

Ensayos de laboratorio para determinar la Durabilidad Natural de la madera

Patricio Elgueta Muñoz
Investigador – Jefe Calidad LME-INFOR
Instituto Forestal



CHILE LO
HACEMOS
TODOS

CONTENIDO

- 1.- Definición de la durabilidad natural de la madera y tipos de pudrición.**
- 2.- ¿Por qué determinar la durabilidad natural de la madera?**
- 3.- Métodos de ensayos para determinar la durabilidad natural de la madera: terreno, laboratorio.**
- 4.- Normativa internacional del ensayo de laboratorio.**
- 5.- Norma chilena de durabilidad natural de la madera.**
- 6.- Ensayo de laboratorio en el LME-INFOR: hongos, materiales, procedimiento, evolución, y determinaciones de DN en nuevas especies de interés comercial.**

Definición de la Durabilidad Natural de la madera y tipos de pudrición



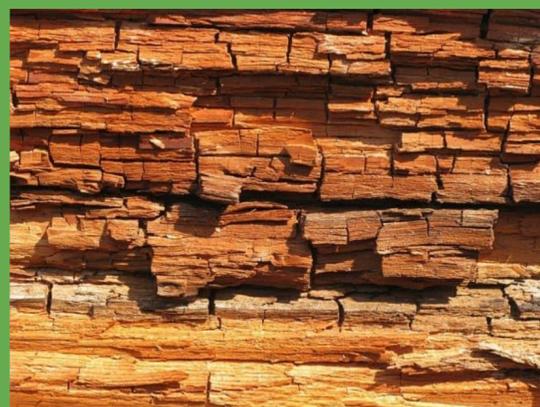
- La durabilidad natural se define como la capacidad de la madera para resistir el ataque de diferentes agentes biológicos de destrucción (hongos de pudrición, insectos, horadadores marinos), una vez puesta en servicio.
- Es una propiedad altamente variable. Depende de la especie, densidad, edad, zona de crecimiento del árbol, sustancias extraíbles, entre otros.
- El factor más importante son los extraíbles, formados durante el proceso de duraminización y que se alojan principalmente en el duramen.
- En todas la normas de durabilidad natural se indica que la madera de albura, y sin tratamiento preservante, se asume como NO durable.

Tipos de pudrición:

Pudrición café (Brown rot): Degrada principalmente celulosa. Es común en especies coníferas.

Pudrición blanca (White rot): Degrada tanto celulosa como lignina. Es común en especies latifoliadas.

Pudrición suave (Soft rot): Degrada la celulosa de la capa S2 de la pared celular de la madera.



US Pest Protection



Springer Link



University of Kentucky

¿Por qué determinar la durabilidad natural de la madera?

La Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC) señala en el Título 5: De la Construcción, Capítulo 6, Artículo 5.6.8 “los elementos estructurales de madera deberán cumplir con los siguientes requisitos”.

“Su durabilidad, de acuerdo a NCh 789/1, deberá corresponder a las 4 primeras categorías que se indican en la tabla siguiente, o bien a la quinta categoría, pero en este último caso deberá haber sido preservada conforma a la norma NCh 819.

Alerce y Araucaria: Monumentos Naturales desde 1976. Prohibida su cosecha.

NCh 789-1	
Categoría	Especie
Muy durables	Roble
	Ciprés de las guaitecas
	Alerce
Durables	Raulí
	Lenga
	Lingue
Moderadamente durables	Canelo
	Coigüe
	Tineo
	Ulmo
Poco durables	Araucaria
	Eucalipto
	Laurel
	Mañío hembra
	Mañío macho
No durables	Álamo
	Olivillo
	Pino insigne
	Tepa

Métodos de ensayo para determinar la durabilidad natural de la madera: terreno, laboratorio

MÉTODOS PARA DETERMINAR LA DURABILIDAD NATURAL DE LA MADERA

MÉTODO DE TERRENO

- Es un ensayo de largo aliento (años).
- Considera un cementerio de estacas.
- La evaluación de la degradación de la madera es de manera visual (profundidad del ataque en mm o %; EN252; ASTM D1758).



