

BIOPRESERVANTES PARA MADERA: UN POTENCIAL LATENTE





El crecimiento de la industria de la madera aserrada ha llevado a la ampliación del mercado de la preservación contra riesgos como hongos e insectos. Estos productos, sin embargo, guardan un tóxico peligro. La investigación en el rubro hoy apunta a generar nuevos compuestos de origen natural que destaquen los compuestos activos de las mismas plantas para protegerse, sumando valor y circularidad a los productos

La construcción con madera presenta una serie de fortalezas y debilidades únicas de esta materialidad, motivo por el que deben tomarse ciertas acciones o sumar procesos a su fabricación para poder entregar desempeño óptimo a la hora de erigir edificios en mediana y gran altura con esta.

Un ejemplo de esto es la necesidad de considerar la variabilidad que tiene la madera debido a su origen biológico. Esto debido a que es un material anisotrópico, haciendo que el comportamiento físico y mecánico de cada pieza dependa del plano que se considere respecto de la

dirección longitudinal de las fibras y anillos de crecimiento, y higroscópico, teniendo cambios dimensionales y deformaciones en función de la humedad que ha captado o cedido a su medio circunstante.

De la misma manera, otro de los elementos a considerar es la durabilidad de la madera ante enemigos naturales, dada su participación en las cadenas alimenticias de varios ecosistemas.

Según el texto "Consideraciones tecnológicas en la protección de la madera", de la Comisión Nacional Forestal de México, la composición química de la madera consiste en un 65% a 75% holocelulosa, 20% a 30% lignina, y 3% a 7% de compuestos extraíbles.

Esto puede no significar mucho, pero cuando pensamos en la celulosa como un polisacárido compuesto exclusivamente por glucosa, cobra mucho más sentido la idea de que la madera es una fuente de alimentación para determinadas especies, las que se denominan xilófagos.

Esto, sin embargo, no ha detenido a la madera de ser utilizada a lo largo de la historia como material de construcción, y con el paso del tiempo se han encontrado diversas formas de inhibir la acción de estos agentes sobre la madera, incluso erradicándolos de esta. Estas sustancias, los preservantes, son responsables de la extensión en la vida útil ante múltiples amenazas medioambientales, pero también de un nivel de daños a la salud

humana y el ambiente que no se dimensionó hasta pocos años atrás.

Un claro ejemplo de esto es el pentaclorofenol. La Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades de los Estados Unidos (ATSDR en inglés) lo describe como una sustancia sintética se utilizaba ampliamente como pesticida y preservante de madera hasta 1984, cuando comenzó a exigirse que solo pudiera ser comprado y utilizado por personas certificadas en su aplicación.

Esto porque, según explica la Agencia de Protección Medioambiental del mismo país (EPA en inglés), el pentaclorofenol se volatiliza a partir de los productos tratados con ello. Esto se traduce en que apenas con estar en una habitación tratada con este preservante puede ser suficiente exposición para comenzar a presentar irritación en ojos, nariz y garganta.

Entre los síntomas que puede generar el contacto con este químico están la dermatitis y urticaria, especialmente en caso de contacto con la piel, y la hipertermia (fiebre). Si la dosis con la que se interactuó es mayor, en tanto, la toxicidad puede afectar el hígado,

los riñones, el sistema nervioso, e incluso la evidencia sugiere que puede generar abortos espontáneos, reducción en peso de nacimiento y otras deformaciones.

Parte de esta sintomatología también corresponde a los riesgos del uso de otro significativo preservante químico: la creosota. Esta sustancia, que proviene del arbusto del mismo nombre y puede producirse tanto de la madera como del alquitrán de hulla según explica la Escuela Andaluza de Salud Pública (EASP), fue declarada por la Unión Europea como cancerígeno de categoría 2, clasificación reservada para sustancias tóxicas para la reproducción humana. Actualmente, la evidencia ha determinado casos de cáncer de piel, escroto, pulmón, estómago y vejiga asociados al respecto.

