



“Evaluación de recubrimientos de uso exterior aplicados en madera de Pino ponderosa (*Pinus ponderosa* Douglas ex. Laws)”

Alumna: Carla TARABORELLI

Legajo: 26756/0

DNI: 35198778

Dirección de correo electrónico: carlataraborelli@gmail.com

Teléfono: (0)2477-15-584693

Director: M. Sc. Ingeniero Forestal Gabriel Darío KEIL

Profesor Titular Ordinario

Co Directora: Ingeniera Forestal María Mercedes REFORT

Ayudante Diplomada Ordinaria

Áreas de Trabajo

Laboratorio de Investigaciones en Madera (LIMAD).

Xilotecología e Industrias de Transformación Mecánica, Departamento de Ingeniería Agrícola y Forestal.

Fecha de Presentación: 20 de Diciembre de 2016.

**Evaluación de recubrimientos de uso exterior aplicados en madera de Pino
ponderosa (*Pinus ponderosa* Douglas ex. Laws)**

Contenido

Índice de figuras.....	3
Índice de tablas.....	4
Resumen.....	5
Capítulo I.....	6
1. Introducción.....	6
1. 2. Objetivo general.....	9
1. 3. Objetivos específicos.....	9
Capítulo II.....	10
2. Materiales y Métodos.....	10
2. 1. Material leñoso.....	10
2. 2. Acondicionamiento del material.....	10
2. 3. Aplicación de productos.....	14
2. 5. Análisis de los recubrimientos.....	17
Capítulo III.....	21
3. Resultados y discusión.....	21
3. 1. Análisis de recubrimientos por sitio y análisis de la influencia del sitio en cada recubrimiento.....	21
3. 1. 1. Sitio La Plata.....	21
3. 1. 2. Sitio Bariloche EEA INTA.....	24
3. 1. 3. Sitio Bariloche Aserradero GW.....	27
3. 1. 4. Sitio El Bolsón.....	30
3. 1. 5. Sitio Trevelin.....	33
3. 2. Consideraciones finales.....	35
3. 3. Análisis de mejor desempeño.....	37
Capítulo IV.....	40

Conclusión	40
Participación.....	41
Bibliografía	41

Índice de figuras

Imagen 1. Ubicación geográfica del material leñoso utilizado.....	10
Imagen 2. Determinación del Contenido de Humedad.	11
Imagen 3. Esquema representativo de la estructura portante.....	12
Imagen 4. Instalación del expositor a campo.....	12
Imagen 5. Expositor La plata.....	13
Imagen 6. Expositor Bariloche.....	13
Imagen 7. Expositor Bariloche (GW)	13
Imagen 8. Expositor El Bolsón	13
Imagen 9. Expositor Trevelin.....	13
Imagen 10. Clasificación climática de Köppen.....	14
Imagen 11. Esquema de las tablas fijadas al bastidor mediante clavos.....	15
Imagen 12. Pintado de probetas	16
Imagen 13. Armado de bastidores.....	16
Imagen 14. Gráfico de curva de decaimiento de esmaltes. La Plata.	22
Imagen 15. Gráfico de curva de decaimiento de barnices. La Plata	22
Imagen 16. Gráfico de curva de decaimiento de lasures. La Plata	23
Imagen 17. Gráfico de curva de decaimiento de lasures en desarrollo. La Plata.....	24
Imagen 18. Gráfico de curva de decaimiento de esmaltes. Bariloche EEA INTA.....	25
Imagen 19. Gráfico de curva de decaimiento de barnices. Bariloche EEA INTA	25
Imagen 20. Gráfico de curva de decaimiento de lasures. Bariloche EEA INTA	26
Imagen 21. Gráfico de curva de decaimiento de lasures en desarrollo. Bariloche EEA INTA	27
Imagen 22. Gráfico de curva de decaimiento de esmaltes. Bariloche Aserradero GW	28
Imagen 23. Gráfico de curva de decaimiento de barnices. Bariloche Aserradero GW	28
Imagen 24. Gráfico de curva de decaimiento de lasures. Bariloche Aserradero GW	29
Imagen 25. Gráfico de curva de decaimiento de lasures en desarrollo. Bariloche Aserradero GW.....	30

Imagen 26. Gráfico de curva de decaimiento de esmaltes. El Bolsón	31
Imagen 27. Gráfico de curva de decaimiento de barnices. El Bolsón	31
Imagen 28. Gráfico de curva de decaimiento de lasures. El Bolsón	32
Imagen 29. Gráfico de curva de decaimiento de lasures en desarrollo. El Bolsón	32
Imagen 30. Gráfico de curva de decaimiento de esmaltes. Trevelin	33
Imagen 31. Gráfico de curva de decaimiento de barnices. Trevelin.....	34
Imagen 32. Gráfico de curva de decaimiento de lasures. Trevelin.....	34
Imagen 33. Gráfico de curva de decaimiento de lasures en desarrollo. Trevelin	35

Índice de tablas

Tabla 1. Detalle de las probetas evaluadas.	15
Tabla 2. Productos y métodos de aplicación.....	16
Tabla 3. Grilla modelo de evaluación de recubrimientos.....	18
Tabla 4. Puntajes asignados a cada variable evaluada.....	19
Tabla 5. Tabla de comparación de recubrientes	38

Resumen

La madera es deteriorada en servicio por diversos agentes físicos - *intemperismo* - y biológicos - hongos e insectos -. Los recubrientes son productos que se aplican superficialmente en la madera para preservarla y embellecerla. Existen en el mercado productos para maderas, pero ninguno ensayado específicamente en pino ponderosa (*Pinus ponderosa* Douglas ex. Laws), especie forestal que en la Patagonia supera las 50000 ha. Porosidad, resinas, nudos y médula entre otras anomalías, son características importantes que influyen en la incorporación y anclaje del recubrimiento en la madera, en su efectividad y permanencia. El objetivo fue evaluar el comportamiento de 9 productos de mercado (esmaltes, barnices y lasures) y dos lasures en desarrollo, aplicados sobre madera de pino ponderosa al exterior en: La Plata (Buenos Aires), dos sitios en Bariloche (Río Negro), El Bolsón y Trevelin (Chubut). Según la norma UNE – EN 927-3 se registraron fotográficamente y se evaluaron visualmente cada 30 días, durante 24 meses los siguientes parámetros: color, brillo, desgaste, alabeos, grietas, manchas circundantes a los clavos, mohos, y estado general. La evolución de los mismos se cuantificó y transformó en *curvas de deterioro*, graficadas en ejes de coordenadas en función del comportamiento general del recubrimiento versus tiempo de exposición. Analizando el estado general, los barnices experimentaron un rápido decaimiento a partir del año de exposición a excepción del sitio INTA Bariloche, los lasures mostraron un decaimiento a partir del mes 16. De los 3 esmaltes sintéticos blancos, el acrílico tuvo un decaimiento antes del transcurso del año mientras que los esmaltes al agua y al solvente tuvieron muy buena performance. Los dos productos en desarrollo, decayeron a partir del mes 15. Se concluye que hubo diferencias importantes entre la vida útil de los productos ensayados y del mismo producto en los distintos sitio de exposición.

Capítulo I

1. Introducción

Los recubrientes son productos que se aplican sobre la superficie de la madera y tienen como finalidad preservarla del fenómeno de intemperismo, además de embellecerla (Keil, 2012). Se denomina intemperismo al proceso causado por diversos agentes físicos tales como erosión, radiaciones y variaciones térmicas, que sumado a la acción del agua tanto en fase líquida como de vapor inician un deterioro sobre el material leñoso puesto en servicio, que conduce al desarrollo de agentes biológicos como mohos y hongos (Rodríguez-Anda & Fuentes Talavera, 2003).

Entre los agentes causantes del intemperismo, la radiación ultravioleta (UV) es el más agresivo. La madera está constituida principalmente por celulosa, hemicelulosa y lignina, componentes sensibles a la luz. En este sentido la lignina por su composición química –fenoles y grupos aromáticos- es el componente que sufre la mayor descomposición. La alteración química ocurrida le otorga a la madera un color grisáceo producto de un proceso de fotodegradación, donde la energía absorbida causa disociación de enlaces en las moléculas que componen la madera, produciendo radicales libres en primer lugar y luego despolimerización y formación de grupos cromóforos tales como carbonilos, carboxilos, quinonas, peróxidos, hiperperóxidos y enlaces dobles conjugados. Este proceso incrementa la acidez y concentración de carboxilos en detrimento de metoxilos –lignina- (Rodríguez-Anda & Fuentes-Talavera 2003). De esta forma se degrada el componente “cementante” de la estructura anatómica dando como resultado una separación de los elementos constituyentes de la madera.

El agua, en forma de lluvia, ejerce un efecto erosivo barriendo pequeñas superficies sueltas de la madera que se generan luego de la fotodegradación y lixiviando los compuestos degradados. En su estado de vapor, humedad ambiente, el agua juega un papel importante en el estado dimensional de la pieza de madera. En el caso del agua líquida como rocío combinada con la luz solar genera un efecto lupa absorbiendo mayor radiación y por lo tanto aumenta las probabilidades de la fotodegradación de la lignina (Rodríguez-Anda & Fuentes-Talavera 2003).

El fenómeno del intemperismo produce en la madera una superficie rugosa, con grietas y de color grisáceo, por lo que no es deseable para revestimientos exteriores. En

este sentido existen en el mercado una serie de productos recubrientes para la madera, aunque ninguno ensayado específicamente para pino ponderosa.

De esta forma, la gama de productos va desde los totalmente opacos, que no permiten visualizar la madera, representados por los esmaltes, hasta aquellos totalmente transparentes, pigmentados o no, que protegen la madera resaltando su belleza natural como los barnices, lacas y lasures. En la franja intermedia se encuentran aquellos que permiten visualizar las vetas de la madera moderando su intensidad, y se los conoce como productos semitransparentes, los que suelen ser pigmentados (Norma UNE-EN 927-3, 2000).

En este sentido, se encuentran en el mercado los clásicos barnices, lacas y esmaltes, que protegen la madera en base a la formación de una película que la aísla del intemperismo, denominados a poro cerrado. También existen los productos denominados a poro abierto, que sólo forman una micropelícula del orden de los 25 micrones de espesor, conocidos como lasures, que actúan protegiendo la madera de la intemperie pero permitiendo el intercambio de agua en fase vapor, favoreciendo la estabilización higroscópica con el ambiente (Norma UNE-EN 927-3, 2000).

Los productos además han evolucionado hacia la utilización de solventes más amigables con el medio ambiente, con menor contenido de VOC's (*volatile organic compounds*, por sus siglas en inglés), dando lugar a la aparición de productos de alto contenido de sólidos, incluso llegando a la casi eliminación de los VOC's en el caso de los productos que utilizan el agua como solvente (ASEFAPI, 2010).

El pino ponderosa (*Pinus ponderosa* Douglas ex. Laws) se extiende desde Canadá hasta México, y desde la costa del Pacífico hacia el este, hasta las colinas Black Hills de Dakota del Sur, un área que cubre más del 35 % de la superficie total de Estados Unidos. El hábitat típico de esta abundante especie está representado por las mesetas semiáridas y laderas. Su ritmo de crecimiento depende de la altitud, el tipo de suelo, la temperatura y el nivel de precipitación (www.softwood.org, 2015).

