

**Actualización sobre el uso de biocidas para mejorar la durabilidad de maderas comerciales para uso estructural**Correa, M.V. <sup>a</sup>; Veloso G.D. <sup>a</sup>; Cobas A. C. <sup>b</sup>

- a. Laboratorio de Entrenamiento Mutidisciplinario para la Investigación Tecnológica, LEMIT. CIC-PBA.
- b. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas CONICET, Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires UNNOBA, Laboratorio de Ensayos de Materiales y Estructuras – Sede Junín LEMEJ.

mavecorrea@hotmail.com

**Resumen**

En las últimas décadas se ha propuesto la utilización de materiales más amigables con el medioambiente a la hora de elegir los que integren las construcciones a realizar. Es así que la madera vuelve a tomar relevancia en su utilización integral para fines tales como viviendas y edificaciones de utilidad comunitaria. Un aspecto relevante conocido de la madera es la caracterización de su durabilidad natural, la cual puede optimizarse mediante el uso de diferentes tratamientos y compuestos para tal fin. El objetivo de este trabajo fue evidenciar el abordaje metodológico para aumentar la durabilidad en servicio de maderas comerciales disponibles. Se revisaron las propuestas de tratamientos y productos autorizadas por la normativa vigente. Entre las variables se incluyeron el tipo de producto utilizado, su forma y tiempo de aplicación, su impacto sobre el material y sobre el medioambiente, su nivel de prevención en el biodeterioro del material, así como también los ensayos de laboratorio que avalan su utilización. Conocer los alcances y limitaciones de cada propuesta brindó la posibilidad de encontrar la metodología que permita el mejoramiento de la durabilidad natural de las maderas que integrarán las edificaciones y son las se requiere que amplíen su puesta en servicio.

**Palabras clave:** Maderas, Durabilidad, Normativa, Biocidas.**INTRODUCCIÓN**

La madera es uno de los materiales de construcción más antiguos que el hombre haya utilizado. Actualmente, es uno de los más económicos a la hora de comparar los costos, respecto de cualquiera de los otros materiales de construcción disponibles en el mercado. Es por ello que es el material más utilizado en la construcción de viviendas de bajo costo, las cuales generalmente tienen función de vivienda social [1]. Su origen es biológico, consiste en un ordenamiento de células vegetales con paredes

compuestas de celulosa, hemicelulosa y lignina en distintas proporciones. La gran diversidad de plantas leñosas se refleja en la variada morfología y composición química de su madera. Por lo general, se las puede dividir en dos grandes grupos, las frondosas (Angiospermas) y las coníferas (Gimnospermas). El contenido de celulosa está en los rangos de 40 a 50% con 15 a 25% de lignina y de 15 a 25% de hemicelulosa. El resto de los constituyentes son diversos compuestos extracelulares [2]. Es debido a esta composición que, bajo condiciones apropiadas, la madera es degradada fácilmente por una gran

diversidad de agentes biológicos. Una forma de proteger la madera de estos agentes es impregnarla con productos químicos. Sin embargo, el aumento de la concientización sobre el medioambiente y las regulaciones en torno a la toxicidad de estos productos ha provocado una restricción en el uso de los mismos [3]. Los biocidas químicos que se usan comúnmente para controlar el crecimiento del moho y de los hongos de descomposición de la madera no son adecuados para el medio ambiente y muchas veces no pueden ser usados para maderas de interior o que estén en contacto con comida, medicamentos, animales o personas [3]. En los últimos años, se han estado buscando productos químicos que sean respetuosos con el medio ambiente y métodos de modificación e impregnación que permitan mejorar propiedades de la madera tales como la durabilidad, la absorción de agua y la estabilidad dimensional. Existe entonces un gran interés por la utilización de sustancias no contaminantes que logren prevenir y controlar el deterioro ocasionado por agentes biológicos en la madera y que también logren evitar los daños que los productos químicos provocan. Lo más deseado es buscar alternativas naturales que sean fáciles de usar y que exhiban una toxicidad insignificante para los humanos [4]. La importancia que tiene lograr proteger la madera de los daños biológicos que la afectan radica en poder reducir la utilización de madera nueva que reemplace a la que ya no puede prestar servicio. De esta forma, el costo de la construcción en madera, será menor.

#### Productos utilizados

Se puede considerar las ventajas y desventajas para los biocidas con formulación tradicional, los que tienen biocidas de origen natural y los que son

para control biológico [5], como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Comparación de ventajas y desventajas en el uso de diferentes biocidas.