Science Direct



Scion

MÉTODO DE LABORATORIO

- Ensayo más rápido en comparación al de terreno.
- Los hongos de pudrición son cultivados en el laboratorio.
- La duración promedio es de 8 semanas para la pudrición café y 16 semanas para la pudrición blanca.
- La evaluación de la degradación de la madera es por pérdida de peso de las probetas.



Normativa internacional del ensayo de laboratorio

Norma europea (EN350)

Define 5 niveles de durabilidad natural del duramen y referencia a normas de ensayo.

Ensayos (metodología) se rigen por normas técnicas CEN-TS 15083-1 para Basidomicetos y CEN-TS 15083-2 para Ascomicetos.

Considera un medio de cultivo en base a malta y agar. Las probetas son dispuestas sobre este medio para el ensayo.



Wolman

Norma americana (ASTM D2017 y AWPA E10)

Norma ASTM define 4 grados de durabilidad natural del duramen.

Norma AWPA define un método de ensayo para el testeo de productos preservantes que también se utiliza para determinar durabilidad natural de madera sin tratamiento.

Las condiciones del ensayo se aproximan a las condiciones en servicio de la madera.

Considera un medio de cultivo PDA. Las probetas son dispuestas sobre un sustrato alimenticio, sobre una capa de arena húmeda, inoculados previamente con el hongo.



Norma australiana (AS 5604)

Define 4 grados de durabilidad natural del duramen en base a experiencia y ensayos de campo.

No define una metodología de ensayo.

Entrega un tabla con la durabilidad natural de especies madereras.



Forest Products Laboratory

Normativa internacional del ensayo de laboratorio

Escalas de durabilidad natural según normativa:

Escala de norma EN350 (2016)

Categoría	Pérdida de Peso (%)
Muy Durable	≤ 5
Durable	5 - ≤ 10
Moderadamente Durable	10 - ≤ 15
Poco Durable	15 - ≤ 30
No Durable	> 30

Escala de norma ASTM D2017 (2005)

Categoría	Pérdida de peso (%)
Altamente resistente	0-10
Resistente	11-24
Moderadamente resistente	25-44
Poco resistente o no resistente	45 o más

Escala de norma AS5604 (2005). Aplica también en Nueva Zelanda

Categoría	Expectativa de vida en contacto con suelo (años)	Expectativa de vida sobre el suelo (años)
1	Mayor a 25	Mayor a 40
2	15 a 25	15 a 40
3	5 a 15	7 a 15
4	0 a 5	0 a 7

Escala de Findlay (1962)

Categoría	Pérdida de peso (%)	Tiempo (años)
Muy Durable	0 - ≤ 1	25
Durable	1 - ≤ 5	15 - 25
Moderadamente durable	5 - ≤ 10	10 - 15
Poco durable	10 - ≤ 30	5 - 10
No durable	> 30	5

Norma chilena de durabilidad natural de la madera

Norma chilena (NCh 789-1)

Maderas - Parte 1: Clasificación de maderas comerciales por su durabilidad natural.

- Los estudios de durabilidad natural se originan en Chile a partir de la década del 1960.
- Dichos estudios fueron tomados como antecedentes para dar origen a la actual norma de durabilidad natural.
- La norma señala 5 categorías de durabilidad natural de las maderas comerciales: Muy durables, Durables, Moderadamente durables, Poco durables y No durables.
- La norma no señala un procedimiento de ensayo para determinar la durabilidad natural de la madera.
- La versión vigente es del año 1987.
- Actualmente la norma está en revisión por comité técnico del Instituto Nacional de Normalización (INN).
- En el Anexo de la norma se entregan, con el carácter de provisional, las durabilidades naturales de las principales maderas comerciales del país, la cual es una adaptación de la escala desarrollada por Findlay (1962).
- La norma está basada en una recapitulación de trabajos e información disponible de diversas investigaciones, al igual que la norma australiana, entre la década del 60 y del 70, que presentan diferentes metodologías para determinar la durabilidad natural.
- La norma NCh 789-1 alimenta la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC) en el Capítulo 6, artículo 5.6.8, punto 3.