En Argentina, en especial la región Andino Patagónica presenta condiciones naturales favorables para el establecimiento de plantaciones de pino ponderosa, con áreas aptas en el orden de 1,5 millones de hectáreas (Díaz, 1997). El área de cultivo abarca desde el norte de la provincia de Neuquén al sur de la provincia de Chubut, y en sentido este-oeste se extiende en un ancho variable ubicado entre las isohietas de 500 mm a 2.000 mm aproximadamente (Andenmatten *et al.*, 2000). El total forestado sólo en la provincia de Neuquén hasta el año 2006 ascendía a 47.260 ha, siendo el 95 % de pinos

(*Pinus* sp) y de ellos, el 70 % de pino ponderosa, con un crecimiento de 330.000 m³/año (Gonda *et al.*, 2009).

En la región Patagónica el consumo anual de la madera de los bosques cultivados es de 50.000 m³ de madera rolliza, con 50 aserraderos instalados en la región, Teniendo en cuenta el aumento de la superficie forestada en la región, se calcula que el incremento en la producción alcanzará los 100.000 m³/año, permitiendo por un lado satisfacer la demanda y por el otro incrementar la capacidad instalada para poder procesar toda la materia prima. Debido a que aún la producción es inferior a la demanda de la industria, la región importa pino de la Mesopotamia y especies forestales de Chile (Plan Forestal Provincial, 2007).

En la región cordillerana neuquina se utiliza madera de bosques nativos desde comienzos del siglo XX y es reciente el desarrollo industrial con materia prima de plantaciones forestales (Plan Forestal Provincial, 2007). En este sentido, la oferta de productos madereros es variada, produciendo así madera redonda ya sea para tendido eléctrico como para revestimientos exterior de cabañas –postes cabañeros- madera para envases, madera verde y productos especiales como vigas laminadas, tableros de listones y ladrillos de madera para la construcción (Spavento, 2011).

Dado el auge de las construcciones en madera en la región mencionada y la creciente utilización de productos industriales de madera, tales como ladrillos de madera, troncos cabañeros, machimbres cabañeros y tablas de revestimiento exterior es preciso tener en cuenta que toda superficie de madera expuesta al exterior sufrirá cambios, producido por el fenómeno intemperismo, por lo tanto la evaluación de recubrimientos es de carácter relevante ya que permitiría la correcta elección de un producto de acuerdo a la zona y al propósito buscado, logrando así la mayor permanencia posible del producto en el material, sin dejar de lado prácticas de mantenimiento.

En base a lo expuesto, en este trabajo se plantean las siguientes hipótesis:

1. Existen diferencias en la vida útil de distintos recubrimientos empleados sobre madera de pino ponderosa en un mismo sitio.
2. Existen diferencias en la vida útil del mismo producto de recubrimiento aplicado sobre madera de pino ponderosa expuesta en distintos sitios de exposición.
3. Es posible asociar las diferencias en el comportamiento de un mismo producto en distintos sitios de exposición a las condiciones climáticas particulares de cada lugar.

1. 2. Objetivo general

El objetivo general del trabajo fue evaluar, según normativa vigente, el comportamiento de distintos productos de mercado - barnices, lasures y esmaltes sintéticos - y productos en desarrollo - lasur semitransparente y lasur altos sólidos -, aplicados superficialmente sobre madera de pino ponderosa, expuesta a las condiciones de intemperismo en 5 sitios, 4 de ellos ubicados en la región Andino-Patagónica y uno en la provincia de Buenos Aires.

1. 3. Objetivos específicos

- Analizar visual y fotográficamente la evolución mensual de cada producto durante un período de 24 meses de exposición en los 5 sitios mencionados/de exposición.
- Contrastar la evolución de los 11 productos en los 5 sitios de exposición.
- Elaborar un ranking de los productos de mejor desempeño en los distintos sitios de exposición.

Capítulo II

2. Materiales y Métodos

2. 1. Material leñoso

El material usado como sustrato fue madera de *Pinus Ponderosa* (Douglas Ex. Laws) de 19 años de edad proveniente de la Estancia San Jorge, Melliquina, Provincia de Neuquén.



Imagen 1. Ubicación geográfica del material leñoso utilizado.

El material fue recepcionado en el Laboratorio de Investigaciones en Maderas, LIMAD, en forma de tablas, secas en horno y cepilladas, procesadas previamente en el aserradero de la Empresa CORFONE ubicada en el Parque Industrial de Junín de los Andes, Neuquén. Las tablas de ensayo (probetas) tuvieron las siguientes dimensiones, 25 mm de espesor x 125 mm de ancho x 500 mm de longitud.

2. 2. Acondicionamiento del material

2. 2. 1. Selección e identificación de probetas

Se realizó una selección de las probetas eligiendo para el ensayo, aquellas libres de defectos tales como rajaduras, presencia de nudos sueltos, grietas y alabeos.

En este caso, por el tipo de madera y el tamaño de las probetas, se admitieron en ellas nudos firmes y sanos y médula solamente.

Una vez seleccionadas las probetas se procedió a la identificación numérica de las mismas.

2. 2. 2. Determinación del contenido de humedad

El contenido de humedad fue determinado con Xilohigrómetro de resistencia de la marca GANT, el cual consiste en dos electrodos, del tipo aguja, aislados en toda su longitud excepto en las puntas, que se insertan a una profundidad de 1/3 del espesor de la pieza y en la dirección perpendicular a las fibras. En este caso las determinaciones se realizaron en el centro de la parte posterior de cada tabla. (Imagen 2)



Imagen 2. Determinación del Contenido de Humedad.

2. 2. 3. Armado de expositores

Para la colocación de las muestras a campo se confeccionaron estructuras portantes de hierro formadas por caños cuadrados de 2", separados 50 cm del suelo, de dos metros de alto por 4 metros de largo, y un caño a 45 grados donde se depositaron las muestras (Imagen 3). Los expositores se posicionaron hacia el norte, otorgándole a las probetas la exposición más favorable a la degradación por irradiación.

Para el control de las malezas, en la base de los expositores se cubrió la superficie del suelo con un polietileno negro de 200 micrones, evitando el uso de productos químicos herbicidas que pudiesen influenciar en los resultados del ensayo (Imagen 4).

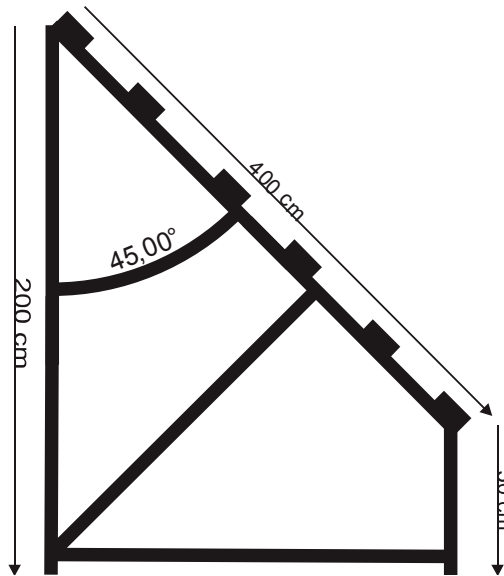


Imagen 3. Esquema representativo de la estructura portante.



Imagen 4. Instalación del expositor a campo

Los expositores fueron instalados en: la Estación Experimental Julio Hirschorn de la FCAYF, UNLP, en la localidad de Los Hornos, partido de La Plata, provincia de Buenos Aires, latitud $34^{\circ} 58' S$, longitud $57^{\circ} 59' W$ (Imagen 5); la Estación Experimental de INTA Bariloche, Rio Negro, latitud $41^{\circ} 7' S$, longitud $71^{\circ} 15' O$ (Imagen 6); el Aserradero GW, Bariloche, Rio Negro latitud $41^{\circ} 8' S$, longitud $71^{\circ} 16' O$ (Imagen 7); el Campo Forestal INTA El Bolsón, Chubut, latitud $41^{\circ} 59' S$, longitud $71^{\circ} 31' O$ (Imagen 8) y la Estación Experimental Agroforestal INTA Trevelin, Chubut, latitud $43^{\circ} 7' S$, longitud $71^{\circ} 33' O$ (Imagen 9). Rever todas las numeraciones de las figuras citadas en este párrafo



Imagen 5. Expositor La plata



Imagen 6. Expositor Bariloche



Imagen 7. Expositor Bariloche (GW)



Imagen 8. Expositor El Bolsón



Imagen 9. Expositor Trevelin

2. 2. 4. Clasificación de Köppen

Según la clasificación climática de Köppen en los ensayos encontramos dos tipos de climas: un tipo **Cfb** correspondiente a los expositores de La Plata y Trevelin y otro **Csb** correspondiente a los expositores de Bariloche y El Bolsón. En este sentido podemos decir que ambos poseen un clima templado/mesotermal donde la temperatura media del mes más frío es menor de 18 °C y superior a -3 °C y la del mes más cálido es superior a 10 °C. Las precipitaciones exceden a la evaporación. Es el clima donde se dan los bosques mesotérmicos (correspondiente a la sigla C). Para el caso de La Plata y Trevelin se encuentran precipitaciones constantes a lo largo del año, por lo tanto existe ausencia de un período seco (sigla f) mientras que para las 3 zonas restantes el verano es seco por lo que el mínimo de precipitaciones está bastante marcado y coincide con el periodo de

temperaturas más altas (sigla s). A su vez todas las zonas donde se localizan los expositores tienen un régimen de temperaturas templado, donde el verano es suave pues no se alcanzan los 22 °C de media en el mes más cálido. Las temperaturas medias superan los 10 °C al menos cuatro meses al año (sigla b). (Imagen 13)

World map of Köppen-Geiger climate classification

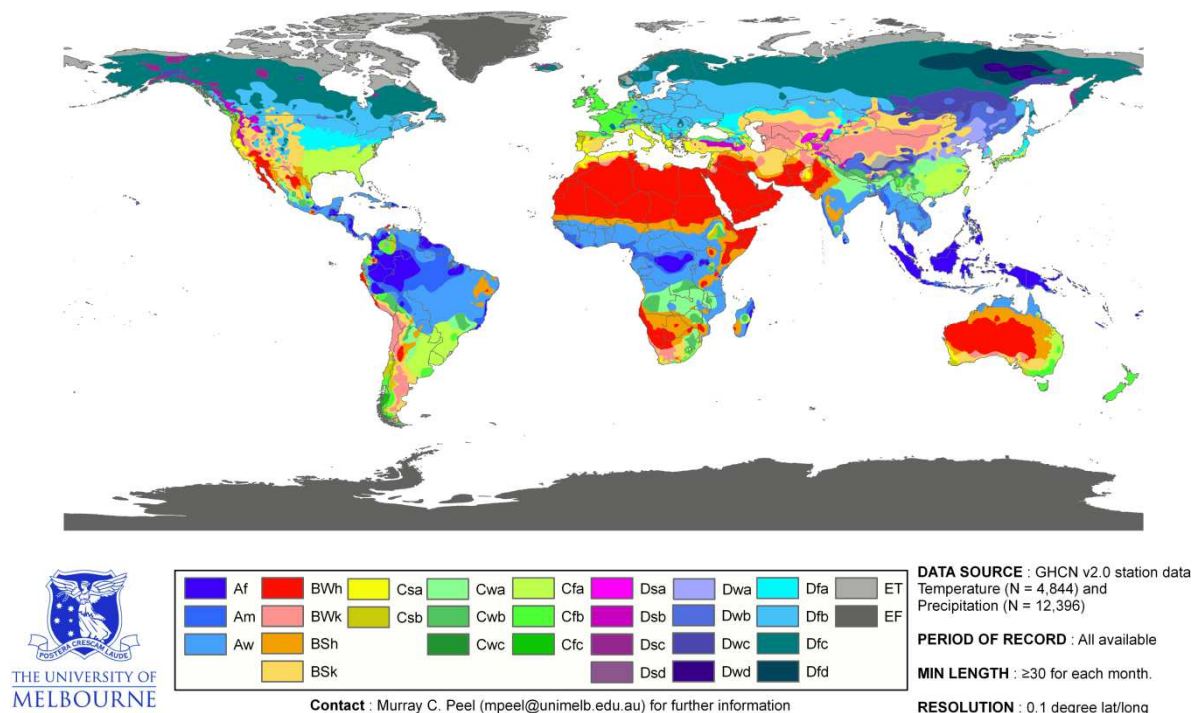


Imagen 10. Clasificación climática de Köppen.