Productos a utilizar	Ventaja	Desventaja
Biocidas químicos con formulación tradicional	Amplia variedad de compuestos disponibles en el mercado. Costo accesible y generalmente fácil de aplicar. Efectivo contra diversos microorganismos. Aplicación en áreas de difícil acceso.	Tóxico para los operadores y el medio ambiente. Muy baja efectividad a largo plazo. No es selectivo contra agentes específicos. Crecimiento de comunidades resistentes a los biocidas. Posible modificación de las estructuras del biofilm favoreciendo el crecimiento de organismos más dañinos. El uso repetido puede dañar el material patrimonial.
Biocidas con formulaciones de origen natural	Generalmente más seguro para los seres humanos y más ecológico para el medio ambiente que los biocidas tradicionales. Generalmente fácil de aplicar. Eficaz contra una amplia gama de microorganismos. Aplicación en áreas de difícil acceso.	La composición del extracto depende de la temporada de cosecha, la ubicación geográfica y otros factores agronómicos. Pocos productos disponibles en el mercado. No selectivo contra biodeteriogenos específicos. Falta de experimentos que discutan la

Comentado [V1]: ampliar

		interferencia de los compuestos naturales con los materiales tratados.
Control biológico.	Inofensivo para los seres humanos y la salud ambiental. Relativamente fácil de configurar y mejorar. Eficaz contra una amplia gama de microorganismos. Selectivo para el microorganismo o objetivo. Aplicación en áreas remotas.	Falta de experimentos que discutan la interferencia con los materiales tratados. Falta de experimentos que evalúen la persistencia en el tiempo del tratamiento. Es necesario realizar una evaluación de costos.

Se conocen biocidas naturales provenientes de extractos de plantas que pueden ser utilizados en la conservación de la madera [6-8]. Se ha identificado el componente activo del aceite esencial proveniente de diferentes especies vegetales y se conoce su eficacia, Tabla 2

Tabla 2. Eficacia de los componentes activos de los biocidas obtenidos de aceites esenciales de diferentes especies vegetales.

Especie Vegetal	Compuestos activos mayoritarios	Eficacia
<i>Dianthus caryophyllus</i> L.	Monoterpeno/Eugenol	Alta
<i>Lavandula</i> sp.	Linalool	Alta
<i>Malaleuca alternifolia</i> A.M. y D.	4-Terpineol	Alta
<i>Mentha piperita</i>	Mentol/ Mentona	Alta

<i>Origanum syriacum</i> L.	Timol/ cis- $\beta$ -terpineol	Alta
<i>Origanum vulgare</i> L.	Timol/carvacol	Alta
<i>Thymus serpyllum</i> L.	Timol/Eugenol	Alta
<i>Thymus vulgaris</i> L.	Timol/Carvacol	Media

En base a resultados obtenidos de la aplicación de los aceites solos o combinados es que se proponen estos compuestos para el tratamiento de las maderas en post de aumentar su durabilidad natural [9-10].

#### Forma de aplicación

En nuestro país la aplicación de preservantes y biocidas para maderas se encuentra regulada bajo Norma IRAM [11].

Sistemas de inmersión o pulverización.

Tradicionalmente se ha protegido la madera mediante inmersión o rociado con varios productos y estas técnicas todavía se utilizan comúnmente para proporcionar protección temporal, por ejemplo prevención de la mancha azul en la albura antes del secado de la madera [12]. Este método proporciona una cantidad relativamente pequeña de producto químico a la superficie de la madera. El producto químico puede penetrar en la madera a través de un flujo capilar; sin embargo, la profundidad a la que los fluidos penetran en la madera en este proceso se limita típicamente a unos pocos mm, dependiendo de la especie de madera, la orientación de la veta (mayor penetración en la veta) y si la madera es albura o duramen. Por lo general, se usa inmersión o remojo cuando se requiere una mínima penetración de conservante. Estas aplicaciones

incluyen la protección temporal de la superficie (se estima 6 meses) de la madera aserrada recién aserrada contra las manchas y los hongos. La inmersión también se utiliza para el tratamiento de marcos de puertas y ventanas donde un tratamiento poco profundo a lo largo de la veta más una absorción más profunda a lo largo de la veta es suficiente para proteger la madera utilizada en aplicaciones sobre el suelo en combinación con una delgada película protectora de pintura. El remojo se usa a veces cuando los usuarios tienen tiempo para permitir que los materiales se remojen durante períodos prolongados. Los postes para cercas representan un excelente ejemplo de este tipo de aplicación y los conservantes a base de aceite se utilizan generalmente en estas aplicaciones [12].

La absorción de conservantes se puede mejorar ligeramente calentando el aceite, reduciendo así la viscosidad y mejorando el flujo hacia la madera. A medida que la madera se calienta en la solución de tratamiento, el aire del interior se expande. El aire se contrae a medida que la madera se enfría, atrayendo químicos adicionales a la madera. Estos procesos pueden aumentar la vida útil de la madera de 3 a 5 veces más que la madera no tratada [13].

