

AZOLES DE COBRE EN LA PRESERVACIÓN DE LA MADERA EN MÉXICO

Luz Elena Alfonsina Ávila Calderón

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

lea.avilacalderon@gmail.com

Francisco Javier Castro Sánchez

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

maderadesarrollo2764@gmail.com

Marco Antonio Herrera Ferreyra

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

herrerafma@gmail.com

David Raya González

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

rayadavid@gmail.com

Resumen

En los últimos años, algunas sustancias preservantes de madera han sido objeto de restricciones en cuanto a sus aplicaciones debido a problemas de seguridad y toxicidad. Por esta razón, es necesario profundizar en el conocimiento de nuevas sales que aporten ventajas respecto a los ya existentes. En este trabajo se compilan los estudios del uso del cobre azol en maderas mexicanas, un preservante de menor impacto ambiental, como una alternativa al empleo de las sales CCA de las que ha sido restringido su uso en diversos países.

Palabra(s) Clave(s): durabilidad, baño caliente-frío, inmersión, presión-vacío, resistencia mecánica.

Abstract

Recently, some wood preservatives have been subject to restrictions on their applications due to safety and toxicity problems. For this reason, it is necessary to increase the knowledge of new chemicals that bring advantages over those already existing. This paper compiles studies of the use of copper azole in Mexican timber, a preservative of the lowest environmental impact, as an alternative to the use of chromated copper arsenate (CCA), the most common waterborne wood preservative, that have been restricted in several countries.

Keywords: *Durability, hot-cold bath, immersion, pressure-vacuum, mechanical resistance.*

1. Introducción

Actualmente la industria mundial de la preservación de la madera está claramente dividida en dos segmentos: uno que sirve al mercado de la construcción residencial y el segundo que sirve a mercados industriales. Históricamente, las sustancias preservantes más utilizadas son el pentaclorofenol (PCF), la creosota y el arsenato cromatado de cobre (CCA); de éstos el más antiguo es la creosota que data de 1681; hacia 1986 decrece el uso del PCF, que inició en 1931, y remonta la demanda de CCA, las cuales aparecieron en 1983 [Barnes y Murphy, 1995 citados por Machuca *et al.* 2006: 72]. En los últimos 20 años, los preservantes hidrosolubles han sido los más comunes, siendo el CCA el preservante más utilizado en el tratamiento a presión [Loferski, 2001: 284].

La percepción de riesgos a la salud humana, asociados con la presencia de arsénico en la madera tratada con CCA, ha dado lugar a la revisión en el ámbito internacional de las normas de formulación y códigos de uso. En Europa, la Comisión Directiva de la Unión Europea restringe el uso de arsénico por medio del acta 76/769/EEC decretada en el 2000 la cual establece que los compuestos de arsénico no deben ser utilizados para el tratamiento de preservación de la madera al menos que el uso final sea para instalaciones industriales. La industria de la preservación de la madera en los Estados Unidos voluntariamente limitó la disponibilidad de madera tratada con CCA para aplicaciones residenciales en

2003, con esto se restringe la producción de madera preservada para uso residencial con ciertas excepciones, por lo cual la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA) sólo permite su aplicación en la industria [USEPA, 2003: 1]. En Australia, la Autoridad Australiana de Pesticidas y Medicina Veterinaria (APVMA) da por concluido el uso del CCA para aplicaciones de la madera en contacto con el ser humano a partir de marzo del 2006 [Kear y col., 2008:1406].

En la actualidad, se dispone de varias alternativas al CCA, siendo las más populares el cobre alcalino cuaternario (ACQ) y el cobre azol (CA). Al igual que el CCA, estos conservantes usan el cobre como un biocida, pero en una concentración más alta que el CCA [Zelinka, 2013: 1].

En México, la producción nacional de madera preservada fue aproximadamente de 220,000 m³ para el año 2000, mientras que el consumo en México es de aproximadamente 275,000 m³ por año con importaciones de alrededor del 20%. El 50% de esta producción son postes, el 40% son durmientes y el restante 10% es madera aserrada. Los postes en su mayoría son tratados con PCF, mientras que la mayoría de los durmientes son tratados con creosota y la madera aserrada es tratada con sales CCA (Torres, 2004: 48).