Fuente: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/32/World_Koppen_Map.png

2. 3. Aplicación de productos

Se utilizaron productos del mercado y otros en desarrollo, aportados por la empresa Química Bosques S. A.

Las probetas, clasificadas e identificadas, fueron pintadas siguiendo las indicaciones del fabricante inscriptas en los envases. Luego fueron colocadas sobre un bastidor de madera de “Cancharana” (*Cabralea oblongifolia*), especie muy durable al exterior, unidas mediante la colocación de 4 clavos por tabla de ensayo (Imagen 10 y 11). Cada bastidor se armó con 5 tablas pintadas con el mismo producto (Imagen 12), constituyendo un tratamiento con 5 repeticiones. Asimismo, una probeta de cada tratamiento fue colocada en laboratorio. Sumados los 12 tratamientos en los 5 sitios, más

las probetas ubicadas en los laboratorios del LIMAD e INTA Bariloche, totalizaron 324 probetas evaluadas (Tabla 1).

Tabla 1. Detalle de las probetas evaluadas.

Producto	Sitio 1	Sitio 2	Sitio 3	Sitio 4	Sitio 5	Testigo de Laboratorio
1	5	5	5	5	5	2
2	5	5	5	5	5	2
3	5	5	5	5	5	2
4	5	5	5	5	5	2
5	5	5	5	5	5	2
6	5	5	5	5	5	2
7	5	5	5	5	5	2
8	5	5	5	5	5	2
9	5	5	5	5	5	2
10	5	5	5	5	5	2
11	5	5	5	5	5	2
Testigo s/pintura	5	5	5	5	5	2
Total	60	60	60	60	60	24

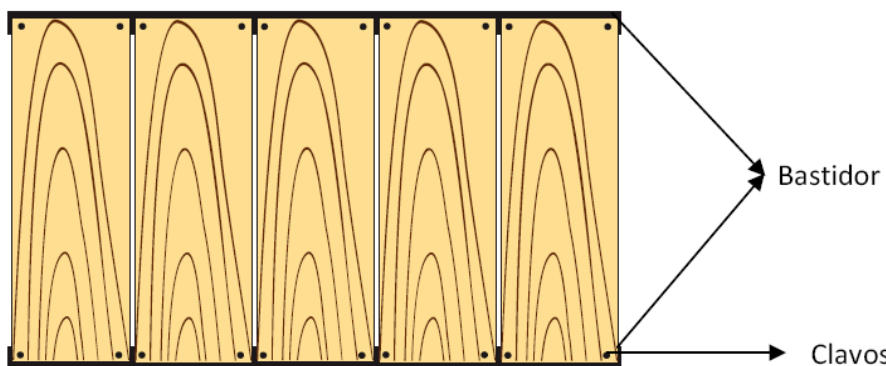


Imagen 11. Esquema de las tablas fijadas al bastidor mediante clavos



Imagen 12. Pintado de probetas



Imagen 13. Armado de bastidores

En la siguiente tabla se resumen los 12 tratamientos con su método de aplicación y las características generales de los productos.

Tabla 2. Productos y métodos de aplicación.

Tratamiento	Producto	Aplicación	Observaciones
T1	Esmalte brillante solvente	3 manos a pincel	Oleosoluble del mercado
T2	Esmalte brillante al agua	3 manos a pincel	Hidrosoluble del mercado
T3	Barniz brillante A	3 manos a pincel	Producto de mercado A
T4	Barniz brillante B	3 manos a pincel	Producto de mercado B
T5	Barniz brillante C	3 manos a pincel	Producto de mercado C
T6	Lasur al solvente A	3 manos a pincel	Producto de mercado A
T7	Lasur al solvente B	3 manos a pincel	Producto de mercado B
T8	Lasur al agua	3 manos a pincel	Producto de mercado
T9	Esmalte acrílico exterior	3 manos a pincel	Producto de mercado
T10	Lasur semitransparente	3 manos a pincel	Producto en desarrollo
T11	Lasur altos sólidos	2 manos a pincel	Producto en desarrollo
Testigo	Sin recubrimiento	Sin aplicación	-

Como se desprende de la Tabla 2, se utilizaron 3 esmaltes sintéticos. Estos esmaltes son pinturas formadoras de películas, no dejan ver la veta de la madera. Están

formados por pigmentos sólidos, aglutinantes o vehículos y secantes, los primeros son cuerpos sólidos, finamente pulverizados, insolubles en el aglutinante que le otorgan color al recubriente además de facilitar el secado, dar opacidad y permanencia entre otras funciones. Los aglutinantes son resinas que llevan suspendidos los pigmentos y que secas mantienen la propiedad impidiendo la pérdida de color. Por último los secantes son compuestos que se le agregan al recubriente para catalizar la oxidación y polimerización de agentes vegetales disminuyendo el tiempo de secado (Garay Moena, 2007).

Los barnices por su parte, son productos compuestos por aglutinantes, plastificantes, disolventes y diluyentes que posterior a su aplicación y secos originan una película insoluble al agua, adherente y dura, generalmente lisa y brillante. Al ser transparentes permiten revelar el grano, intensificar el color natural y la textura de la madera, por esta característica es que este tipo de acabados tiene mayor preferencia sobre aquellos que alteran u ocultan el color, brillo, grano y textura de la madera (Tamarit-Urias *et al*, 2003). En este trabajo se ensayaron 3 barnices de mercado.

Los lasures son recubrimientos de acción impregnante, que no forman capa y presentan un acabado a poro abierto, regulador de la humedad de la madera. Son productos en base orgánica, solubles o no al agua. Su acción protectora insecticida y fungicida es menor que los fondos protectores, pero incorporan pigmentos minerales que son óxidos de hierro resistente a la fotodegradación, que reflejan la radiación UV del sol, responsable del agrietamiento y agrisamiento de la madera. Incorporan también una formulación de resinas alquídicas y acrílicas que repelen el agua de la superficie. Son pinturas que no dejan olor en el ambiente por sus bajos contenidos en compuestos orgánicos volátiles, no poseen las perdurables emanaciones de los productos convencionales al solvente, por lo tanto son más amigables con el medio ambiente (Garay Moena, 2007). En este trabajo se ensayaron 5 lasures: 3 oscuros, uno semi transparente y un alto sólidos.

2. 5. Análisis de los recubrimientos

2. 5. 1. Normativa

Se evaluaron los 5 expositores adaptando a cada situación particular la norma europea, UNE – EN 927-3 (2000) - Pinturas y barnices: materiales de recubrimiento y sistemas de recubrimiento para madera exterior. Ensayo de envejecimiento natural, Parte 3: análisis del desgaste natural. Estas evaluaciones se realizaron a partir de los datos

descriptivos mensuales visuales y fotográficos de cada expositor en general y de cada bastidor en particular, realizados por el evaluador en forma directa, volcados en planillas diseñadas para tal fin.

2. 5. 2. Factores evaluados y cuantificación del deterioro

En la tabla 3 se detallan los 7 factores evaluados en cada probeta y la planilla empleada para la evaluación general, sintetizados luego en un factor denominado “estado general”.

Tabla 3. Grilla modelo de evaluación de recubrimientos.

	Variable	Puntaje probeta	Observaciones realizadas por los evaluadores
1	Cambios de color	0-4	
2	Cambios de brillo	0-4	
3	Desgaste del recubriente	0-4	
4	Alabeos	0-4	
5	Manchado circundante al clavo	0-4	
6	Agrietamiento de la probeta	0-4	
7	Desarrollo de mohos al frente	0-4	
	Estado general ponderado	0-4	

Cada una de las 7 variables fueron analizadas individualmente tomando en consideración: el estado actual, el estado en el mes anterior y el estado de las probetas de laboratorio.

El desgaste del recubriente fue evaluado a partir de la proporción de recubriente faltante en la probeta, en términos generales se evaluó cuan gastada estaba la superficie. Los alabeos se analizaron visualmente.

El manchado de óxidos se evaluó según la superficie de la probeta afectada. El agrietamiento y el desarrollo de mohos se evaluaron por porcentaje de la muestra con signos de estos deterioros.

Por último, el estado general se evaluó haciendo una ponderación del rango de 0 a 4 de las 7 variables analizadas en conjunto.

En la tabla 4 se muestra un detalle de la cuantificación de las variables analizadas.

Tabla 4. Puntajes asignados a cada variable evaluada.

Evaluación para grilla de tabla 3					
Puntaje	Variables 1, 2, 3	Variables 4 y 6	Variable 5 (diámetro medio)	Variable 7 (% superficie afectada)	Variable 8
4	Sin cambio	No detecta	0 mm	0 %	Sin cambios
3	Incipiente	Incipiente	< 2 mm	< 5 %	Muy buena
2	Leve	Leve	< 5 mm	< 10 %	Buena
1	Moderado	Moderado	< 10 mm	< 25 %	Regular
0	Falla	Generalizado	>= 10 mm	>= 25 %	Falla

Se realizaron evaluaciones visuales cada 30 días. Para los 24 meses de evaluación se tomaron fotografías y se realizaron observaciones visuales para cada tratamiento, evaluando las 7 variables. Una vez obtenidas las evaluaciones y fotografías de los 24 meses se procedió al análisis de cada variable por tratamiento. Una vez obtenidos todos los valores se realizó un promedio de las 5 muestras por tratamiento realizando gráficos de cada variable subdivididas en los siguientes grupos de productos: esmaltes, barnices, lasures comerciales y lasures en desarrollo, en todos los casos se incluyó al testigo.

2. 5. 4. Análisis de recubrimientos por sitio

Con los puntajes asignados en cada mes de evaluación se realizó por cada uno de los 5 sitios de exposición, un “gráfico de decaimiento” para cada producto donde en el eje de las “x” se colocó el tiempo transcurrido – de 0 a 24 meses -, mientras que en el eje de las “y” se colocó el valor asignado a cada producto en su estado general.

Con esta forma de evaluación, se pretendió visualizar rápidamente a aquellos productos que mejor performance han presentado en cada sitio de exposición y su evolución a través del tiempo de exposición.

2. 5. 5. Análisis de la influencia del sitio en cada recubrimiento

Los “gráficos de decaimiento” por productos se realizaron para cada sitio de exposición. De este análisis surgieron los productos de mejor comportamiento y los productos no deseados, comparando esos comportamientos entre los 5 sitios de exposición.

Capítulo III

3. Resultados y discusión

3. 1. Análisis de recubrimientos por sitio y análisis de la influencia del sitio en cada recubrimiento

Cabe mencionar que para los casos de cambio de color y de brillo, si bien se evaluaron por separado, existió una correlación entre ellos detectada visualmente, que por lo general, ante un cambio de color le sucedía un cambio en el brillo de la muestra.

3. 1. 1. Sitio La Plata

En el caso particular del primer sitio estudiado se analizaron 21 meses, esto fue así ya que muchos productos perdieron su vida útil en este período.

3. 1. 1. 1. Esmaltes

Para el caso de los esmaltes al solvente, al agua y el esmalte acrílico (tratamientos 1, 2 y 9 respectivamente), se observó que el desempeño de los primeros dos comenzó a decaer antes del año, no obstante se mantuvieron durante los 21 meses de evaluación no perdiendo su función de recubriente; en el caso del esmalte acrílico se observó un decaimiento acelerado finalizando su vida útil a los 12 meses. En términos generales para el tratamiento 1, las variables desgaste de recubriente, pérdida de brillo y de color y desarrollo de mohos fueron las que tuvieron mayor influencia en su decaimiento. Según los resultados, el tratamiento 2 tuvo mejor comportamiento que el 1, donde el manchado circundante al clavo fue la variable más crítica. En comparación con el testigo se pudo ver que el comportamiento de los primeros dos tratamientos fue superior en todas las variables estudiadas. La variable crítica para el esmalte acrílico fue la del agrietamiento del recubriente, posiblemente debido a que la película no acompañó el movimiento de la madera con los cambios de humedad, el mismo sufrió grietas tempranamente que provocaron el desgaste del recubriente muy rápidamente. En este sentido cabe resaltar que a los 30 días de exposición ya se observaron grietas, otorgándole una condición propicia para el decaimiento. De acuerdo con los resultados se observó que la variable con menos influencia fue la de desarrollo de mohos. El tratamiento 9 alcanzó el valor de 0 poco después del año. Imagen 14.

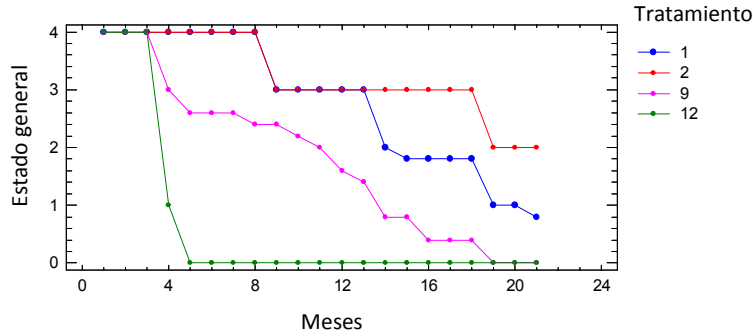


Imagen 14. Gráfico de curva de decaimiento de esmaltes. La Plata.

3. 1. 1. 2. Barnices

Del análisis descriptivo pudo observarse que los barnices (tratamientos 3, 4 y 5) tuvieron un decaimiento abrupto de su vida útil antes del año de exposición. En este sentido en el tratamiento 3 las variables cambio de color y de brillo tuvieron mayor influencia, aunque en general en todos ellos el decaimiento arrojó valores importantes, el desarrollo de mohos fue la excepción, ya que no hubo cambios a lo largo de los 21 meses de exposición, sin embargo el recubriente se perdió totalmente. Los tratamientos 4 y 5 se comportaron de manera similar al tratamiento 3, siendo las variables más importantes el cambio de color y de brillo y el desgaste del recubriente; en cuanto al desarrollo de mohos hubo cambios a lo largo de los 21 meses de exposición. En contraposición con los tratamientos 1 y 2, los barnices tuvieron un comportamiento similar al testigo, decayendo los tratamientos 3 y 5 antes de los 6 meses, mientras que el tratamiento 4 tuvo el mejor desempeño entre los barnices, posiblemente para la protección otorgada por el doble filtro solar según el detalle del marbete del envase, pero decayendo antes del año de exposición. Imagen 15

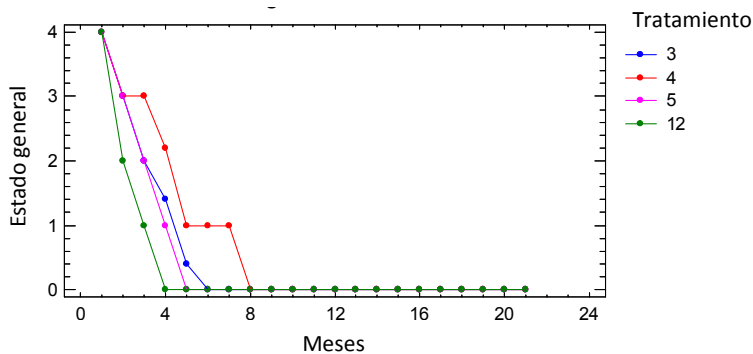


Imagen 15. Gráfico de curva de decaimiento de barnices. La Plata

3. 1. 1. 3.Lasures

En términos generales los lasures oscuros (tratamientos 6, 7 y 8) se comportaron de manera similar, siendo las variables críticas el desgaste de recubriente y cambio de color y de brillo, estas a su vez trajeron aparejado un agrietamiento de la probeta gradual hasta el fin de su vida útil, mientras que para el desarrollo de mohos no hubo un cambio significativo, en este sentido el tratamiento 8 fue quien presentó algunos cambios. La ponderación de las 7 variables arrojó como resultado una pérdida de la función de recubriente pasados los 18 meses de exposición. Imagen 16

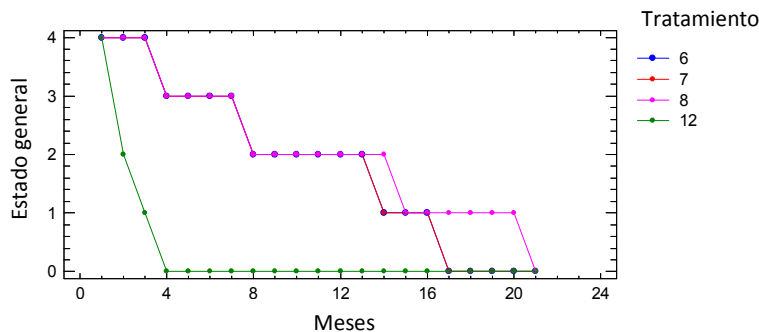


Imagen 16. Gráfico de curva de decaimiento de lasures. La Plata

3. 1. 1. 4. Lasures en desarrollo

De acuerdo a los resultados se observó, en todas las variables un comportamiento diferencial entre el lasur semitransparente y el lasur altos sólidos (tratamiento 10 y 11 respectivamente). En las variables cambio de brillo, de color y desgaste de recubriente el lasur altos sólidos decayó poco después del año, mientras que el lasur semitransparente no perdió su vida útil a lo largo de los 21 meses ensayados, en este sentido las variables mencionadas fueron críticas para el tratamiento 11. Del análisis realizado para el tratamiento 10 surge que las variables críticas fueron el manchado circundante al clavo y el desarrollo de mohos, en tanto el tratamiento 11 no sufrió cambios en los 21 meses de exposición. En la ponderación de las variables se observó que el tratamiento 11 tuvo un desempeño más bajo que el tratamiento 10, perdiendo su vida útil luego del año y medio, mientras que el lasur semitransparente (tratamiento 10) no lo hizo pero se evidenciaron rasgos de decaimiento. En comparación con el testigo los dos lasures tuvieron un mejor desempeño. Imagen 17

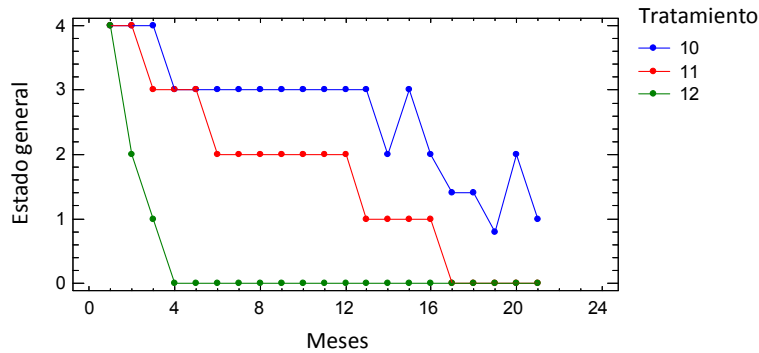


Imagen 17. Gráfico de curva de decaimiento de lasures en desarrollo. La Plata

3. 1. 1. 5. Consideraciones generales

Por lo expuesto anteriormente, se puede inferir que aquellos preservantes con una pigmentación clara fueron quienes no perdieron su vida útil, ya sean formadores de película (esmaltes al agua y al solvente) como no formadores de película (lasur semitransparente). Esto se puede deber a que al no absorber una gran proporción de radiación solar la formación de compuestos alternativos no fue excesiva y por lo tanto no tuvieron un brusco decaimiento.

Según la clasificación climática dada por Köppen, La Plata se encuentra bajo un clima mesotermal sin estación seca, por lo tanto las lluvias ocurren durante todo el año, generando un lavado de los compuestos formados por la irradiación solar. A su vez al tener alta humedad relativa (HR) favorece al desarrollo de hongos.

Cabe resaltar que dentro del período de evaluación de recubrientes ocurrió la inundación de la ciudad de La Plata, si bien el expositor no estuvo bajo agua, la cantidad de lluvia precipitada en ese período – cercana a los 300 mm -, pudo haber acelerado el decaimiento de los recubrientes en general.

3. 1. 2. Sitio Bariloche EEA INTA

3. 1. 2. 1. Esmaltes

De los resultados encontrados se puede inferir que el desempeño de los tres esmaltes fue bueno. En el caso de los esmaltes al solvente y al agua (tratamientos 1 y 2 respectivamente) la performance arrojada fue mejor que la del esmalte acrílico, aunque ninguno perdió su vida útil. En términos generales para el tratamiento 1, las variables pérdida de brillo y de color, así como el desarrollo de mohos fueron los factores que tuvieron mayor influencia en su decaimiento. En comparación con el testigo se pudo ver que el comportamiento de los primeros dos tratamientos fue superior en todas las

variables estudiadas. La variable crítica para el esmalte acrílico fue fundamentalmente el desarrollo de mohos donde logro un valor de 0 antes de medio año, a su vez las grietas ocasionadas tempranamente provocaron el desgaste del recubriente muy rápidamente. En este sentido cabe resaltar que a los 30 días de exposición ya se observaron grietas, otorgándole una condición propicia para el decaimiento. Imagen 18.