El descubrimiento de la alta toxicidad ha llevado a una serie de regulaciones, restricciones, y reformulaciones en el mercado, y si bien hoy el uso de estos compuestos en productos ha disminuido significativamente, el riesgo continúa latente debido al problema que supone la acumulación de las sustancias en el largo plazo. Dado que la demanda de madera para múltiples usos no deja de aumentar, una segunda solución a este problema apunta

al desarrollo de nuevos preservantes que no utilicen estas sustancias, además de ser más sostenibles en su desarrollo.

Así es como el concepto de biopreservante para madera ha comenzado a crecer en las últimas décadas.

Compuestos activos al servicio de la industria

La naturaleza está colmada a nivel químico de sustancias que pueden ser sustraídas y utilizados para nuevos fines por la humanidad. Estos componentes también se pueden encontrar en los subproductos y residuos de múltiples procesos productivos de mayor envergadura, permitiendo además la revalorización y reutilización de estos para nuevos fines.

En el caso del desarrollo de biopreservantes, la investigación ha sido realizada con residuos agroforestales, frutos, semillas, hojas, cortezas, descartes y nudos, entre otros, de los cuales ha sido posible extraer elementos como ácidos orgánicos, taninos y compuestos fenólicos, entre otros.



Estos elementos provienen de ese 3% a 7% de sustancias del mecanismo secundario de las plantas, y son capaces de actuar de cinco distintas maneras para inhibir o directamente eliminar hongos.

Así lo explicó el Doctor en ciencias forestales de la Universidad de Concepción e investigador postdoctoral UDT – CENAMAD, Gastón Bravo, en el webinar realizado para esta campaña. Los compuestos en general afectan la célula del hongo a nivel multisistémico a través de estos cinco mecanismos, que pueden ser mediante quelación, afección de las reacciones enzimáticas, alteración de

pared celular, alteración de homeostasis iónica, y efecto caotrópico.

Según Zschimmer & Schwarsz España, la quelación es el proceso en que un compuesto químico forma complejos solubles con iones metálicos, lo que se traduce en una desestabilización del medio donde ocurre la actividad al modificar la composición química de este. En el caso de la madera y los hongos, los compuestos fenólicos (quienes más comúnmente aplican este sistema) quitan del medio la disposición de hierro (Fe) que los xilófagos usan para dañar el metabolismo de las plantas, impidiendo su acción en ellos.

Por otra parte, la afección a reacciones de las enzimas tales como las lacasas, responsables de catalizar la oxidación de un sustrato, cortan el mecanismo de ataque químico que el hongo emplea contra la madera. A su vez, la alteración de pared celular, y por consiguiente de membrana plasmática, del hongo es mucho más agresiva, ya que apunta directamente a matar al patógeno; lo mismo que la alteración de la homeostasis iónica, al generar una liberación violenta de los canales de calcio.

Finalmente, el efecto caotrópico apunta a perturbar las condiciones que estabilizan la estructura de las proteínas de los hongos. Un agente caotrópico es aquel que, en una solución en base a agua, altera los enlaces de hidrógeno en las moléculas. Esto debilita el efecto hidrofóbico que protege a estas proteínas, desnaturalizándolas y provocando su muerte.

Estos compuestos, al interior de las fibras vegetales del árbol vivo, sirven como mecanismo de defensa natural de este, concentrándose mucho más en algunas partes de este para poder salvaguardar la supervivencia del árbol. Un ejemplo de esto es el duramen o área más cercana al núcleo del tronco, donde Bravo señaló