#### Tratamientos en base a presión

El tratamiento conservante se puede mejorar utilizando combinaciones de vacío y presión, a veces con calentamiento. Estos procesos se realizan en un recipiente o cilindro, a menudo llamado retorta, capaz de soportar condiciones de presión / vacío. Se adjuntan a la retorta bombas de vacío y presión junto con tanques para contener el producto químico de tratamiento, y calentadores para

mantener las temperaturas de tratamiento.

Los tratamientos de vacío utilizan solo presión atmosférica para tratar los postes de especies de albura delgadas como el cedro rojo occidental o para impregnar ventanas, puertas y otros productos que se usarán fuera del contacto directo con el suelo en aplicaciones algo protegidas. El vacío elimina el aire de la madera y se introduce la solución conservante a medida que se libera el vacío. Luego se extrae el conservante en la madera por presión atmosférica. El primer proceso utilizó un vacío inicial para eliminar el aire de la madera. Luego se introdujo el conservante y luego se aumentó la presión. La cantidad de conservante inyectada en la madera se controla mediante varios manómetros y, una vez que se ha suministrado la cantidad deseada, se libera la presión. La liberación de presión da como resultado la expulsión de una cierta cantidad de productos químicos de la madera. Este material, llamado contragolpe, se recupera y se reutiliza. El proceso de célula completa o Bethel da como resultado una absorción máxima de productos químicos hasta la profundidad máxima del tratamiento. El proceso de celda completa se usa generalmente para tratar la madera con altas retenciones para aplicaciones marinas o para usar con el tratamiento de materiales a base de agua donde la concentración de conservante se puede ajustar para la aplicación prevista.

Los tratamientos de celda completa son útiles, pero pueden proporcionar demasiado solvente químico u orgánico para muchas aplicaciones. Se desarrollaron otros dos procesos, llamados procesos de células vacías, después del tratamiento de células completas para reducir los niveles de retención de conservantes. En el proceso Lowry, el conservante se

agrega al cilindro de tratamiento sin ningún vacío inicial. A medida que el conservante se introduce en la madera, se comprime una pequeña cantidad de aire en el centro de la madera [12].

Una vez que se logra la absorción de conservante deseada, se libera la presión y el aire comprimido se expande, expulsando parte de la solución de conservante originalmente impregnada en la madera. Este contragolpe adicional da como resultado retenciones de conservante mucho más bajas. El proceso de Rueping introduce presión de aire en el cilindro de tratamiento antes de agregar el producto químico de tratamiento. Luego, la presión se eleva y se mantiene como en los otros procesos. Esta presión de aire inicial da como resultado más aire atrapado en el centro de la madera, lo que resulta en más contragolpes y una retención de conservante aún menor [13].

Los procesos de celda vacía se utilizan típicamente para impregnar la madera con conservantes a base de aceite para aplicaciones terrestres. Estos incluyen postes de servicios públicos, traviesas de ferrocarril y puentes de madera [12].

#### Impacto sobre el material y sobre el medioambiente

La lixiviación de biocidas es una consideración importante en la durabilidad a largo plazo y cualquier potencial de impacto ambiental de los productos de madera tratados.

La retención de conservante en la madera tratada con biocida se varía intencionalmente de acuerdo con el uso final previsto, así como no intencionalmente como resultado de la variabilidad del sustrato de madera. Por lo general, la madera se trata con retenciones bajas cuando se destina a su uso sobre el suelo (como tarima exterior) y con retenciones más altas

para su uso en contacto con el suelo o agua de mar. En general, la lixiviación aumenta con retenciones más altas, pero esta tendencia no siempre es cierta, ni la lixiviación siempre es directamente proporcional a la retención [14].

#### Acondicionamiento posterior al tratamiento

Los biocidas que poseen los conservantes para la madera a base de agua se transportan inicialmente en ella, pero se vuelven resistentes a la lixiviación cuando se colocan en la madera. Esta resistencia a la lixiviación es el resultado de una variedad de mecanismos de "fijación" que difieren con la formulación del conservante y el biocida individual. La fijación puede ocurrir muy rápidamente durante el tratamiento con presión, mientras que otros pueden tardar días o incluso semanas en completarse, según las condiciones de procesamiento y almacenamiento posteriores al tratamiento [15].

#### Ensayos de laboratorio

Los métodos de laboratorio convencionales para evaluar la lixiviación de conservantes se desarrollaron principalmente para permitir la comparación entre formulaciones experimentales y proporcionar información sobre la resistencia a la lixiviación en lo que respecta a la durabilidad a largo plazo. Estos métodos utilizan la inmersión continua de muestras pequeñas con el objetivo de acelerar y amplificar la lixiviación. El método de lixiviación estandarizado más comúnmente utilizado para madera tratada con biocida es el Método estándar para la evaluación acelerada de la lixiviación de conservantes (AWPA E11-12), este

método especifica el tratamiento biocida para cubos pequeños (19 mm). [16]. El método europeo (EN 84) utiliza probetas algo más grandes (15 por 25 por 50 mm), no especifica agitación durante el ensayo de lixiviación. [17]. En nuestro país la evaluación de la eficacia de biocidas para el tratamiento de las maderas se realiza bajo norma IRAM [18].

#### Conclusiones

Diversos aceites esenciales de origen vegetal, han sido ensayados como biocidas mostrando resultados prometedores. Si bien la efectividad de los aceites esenciales puede presentar variaciones en los resultados experimentales, esto puede atribuirse a la variabilidad en la composición exacta de los principios activos y a que pueden utilizarse en combinación con otros provenientes de diferentes especies. Dentro de los componentes el eugenol, el carvacol y el timol pueden considerarse los más eficaces frente a la prevención del ataque de hongos xilófagos.

Existen ensayos estandarizados, tanto a nivel internacional como nacional, que permiten realizar el tratamiento de las maderas con dichos compuestos como así también conocer la retención del producto biocida, su lixiviación y su efectividad.

Uno de los principales beneficios que se obtienen del uso de compuestos naturales para la protección de la madera es su mínimo impacto ambiental al final de la vida útil del material tratado con ellos. Se plantea entonces una nueva línea de acción a la hora de llevar a cabo la implementación de la utilización de estos compuestos para el tratamiento de maderas de uso estructural.

#### REFERENCIAS

- [1] Zabel, R.A., Morrell, J.J., 1992. Wood Microbiology, Decay and its Prevention. Academic Press, Orlando, pp 476.
- [2] Tortorelli, L. 1956. Maderas y Bosques Argentinos. Ed. Acme. Buenos Aires.
- [3] Bulian F., Graystone J. A. 2009. Wood Coatings Theory and Practice. Ed Elsevier.
- [4] De Silva M, Henderson J (2011) Sustainability in conservation practice. J Inst Conserv 34:5–15.
- [5] Nugari, M.P.; Salvadori, O. Biodeterioration control of cultural heritage: Methods and products. In Molecular Biology and Cultural Heritage; Saiz-Jimenez, C., Ed.; Swets & Zeitlinger: Lisse, The Netherlands, 2003;pp. 233–242.
- [6] Yang, V. W.; Clausen, C. A. Int. Biodeterior. Biodegrad. 2007, 59, 302–306.
- [7] Yang, D. Q. For. Prod. J. 2009, 59, 97–103.
- [8] Kirker, G. T.; Blodgett, A. B.; Lebow, S.; Clausen, C. A. Int. Res. Group Wood Protect. 2013 Doc. No. IRG/WP/13-10808.
- [9] Singh, T.; Singh, A.P. A review on natural products as wood protectant. Wood Sci. Technol. 2012, 46, 851–870.
- [10] Mishra, P. K., Singh, P., Prakash, P., Kedia, A., Dubey, N. K., Chanotiya C. S. 2013. Assessing essential oil components as plant-based preservatives against fungi that deteriorate herbal raw materials. International Biodeterioration & Biodegradation vol 80 pp16-21.
- [11] Aplicación de biocidas (Norma IRAM 1047).
- [12] Taylor, A., & Morrell, J. J. (2014). Treatment technologies: Past and future. Deterioration and Protection of Sustainable Biomaterials, 203-216.

[13] Crawford, D. M.; Woodward, B. M.; Hatfield, C. A. Res. Note FPL-RN-02; U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory: Madison, WI, 2002.

[14] Townsend, T.; Solo-Gabriele, H. Environmental Impacts of Treated Wood; CRC Press, Taylor and Francis Group: Boca Raton, FL, 2006; pp 1–501.

[15] Hayward, D.; Lebow, S. T.; Brooks, K. M. In Managing Treated Wood in Aquatic Environments; Morrell, J. J., Brooks, K. M., Davis, C. M., Eds.; Forest Products Society: Madison, WI, 2011; pp 407–433.

[16] AWWA. Book of Standards; American Wood Protection Association: Birmingham, AL, 2013; pp 1–658.

[17] BS EN 84. British Standards Institute: London, 1997.

[18] Análisis de la eficacia de los biocidas (Norma IRAM 9518, Norma IRAM 9597).