

## TÍTULO

**EVALUACIÓN DE RECUBRIMIENTOS DE USO EXTERIOR APLICADOS EN MADERA DE PINO PONDEROSA (*PINUS PONDEROSA* DOUGL. EX LAWS) EXPUESTA EN EL PARTIDO DE LA PLATA, ARGENTINA.**

## AUTORES

Keil, Gabriel<sup>1,5</sup>; Carla Taraborelli<sup>2,5</sup>; Mercedes Refort<sup>3,5</sup>; Laura Maly<sup>4,5</sup> & Ricardo Cámara<sup>6</sup>

1. Profesor Titular. Director del LIMAD. Curso de Xilotecología. Profesor Adjunto. Curso de Industrias de Transformación Mecánica. [gabrieldkeil@yahoo.com.ar](mailto:gabrieldkeil@yahoo.com.ar)

2. Ayudante Alumno. Cursos de Xilotecología e Industrias de Transformación Mecánica. [carlataraborelli@gmail.com](mailto:carlataraborelli@gmail.com)

3. Ayudante Diplomada. Curso de Xilotecología. [mmrefort@gmail.com](mailto:mmrefort@gmail.com)

4. Jefe de Trabajos Prácticos. Curso de Análisis Estadístico. [memaly@gmail.com](mailto:memaly@gmail.com)

5. Laboratorio de Investigaciones en Madera (LIMAD). Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Nacional de la Plata. Argentina

6. Responsable Técnico. Empresa Química Bosques. [rcamera@qbosques.com](mailto:rcamera@qbosques.com)

## RESUMEN

La madera es deteriorada en servicio por diversos agentes físicos tales como: erosión, radiaciones y variaciones térmicas, que sumado a la acción del agua, inician el deterioro favoreciendo el desarrollo de agentes biológicos como mohos y hongos, proceso denominado *intemperismo*. Los recubrimientos son productos que se aplican sobre la superficie de la madera para preservarla y embellecerla. Existen en el mercado productos para la madera, pero ninguno ensayado específicamente en pino ponderosa. Porosidad, resinas, nudos y médula entre otras anomalías, son características importantes que influyen en la incorporación y anclaje del recubrimiento en la madera, su efectividad y permanencia. El objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento de 9 productos de mercado y dos tendencias aún no difundidas en el país, aplicados sobre madera de pino ponderosa al exterior en La Plata, Argentina (34° 58' S, 57° 59' W). Según la norma UNE – EN 927-3 se registraron fotográficamente y se evaluaron visualmente cada 30 días, durante 21 meses: color, brillo, grietas, manchas de clavos y hongos, permanencia del recubrimiento y estado general madera/recubrimiento. La evolución de los parámetros se cuantificó y transformó en *curvas de deterioro*, graficadas en eje coordenados en función de calidad del recubrimiento versus tiempo de exposición. Analizando el estado general, los 3 barnices ensayados tuvieron un rápido decaimiento a partir del cuarto mes de exposición, los 3 lasures oscuros experimentaron un comportamiento aceptable, mostrando un decaimiento a partir del mes 16. De los 3 esmaltes sintéticos blancos, el acrílico tuvo un decaimiento antes del año mientras que los esmaltes al agua y al solvente tuvieron muy buen performance a lo largo del tratamiento. Los dos productos en desarrollo: lasur altos sólidos y lasur semitransparente, de comportamiento similar, decayeron a partir del mes 15. Concluyendo que se encontraron diferencias importantes entre la vida útil de los productos ensayados.