Existe, por lo tanto, la necesidad de incorporar sustancias de menor impacto ambiental respecto a las que existen en el mercado. En este contexto, se realiza el presente trabajo en el que se compilan los estudios referentes al cobre azol como sustancia preservante en maderas mexicanas, con la intención de que se conozcan los procesos óptimos de aplicación y en el futuro la madera tratada pueda responder a las expectativas del creciente mercado nacional y lograr competir ambiental y económicamente con los otros productos.

2. Métodos

Se llevó a cabo una revisión bibliográfica, con fines de diagnóstico, de la información que se proporciona en revistas científicas especializadas, así como en las memorias de los congresos del área forestal, entre los que se destacan el Congreso Nacional de Recursos Forestales (Sociedad Mexicana de Recursos

Forestales), el Encuentro Nacional de la AMIDIQ (Academia Mexicana de Investigación y Docencia en Ingeniería Química), el Congreso Iberoamericano de Protección de la Madera, el Congreso Internacional de Investigación Celaya (Academia Journals), entre otros.

3. Resultados

Estudios de impregnación de madera con cobre azol

Casimiro y Ávila [2012: 128] realizan un estudio de impregnación de madera de albura de *Pinus pseudostrobus* Lindl con cobre azol (CA-B) por los métodos de inmersión y baño caliente-frío (BCF). La inmersión la realizaron durante 48 h y el tratamiento de baño caliente-frío con periodos de 16 h y 32 h respectivamente. Utilizaron soluciones preservantes al 1% (p/p). Para determinar la efectividad de los métodos de impregnación determinaron la absorción y la retención en cada pieza de acuerdo con JUNAC (1988) y la penetración para cobre y boro de acuerdo a la Norma Mexicana NMX-C-410-ONNCCE-1999. La clasificación de la madera preservada se efectuó de acuerdo a la Norma Mexicana NMX-C-322-ONNCCE-2003. Los resultados obtenidos por el método de inmersión simple fueron: absorción de 324 kg/m³, retención de 3.2 kg/m³ y penetración total regular; mientras que por el método de baño caliente-frío la absorción fue de 532.8 kg/m³, la retención de 5.3 kg/m³ y la penetración total irregular. De acuerdo a los resultados de retención, la madera tratada puede ser utilizada en aplicaciones en contacto con el suelo y en la superficie.

Cisneros *et al.* [2013: 176] estudiaron la eficacia de dos productos preservantes para madera: sales de boro y sales de cobre azol en madera de *Quercus laurina* Humb. & Bonpl. Los mejores resultados de absorción y retención del cobre azol los obtuvieron en el tratamiento de baño caliente-frío (BCF) (442.02 kg/m³ y 6.33 kg/m³ respectivamente). Además, determinaron una penetración parcial regular, en cambio para el método de célula llena la penetración fue parcial irregular. De acuerdo a la retención obtenida la madera tratada puede ser utilizada en aplicaciones en contacto con el suelo y en la superficie.

Díaz *et al.* [2013: 187] evaluaron la eficacia de tres métodos de impregnación en la madera de *Quercus rugosa* Née. Se obtuvieron retenciones mayores por el método de vacío-presión (3.5 kg/m^3), seguido del método de inmersión (2.8 kg/m^3) y finalmente BCF (2.0 kg/m^3). Lograron penetraciones mayores por el método BCF.

Tinoco *et al.* [2014: 23] reportan un estudio de impregnación de madera de *Quercus candicans* utilizando los métodos de inmersión y baño caliente-frío. Los resultados indicaron una absorción promedio de 24.75 kg/m^3 por el método de inmersión y de 12.30 kg/m^3 por el método de baño caliente-frío. La retención promedio fue de 0.37 kg/m^3 y 0.184 kg/m^3 respectivamente. Se determinó una penetración parcial irregular.

En el trabajo de investigación de Magaña *et al.* [2015: 3316] prueban el comportamiento a la impregnación de la madera de *Tamarindus indica* y obtienen retenciones de 2.6 kg/m^3 y 0.8 kg/m^3 con sales de cobre azol por los métodos de inmersión y baño caliente-frío respectivamente, con penetraciones parciales regulares. Los resultados demostraron que las retenciones mayores se obtuvieron por el método de inmersión, aunque las penetraciones fueron mayores por el método de baño caliente-frío. Esta madera resultó más difícil de tratar que otras especies de latifoliadas por lo que las autoras recomiendan utilizar concentraciones mayores de los preservantes o periodos de tratamientos más largos para lograr la retención requerida para los niveles de riesgo adecuado según el uso que se le dará a la madera.

Tinoco *et al.* [2017: 1] realizaron ensayos de formulaciones de azoles de cobre (CA-B), con monoetanolamina como disolvente, para identificar la que presenta mejores resultados de retención y penetración en los procesos de impregnación de madera de pino. Sus resultados mostraron que los valores de retención para el método baño caliente-frío fueron mayores que por inmersión simple. Las retenciones de las sales preservantes aumentaron proporcionalmente cuando también lo hizo el contenido de monoetanolamina.

Estudios del efecto de impregnación de madera con cobre azul en la resistencia mecánica

Cisneros *et al.* [2014: 24] determinaron el efecto de la impregnación con sales de boro y azoles de cobre en la resistencia mecánica de la madera de *Quercus laurina*. Los resultados obtenidos en compresión paralela muestran que la carga máxima (P_{max}) no se vio afectada por la impregnación. En el esfuerzo máximo (σ_w) sólo las sustancias preservantes presentan una influencia estadísticamente significativa. En relación al módulo de elasticidad (E_w) tanto el preservante, los métodos de impregnación y la interacción del preservante con los métodos presentan diferencias estadísticamente significativas. Las sustancias preservantes presentaron una influencia estadísticamente significativa en la carga máxima (P_{max}) en flexión estática. Por otro lado, el esfuerzo máximo (σ_w) y el módulo de elasticidad (E_w) no se vieron afectados estadísticamente.

Díaz López *et al.* [2015: 65] analizaron el efecto de la impregnación con azoles de cobre y sales de boro en la flexión estática y en la compresión paralela de la madera de *Quercus rugosa* Née. Empleando las Norma ISO 3787 Compresión paralela a la fibra (ISO, 1976) y Norma ISO 3133 Flexión estática (ISO, 1975). Los resultados que obtienen muestran un efecto negativo en la resistencia en el límite elástico y en el módulo de elasticidad de la madera impregnada ($P < 0.01$) y un efecto positivo en la resistencia máxima ($P < 0.01$) en la madera sometida a compresión paralela. Por otro lado, no encontraron diferencia significativa en el esfuerzo máximo ($P = 0.9651$), ni en el módulo de elasticidad ($P = 0.2492$) entre la madera impregnada y no impregnada sometida a flexión estática; sin embargo, la resistencia en el límite elástico fue menor en la madera impregnada ($P < 0.01$).

Tinoco *et al.* [2015: 66] evaluaron el efecto en la resistencia mecánica en compresión paralela de madera de *Quercus candicans* impregnada con sales de boro y azoles de cobre a una concentración 1.5%, por los métodos de inmersión y baño caliente-frío. Los autores encuentran que existe diferencia de acuerdo a los métodos de impregnación y a las sustancias utilizadas. La madera impregnada tiene menor resistencia a la compresión paralela a la fibra en relación con la madera sin impregnar. Los resultados anteriores pueden deberse a las reacciones

químicas que existen entre las sustancias preservantes y los compuestos que existen en la madera al momento del tratamiento. Como consecuencia de las reacciones que se originan, las sales son capaces de degradar la madera por medio de una hidrólisis parcial de la celulosa, esto varía por diferentes factores como son el nivel de retención, la distribución y la composición de la sal.

Magaña *et al.* [2016: 21] Reportaron que no hubo efecto significativo en los resultados de los esfuerzos en flexión estática y en compresión paralela a la fibra, entre la madera impregnada y madera sin impregnar, implica que no se presentará una disminución en la resistencia mecánica de la madera impregnada que deba ser considerada en el cálculo estructural.

Estudios de durabilidad de madera impregnada con cobre azol

En su estudio, Banda y Ávila [2015: 67] presentan los resultados preliminares de la evaluación sobre la durabilidad natural y adquirida de dos especies de encino: *Quercus rugosa* Neé y *Quercus laurina* Humb. & Bonpl, impregnadas con azoles de cobre por los métodos de inmersión, baño caliente-frío y presión. Los resultados reportados después de dos evaluaciones cuatrimestrales muestran que las probetas de encino sin impregnar presentan calificación para ataque de hongos de 8 a 9 (ataque moderado a ligero), mientras que para las impregnadas con azoles fue de 9.5 (rastros de deterioro). No encuentran ataque por insectos en ninguna de las probetas en estudio (10, madera sólida sin rastros de mordiscos). Concluyen que la madera impregnada con azoles de cobre presentó una mayor resistencia al ataque de hongos respecto a la madera no impregnada y que no hubo ataque de insectos en madera impregnada ni en no impregnada.

Banda *et al.* [2017: 3000] muestran los resultados de la permanencia de las sales CA en dos especies de encino: *Quercus rugosa* Neé y *Quercus laurina* Humb. & Bonpl, tratadas por los métodos de inmersión, baño caliente-frío y presión. Después de tres evaluaciones, las probetas de *Q. rugosa* presentaron la mayor pérdida del preservante (0.6%) respecto a *Q. laurina* (0.9%). Además, la madera de ambas especies tratada por inmersión perdió la mayor cantidad de sales, mientras que la madera tratada a presión conservó más preservante. Explican que

este resultado podría explicarse porque el tratamiento por inmersión es superficial y las sales no se fijan a la madera con el mismo efecto con que ocurre en el tratamiento a presión. En general, la sección superior conservó mayor cantidad de preservante, en *Q. rugosa* la siguió la sección media y en *Q. laurina* la sección inferior.

4. Discusión

De la investigación documental realizada se puede concluir que son pocos los estudios realizados referentes a la impregnación con cobre azol en maderas mexicanas. Las especies estudiadas son pino, encino y tamarindo, las dos primeras corresponden a las de mayor distribución biológica y de mayor aprovechamiento en el país. En general, la madera tratada se puede emplear en usos en contacto con el suelo y en la superficie por lo que pudiera reemplazar a las sales CCA. El método de impregnación de cobre azol más efectivo varió según la especie, pero se puede resumir que el método de presión presentó mejores resultados seguido del método de baño caliente-frío y del de inmersión.

5. Bibliografía y Referencias

- [1] Banda Cervantes, Y.; Ávila Calderón, L.E.A. 2015. Ensayo de campo de durabilidad natural y adquirida de la madera de dos encinos de Michoacán, resultados preliminares”. Memorias del Congreso Internacional de Recursos Forestales. Sociedad Mexicana de Recursos Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Ixtapan de la Sal, México. 461 p.
- [2] Banda Cervantes, Y.; Ávila Calderón, L.E.A. Castro Sánchez, F. J. 2017. Permanencia de sales de cobre-azol en madera tratada. Memorias del XXXVIII Encuentro Nacional de la AMIDIQ. Ixtapa, México. 3538 p.
- [3] Casimiro Cenobio, J.C.; Ávila Calderón, L.E.A. 2013. Impregnación de madera de *Pinus pseudostrobus* Lindl. con sales de boro y de cobre azol por métodos de inmersión simple y baño caliente-frío. Memorias de la VII Reunión Nacional de Innovación Forestal. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Querétaro, Qro. 159 p.

- [4] Cisneros Herrera, M; Ávila Calderón, L.E.A.; Raya González, D. 2013. Impregnación de madera de *Quercus Laurina* Humb. & Bonpl con sales de boro y sales de cobre azol. Memorias del XI Congreso Mexicano sobre Recursos Naturales. Sociedad Mexicana de Recursos Forestales. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coah. 413 p.
- [5] Cisneros Herrera, M; Ávila Calderón, L.E.A.; Raya González, D. 2014. Resistencia mecánica de madera de *Quercus laurina* impregnada con azoles de cobre y sales de boro. Memorias del IV Congreso Iberoamericano de Protección de la Madera. Morelia, Mich. 34 p.
- [6] Díaz López, J.A.; Ávila Calderón, L.E.A.; Herrera Ferreyra, M.A. 2013. Evaluación de la madera de *Quercus rugosa* Née impregnada con boro y cobre azol mediante métodos de inmersión, baño caliente-frio y vacío-presión. Memorias del XI Congreso Mexicano sobre Recursos Naturales. Sociedad Mexicana de Recursos Forestales. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coah. 413 p.
- [7] Díaz López, J.A.; Ávila Calderón, L.E.A.; Herrera Ferreyra, M.A. 2015. Efecto de la impregnación en la resistencia mecánica de la madera *Quercus rugosa* Née. Memorias del Congreso Internacional de Recursos Forestales. Sociedad Mexicana de Recursos Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Ixtapan de la Sal, México. 461 p.
- [8] Freeman, M.H.; Shupe, T.F.; Vlosky, R.P.; Barnes, H.M. 2003. Past, present, and future of the wood preservation industry. *Forest Products Journal*. 53(10): 1-15.
- [9] Kear, G.; Wu', H.; Jones M.S. 2008. Corrosion of ferrous-and zinc-based materials in CCA, ACQ and CuAz timber preservative aqueous solutions. *Materials and Structures*. 41: 1405–1417.
- [10] Loferski, J.R. 2001. Technologies for wood preservation in historic preservation. *Archives and Museum informatics*. 13:273-290.
- [11] Machuca Velasco, R.; Fuentes Salinas, M.; Borja de la Rosa, A. 2006. Absorción de soluciones preservantes de nueve especies de maderas,

mediante procesos de impregnación a vacío - presión e inmersión. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*. 12(1): 71-78.

- [12] Magaña Magaña, B.; Ávila Calderón, L.E.A.; Herrera Fernández, A.C. 2015. Evaluación de la madera de *Tamarindus indica* L. impregnada con sales de boro y cobre azol mediante los métodos de inmersión y baño caliente frío. *Memorias del Congreso Internacional de Investigación Academia Journals Celaya* 2015. 7(4): 3314-3317.
- [13] Magaña Magaña, M. B.; Ávila Calderón, L. E. A.; Herrera Ferreyra, M. A.; Herrera Fernández A. C. 2016. Dos propiedades mecánicas de la madera *Tamarindus indica* L. impregnada y sin impregnar. *Revista Tendencias en Docencia e Investigación en Química*. 2: 21-24.
- [14] Tinoco Rocha, R.; Ávila Calderón, L.E.A.; Herrera Ferreyra, M.A. 2014. Preservación de madera de *Quercus candicans* con azoles de cobre y sales de boro. *Memorias del IV Congreso Iberoamericano de Protección de la Madera*. Morelia, Mich. 34 p.
- [15] Tinoco Rocha, R.; Ávila Calderón, L.E.A.; Herrera Ferreyra, M.A. 2015. Resistencia mecánica en compresión paralela de madera de *Quercus candicans* impregnada con azoles de cobre y sales de boro. *Memorias del Congreso Internacional de Recursos Forestales*. Sociedad Mexicana de Recursos Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Ixtapan de la Sal., México. 461 p.
- [16] Tinoco Rocha, R.; Ávila Calderón, L.E.A.; Raya González, D. 2017. Eficacia del tratamiento de impregnación de madera de *Pinus* sp. con azoles de cobre. *Memorias del 12º Congreso Estatal de Ciencia, Tecnología e Innovación*. Morelia, México.
- [17] Torres Rojo, J. M. 2004. Estudio de tendencias y perspectivas del sector forestal en América Latina al año 2020. Informe Nacional México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México (SEMARNAT). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Italia. 86 p.

- [18] USEPA (United States Environmental Protection Agency). 2003. Response to request to cancel certain chromated copper arsenate (CCA) wood preservative products and amendments to terminate certain uses of other CCA products. Federal Register, Washington, DC. www.federalregister.gov/articles/2003/04/09/03-8372/response-to-requests-to-cancel-certain-chromate-d-copper-arsenate-cca-wood-preservativeproducts-and?utm_content=next&utm_medium=PrevNext&utm_source=Article.
- [19] Zelinka, S.L. 2013. Corrosion of fasteners in wood treated with newer wood preservatives. General Technical Report FPL–GTR–220. Forest Products Laboratory. United States Department of Agriculture. USA. 68 p.