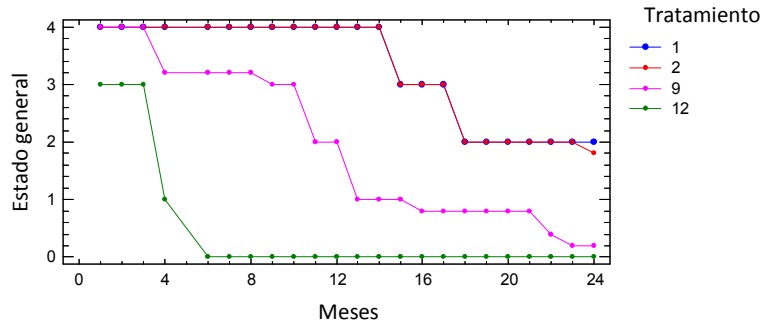


Imagen 18. Gráfico de curva de decaimiento de esmaltes. Bariloche EEA INTA

3. 1. 2. 2. Barnices

Del análisis visual pudo observarse que los barnices (tratamientos 3, 4 y 5) tuvieron un decaimiento gradual a lo largo de los 24 meses de exposición. En este sentido el tratamiento 5 fue el único que perdió su vida útil a los 17 meses, de este modo las variables cambio de color, cambio de brillo y manchado circundante al clavo tuvieron mayor influencia. Los tratamientos 3 y 4 se comportaron de manera similar, siendo la variable de mayor influencia el desarrollo de mohos. En contraposición a lo esperado dos de los barnices tuvieron muy buena performance-. En cuanto al testigo se pudo observar que el tratamiento 5 alcanzó, luego del año y medio de exposición, un valor de 0, mientras que los demás tratamientos no perdieron su vida útil. Imagen 19

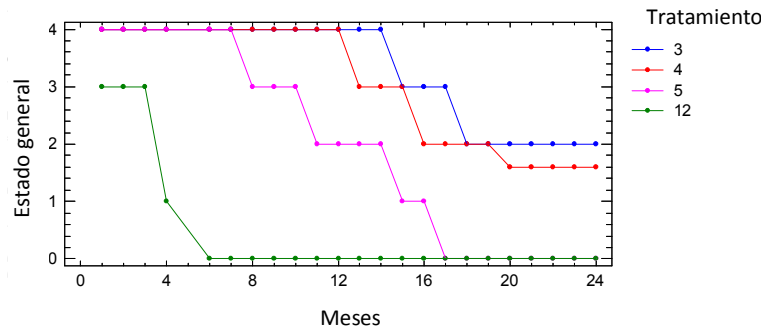


Imagen 19. Gráfico de curva de decaimiento de barnices. Bariloche EEA INTA

3. 1. 2. 3. Lasures

En términos generales los lasures (tratamientos 6, 7 y 8) se comportaron de manera similar, siendo las variables críticas el desgaste de recubriente y cambio de color y de brillo, sin embargo los tres tratamientos no perdieron su vida útil a lo largo de los 24 meses de exposición. En este sentido, el tratamiento 8 fue quien arrojó mejores resultados con respecto a los otros lasures. En comparación con los barnices, los lasures tuvieron mejor resultado siendo que los lasures tienen la particularidad de acompañar los cambios dimensionales. Imagen 20

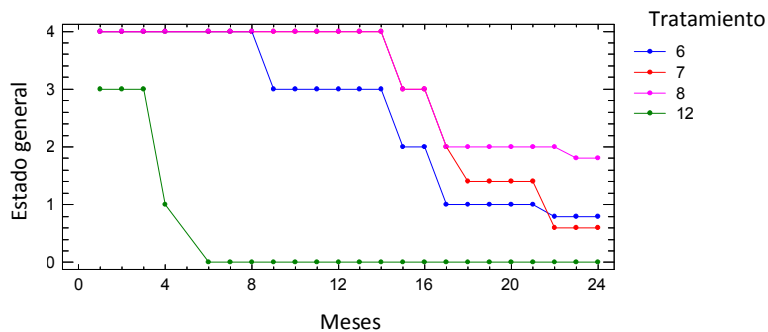


Imagen 20. Gráfico de curva de decaimiento de lasures. Bariloche EEA INTA

3. 1. 2. 4. Lasures en desarrollo

Dados los resultados se observó un decaimiento gradual de ambos recubrientes, el lasur semitransparente y el lasur alto sólidos, a lo largo del tiempo perdiendo su vida útil aproximadamente a los dos años de exposición. Para el caso del tratamiento 10, el desarrollo de mohos fue crítico ya que la aparición de los mismos ocurrió antes del año presentando un valor de 0 poco después de transcurrido un año y medio de exposición. En consecuencia, se dieron las condiciones óptimas de proliferación fúngica: elevada humedad ambiente (mayor al 70%) y temperaturas (entre 15 y 40 °C). El resto de las variables, si bien tuvieron un decaimiento prolongado en el tiempo, no fueron tan importantes como el desarrollo de mohos. En el caso del tratamiento 11, en contraposición con el 10, no presento desarrollo de mohos en los meses de exposición, para este caso las variables cambio de brillo, de color y desgaste de recubriente fueron más importantes que el resto de los factores. En comparación con el testigo, los dos lasures tuvieron un mejor desempeño. Imagen 21.

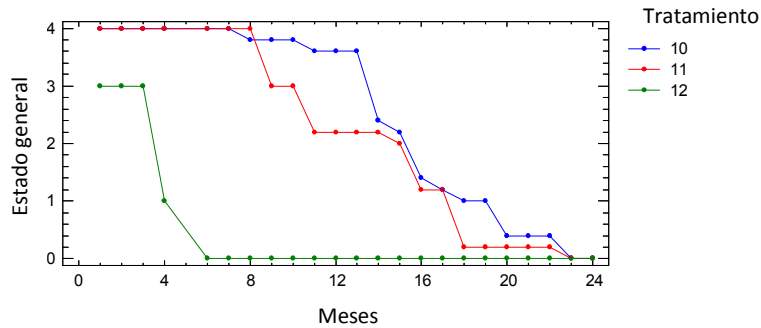


Imagen 21. Gráfico de curva de decaimiento de lasures en desarrollo. Bariloche EEA INTA

3. 1. 2. 5. Consideraciones generales

Según la clasificación climática de Köppen, el expositor se encuentra en un clima mesotermal, con estación seca y a su vez, esa estación seca, corresponde con el mínimo de precipitaciones. Según lo antedicho en la sección materiales y métodos, las precipitaciones ayudan al lavado de los radicales formados por la acción de los rayos solares (UV e infrarrojos) deteriorando así la superficie de la madera. De esta manera no solo hay un mínimo de precipitaciones, sino también de humedad relativa, lo que juega un papel importante en la estabilidad dimensional.

Lo expuesto anteriormente puede ser una ventaja para los barnices con película de menor elasticidad. A su vez se pudo observar que los períodos húmedos no ocurrieron con grandes cambios de temperatura y así la estabilidad de la pieza se mantuvo relativamente constante en el tiempo. También se pudo observar que la mayoría de los recubrientes presentaron una buena respuesta ante la formación y proliferación fúngica, no ocurriendo así en el lasur semitransparente y en los esmaltes.

Cabe destacar que el expositor estaba ubicado en la orilla del lago Nahuel Huapi, cuyo espejo de agua podría haber moderado el microclima local.

3. 1. 3. Sitio Bariloche Aserradero GW

3. 1. 3. 1. Esmaltes

Del análisis visual de la evolución de los productos se desprendió que la performance de los esmaltes no fue la esperada, en el caso del acrílico tuvo una pérdida de vida útil antes de transcurrido el año y medio de exposición, mientras que los esmaltes al solvente y al agua no perdieron su vida útil durante ese mismo período, pero el decaimiento fue importante, dando un resultado cercano a 0 en el estado general. De

acuerdo con lo observado para el esmalte acrílico (tratamiento 9) la variable crítica fue el agrietamiento del recubriente, el desgaste y el cambio de color. Por otro lado para el esmalte al agua (tratamiento 2) y el esmalte al solvente (tratamiento 1) la variable que mayor influencia tuvo fue el desgaste seguida por el agrietamiento de la probeta. Imagen 22

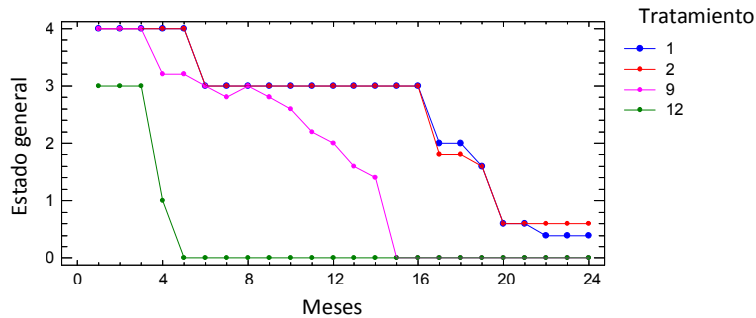


Imagen 22. Gráfico de curva de decaimiento de esmaltes. Bariloche Aserradero GW

3. 1. 3. 2. Barnices

En términos generales hubo un comportamiento diferencial entre el tratamiento 3,4 y 5 siendo estos últimos los que mostraron un decaimiento pronunciado en comparación con el tratamiento 3. En este sentido el tratamiento 3 no perdió su vida útil mientras que los otros perdieron su vida útil transcurrido el año y año y medio. De acuerdo con los resultados arrojados, las variables críticas para los tratamientos 4 y 5 fueron: el agrietamiento que llegó rápidamente al valor 0, el desgaste del recubriente y el manchado circundante al clavo que al año expresó el valor más bajo. Por otro lado el tratamiento 3 tuvo deficiencias en el manchado circundante al clavo, presentó cambio de color y desarrollo de mohos. Si bien estas variables fueron críticas para este tratamiento no alcanzó a perder su vida útil. En el caso del desarrollo de mohos a diferencia del tratamiento 3, los otros barnices no presentaron desarrollo fúngico en los 24 meses de exposición. Imagen 23

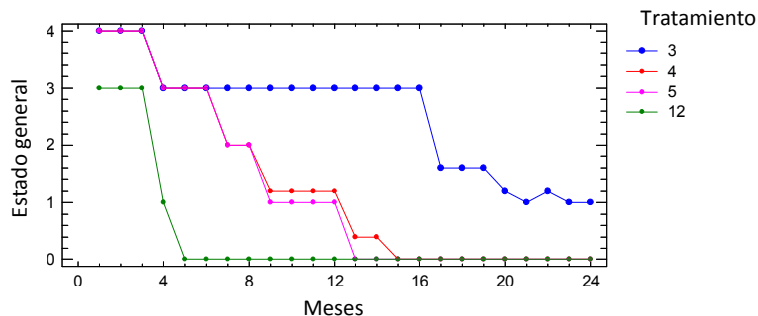


Imagen 23. Gráfico de curva de decaimiento de barnices. Bariloche Aserradero GW

3. 1. 3. 3. Lasures

De acuerdo con los resultados arrojados la performance de los lasures no fue buena, todos perdieron su vida útil en el período de 24 meses. El tratamiento 6 lo hizo luego del año mientras que los otros dos tratamientos lo hicieron, transcurrido el año y medio de exposición. Las variables críticas fueron el desgaste del recubriente, el cambio de color y el cambio de brillo. En este sentido, el tratamiento 6 perdió su vida útil al año presentando un comportamiento similar a los barnices instalados en el mismo sitio. De esta manera los barnices no acompañaron el juego de la madera por tratarse de un recubriente rígido mientras que los lasures al formar una micropelícula deberían hacerlo fácilmente. Por lo tanto su el comportamiento de los lasures no fue el esperado debido a las características dadas. Imagen 24

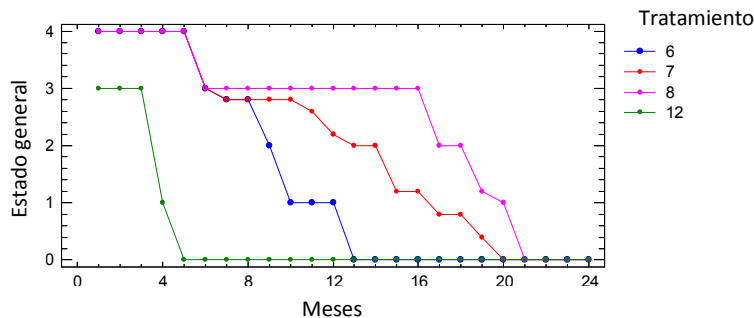


Imagen 24. Gráfico de curva de decaimiento de lasures. Bariloche Aserradero GW

3. 1. 3. 4. Lasures en desarrollo

De acuerdo a los resultados, los lasures sufrieron una pérdida de la vida útil transcurrido el año y medio. Para el caso del tratamiento 10, el desarrollo de mohos fue la variable que más afectó su comportamiento final ya que la aparición de los mismos ocurrió antes del año, al igual que el otro expositor colocado en la ciudad de Bariloche las condiciones de humedad y temperatura para la proliferación de hongos fue óptima. Por su parte, el tratamiento 11 no presentó desarrollo de mohos en los meses de exposición; para este caso las variables desgaste de recubriente y cambio de color fueron más importantes que el resto, siendo la primera de ellas crucial en el decaimiento. En comparación con el testigo, los dos lasures llegaron a igualar su desempeño pasado el año y medio de exposición. Imagen 25

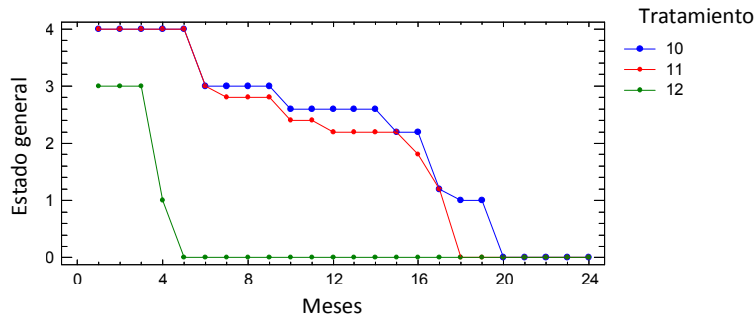


Imagen 25. Gráfico de curva de decaimiento de lasures en desarrollo. Bariloche Aserradero GW

3. 1. 3. 5. Consideraciones generales

De acuerdo a lo observado cabe mencionar que ocurrió el decaimiento más rápidamente en este sitio que en el sitio de EEA INTA Bariloche. Si bien ambos sitios se sitúan en la misma clasificación de Köppen, en el Aserradero GW se reportan diferencias importantes. Entre otras cosas, esto puede deberse a la falta del espejo de agua, moderador del clima zonal, como así también a una altitud mayor, por lo tanto las condiciones meteorológicas en los dos años de exposición variaron.

En este sentido la humedad ambiente pudo haber sido mayor y eso favorecer los cambios dimensionales provocando un agrietamiento prematuro y el desgaste de los recubrimientos. En adición, está la temperatura y radiación solar que en la estación seca manifiesta ascensos marcados, haciendo que el deterioro se acentúe aún más.

3. 1. 4. Sitio El Bolsón

3. 1. 4. 1. Esmaltes

Del análisis descriptivo se desprendió que la performance de los esmaltes fue relativamente buena, si bien ningún recubriente llegó a perder su vida útil, los tratamientos 1 y 9 estuvieron muy cerca de ello, arrojando valores cercanos a 0. El esmalte al agua (tratamiento 2) no perdió su vida útil y los valores arrojados fueron mejores. De acuerdo con lo observado para el esmalte acrílico (tratamiento 9) la variable crítica fue el agrietamiento del recubriente y el desarrollo de mohos. Por otro lado para el esmalte al solvente (tratamiento 1) el desarrollo de mohos y el manchado circundante al clavo fueron las variables cruciales en su desempeño. Por último, en el esmalte al agua (tratamiento 2) la variable que mayor influencia tuvo fue también el desarrollo de mohos pero con mucha

menor influencia que en el tratamiento 1. Con respecto al testigo, ninguno de los tratamientos llego a perder totalmente su función. Imagen 26

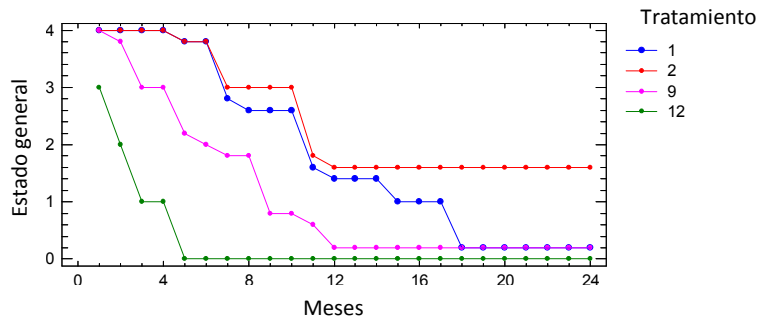


Imagen 26. Gráfico de curva de decaimiento de esmaltes. El Bolsón

3. 1. 4. 2. Barnices

De acuerdo con los resultados obtenidos pudo observarse que los barnices (tratamientos 3, 4 y 5) tuvieron un decaimiento gradual a lo largo de los 24 meses de exposición. En este sentido el tratamiento 5 fue el único de los tres que perdió su vida útil a los 21 meses, de este modo la variable manchado circundante al clavo, fue la que tuvo mayor influencia. Los tratamientos 3 y 4 se comportaron de manera similar, el tratamiento 3 tuvo un decaimiento más armónico en comparación con el tratamiento 4. Las variables de mayor influencia fueron el cambio de brillo y al igual que el tratamiento 5 el manchado circundante al clavo. Imagen 27

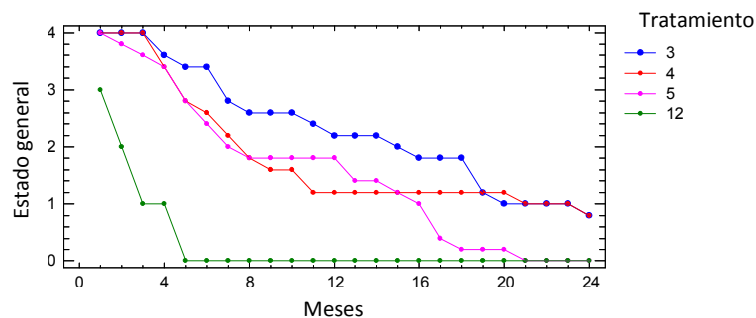


Imagen 27. Gráfico de curva de decaimiento de barnices. El Bolsón

3. 1. 4. 3. Lasures

En términos generales, los lasures (tratamientos 6, 7 y 8) se comportaron de manera similar, el tratamiento 8 tuvo un mejor desempeño en comparación con los tratamientos 6 y 7 que decayeron al año de exposición, mientras que el tratamiento 8 se deterioró transcurrido después del año y medio. Para el caso de los tratamientos 6 y 7 las

variables críticas fueron el desgaste de recubriente y el agrietamiento de la probeta. En el caso del tratamiento 8 el manchado circundante al clavo y el agrietamiento, fueron los factores que tuvieron mayor influencia en su desempeño. En este sentido los tres barnices perdieron su vida útil, el 6 y 7 lo hicieron al año y por otro lado, el tratamiento 8 luego de un año y medio. Imagen 28

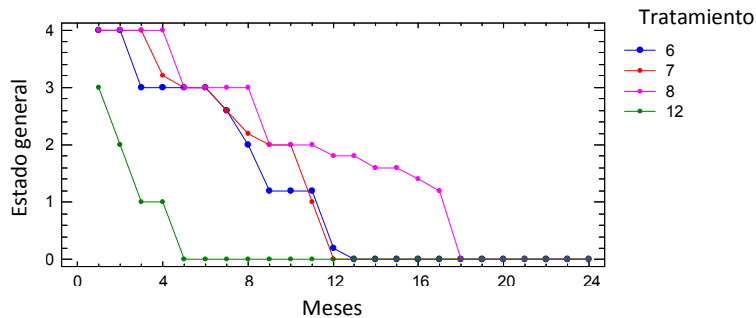


Imagen 28. Gráfico de curva de decaimiento de lasures. El Bolsón

3. 1. 4. 4. Lasures en desarrollo

De acuerdo a los resultados obtenidos, se observó en todas las variables un comportamiento similar para el lasur semitransparente y el lasur alto sólidos (tratamiento 10 y 11, respectivamente). En ambos casos el rápido decaimiento fue importante ya que al año de exposición perdieron sus propiedades protectoras. En este sentido, el desgaste de recubriente jugó un papel importante en el decaimiento en ambos tratamientos. Por otro lado, el tratamiento 10 tuvo un desarrollo fúngico importante que comenzó antes del transcurso de medio año de exposición, llegando a un valor de 0 antes del año. Del análisis realizado para el tratamiento 11 surge que las variables críticas fueron el manchado circundante al clavo y el agrietamiento, no presentando desarrollo fúngico a lo largo de todo el ensayo. En comparación con el testigo, los dos lasures tuvieron un mejor desempeño. Imagen 29

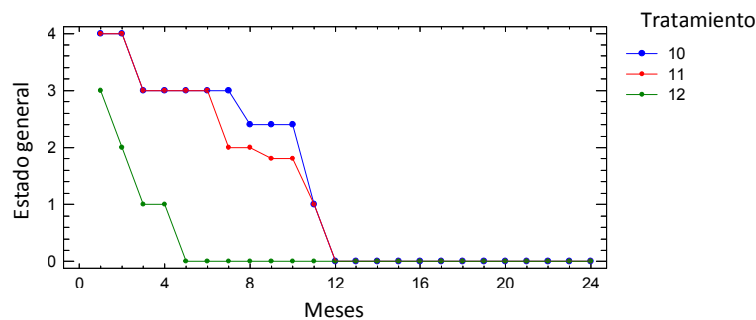


Imagen 29. Gráfico de curva de decaimiento de lasures en desarrollo. El Bolsón

3. 1. 4. 5. Consideraciones generales

Al igual que los dos sitios de Bariloche, El Bolsón tiene una clasificación climática que lo inserta en un clima mesotermal con una estación seca y de pocas precipitaciones.

En este sentido los resultados hallados no se vieron reflejados en la caracterización climática, ya que muchos recubrientes presentaron un decaimiento influenciado por hongos y para ello es necesario condiciones de alta HR y temperaturas cálidas.

3. 1. 5. Sitio Trevelin

3. 1. 5. 1. Esmaltes

De los resultados obtenidos cabe mencionar que el desempeño de los tres esmaltes fue regular. En el caso de los esmaltes al solvente y al agua (tratamientos 1 y 2 respectivamente) la performance arrojada fue mejor que la del esmalte acrílico. En este sentido, los tratamientos 1 y 9 perdieron su vida útil, el primero aproximadamente a los dos años de exposición mientras que el tratamiento 9 transcurrido el año y medio de exposición. En contraposición a lo antedicho, el tratamiento 2 arrojó valores muy bajos pero no perdió su vida útil. En términos generales para los tratamientos 1 y 2, las variables pérdida de brillo y de color y desarrollo de mohos fueron las que tuvieron mayor influencia en su decaimiento. La variable crítica para el esmalte al agua fue fundamentalmente el desarrollo de mohos donde logro un valor de 0 antes de transcurrido el año y medio de exposición. A su vez las grietas ocasionadas tempranamente provocaron el desgaste del recubriente muy rápidamente. Imagen 30

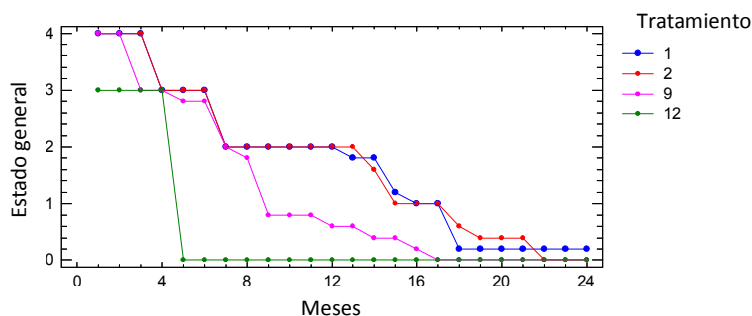


Imagen 30. Gráfico de curva de decaimiento de esmaltes. Trevelin

3. 1. 5. 2. Barnices

Del análisis descriptivo pudo observarse que los barnices (tratamientos 3, 4 y 5) tuvieron un decaimiento acelerado perdiendo su vida útil en el transcurso del año y año y medio de exposición. En este sentido, en el tratamiento 3 las variables: manchado circundante al clavo y agrietamiento, tuvieron mayor influencia. Los tratamientos 4 y 5 se comportaron de manera similar al tratamiento 3, siendo las variables significativas el manchado circundante al clavo y el desarrollo de mohos. En comparación con el testigo los tratamientos 4 y 5 alcanzaron el valor de 0 del estado general transcurrido el año de exposición, mientras que el tratamiento 3 lo hizo luego del año y medio. Imagen 31

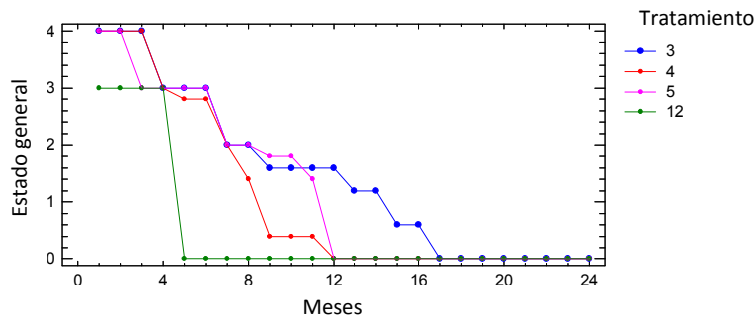


Imagen 31. Gráfico de curva de decaimiento de barnices. Trelvin

3. 1. 5. 3. Lasures

De acuerdo con los resultados obtenidos, la performance de los lasures no fue buena, todos ellos perdieron su vida útil transcurrido el año de exposición. Las variables críticas fueron el desgaste del recubriente y el manchado circundante al clavo. Como era de esperar la variable agrietamiento de la probeta decayó de forma gradual no llegando a valor 0. Imagen 32

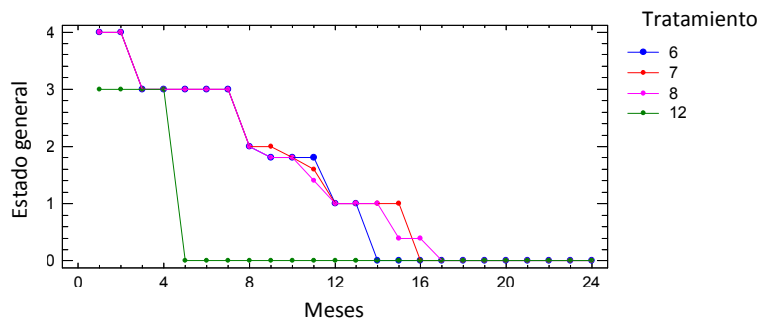


Imagen 32. Gráfico de curva de decaimiento de lasures. Trelvin

3. 1. 5. 4. Lasures en desarrollo

Dados los resultados, se observó un decaimiento gradual de ambos recubrientes a lo largo del tiempo, en este sentido el tratamiento 11 perdió su vida útil transcurrido el año y medio de exposición, mientras que el tratamiento 10 no lo hizo aunque arrojo valores cercanos a 0. Para el caso del tratamiento 10 el desarrollo de mohos fue crucial ya que la aparición de los mismos ocurrió antes de la mitad del primer año y llego a tener un valor de 0 al año y medio. En consecuencia se puede decir que se dieron las condiciones de proliferación fúngica, elevada humedad ambiente (mayor al 70%) y temperaturas (entre 15 y 40 °C). El resto de las variables, si bien tuvieron un decaimiento prolongado en el tiempo, no fueron críticas como el desarrollo de mohos. En el caso del tratamiento 11, en contraposición con el tratamiento 10, no presento desarrollo de mohos en los meses de exposición; para este caso, las variables de cambio de brillo, de color y manchado circundante al clavo fueron más importantes que el resto de las variables analizadas. En comparación con el testigo los dos lasures tuvieron un mejor desempeño. Imagen 33

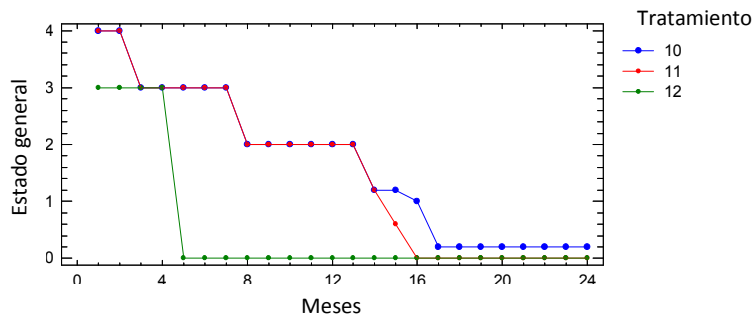


Imagen 33. Gráfico de curva de decaimiento de lasures en desarrollo. Trevelin

3. 1. 5. 5. Consideraciones generales

En este caso la clasificación climática varía y la ubica en un clima mesotermal pero sin estación seca, por lo tanto se trata de un clima propicio para el desarrollo de hongos debido a que la humedad relativa se mantiene alta durante gran parte del año. A su vez las lluvias constantes erosionan la madera eliminando radicales formados por la irradiación solar, dejando así nuevas capas de madera para ser degradadas por rayos solares, agrietamiento, entre otras.

3. 2. Consideraciones finales

Se observó que la presencia de anomalías en las probetas afectaron la adherencia del recubrimiento, puesto que el deterioro del producto en muchos casos, se inició a partir

de la presencia de médula y nudos. Los nudos normalmente son cortados transversalmente y tienen mayor densidad que el resto de la madera, además se produce una inclinación de las fibras de la madera circundante al nudo con respecto al resto de la madera de la tabla. Todo ello produce una absorción diferencial de producto de acabado que se manifiesta en su apariencia, anclaje y durabilidad del recubrimiento. En los pinos los nudos pueden contener resina, lo cual puede causar que la pintura se decolore y/o se adhiera parcialmente. Además los nudos grandes frecuentemente se rajan, dando como resultado una grieta o defecto, empezando la falla del acabado por este punto. Por consiguiente, cuando se pinta una madera es conveniente que ésta sea de la mejor calidad posible, es decir, libre de defectos, para lograr la mayor vida útil del recubriente (Flores-Velázquez *et al.*, 2001). Este comportamiento coincide con lo estudiado por (Flores-Velázquez *et al.* (2001) para pino y encino y Cassens & Feist (1991). Según lo reportado por Tamarit-Urias *et al.* (2003), aquellas maderas con mayor estabilidad dimensional tienden a que los recubrientes, en particular los barnices, tengan mejor comportamiento ya que son menos propensas al rajado, en este caso las condiciones ambientales que se presentan en el sitio (abundantes lluvias, radiación solar, elevada HR, entre otras) predisponen al recubriente y a la madera a un rápido deterioro del mismo por contracciones e hinchamientos, absorbanza de rayos UV e infrarrojos, temperaturas entre otras.

Williams (2005), Flores-Velázquez *et al.* (2001), Tamarit-Urias *et al.* (2003) y Feist (1988, no tan solo hacen referencia a que el desgaste comienza por lo general en un nudo, médula, corteza incluso sino que también las propiedades de la madera son importantes, en este sentido la diferencia entre leño temprano y leño tardío es influyente debido a que las densidades varían y con ello, varia la penetración del recubriente, si el mismo no se adhiere bien a la madera será una zona de falla a lo largo del tiempo. Los estudios hacen referencia a madera, por lo general coníferas, del hemisferio norte en que la proporción de leño temprano versus leño tardío es baja. En la madera ensayada – pino ponderosa - las propiedades son diferentes ya que hay más proporción de leño temprano y por lo tanto habrá traqueidas con mayores lúmenes con respecto a traqueidas del leño tardío. A su vez, la madera posee una proporción de madera juvenil y, tal como lo expresan Feist (1988) y Williams (2005), los coeficientes de contractibilidad difieren de la madera madura, siendo mayores. De esta manera por cuestiones anatómicas intrínsecas de la especie y de la zona donde crece la misma presenta una mayor probabilidad al

agrietamiento (del recubriente y de la madera) en comparación con la misma especie del hemisferio norte.

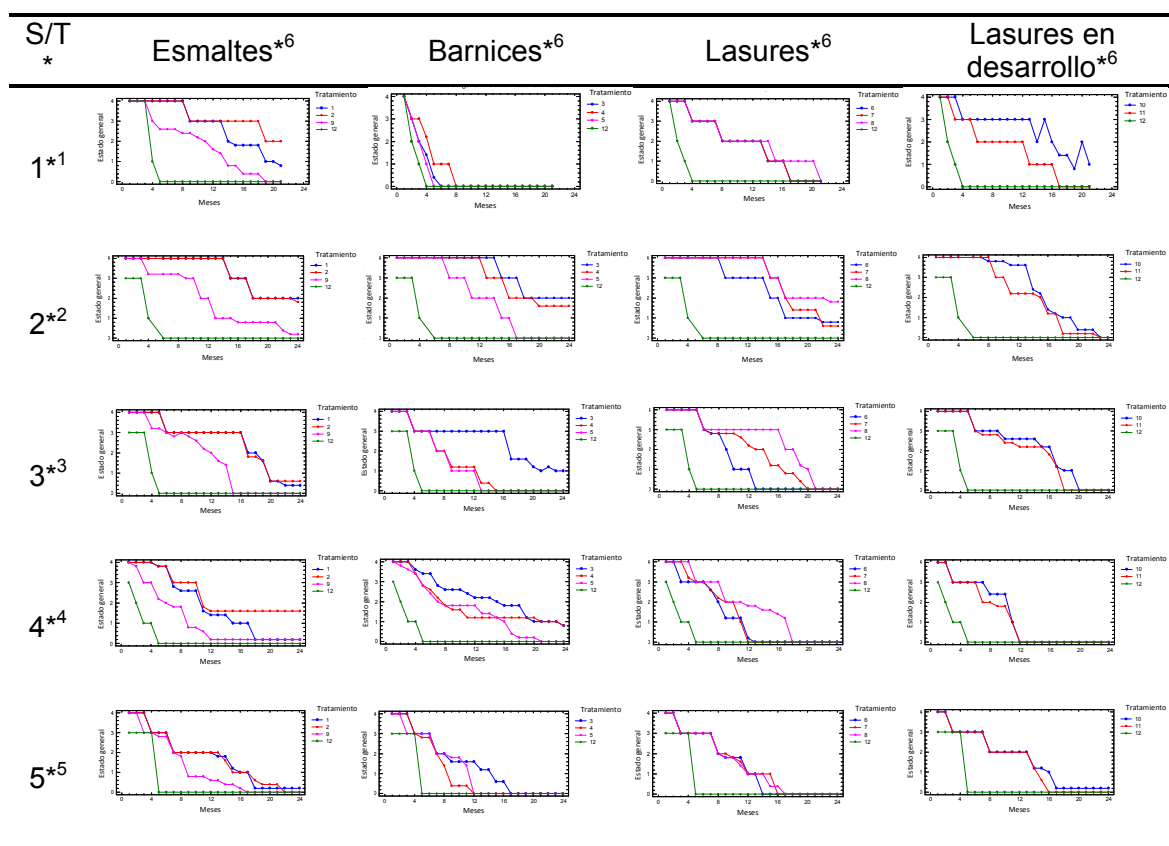
En cuanto al color observado en la superficie de las maderas, los resultados obtenidos se condicen con lo estudiado por Gonzalez de Cademartori *et al.* (2015), Chang *et al.* (1982) y Avila Delucis *et al.* (2016), quienes reportan una disminución del color natural de la madera una vez que el recubriente pierde su vida útil.