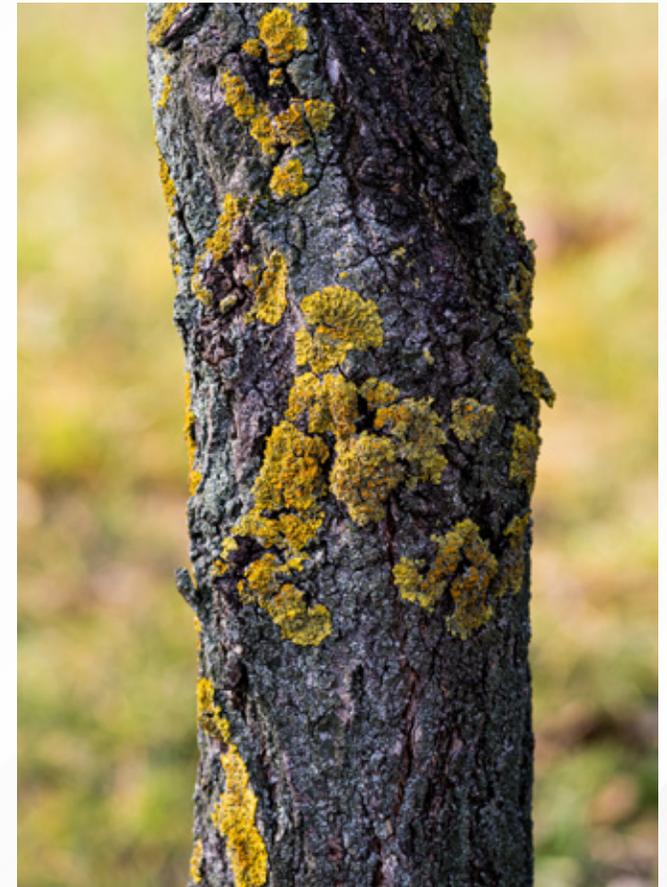
que la concentración de extraíbles puede ser hasta 20 veces mayor que en la albura, correspondiente a los anillos más recientes.

“El rol de los extraíbles en las maderas está comprobado en varios estudios” comentó Bravo en la presentación en vivo, “la presencia (de estos) es determinante en las defensas y protección de la madera contra este organismo”.

Los compuestos activos extraíbles de los árboles varían mucho de especie a especie, lo que resulta en distintos niveles de durabilidad. En Chile, esta característica se rige por dos normativas: la NCh 789/1, que clasifica las maderas en cinco categorías de durabilidad, desde “muy durable” hasta “no durable”; y la NCh 819, que establece directrices para la preservación de sus maderas en la mayoría de estas. Entre las maderas más duras se destacan el alerce, el ciprés de las Guaitecas y el roble.

Esta clasificación es crucial en la industria maderera chilena, en la que los preservantes juegan un papel fundamental. Si bien destacan por su eficiencia, su uso masivo plantea preocupaciones debido a los posibles efectos negativos que estos tienen para la salud humana. A pesar de esto, siguen siendo los más accesibles en el mercado,

por lo que su uso permanece. La normativa vigente y las prácticas de preservación resaltan tanto la relevancia de la durabilidad de la madera como las implicancias ambientales y de salud asociadas al uso de preservantes en la industria, lo que está llevando a una búsqueda de nuevas opciones que satisfagan tanto a la norma como a la industria.



Combinación de extraíbles para formular una respuesta

Existen antecedentes en Chile de investigación en el área de la búsqueda de preservantes naturales contra diversos hongos que afectan a la industria de la madera nacional, tales como los hongos de pudrición, que afectan la capacidad estructural del material; como los cromógenos, que sólo manchan el producto. Algunas de estas investigaciones han sido realizadas por el Laboratorio de Química de Productos Naturales de la Universidad de Concepción (UdeC), y han estudiados extraíbles de especies de coníferas chilenas como el ciprés de la cordillera, ciprés de las Guaitecas, Alerce y Araucaria.

En la investigación de extractos de árboles, la madera se pretrata inicialmente para reducir la biomasa a un tamaño menor, optimizando así el rendimiento de la extracción. Esta etapa puede emplear técnicas como maceración, ultrasonido, entre otros.