**PALABRAS CLAVE:** barnices, lasures, esmaltes, intemperismo, decaimiento

## INTRODUCCIÓN

Existe a nivel nacional un creciente interés de la comunidad en general por las fortalezas del sistema constructivo de entramado con madera, con terminaciones exteriores con distintos grados de exposición – madera totalmente expuesta, en exterior con protección por diseño, galerías, deck -, que son necesarios proteger de agentes biológicos y climáticos (Keil, et al, 2015). A las maderas tradicionales usadas en las construcciones, como pinos resinosos del NEA (*Pinus taeda* y *P. elliottii*) y *Eucllyptus grandis*, se suman otras del monte implantados tales como sauces, álamos y *Pinus ponderosa* (Refort, 2016). En Uruguay y Brasil, existen experiencias similares a la Argentina en la construcción de madera empleando productos de madera maciza y encolados, con necesidades concretas de contar con productos protectores con vidas útiles predecibles según uso (Baño & Moya, 2015; Barbosa de Abreu et al, 2015).

En Neuquén, Rio Negro y Chubut - Patagonia Argentina - se encuentran forestadas alrededor de 70.000 ha con pináceas, de las cuales 56.000 ha corresponden a *Pinus ponderosa* Dougl. ex Laws (Spavento & Keil, 2011). Los principales productos de madera de pino ponderosa presentes en el mercado local tienen como destino la construcción: postes para construcción de cabañas, tablas y tirantes, machimbres para revestimientos, vigas laminadas y ladrillos de madera para viviendas (Keil, et al, 2015).

La madera es deteriorada en servicio por diversos agentes, entre ellos los agentes físicos tales como la erosión, radiaciones y variaciones térmicas, que sumado a la acción del agua tanto en fase líquida como vapor, inician el deterioro favoreciendo las condiciones para el desarrollo de agentes biológicos como mohos y hongos. Este proceso de deterioro general de la madera se lo conoce como *intemperismo* (JUNAC, 1988).

Por otro lado, se puede definir a los recubrimientos como productos que se aplican sobre la superficie de la madera con la finalidad de preservarla del deterioro producido por la acción de los agentes físicos, además de embellecerla. Existen en el mercado una serie de productos para la madera, pero ninguno ensayado específicamente en madera de pino ponderosa. La porosidad, resinas, densidad, grano inclinado, diferencias entre leño temprano y tardío, nudos, son las anomalías más importantes que pueden influir en la correcta incorporación y anclaje del recubrimiento en la madera, así como también su efectividad y permanencia durante la vida útil (Keil, 2012).

En cuanto a las características particulares de los productos, 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 y los productos denominados a *poro abierto*, que sólo forman una micropelícula de 25 micrones de espesor como máximo, conocidos como *lasure*s, que actúan protegiendo la madera de la intemperie pero permitiendo el intercambio de agua en fase vapor, favoreciendo la estabilización higroscópica con el ambiente. La gama de productos van desde aquellos totalmente opacos, que no permiten ver la madera y se encuentran representados por los esmaltes pigmentados, hasta aquellos totalmente transparentes, pigmentados o no, que protegen la madera resaltando su belleza natural como los barnices, lacas y *lasure*s. En la franja intermedia se encuentran aquellos que permiten visualizar las vetas de la madera morigerando su intensidad, y se los conoce como productos semitransparentes, los que suelen ser pigmentados. (Norma UNE-EN 927-3).

Los recubrimientos han evolucionado hacia la utilización de solventes más amigables con el ambiente, con menor contenido de VOC's (*Volatile Organic Compounds*), dando lugar a la aparición de productos de alto contenido de sólidos, incluso llegando a la casi eliminación de los VOC's, como en el caso de los productos que utilizan el agua como solvente (ASEFAPI, 2010).

Dado el auge de las construcciones con madera en general, y la utilización de la madera de pino ponderosa en productos para la construcción en particular, la evaluación de recubrimientos es de carácter relevante ya que permitirá la correcta elección de un producto para preservar dicha madera, de acuerdo a la zona, exposición y al

propósito buscado, logrando así la mayor permanencia posible del producto en el material manteniendo sus características originales en el tiempo.