Al respecto, en Argentina, el único trabajo hallado con características similares al presente, se realizó en la provincia de Corrientes mediante un estudio fotográfico, en una vivienda de madera recubierta con una pintura plástica texturable. En este sentido, los autores observaron un gran deterioro en los nudos y zonas cercanas a los mismos, pérdida de color, fisuras, desprendimientos y rajado de la película en sentido longitudinal (Rizzolo *et al.*, 2003), esto se correlaciona con lo observado en este ensayo si bien los sitios de estudio fueron distintos.

3. 3. Análisis de mejor desempeño

De modo de poder analizar en forma conjunta, la totalidad de los tratamientos y los sitios, en la tabla 5 se muestra una compilación de los gráficos expuestos precedentemente.

Tabla 5. Tabla de comparación de recubrientes



*S/T= Sitio/Tratamiento. *¹ Sitio 1: La Plata. *² Sitio 2: EEA INTA Bariloche. *³ Sitio 3: Aserradero GW Bariloche. *⁴ Sitio 4: INTA El Bolsón. *⁵ Sitio 5: INTA Trevelin. *⁶ Compilación de los gráficos mencionados con anterioridad en los que se representa el estado general vs. meses por tratamientos.

De la tabla 5 se depende, en términos generales, que el comportamiento en cada sitio para cada tratamiento no fue similar.

De acuerdo a lo observado, para el sitio La Plata, el mejor comportamiento lo tuvo el esmalte al agua. En este sentido, el tratamiento 2 (esmalte al agua) se comportó muy bien en los sitios La Plata, INTA Bariloche e INTA El Bolsón.

En cuanto a los barnices, los sitios en el que mejor se comportaron, fueron en INTA Bariloche, en el sitio Aserradero GW y en El Bolsón; si bien el comportamiento no fue el ideal, ante ausencia de alternativa, el barniz puede funcionar.

Los lasures tuvieron un comportamiento medio-bajo en todos los sitios a excepción de los lasures, en el sitio INTA Bariloche.

Por último, los laures en desarrollo tuvieron su mejor performance en el sitio de La Plata con respecto a los 4 sitios patagónicos.

A raíz de lo expuesto podemos decir que, en términos generales, todos los recubrimientos se comportaron mejor en el sitio INTA Bariloche en conclusión también se cita el Bolsón, mientras que en el sitio La Plata algunos decaimientos fueron abruptos, de forma similar a lo que ocurrió en Trevelin.

Capítulo IV

Conclusión

De acuerdo a lo ensayado se puede concluir que todos los productos tuvieron un comportamiento diferencial de acuerdo al sitio donde fueron expuestos. En este sentido, en La Plata, los esmaltes al solvente y al agua tuvieron buen comportamiento, conservando las propiedades inherentes de un recubriente, asimismo el esmalte al agua tuvo un mejor comportamiento, mientras que los barnices tuvieron un rápido decaimiento con inicial pérdida de brillo, seguido de cuarteo/fractura y posterior desprendimiento de película, el fin de la vida útil como protector de intemperismo se pudo observar a 105 días de exposición siendo similar para los tres productos ensayados. El resto de los productos tuvieron un comportamiento similar a lo largo de la exposición. En cuanto a los lasures en desarrollo, para este sitio, podemos concluir en que es necesario trabajar sobre el componente fungicida de los mismos.

Para el caso del sitio INTA Bariloche podemos concluir que todos los recubrientes se comportaron de manera similar, esto se puede atribuir al efecto moderador del lago con respecto al clima. De esta manera los esmaltes al agua y al solvente, los lasures y los barnices tuvieron una performance similar, no perdiendo su vida útil a lo largo del ensayo. Para el caso del esmalte acrílico y los productos en desarrollo se concluye que tuvieron un rápido desarrollo fúngico y un desgaste acelerado perdiendo su función de recubriente. En contraposición a lo antedicho, para el tercer sitio estudiando (Aserradero GW) los recubrientes perdieron su vida útil más rápidamente que el sitio anteriormente analizado.

En cuanto al expositor ubicado en INTA El Bolsón, los productos se comportaron de manera diferencial. Los 3 lasures, experimentaron el fin de su vida útil al año o año y medio de evaluación, mientras que los lasures en desarrollo en otras zonas se comportaron mejor; en este sitio hubo un rápido decaimiento perdiendo la vida útil al año. Para este sitio los mejores productos ensayados fueron el esmalte al agua y los barnices.

Por su parte el expositor de Trevelin experimentó un rápido decaimiento en todos los recubrientes, siendo los mejores los esmaltes al solvente y al agua, que si bien no perdieron su vida útil arrojaron valores cercanos a 0.

En este sentido observamos que hay diferencias según el sitio de exposición, en términos generales se puede concluir que el comportamiento de los recubrientes en los

sitios de Bariloche y El Bolsón tuvieron un decaimiento prolongado en el tiempo, mientras que en los sitios de La Plata y Trevelin el decaimiento fue abrupto. Esto se condice con las condiciones climáticas establecidas por Köppen, en este sentido estas juegan un papel fundamental en el desempeño de los recubrientes, ya que son quienes ejercen el fenómeno del intemperismo, cuanto mayor es la moderación de las variables meteorológicas mayor será la duración de los recubrientes.

Participación

En este trabajo se destaca la participación del Lic. Ricardo Cámara, Responsable Técnico de la empresa Química Bosques SA, quien proveyó los productos analizados en este ensayo. Ing. Juan Diez, EEA INTA Bariloche, quien se encargó de tomar fotografías de las muestras y realizar la descripción de ellas en dicho sitio. Ing. Juan Basil, quien estuvo a cargo del expositor ubicado en INTA El Bolsón tomando fotografías y de la descripción del ensayo. Tco. Martin Honorato, quien se encargó de tomar fotografías y realizar la descripción del ensayo en EEA INTA Trevelin.

Bibliografía

Andenmatten, E.; Rey, M & Letourneau F. (2000). "Pino ponderosa (Pinus ponderosa (Dougl Ex. Laws). Tabla de volumen estándar de aplicación en la región Andina de Río Negro y Chubut". SAGyP. INTA. EEA S.C. de Bariloche. Área Forestal, Silvicultura. Comunicación Técnica N° 17. Páginas

ASEFAPI. (2010). Asociación Española de Fabricantes de Pinturas y Tintas de imprimir. Criterios Ecológicos para la Selección de Pinturas y Barnices 28 p.

Avila Delucis R., René Herrera Diaz, Jalel Labidi, Darci Alberto Gatto (2016). Color de la madera de dos eucaliptos expuestas a la intemperie natural en tres entornos ambientales diferentes. Revista Maderas Ciencia y Tecnología. 10 p.

Cassens, D. & Feist, W. (1991) Exterior Wood in the South: Selection, Applications and finishes. Gen. Tech. Rep. FPL-GTR-69. Madison, WI. United States Department of Agriculture. Forest Service, Forest Products Laboratory. 60 p.

Chang S.; Hon D.; Feist W. (1982). Photodegradation and photoprotection of Wood surfaces. Wood and Fiber, 14(2), 1982, pp. 104-117. 14 p.

- Díaz, A. (1997). "Forestar en Patagonia". Ed. CIEFAP-GTZ-INTA. Argentina. 14 p.
- Flores-Velázquez, R.; A. Borja-de la Rosa; F. Zamudio-Sánchez; M. Fuentes-Salinas; E. González-Estrada (2001). Determinación a través de pruebas aceleradas, de la vida útil del acabado para exteriores en madera de pino y encino. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 7(1): 99-105. 7 p.
- Feist William. (1988) Capítulo de libro. Outdoor Wood Weathering and Protection Rowell, Roger M.; Barbour, R. James, eds. Archaeological wood: properties, chemistry, and preservation. Advances in Chemistry Series 225. Proceedings of 196th meeting of the American Chemical Society; 1988 September 25-28; Los Angeles. Washington, DC: American Chemical Society. Chaptler 11. Páginas
- Garay Moena Rose Marie (2007). Impregnantes tipo lasur para la protección superficial de maderas y tableros. Revista Agro-Ciencia 23(1): 25-36, 2007. 12 p.
- Gonda, H.; Mohr Bell, D.; Sbrancia, R.; Lencinas, J.; Bava, J.; Monte, C.; Montoro, A.; Siebert, A.; García, E.; Menéndez, J.; Lutz, G.; Roccia, A.; Van Houtte, J.; Toth, A.; (2009). "Inventario del bosque implantado en la provincia de Neuquén". Ecogestión 2009. Primera reunión sobre planificación y legislación forestal. 18 pp.
- Gonzalez de Cademartori Pedro Henrique, André Luiz Missio, Bruno Dufau Mattos, Darci Alberto Gatto (2015). Natural Weathering Performance of Three Fast-Growing Eucalypt Woods. Revista Maderas. Ciencia y tecnología 17(4): 799 – 808. 10 p.
- Keil, G. (2012). Apuntes del curso de Xilotecología. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. UNLP. 10 p.
- Plan Forestal Provincial (2007). La Forestación en Neuquén. 55 p.
- Rizzolo D.; Albani O.; Schvezov C. (2003). Evaluación de la resistencia a la intemperie de maderas revestidas con pinturas en la provincia de Misiones. Primeros avances. Jornadas SAM/ CONAMET/ Simposio Materia. 4 p.
- Rodríguez-Anda R.; F. J. Fuentes-Talavera (2003). Factores que intervienen en el proceso de envejecimiento de la madera. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 9(1): 95-100, 2003. 6 p.
- Spavento E. (2011). Informe consultoría: estudio de identificación de productos y mercados potenciales para el sector forestal. Proyecto de Manejo Sustentable de

Recursos Naturales Componente II Plantaciones Forestales Sustentables BIRF 7520-AR.
257 p.

Tamarit-Urias J. C.; A. Borja-de la Rosa; R. Flores-Velázquez; A. Corona-Ambríz.
(2003). Vida útil de dos barnices para exteriores mediante intemperismo artificial en
madera de aile, pino y encino. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente
8(1): 83. 8 p.

UNE – EN 927-3 (2000) Pinturas y barnices: materiales de recubrimiento y
sistemas de recubrimiento para madera exterior. Ensayo de envejecimiento natural, Parte
3. Páginas

Williams, S. (2005). Weathering of Wood. Capítulo de libro. Handbook of wood
chemistry and wood composites / edited by Roger M. Rowell. Chapter 7. 50 p.

www.softwood.org/cms/data/img/uploads/files/SEC_PondPine_UK.pdf 2005