Ensayos de laboratorio en el LME-INFOR

Laboratorio de Madera Estructural LME-INFOR

- ✓ Laboratorio de ensayo acreditado por el INN bajo norma NCh 17025.
- ✓ Laboratorio inscrito en el Registro Oficial de Laboratorios de Control Técnico de Calidad de Construcción del MINVU.



Laboratorio inscrito en Registro Oficial MINVU. Resolución Inscripción 1932



Ensayos de laboratorio en el LME-INFOR

Laboratorio de Madera Estructural LME-INFOR

Normas chilenas acreditadas:

- NCh 176/1. Determinación del contenido de humedad de la madera, método directo.
- NCh 992. Medición de defectos. Alabeos, arista faltante, grietas y rajaduras, mancha, médula, nudos y agujeros, resina, pudrición y perforación, y velocidad de crecimiento.
- NCh 2150. Clasificación visual de Pino radiata para elementos laminados.
- NCh 1207. Clasificación visual estructural de Pino radiata, oregón y ponderosa.
- NCh 1970/1. Clasificación visual estructural de especies latifoliadas.
- NCh 1970/2. Clasificación visual estructural de especies coníferas.
- NCh 2827. Medición del contenido de humedad, método de terreno y calibración de xilohigrómetros portátiles.
- NCh 3028/1. Ensayos mecánicos a madera aserrada de largo comercial. Flexión, tracción, compresión, cizalle y densidad.

Ensayos no acreditados, pero ejecutados por el LME-INFOR:

- Ensayos de durabilidad natural, mediante norma AWPA E10.
- Ensayos mecánicos de muros, mediante normas serie 800 (NCh 801, 802, 803 y 804).
- Ensayos mecánicos a elementos laminados, mediante norma NCh 2148.
- Ensayos mecánicos a probetas de madera de pequeñas dimensiones y tableros, normas ASTM (máquina universal).

Ensayos de laboratorio en el LME-INFOR (AWPA E10)

Hongos utilizados:



Gloeophyllum trabeum (Pers. ex Fr.) Murr



Postia placenta (Fries) M. Larsen et Lombard



Trametes versicolor (L. ex Fr.) Pilát



Pleurotus ostreatus (Jacq. ex Fr.) Kummer

Pudrición café

Pudrición blanca

Activación de los hongos:

Cápsulas Petri, a una temperatura de 24°C. Medio de cultivo PDA (Potato Dextrosa Agar). 7 días de incubación.

Ensayos de laboratorio en el LME-INFOR (AWPA E10)

Materiales utilizados:



Probetas de duramen. Cubos de 14 mm de arista.



Frasco de vidrio de 460 ml y arena de lampa.



Sustratos alimenticios. Pino para P. café y Álamo para P. blanca.

Ensayos de laboratorio en el LME-INFOR (AWPA E10)

Equipamiento utilizado:



Cámara climática.

- 21°C y 65% H.R. para acondicionar probetas al 12% C.H.
- 25°C y 85% H.R. para el desarrollo de los hongos una vez instaladas las probetas de ensayo.



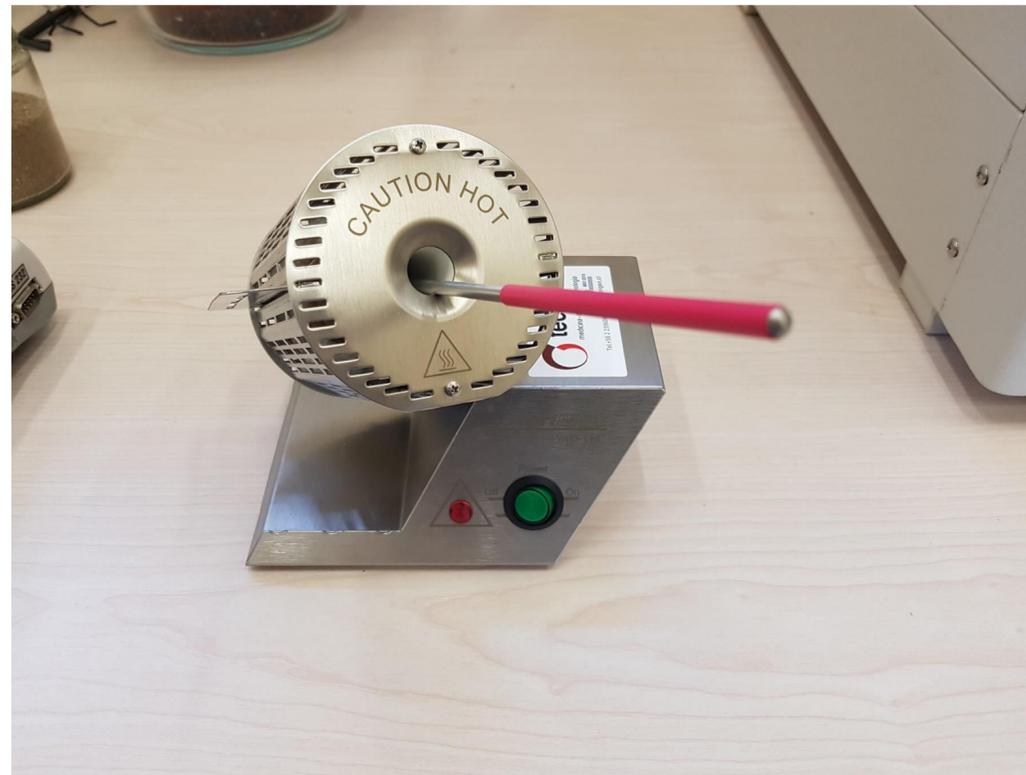
Balanza analítica con precisión de 0,00001 g.

Ensayos de laboratorio en el LME-INFOR (AWPA E10)

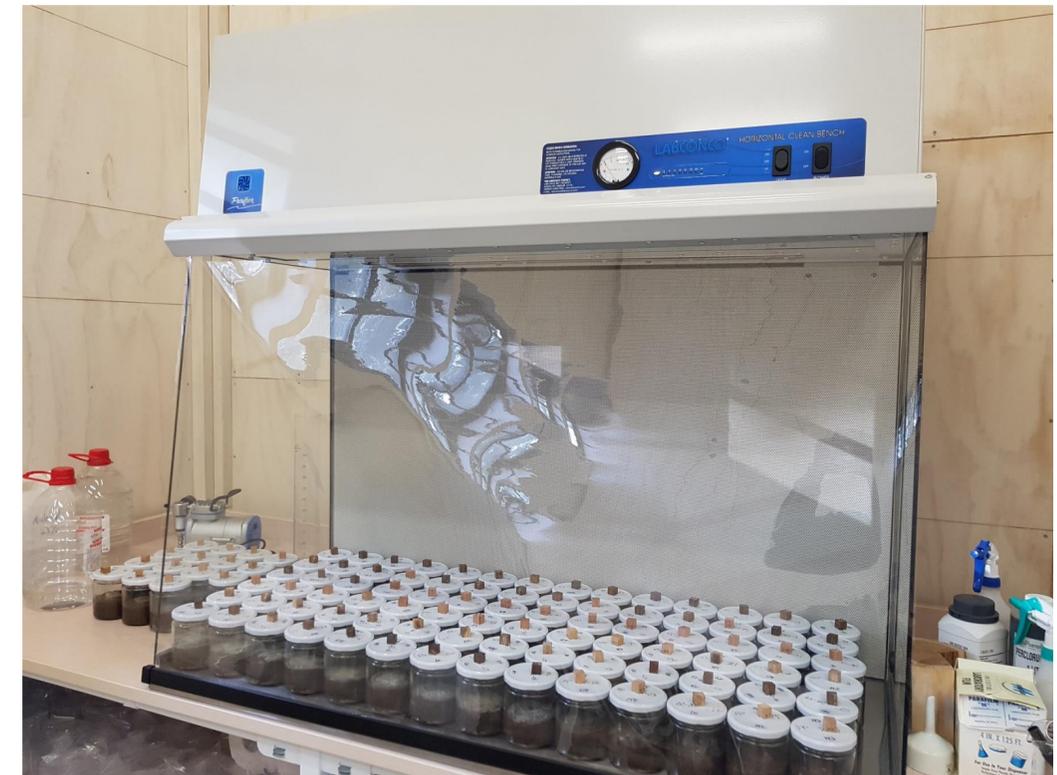
Equipamiento utilizado:



Autoclave para la esterilización de las probetas, arena y frascos de vidrio.



Esterilizador de asas



Cabina de flujo laminar

Ensayos de laboratorio en el LME-INFOR (AWPA E10)

Procedimiento: Paso 1



Arena de lampa con agua destilada hasta el 130% de capacidad de campo y sustrato alimenticio.



Acondicionado de las probetas hasta lograr el 12% de C.H.



Esterilización de las probetas, previamente acondicionadas, y de los frascos de vidrio con arena al 130% y sustrato alimenticio.

Ensayos de laboratorio en el LME-INFOR (AWPA E10)

Procedimiento: Paso 2



Inoculación de una sección circular del hongo de pudrición sobre el sustrato alimenticio.



Incubación de los hongos sobre los sustratos alimenticios en cámara climática por 4 semanas.



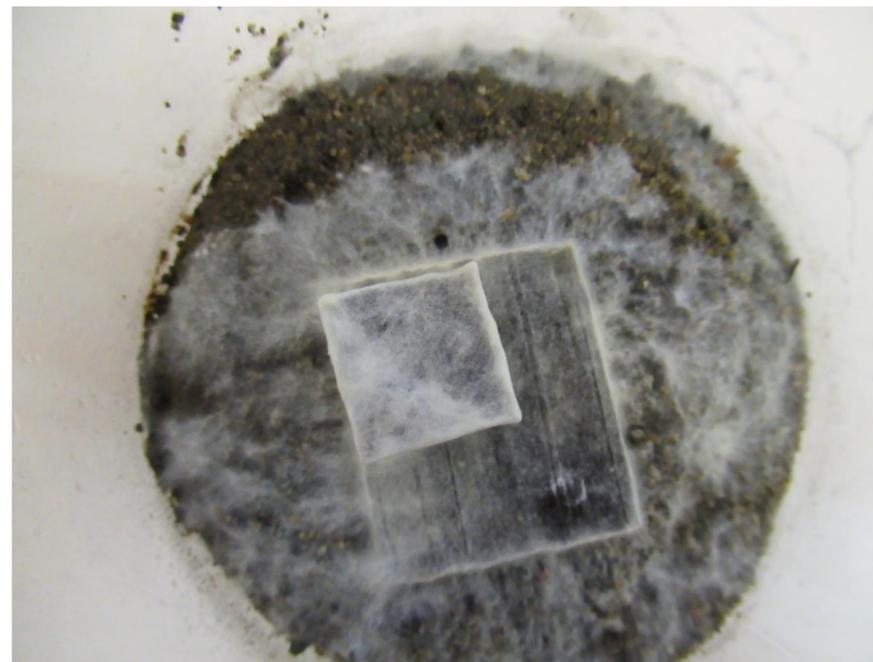
Instalación de la probeta esterilizada sobre el sustrato alimenticio cubierto por micelio.

Ensayos de laboratorio en el LME-INFOR (AWPA E10)

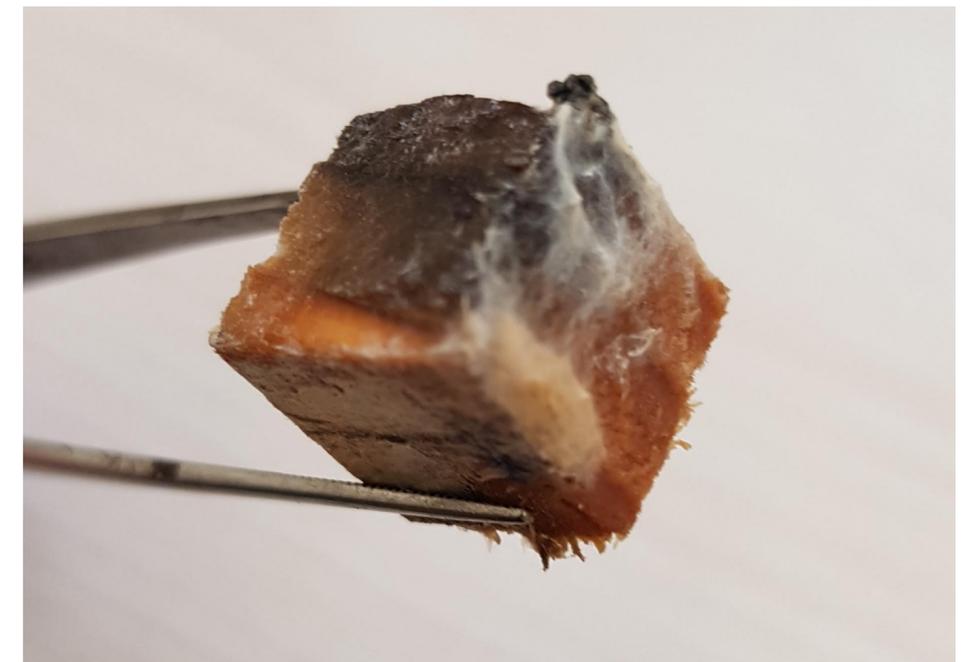
Procedimiento: Paso 3



Exposición de las probetas a los hongos de pudrición en cámara climática a 25°C y 85% H.R.



Apertura de los frascos.



Extracción de las probetas para limpieza y pesaje.

Ensayos de laboratorio en el LME-INFOR (AWPA E10)

Procedimiento: Paso 4



**Acondicionado final a 21°C y 65% H.R. para lograr 12% C.H.
(homologar condiciones de inicio).**

Evaluación de la durabilidad natural:

$$PP = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \cdot 100$$

Donde:

PP = Pérdida de peso (%).

T1 = Peso antes del ataque del hongo (g).

T2 = Peso después del ataque del hongo (g).



Ejemplos de evaluación de la durabilidad natural:

Datos al 12% C.H.:

T1 = 1,66 (g).

T2 = 1,43 (g).

$$PP = \frac{(1,66 - 1,43)}{1,66} \cdot 100 = 13,8\%$$

Findlay:

Poco durable

EN 350:

Moderadamente durable

ASTM D2017: Resistente

Datos al 12% C.H.

T1 = 1,70 (g).

T2 = 1,13 (g).

$$PP = \frac{(1,70 - 1,13)}{1,70} \cdot 100 = 33,5\%$$

Findlay:

No durable

EN 350:

No durable

ASTM D2017: Moderadamente resistente

Ensayos de laboratorio en el LME-INFOR (AWPA E10)

Evolución de los hongos de pudrición café y blanca:

Gloeophyllum trabeum
(*Pers. ex Fr.*) Murr

Especie: Pino oregón



Semana 2



Semana 4



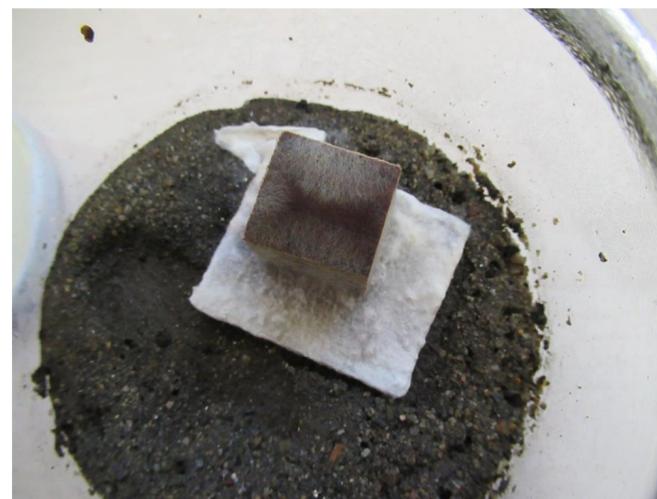
Semana 8

Trametes versicolor
(*L. ex Fr.*) Pilát

Especie: Roble



Semana 4



Semana 8



Semana 16

Ensayos de laboratorio en el LME-INFOR (AWPA E10)

Determinación de DN en otras especies

NCh 789-1	
Categoría	Especie
Muy durables	Roble
	Ciprés de las guaitecas
	Alerce
Durables	Raulí
	Lenga
	Lingue
Moderadamente durables	Canelo
	Coigüe
	Tineo
	Ulmo
Poco durables	Araucaria
	Eucalipto
	Laurel
	Mañío hembra
	Mañío macho
No durables	Álamo
	Olivillo
	Pino insigne
	Tepa

Especies ensayadas en LME-INFOR	
Especie	Categoría
Pino ponderosa	No durable
Pino radiata	No durable
Pino oregón	No durable
Roble	"En proceso"

Especies por ensayar en LME-INFOR:



Eucalipto nitens



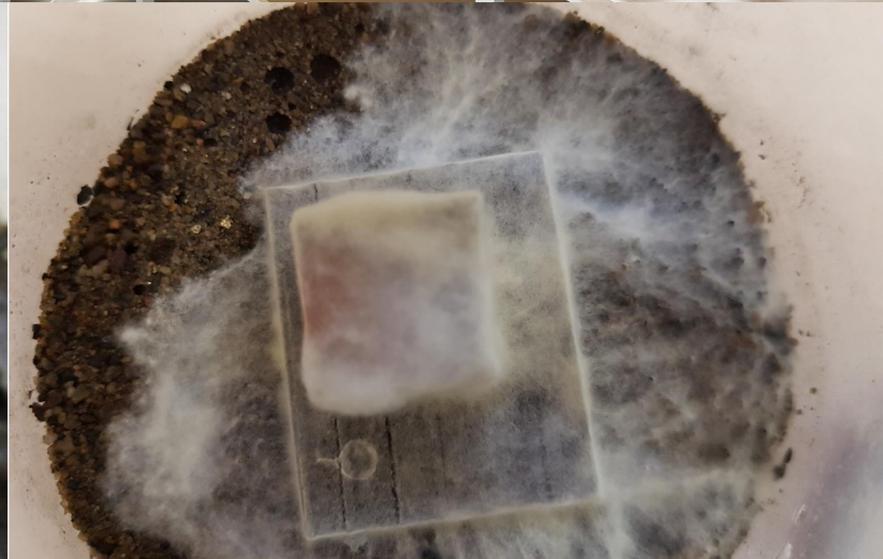
Coigüe



Raulí



Acacia dealbata



Ensayos de laboratorio para determinar la Durabilidad Natural de la madera

Patricio Elgueta Muñoz
Investigador – Jefe Calidad LME-INFOR
Instituto Forestal



CHILE LO
HACEMOS
TODOS