Los compuestos resultantes se someten luego a ensayos para evaluar su actividad

biológica frente a hongos xilófagos, los que pueden realizarse in vitro, exponiendo los extractos directamente al hongo, o mediante pruebas en probetas de madera, siguiendo estándares como ASTM D4445 o ENV 12038 para determinar su potencial de prevención.

En el caso del ciprés de las Guaitecas, se ha descubierto que un 60% de sus compuestos extraíbles son monoterpenos y sesquiterpenos, los cuales han demostrado propiedades fungicidas. Por otro lado, el ciprés de la cordillera contiene hinokitiol, un compuesto con una notable capacidad quelante. Este compuesto ha mostrado ser efectivo contra diversas cepas de hongos, incluyendo aquellos que dañan la agricultura, hongos manchadores y pudridores de madera.

A partir de esta información, el equipo de Bravo seleccionó este compuesto activo para ser parte de la formulación que pondrían a prueba con el proyecto FONDEF "Desarrollo de un antimanchas natural para la industria aserrada en Chile", donde se esperó desarrollar un producto que tuviera como principales ingredientes el hinokitiol del ciprés y los extraíbles de la corteza de eucaliptos.

En la primera fase del estudio fue esencial determinar las condiciones



Ciprés de la Cordillera. Imagen gentileza de Arauco

óptimas de extracción. Posteriormente, mediante técnicas cromatográficas, se logró caracterizar el extracto, identificando específicamente los fenoles y sesquiterpenos relevantes para el avance de la investigación. El siguiente paso consistió en verificar que la toxicidad de esta solución fuera inferior a la de los productos comerciales. Para ello, se realizó una comparativa entre los extractos y un preservante comerciales donde ambos mostraron un desempeño superior.

Finalmente, se llevaron a cabo una serie de ensayos para evaluar la efectividad del producto en probetas de madera, con el objetivo de determinar su capacidad en

condiciones reales. A diferencia de las etapas anteriores, en estos se utilizaron únicamente mezclas de los compuestos identificados, buscando maximizar sus mejores propiedades, uno de los objetivos centrales del proyecto. Además, se realizaron pruebas en combinación con preservantes comerciales, lo que permitió obtener resultados más prácticos y viables, contribuyendo a la reducción del uso de productos tradicionales.

Al respecto, se observó que ciertos niveles de hinokitiol y extracto de eucalipto (0,4% y 5% respectivamente) fueron capaces de inhibir en un 100% a las tres principales cepas de hongos manchadores que afectan a la industria productiva de madera aserrada del país, confirmando la hipótesis de un producto exitoso a partir de estos compuestos activos y dando pie a mayor investigación a futuro.

Al concluir su presentación, Bravo destacó las futuras líneas de trabajo y los resultados próximos a compartirse sobre las propiedades de los extractos individuales de eucalipto en la lucha contra los hongos manchadores. Además, señaló algunos de los desafíos a enfrentar en el corto y mediano plazo en el desarrollo de biopreservantes naturales para madera.

Bravo resaltó, entre los desafíos principales, la disponibilidad de materia prima, considerando el bajo rendimiento de los compuestos extraíbles en relación al volumen total de la madera y los problemas asociados de cantidad y costos que esto podría ocasionar. Además, mencionó la variabilidad de las materias primas que pueden utilizarse, lo que ampliaría el espectro de perfiles químicos y bioreactividades disponibles, ofreciendo

así respuestas más eficientes y variadas a los retos de la industria.

Actualmente a nivel mundial, los biopreservantes pasan de ser una alternativa a una necesidad para tanto proteger nuestra salud como para poder avanzar de manera sana y segura en el uso de la madera en construcción y otras actividades.

En nuestro país, este es un trabajo que aún está más cerca de la investigación que de la venta, pero contamos con expertos e investigadores que están dando grandes pasos para cerrar esa brecha, buscando pronto hacer de los preservantes de madera una industria más sustentable.



Conoce más de Enlaces en:

