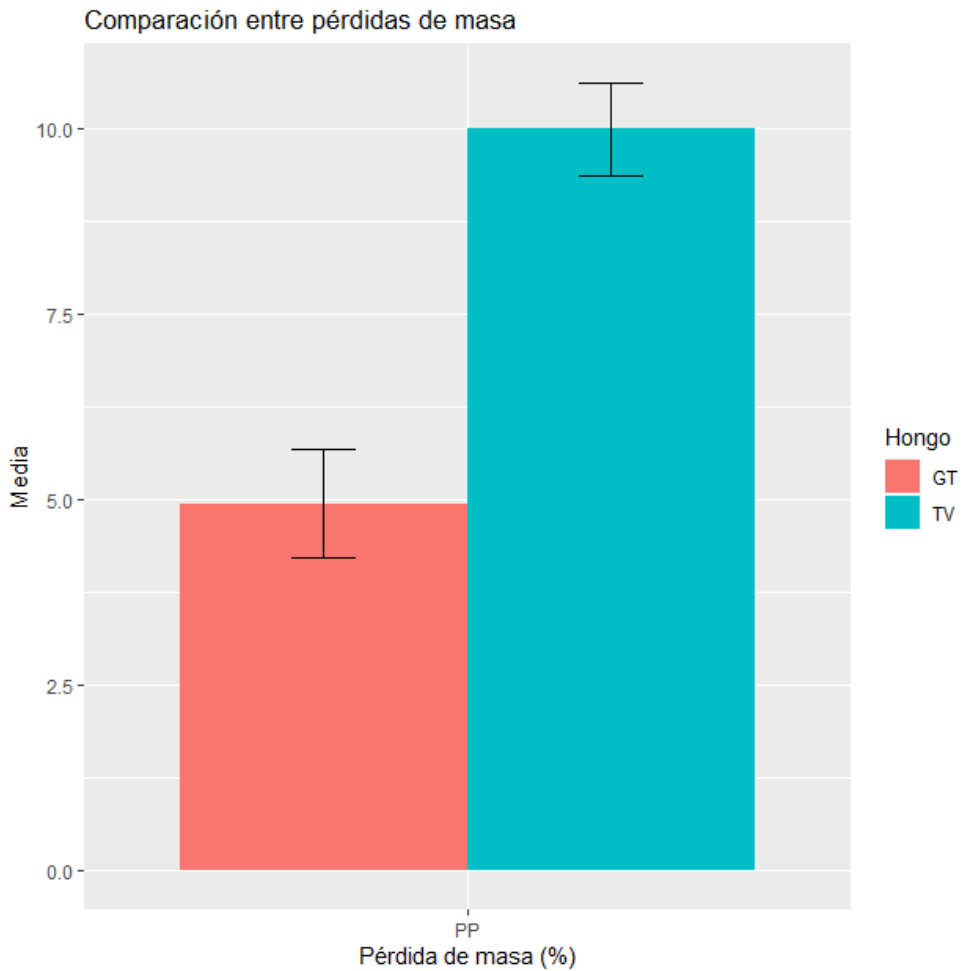


Figura N°11
COMPARACIÓN ENTRE PÉRDIDAS DE MASA EN DURAMEN

El supuesto de normalidad de los datos se representó gráficamente (Figura N°12). Los resultados de pérdida de masa de los hongos G.T. y T.V. 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°5) para verificar la normalidad de los datos asociados a las muestras (G.T. 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. Los resultados en el Cuadro N° 5 indican que los valores P de las muestras estudiadas son mayores al nivel de significancia ($\alpha = 0,05$), por lo tanto, se acepta la hipótesis nula confirmando con un 95% de confianza que las muestras siguen una distribución normal.

El análisis de puntos atípicos y extremos resultó ser negativo para ambas muestras estudiadas.

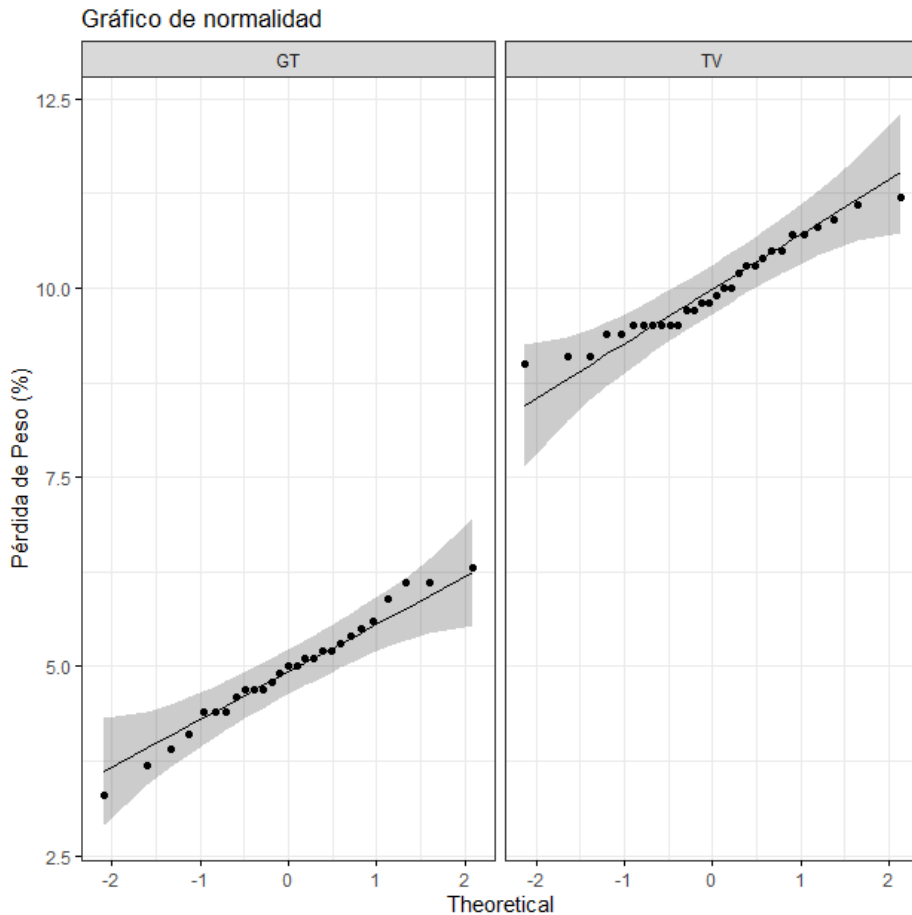


Figura N°12
GRÁFICOS DE NORMALIDAD DE LA PÉRDIDA DE PESO EN DURAMEN

Cuadro N°5
PRUEBA DE NORMALIDAD DE SHAPIRO-WILK

Variable	Estadístico de prueba	Valor P
G.T.	0,984	0,940
T.V.	0,951	0,181

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.

Los resultados en el Cuadro N°6 indican que el valor P de las pruebas realizadas (Levene y Flinger-Killeen) son mayores al valor de significancia ($\alpha = 0,05$), por lo tanto, se acepta la hipótesis nula, confirmando con un 95% de confianza que las varianzas de las muestras de pérdida de masa en la madera de duramen de renoval de laurel son iguales.

**Cuadro N°6
PRUEBA DE LEVENE PARA HOMOCEASTICIDAD**

Variable	Prueba estadística	Grados de libertad	Valor F	Valor P
Pérdida de peso	Levene	1	0,185	0,669
	Flinger-Killeen	1	0,137	0,710

Con los supuestos verificados, se procedió a ejecutar una prueba T de Student para comparar 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 el Cuadro N°7 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 laurel.

**Cuadro N°7
COMPARACIÓN DE LAS MUESTRAS 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	G.T.	T.V.	27	30	-27,9	51,1	1,22e-32

5 CONCLUSIONES

La escala señalada en la norma NCh 789/1 permite concluir que la durabilidad natural de la madera de duramen de renoval de laurel es "Poco Durable", con pérdidas de masa entre el 10 - \leq 30%.

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 laurel, al presentar una categoría de durabilidad natural 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.

AENOR (2021). UNE-EN 113-2 2022. Durabilidad de la madera y de los productos derivados de la madera. Método de ensayo frente a los hongos basidiomicetos destructores de la madera. Parte 2: Determinación de la durabilidad inherente o mejorada. Madrid. España.

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

Díaz-Vaz, J. E. (1988). Anatomía de madera de *Laurelia sempervirens*. Revista Bosque: 9(2): 123-124, 1988.

Donoso, C., Alarcón, D. y Escobar, B. (2006). Las especies arbóreas de los bosques templados de Chile y Argentina, Autoecología. 314-324. Valdivia, Chile.

INN (2023). NCh 789/1 Of.2024. Maderas - Parte 1: Durabilidad de la madera. Santiago. Chile.

INN (2024). 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. y Quezada, M. M. (1983). Flora arbórea de Chile. Concepción, Universidad de Concepción, Chile.



INFOR



www.infor.cl