### OBJETIVOS

El objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento de 9 productos de mercado y dos tendencias aún no difundidas en el país, aplicados sobre madera de pino ponderosa expuesta al exterior en La Plata, Argentina

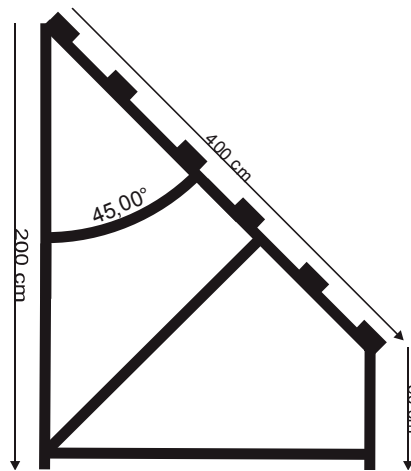
### MATERIALES Y MÉTODOS

Se analizó el comportamiento de distintos productos de mercado y nuevas tendencias, aún no difundidas - 11 productos en total - aplicados sobre madera de pino ponderosa, expuesta a la intemperie en el Partido de La Plata con clima templado húmedo (34° 58' S, 57° 59' W).

El material usado como sustrato fue madera de pino ponderosa de 29 años de edad, proveniente de forestaciones de la Empresa CORFONE SA, en la localidad de Abra Ancha en la Provincia de Neuquén. El material fue recepcionado en el laboratorio del LIMAD en forma de tablas secas en horno y cepilladas, procesadas en el aserradero de la Empresa CORFONE ubicada en el Parque Industrial de Junín de los Andes, Neuquén. Las tablas de ensayo fueron dimensionadas en un tamaño de 25mm x 125mm x 500 mm y luego clasificadas e identificadas con número correlativo - 1 a 72 - en la cara posterior, - 6 tablas por cada tratamiento más 6 tablas usadas como testigos sin recubrimiento -.

Se realizó una selección de las probetas eligiendo para el ensayo, aquellas libres de defectos tales como: rajaduras, nudos sueltos, grietas y alabeos. Una vez seleccionadas las probetas se procedió a la identificación numérica de las mismas y a la determinación de su contenido de humedad. El contenido de humedad fue determinado mediante Xilohigrómetro de resistencia de la marca GANT, colocando los sensores en la parte central de la cara posterior de cada probeta.

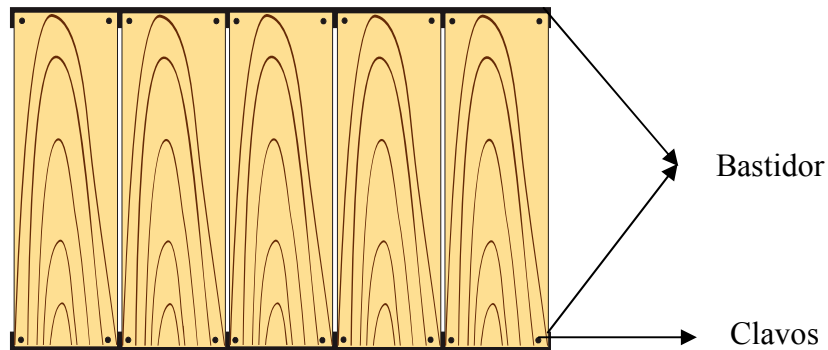
Para la colocación de las muestras a campo se fabricó una estructura portante de hierro la cual consta de caños cuadrados de 2", separado 50 cm del suelo, de dos metros de alto por cuatro metros de largo, por último se colocó un caño a 45 grados donde se depositaron las muestras (figura 1). El expositor se posicionó hacia el norte, otorgándole a las probetas la exposición más favorable a la degradación. Con el fin de que las malezas no invadiesen el ensayo se cubrió la superficie del suelo con un polietileno negro de 200 micrones, de esta forma se evitó la utilización de productos químicos herbicidas que pudiesen influenciar en los resultados del ensayo. El expositor, una vez soldado fue pintado con una mano de pintura antióxido y dos manos de esmalte sintético negro brillante.



**Figura 1.** Esquema representativo de la estructura portante.

Las probetas clasificadas e identificadas fueron pintadas con pincel, cada tratamiento fue aplicado siguiendo estrictamente las indicaciones del fabricante inscriptas en los envases. Se aplicaron dos manos, separadas 24 horas cada mano. Se utilizaron productos del mercado y otros en desarrollo, todos ellos fueron aportados por la empresa Química Bosques S. A.

Una vez secas se clavaron 5 tablas con el mismo tratamiento sobre dos listones de cancharana (*Cabrlea oblongifolia*), especie muy durable al exterior (Figura 2), formando un bastidor, dejando un centímetro entre cada tabla. Una vez unidas las tablas a los listones de cancharana, se procedió a aplicar la tercera mano sólo en la cara de exposición, cabezas y cantos. Entre cada mano se pasó una lija suave blanca, grano 180 y un paño para quitar el polvo de la superficie. La sexta tabla de cada tratamiento permaneció en el laboratorio sin exponer al exterior (Foto 1).



**Figura 2.** Esquema del bastidor con sus tablas clavadas

En la siguiente tabla se resumen los tratamientos (foto 1)

**Tabla 1.** 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 del mercado marca A
T4	Barniz brillante B	3 manos a pincel	Producto del mercado marca B
T5	Barniz brillante C	3 manos a pincel	Producto del mercado marca C
T6	Lasur al solvente A	3 manos a pincel	Producto del mercado marca A
T7	Lasur al solvente B	3 manos a pincel	Producto del mercado marca B
T8	Lasur al agua	3 manos a pincel	Producto del mercado
T9	Esmalte acrílico exterior	3 manos a pincel	Producto del mercado
T10	Lasur semitransparente	3 manos a pincel	Producto en desarrollo
T11	Lasur altos sólidos	2 manos con paño	Producto en desarrollo
Testigo	Sin recubrimiento	Sin aplicación	-



**Foto 1.** Tratamientos ordenados de izquierda a derecha en orden ascendente -1 a 11 – y testigo.

Para los estudios se tomó como referencia la norma UNE – EN 927-3. Pinturas y barnices: materiales de recubrimiento y sistemas de recubrimiento para madera exterior. Ensayo de envejecimiento natural, Parte 3.

El expositor fue instalado 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° 58' S, longitud 57° 59' W. El mismo fue ubicado con exposición norte, en un lugar libre de edificaciones y sin árboles u otro objeto que pueda interferir en la irradiación y en el resto de las condiciones ambientales. Próximo a la estación agrometeorológica, de donde se obtuvieron, los datos climáticos de cada día de exposición.

Los bastidores fueron ubicados, amarrados con 4 precintos plásticos, en orden creciente del número del tratamiento de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo, quedando dispuestos 5 tratamientos en la línea superior, 5 en la línea media, 1 tratamiento y el testigo en la línea inferior (foto 2).



**Foto 2 y 3.** Aspecto de los tratamientos al inicio y al día 660 de exposición, respectivamente.

Se realizaron evaluaciones visuales cada 30 días, desde el primer día de exposición –diciembre de 2012 – hasta cumplidos los 660 días – septiembre de 2014 -. Para los 21 meses de evaluación se tomaron fotografías y se realizaron observaciones para cada tratamiento, evaluando 8 variables: brillo, cambio de color, agrietamiento de la probeta, restos de tanatos de hierro proveniente de los clavos, presencia de hongos, desgaste de recubriente, alabeos y estado general. Una vez obtenidas las evaluaciones y fotografías de los 21 meses se procedió al análisis de cada variable por tratamiento, otorgándole valores de 0 a 4, siendo el valor de 4 el mejor estado y 0 el peor. Una vez obtenidos todos los valores se realizó un promedio de las 5 muestras por tratamiento realizando gráficos de cada variable subdivididas en esmaltes sintéticos, barnices, lasures, esmalte acrílico, y lasures no comerciales, en cada caso se incluyó al testigo.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Contenido de humedad y densidad

El contenido de humedad medio de las 72 probetas fue de 11,98%, con valores mínimos y máximos de 10% y 14%, respectivamente. Siendo la densidad media de la madera de ensayo de 0,43 g/cm<sup>3</sup>.

### Datos meteorológicos

A continuación se presentan los datos meteorológicos obtenidos del Boletín Agrometeorológico Mensual. Climatología y Fenología Agrícola. Estación Experimental J. Hirschorn. FCAyF. UNLP.

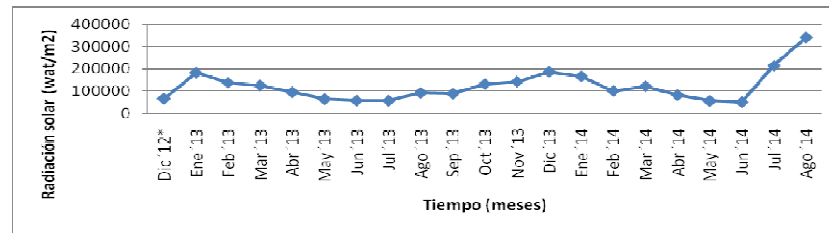


Gráfico 1. Radiación solar.

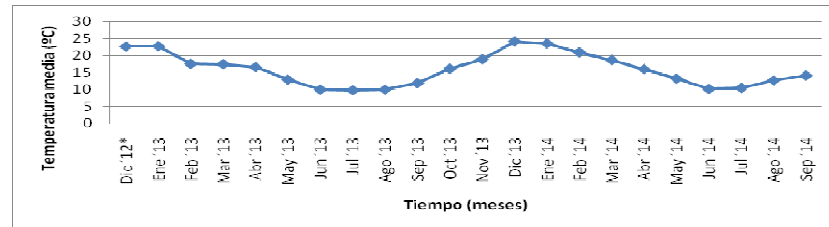


Gráfico 2. Temperatura

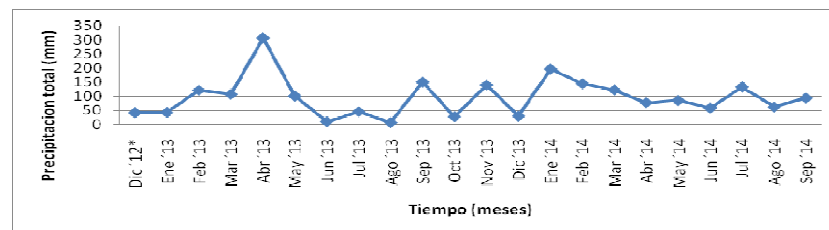


Gráfico 3. Precipitación total.

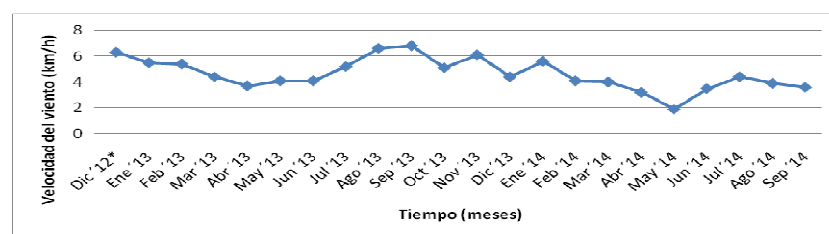
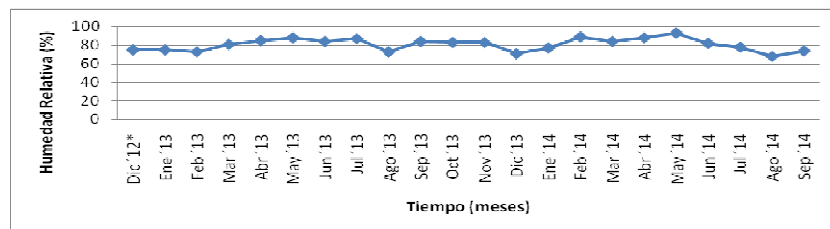


Gráfico 4. Velocidad del viento.



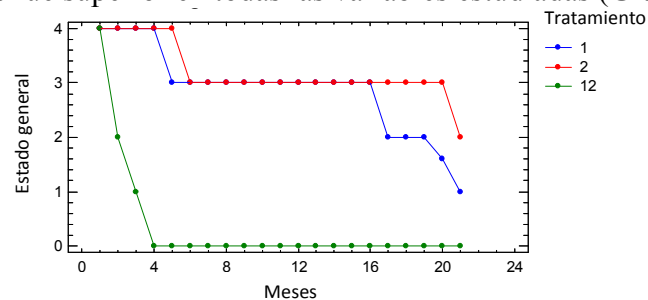
**Gráfico 5.** Humedad relativa.

Como se desprende de los gráficos meteorológicos, en la primera parte del ensayo se evaluaron los desempeños de los productos durante los meses de verano y primavera, en los cuales los productos estuvieron expuestos a elevados valores de radiación solar y altas temperaturas (Gráficos 1 y 2), entre los factores de mayor incidencia sobre la vida útil de estos productos. Además, los altos valores precipitaciones – excepcional en abril de 2013 y de HR – en torno al 80% - fueron propicios para el desarrollo de moho y hongos en algunos tratamientos (Gráficos 3 y 5). La zona se caracteriza por vientos moderados y de baja intensidad, con mayor incidencia durante los meses de primavera (Gráfico 4).

### Evaluación

De acuerdo con los resultados de la evaluación de la variable “estado general” – ponderando: brillo, cambio de color, agrietamiento de la probeta, restos de tanatos de hierro proveniente de los clavos, presencia de hongos, desgaste de recubriente y alabeos -, se pudo observar un comportamiento variable entre los diferentes tratamientos, de esta manera hubo casos en donde se observó un rápido decaimiento, mientras que en otros tratamientos al mes 21 de evaluación continuaban siendo funcionales.

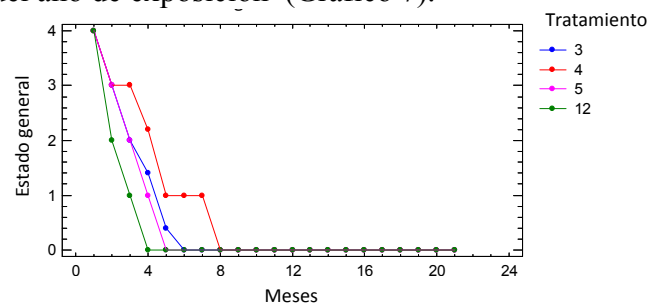
Para el caso de los esmaltes al solvente y al agua (tratamientos 1 y 2, respectivamente), se observó que su desempeño comenzó a decaer antes del año, no obstante se mantuvieron durante los 21 meses de evaluación no perdiendo su función de recubriente. En términos generales para el tratamiento 1, las 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 comportamientos de los primeros dos tratamientos fue superior en todas las variables estudiadas (Gráfico 6).



**Gráfico 6.** Curvas de decaimiento de esmaltes sintéticos

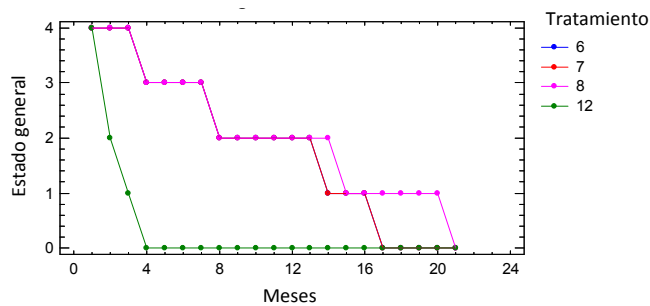
Del análisis descriptivo puede observarse que los barnices (tratamientos 3, 4 y 5) tuvieron un decaimiento abrupto de su vida útil bastante antes del año de exposición. En este sentido en el tratamiento 3 las variables cambio de color y de brillo tuvieron mayor influencia, aunque en general en todos ellos el decaimiento arrojó valores significativos, 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 significativas 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 pero decayendo antes del año de exposición (Gráfico 7).



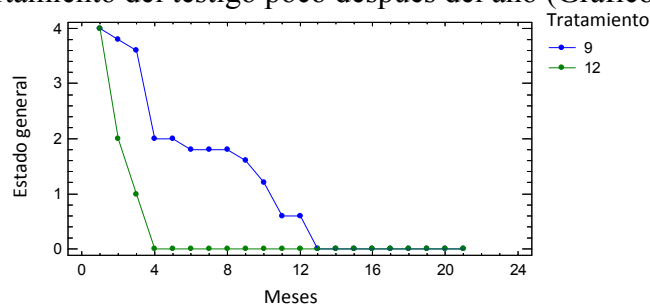
**Gráfico 7.** Curvas de decaimiento de barnices.

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, estas a su vez trajeron aparejada un agrietamiento de la probeta gradual hasta el fin de su vida útil, mientras que para el desarrollo de mohos no hay 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 (Gráfico 8).



**Gráfico 8.** Curvas de decaimiento de lasures.

En el caso del tratamiento 9, pintura acrílica, se observó un decaimiento acelerado finalizando su vida útil a los 12 meses. La variable crítica para este caso fue la del agrietamiento del recubriente, posiblemente debido a que la película y 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 comportamiento del testigo poco después del año (Gráfico 9).

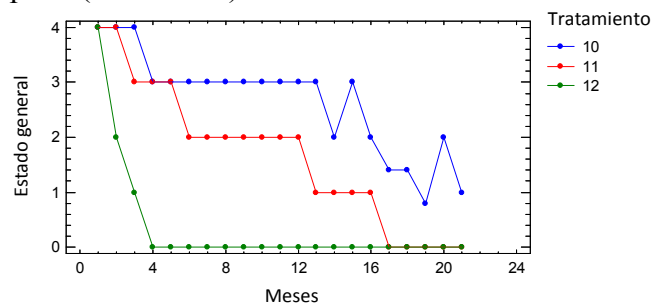


**Gráfico 9.** Curva de decaimiento de esmalte acrílico.

De acuerdo a los resultados se observó, en todas las variables un comportamiento diferencial entre el lasur semitransparente y el lasur alto sólido (tratamiento 10 y 11 respectivamente). En las variables de cambio de brillo, de color y desgaste de recubriente el lasur alto sólido 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 nombradas 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, el tratamiento 10 sufrió un desarrollo de mohos importante, que cubrieron la superficie de las muestras. 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 no lo hizo pero se evidenciaron rasgos de decaimiento. En comparación con el testigo los dos lasures tuvieron un mejor desempeño (Gráfico 10).



**Gráfico 10.** Curvas de decaimiento de lasures en desarrollo.

## CONCLUSIONES

En el análisis de 660 días de exposición de los recubrimientos se observó lo siguiente:

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.

Los 3 **barnices** tuvieron un rápido decaimiento con inicial pérdida de brillo, seguido de cuarteo 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.

Los 3 **lasures**, experimentaron el fin de su vida útil en coincidencia con la finalización del período de evaluación, manifestando un decaimiento gradual con el tiempo de exposición.

El **esmalte blanco acrílico** sufrió un rápido agrietamiento presuntamente debido a su alta adherencia y rigidez, no acompañando el movimiento de la madera durante los períodos de humedecimiento y desecación, logrando así su pérdida de vida útil al año aproximadamente.

El **lasur semitransparente** tuvo deficiencias en el control del desarrollo de hongos que proliferaron en la interfaz micropelícula/madera, a pesar de esto la micropelícula mantuvo sus propiedades iniciales.

El **componente altos sólidos** tuvo un desempeño similar al lasur semitransparente y aunque su vida útil decayó luego del año y medio de exposición.

El **testigo** se mantuvo dentro de los rangos esperables con un agrisado superficial y manchas de tanato de hierro a partir de las cabezas de los clavos.

## CONTINUACIÓN DE LOS ESTUDIOS

Durante el segundo semestre de 2013 se instalaron cuatro nuevos expositores, dos en Bariloche, provincia de Río Negro (INTA EEA próxima al lago Nahuel Huapi y aserradero GW) y dos en la provincia de Chubut, INTA Estación Forestal Gral. San Martín al sur de la localidad de El Bolsón y el restante en la estación de INTA Trevelin, al sur de la localidad de Esquel. Con el fin de estudiar el comportamiento de los recubrimientos en el clima característico donde se emplea mayoritariamente la madera de pino ponderosa en la actualidad. En base a

los resultados del presente trabajo, se ha mejorado la composición del lasur semitransparente y del componente altos sólidos.

## BIBLIOGRAFÍA

ASEFAPI. Asociación Española de Fabricantes de Pinturas y Tintas de imprimir. Criterios Ecológicos para la Selección de Pinturas y Barnices. (2010). "Criterios Ecológicos para la selección de pinturas y barnices". 28 pp.

Baño, V. & L. Moya. (2015). "Tecnología de la construcción con madera en Uruguay. Estado del arte y perspectivas". Universidad de Lavras. II Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira. Belo Horizonte, Brasil. Trabajo completo.

Barbosa de Abreu, L.; Tarcísio Lima, J.; Moreira Da Silva, J. R. & Ravelo, G. F.. (2015). "Projeto de construção em madeira - Centro de Informações ao Visitante da UFLA". Universidad de Lavras. II Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira. Belo Horizonte, Brasil. Trabajo completo.

JUNAC (Junta del Acuerdo de Cartagena). 1988. Manual del Grupo Andino para La Preservación de Maderas. Proyecto Sub-Regional de Promoción Industrial de la Madera para la construcción. Lima-Peru. 150 pp.

Keil, G. (2012). Apuntes del curso de Xilotecología. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. UNLP

Keil, G.; E. Spavento; M. Murace; M. Tonello; M. Luna; G. Acdiaresi; L. Maly; M. Refort & I. Andía. PIA 10011. "Mejoras tencológicas de la madera juvenil de Pino ponderosa (*Pinus ponderosa Doug ex Laws*) para uso en productos sólidos y/o encolados". Investigación Forestal 2011 – 2015. Proyectos de Investigación Aplicada. UCAR. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación. Argentina. Cap. 6. Tecnología y Calidad de la madera. pp 343-346.

Keil, G; E. Spavento; E. Muñoz; S. Alegre; C. Taraborelli & M. Refort. (2015). "Construcción en madera: acción conjunta entre organismos estatales de educación/ extensión e investigación, una experiencia Argentina". Revista Ciência da Madeira (*Brazilian Journal of Wood Science*). Classificação Qualis 2014: B4 em Ciências Agrárias / B4 em Materiais. DOI: 10.12953/2177-6830/rcm.v6n2p112-121. <http://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/cienciadamadeira>.

Refort, M.M.; E. M. Spavento; C. E. Muñoz & G. Keil. (2016). "Revalorización de la madera de *Salix* sp mediante la construcción de una vivienda sustentable de alta prestación". V Jornadas Forestales Patagónicas (JFP 2016) – III Jornadas Forestales de Patagonia Sur. Organizan: INTA – CIEFAP – CONICET. 9 – 12 de noviembre. Esquel. Chubut. Aprobado.

Spavento, E. & Keil. (2011). "Identificación de productos y mercados potenciales para el sector forestal", en el marco del "Proyecto BIRF LN 7520 AR - Manejo Sustentable de Recursos Naturales Componente 2 – Plantaciones Forestales Sustentables. Ministerio de Agricultura de la Nación. Informe Final de 259 pp.

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