

# EVOLUCIÓN DE LA PROTECCIÓN DE LA MADERA

FERNANDO PERAZA  
INGENIERO DE MONTES

El principal objetivo de la protección de la madera es mejorar las prestaciones de la madera incrementando su vida de servicio o vida útil. Las medidas que ha ido adoptando el hombre han ido evolucionando pero, tanto hoy como ayer, han sido medidas constructivas y químicas. De forma natural o espontánea el hombre colocaba las piezas de madera apoyadas sobre piedra para evitar su contacto con el suelo y mantenerla seca (detalles constructivos); posteriormente empezó a aplicar aceites, como los obtenidos del cedro, para evitar su pudrición (protección química). Al principio la evolución fue muy lenta ya que se utilizaban los productos que se tenían al alcance, pero en los últimos años las mejoras y avances se están produciendo mucho más rápidamente. La primera muestra de madera protegida por el hombre data de 250.000 años y corresponde a una lanza de tejo endurecida al fuego (chamuscada), encontrada en el interior del esqueleto de un elefante en la localidad de Lehringen


(Alemania).

Los últimos avances se están centrando en la utilización de cebos (efectos retardados) y de productos protectores y técnicas de aplicación respetuosos con el medio ambiente que a la vez comunican unas mejores prestaciones a la madera tratada en el otro extremo.

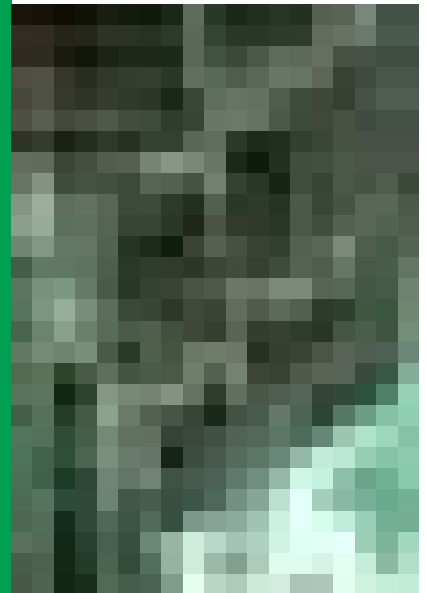
Al principio se utilizaban maderas con buena durabilidad natural para en una segunda fase proteger de forma artificial con productos y técnicas especiales.

En particular la construcción de barcos y el desarrollo del ferrocarril, junto con el telégrafo, fueron hitos importantes en el desarrollo de la protección de la madera. Estos tres sectores, junto con el uso de la madera como combustible y la construcción de viviendas, han sido hasta hace poco los grandes consumidores de madera.

El presente artículo es un resumen del capítulo 'Historia de la protección de la madera' que próximamente editará AITIM.



*Dos imágenes del palacio de Katsura (Japón). Pilotes apoyados sobre basas de madera (arriba) y grandes aleros formados por diversos ordenes de voladizos que protegen las fachadas de madera.*



### La época griega

El apogeo de la cultura griega (600 A.C.) estuvo acompañado por un aumento del uso de maderas durables y por prácticas constructivas que procuraban la madera seca. Se colocaba sobre bases y remates de piedra en los pilares para evitar el agua de lluvia.

Los griegos mejoraron la penetración y absorción de los aceites practicando incisiones en la madera. Además empezaron a aplicar bitumen o breas para protegerla de la humedad y de los elementos biológicos. El conocimiento de las propiedades protectoras de las materias alquitranosas se remonta a tiempos muy lejanos, en la Biblia (Génesis, Capítulo VI, versículo 14) ya se menciona “..... Dios ordenó a Moisés construir una barca y protegerla interiormente y exteriormente con brea .....”.

Hesíodo (poeta griego de los siglos VIII - IX) habla en sus poemas de la acción protectora del humo producido por la combustión de la leña, aunque no sabía la razón (posteriormente se demostró que era debida a los vapores de la creosota existentes en el humo).

La edad de Oro de Atenas, en lo militar, se basaba en su gran flota que les permitió derrotar a la armada persa. Mantener el imperio exigía una flota eficiente, y mantenerla dependía de la durabilidad de los barcos, lo que requería reemplazarlos al cabo de 25 años.

### India

En el oriente los indios sumergían la madera en agua salada antes de usarla en sus edificaciones (100 A.C.)

### Imperio egipcio

Los egipcios construían sus sarcófagos con maderas muy durables (por ejemplo el *Ficus sycomore*) y para prolongar su durabilidad les aplicaban aceites naturales. Herodoto (484-424 A.C.) conocido como el “padre de la historia” describe el arte de extraer aceites, productos bituminosos y resinas del cedro, y sobre los sistemas de conservación utilizados por los egipcios para la momificación de cuerpos embalsamados y la conservación



*Técnica de embalsamamiento egipcia*

de sus manuscritos.

Aunque no se conocen con exactitud las técnicas de embalsamamiento, son consideradas como pioneras en la práctica de la protección, ya que se basaban en la introducción, de soluciones conservantes en el organismo. Con frecuencia se emplean sustancias aromáticas como el mentol, timol, vinagre aromático, esencia de espliego, etc. El catedrático J.A. Rodríguez Barreal recoge en su libro “Patología de la Madera” comenta “... todo indica que los sumergían en un producto denominado “natrón” (mezcla de carbonato, cloruro y sulfato sódico) y a continuación en un baño de una sustancia oleosa. Para mejorar la penetración de estos productos dentro del cadáver, tenían que calentar el baño a temperaturas iguales o superiores a 103 °C para que el agua del cuerpo se evaporara y fuera sustituida por estas sustancias oleosas”. Un proceso o técnica similar, “la inmersión caliente y fría”, se utilizó posteriormente en el siglo XIX para proteger la madera.

### Imperio romano

Catón “El Antiguo”, (234-142 a. J.C) preconiza en su obra “De re rústica”, pincelar la madera con aceite de oliva condensado (reducido por cocción a la mitad de su volumen).

Plinio el Viejo (23-79 D.C.) describe en sus escritos diversas formas para preparar aceites que se utilizaban para proteger la madera, en particular menciona los aceites de cedro, oliva, alerce, ciprés y nardo para su protección frente a la acción de la pudrición. En el libro XI cita algunos ejemplos, como el estrado que sustentaba el Zeus (Júpiter) de Phidias en el monte Olympus, que fue protegido por una capa de asfalto en el año 450 a. de J. C.. En el libro XVI cita otro ejemplo, el caso curioso de la estatua de la diosa Diana que figuraba en el templo de Ephesus (Asia Menor), la cuál antes de ser instalada fué tratada en el año 628 a. de J.C. con aceite de nardo (perfume extraído de una planta herbácea del género *Nardostachys* que se encuentra en el Himalaya) abriendo numerosos orificios de poco diámetro y gran profundidad en la madera, en los cuales se vertía desde un reci-



## PROTECCION



*Sarcófago egipcio*

piente situado a gran altura para aprovechar la fuerza de la gravedad. Esta obra de arte, una de las siete maravillas del mundo de aquella época, estaba en buen estado de conservación en el año 356 a. de J.C., es decir después de 272 años, en cuya fecha fue incendiada por Eróstrato, la misma noche que nació Alejandro el Grande según cuenta la leyenda.

Plinio el Viejo también observó que la madera de albura se pudría más fácil-

mente que la de duramen y que era susceptible de ser atacada por insectos xilófagos; que los árboles de las especies olorosas y con resinas eran más resistentes a la pudrición (de forma particular menciona que el ciprés, el cedro, el ébano, el loto, el boj, el tejo y el junípero no se pudrían con el paso del tiempo); que las maderas sumergidas en el Mar Rojo continuaban “después de 200 años libres de pudriciones” mientras que la madera

que se utilizaba en mares u océanos abiertos era atacada por xilófagos marinos (los describía diciendo que tienen una cabeza muy grande comparada con su cuerpo); que el sonido que se transmitía a lo largo de una viga de madera, por muy larga que fuera, podía utilizarse para detectar si estaba torcida y si presentaba muchos nudos; y que los dientes de sierra debían curvarse para facilitar la salida del serrín.

Los romanos trataban la madera que utilizaban en la minas con cobre metálico, como lo demuestran las muestras extraídas de algunas minas de Chipre, aunque no se conoce con exactitud el método empleado parece que utilizaban métodos parecidos al de difusión. También solían carbonizar superficialmente las maderas para aumentar su protección, como se podía observar en el templo de Diana en Efeso. Este método es, quizás, el más antiguo, y existen referencias de su utilización que datan desde hace 4.000 años. Por otro lado los romanos están considerados como los inventores de los productos ignífugos retardadores

*Teatro en Pompeya con barandillas de madera (reconstrucción)*



## PROTECCION

ya que trataban sus maderas con alumbre. Aulu-Gelle nos informaba que en el siglo de Pireo (año 86 a. de J.C.) no fue posible quemar una torre de madera que se había impregnado con alumina (potasio de aluminio). Un arquitecto romano menciona la utilización de los desperdicios del aceite para proteger la madera contra los insectos xilófagos, que la pez (betún, brea) servían para proteger a la madera de la acción del agua.

### De la caída del imperio romano a la Edad Media

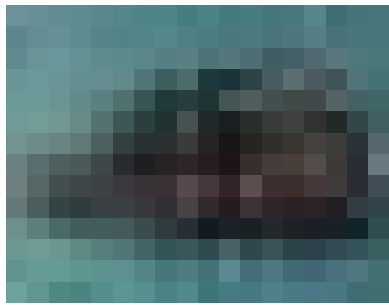
Después de la caída del Imperio Romano (450 D.C.) no se registra ningún avance técnico importante en la protección de la madera, o al menos no se tiene constancia de ello. Durante más de 1.000 años y hasta la Edad Media (siglos V - XV) se empleaba tanto el asfalto y los productos del petróleo como el alquitrán extraído de la madera.

### Xilófagos marinos y construcción naval

Los españoles, durante la conquista de América, aprendieron de los indígenas a utilizar resinas y cauchos para proteger sus maderas.

Por otro lado los xilófagos marinos habían sido un peligro para la madera utilizada en contacto con el agua de mar. En 1560 los holandeses ya informaban de los daños causados en los pilotes de sus diques de contención y en 1700 detectaban que su ataque era tan importante que se podrían producir inundaciones.

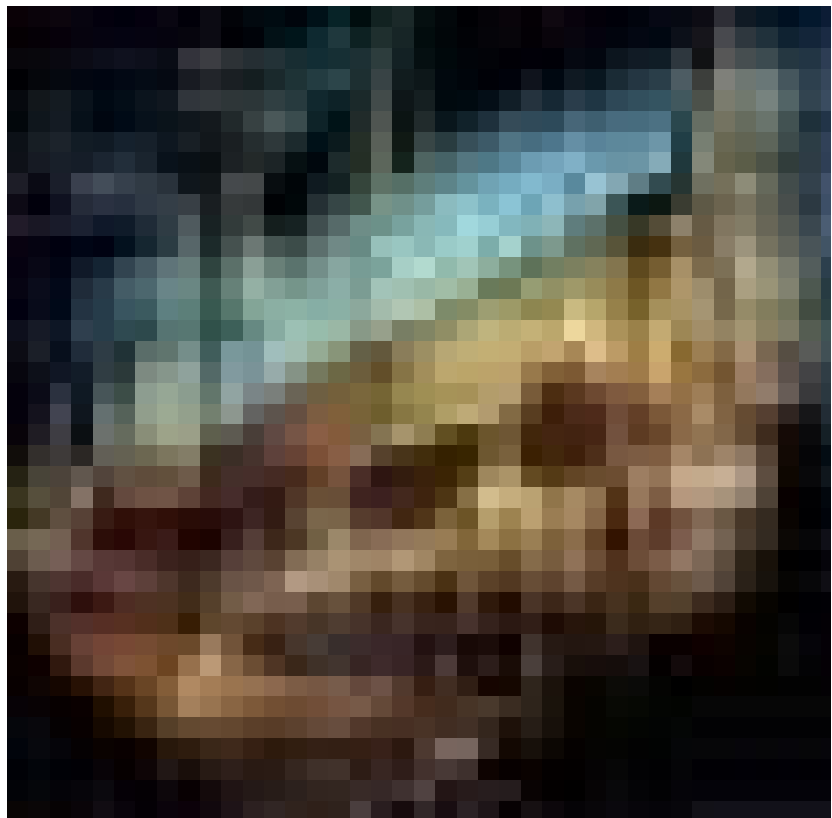
En el siglo XVI, Inglaterra y Holanda poseían la mayor marina mercante de Europa, sin embargo sus flotas sufrían los ataques de la pudrición y de los xilófagos marinos. En aquella época la única forma de paliar, relativamente, su ataque era la utilización de maderas con mejores durabilidades naturales "... en la construcción naval se prefería el roble de Sussex, considerada como la mejor madera del mundo, aunque también se empleaba fresno, haya y roble" (las coníferas se utilizaban para las arboladuras, sobrequillas o bordas por su elasticidad; las hayas para los remos, em-



*Teredo navalis fossilizado*

pleándose en interiores si se trataban adecuadamente; el olmo y el fresno se destinaba a cuadernas y cañones). En 1590, 100 embarcaciones de la armada española fueron destruidos, no por el enemigo, sino por la acción de los xilófagos marinos (*Teredo navalis*). El enorme coste de todos estos daños originó la búsqueda de protectores de la madera más efectivos. En 1804 el Almirante de la escuadra "Venerable" escribía "... se descubrió que la madera del barco estaba completamente podrida y que no era adecuado para navegar. Durante los últimos 6 meses hemos estado navegando solamente con un chapa de cobre entre nosotros

*Dos imágenes del galeón real Vasa, hundido en 1628 y recuperado 333 años después en 1961. Las operaciones de rehabilitación duraron 17 años. Actualmente se exhibe en el museo del mismo nombre en Estocolmo (Suecia)*



y la eternidad ...".

El problema de la madera siempre ha estado muy relacionado con la durabilidad de los barcos, que era uno de los principales medios utilizados para desplazarse, transportar mercancías y obtener mayor poder. La utilización de madera no adecuada provocaba que se pudrieran rápidamente, por lo que se empezó a estudiar la forma de hacerlos más duraderos. Este hecho además de reducir la eficacia de la Armada originaba un incremento en la demanda de la madera que ponía de manifiesto el problema de la gestión y aprovechamiento del bosque.

Se intentaba contrarrestar la pudrición externa utilizando maderas que contenían taninos o ácidos gálicos, que provocaba que fueran rechazadas por el teredo navalis; o se utilizaban planchas metálicas de cobre protectoras que supusieron un gran avance (en la documentación correspondiente a la Revolución de América del Norte se observa que casi todos los barcos incluían este tipo de protección). Pero



## PROTECCION

la Marina no pudo encontrar ningún remedio sencillo frente a la pudrición seca, que se producía en el interior del barco y que originaba su degradación. Sus consecuencias eran evidentes ya que era capaz de pulverizar flotas enteras y no existía ningún barco que no la sufriera.

Mucho tiempo después se descubrió que eran producidos por los hongos xilófagos de pudrición seca (que se desarrollan en maderas que están mucho tiempo en contacto con el agua). En 1817, el ingeniero inglés William Chapman estimaba la vida promedio de un barco entre 7 y 10 años y realizaba un listado de todos los protectores conocidos.

Durante más de 300 años (1600 a 1900) se mantuvo la preocupación por

la conservación de los barcos, que se empezó a solucionar cuando se descubrió el sistema de protección de las traviesas de ferrocarril.

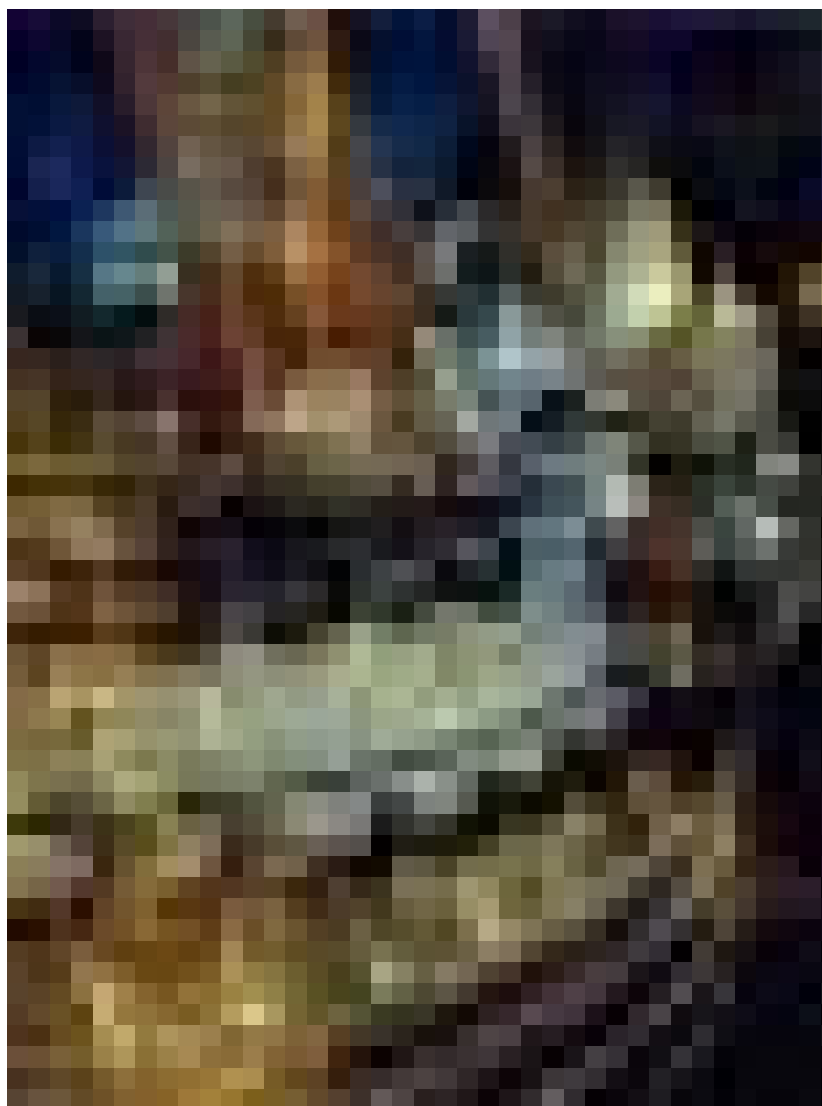
### Comienza la investigación

La explotación y uso del carbón de piedra como combustible permitió la obtención de productos derivados, como la creosota<sup>1</sup>. Esto, unido al gran desarrollo del ferrocarril y de los sistemas telegráficos, que empleaban gran cantidad de durmientes y de postes, motivaron una mayor investigación en el campo de la protección de la madera. En 1849 la “fiebre del oro” en Estados Unidos provocó un desarrollo inusitado del ferrocarril para alcanzar la costa oeste, a la que llegó en 1869. El mantenimiento de esta

vasta red de transporte impulsó el estudio y desarrollo de traviesas de ferrocarril con mayor durabilidad.

En una reunión del Instituto de Ingeniería Civil celebrada en Londres en 1853 Burt recoge en las actas el estado del arte de la protección de la madera en ese momento (“On the nature and properties of timber, with descriptive particulars of several methods, now in use, for its preservation from decay”). En dichas actas se recoge que “el oxígeno, la humedad y el nitrógeno favorecen la descomposición de la madera, mientras que la eliminación del agua, las bajas temperaturas y los protectores retrasan o eliminan su descomposición; y también que la pudrición seca depende del desarrollo del hongo que introduce el agua en el interior de la madera lo que origina su fermentación y su combustión”. Se tardaron todavía 20 años en demostrar que los hongos eran la causa y no el resultado de la pudrición de la madera.

Otro dato importante sobre la degradación que producían los agentes xilófagos (en este caso los xilófagos marinos) y la necesidad de proteger la madera se recoge en la valoración de los daños causados en el puerto de San Francisco en 1919 (aquellas épocas ya se empezaba utilizar la creosota). Los muelles debían aguantar el impacto de los barcos, por lo que pilares debían resistir a flexión; pero en esos años ya no aguantaban y se rompían por el impacto y sus vibraciones o no resistían su propio peso. El valor de los daños se estimó en 15 millones de dólares, y en 1921 se añadieron otras pérdidas valoradas en 6 millones por los daños producidos en la madera sin tratar. En 1920 la asociación americana dedicada a la protección de la madera (AWPA) estimaba la vida de servicio de los pilotes tratados con creosotas entre 15 y 30 años, “dependiendo de la severidad del ataque de los xilófagos, pero principalmente de la inteligencia y cuidado para proteger la integridad de la coraza de creosota, que empezaba en la fase de apilado en la planta de impregnación hasta su colocación en el muelle, sin olvidar las inspecciones periódicas





## PROTECCION

realizadas in situ sobre su estado”.

En 1607, el químico alemán Johan Glauber ya había desarrollado un proceso en el que se carbonizaba superficialmente la madera, se la recubría posteriormente con alquitrán y finalmente se sumergía en ácido piroligneo (producto de destilación de la madera).

### Avances en la protección en el siglo XVIII

En 1705, el científico francés Homberg recomendaba el uso del bicloruro de mercurio como protector de la madera contra la acción de los insectos xilófagos (que posteriormente Kyan utilizó para patentar su proceso). En 1717 empezaron a aparecer las primeras patentes, que se centraban en productos tóxicos que se vertían. La primera puede considerarse la de William Crook “One part of which is Oyle or Spirit of Tarr” recomendada para proteger los barcos contra el ataque de los Teredos, pero no se tiene constancia de su composición exacta ni de su efectividad.

En 1737 Eberson y también Lewis, en 1754, recomendaban el empleo de alquitrán vegetal. En 1756, Hales restableció en Inglaterra el antiguo procedimiento de hacer perforaciones en la madera (un sólo orificio en el extremo de la pieza) en el que se introducía posteriormente una mezcla de alquitrán y ácido piroleñoso en ebullición. Con motivo de una reparación en el buque “Frame” que tenía maderas tratadas con este procedimiento se pudo comprobar que toda la madera tratada con este procedimiento estaba en buen estado de conservación, pero desgraciadamente la penetración del producto había sido escasa, y quedaba poca madera sana.

En 1767, los franceses Deboissieu y Bordenave recomendaban el uso de sulfato de cobre.

### El gran desarrollo del siglo XIX

En 1805 Mackonochie recomendaba someter la madera en un vaso cerrado a los vapores resinosos de la Teca (*Tectona Grandia L.*) junto con otras sustancias.

En 1815 Semple secaba la madera con la acción del humo y después la sumergía en alquitrán o aceite de linaza, que había sido calentado previamente.

En 1818 Dagneau recomendaba proteger los cascos de los buques contra la acción de los Teredos mediante un pincelado con una mezcla de alquitrán y un líquido procedente de plantas amargas.

En 1821 Parkes sugería el uso de alquitrán adicionado con sebo y resina. En 1822 Prechtl sometía la madera a la acción del vapor de agua y después a los vapores de una emulsión de alquitrán vegetal y de agua.

En 1825 Hancock sugería pintar las jarcias de los barcos con una solución de caucho y esencia de trementina o en alquitrán de madera.

En 1831 Jean Robert Breant ideó un método de aplicación bajo presión en un cilindro cerrado. Aunque su proceso resultaba inaplicable desde el punto de vista industrial inició el camino de los tratamientos por inmersión a los de autoclave.

En 1832 John Howard Kyan conse-

guía emparar la madera con bicloruro de mercurio en fosas de mampostería (este producto corroe los metales) introduciéndola mediante cuerdas y lonas, convirtiéndose en la primera planta de tratamiento de la madera de los Estados Unidos (este proceso se denominó “Kyanización”).

En el proceso denominado “Margarite” (1837), la madera se sumergía en soluciones de sulfato de cobre.

En 1838, William Burnet lograba emparar la madera con cloruro de zinc y posteriormente mejoraba su tratamiento realizándolo a presión; este método se conoció con el nombre de “burnetización” y se utilizó en Estados Unidos hasta 1920 para proteger las traviesas de ferrocarril

En 1836 Moll fué el primero en sugerir inyectar la creosota (como ya se ha dicho, un producto obtenido de la destilación del alquitrán) en la madera, aunque no consiguió tener éxito hasta la aparición del sistema Bethell (que se denominaba “Especificaciones para obtener Madera, Corcho y otros Artículos con mayor duración”).

*Tren para la explotación maderera en la costa norte del Pacífico entre EEUU y Canadá de la compañía Bloedel Donovan Lumber Mills (1917)*







## PROTECCION

En 1839 (en el segundo año de reinado de la Reina Victoria), John Bethell inventaba el procedimiento que lleva su nombre para impregnar la madera bajo presión (célula llena). El método consistía en forzar la entrada en la madera de mezclas de varias soluciones utilizando la presión hidrostática o neumática ayudándose en algunos casos con la extracción del aire de los poros del material a tratar. La aplicación de un vacío inicial se conoció como “el proceso de célula llena” y su patente fue la base para el desarrollo de los métodos que utilizaban presión en la protección de la madera. Bethell empleó preferentemente alquitrán diluido en aceite pesado o creosota (dead oil), que describía de esta manera: “... *coal tar obtained from gas works, thinned with from one-third one-half of its quantity with the essential oil or spirit obtained by the distillation of coal tar. That which I use is the common spirit left after the naphtha is obtained and commonly called in the trade dead oil...*”

Entre 1838 y 1900, Auguste Boucherie desarrolló el método de desplazamiento de la savia, que toda-

vía se sigue utilizando de forma muy puntual en algunos lugares de Europa. “*Las soluciones de sulfato de cobre son conducidas a través de tubos a unos pequeños depósitos situados a 30 - 40 pies del suelo. Estos depósitos se fijan de una forma muy ingeniosa en la testa o en la mitad del tronco. El producto antiséptico expulsa a la savia de las partes más blandas de la madera y la reemplaza*”. En un informe de 1967 Gurd y Ludsen demostrarían que postes de madera de Pino Oregón tratados con el sistema Boucherie utilizando diferentes sales habían desempeñado correctamente sus funciones durante 26 años.

El origen de las sales hidrosolubles se puede decir que comenzó en 1841 con el “proceso Payne”. Éste consistía en tratar la madera primero con presión y con sulfito de hierro y después con carbonato sódico, para formar un precipitado insoluble; que no consiguió ningún resultado satisfactorio. Pero un sistema de tratamiento de doble difusión basado en este concepto y que se utilizaba para proteger postes de madera verde, conseguía que precipita-

ran depósitos tóxicos dentro de la madera, y aparece en un informe de Baecheler un siglo después.

En 1849 Julius Rütgers introdujo el procedimiento Bethell en Alemania, para el creosotado de las traviesas de ferrocarril.

En 1865 se introdujo en Estados Unidos la primera instalación de creosotado mientras que la Compañía Francesa de Ferrocarriles inauguró en ese mismo año sus talleres de Por d’Atelier y Amagne.

En 1879 Boulton empleó la creosota a nivel industrial aplicándola con sistemas de vacío-presión y en 1884 informaba al instituto de Ingeniería Civil que el sistema denominado creosotado desplazaría en el Reino Unido y en otros países al resto de tratamientos conocidos para proteger la madera (Informe: “On the Antiseptic Treatment of Timber”, en el que además explicaba los orígenes de la creosota y su desarrollo).

La destilación del alquitrán de hulla permitía obtener muchos productos diferentes (aceites más y menos pesados que el agua y alquitrán) y se empezó a discutir sobre cual era la mejor creosota. Actualmente la normativa es muy clara y define perfectamente la composición mínima de la misma.

En 1885 se reunió en Estados Unidos el “Cómite para la Conservación de la Madera” coordinado por Chanute donde se presentaron muchas y contradictorias informaciones, que provocaron una gran confusión. Una de las conclusiones más importantes fue el acuerdo de que “es necesario que la investigación pública y privada (la industria) trabajen de forma conjunta para la protección artificial de la madera contra la pudrición”. El Cómite reconocía el éxito de la utilización de la creosota en Europa, pero estaba interesado en procedimientos más baratos que utilizaran sales hidrosolubles.

Las primeras experiencias con este tipo de productos fueron un fracaso y entrañaban un gran peligro. Se utilizaron sales en polvo que contenían arsénico y cloruro de mercurio que se introducían en orificios practicados en traviesas verdes; el arsénico y los

sublimatos corrosivos afloraban en la superficie de las traviesas con el paso del tiempo, el ganado lamía las traviesas y moría, (las 10 millas de traviesas en la que se había utilizado este procedimiento aparecieron flanqueados por los cadáveres de reses). El problema se solucionó con la creación de nuevas sales hidrosolubles y su aplicación con métodos de vacío - presión.

### La investigación en el siglo XX

En 1902, Wasserman mejoró el sistema Bethell y Max Rueping puso en práctica el tratamiento que lleva su nombre (célula vacía).

En 1903, Karl Heinrich Wolman fabricaba nuevos protectores de la madera a partir de soluciones complejas, que se identificaron con los nombres de Triolith y Tanalith (la empresa que fundó, Dr. Wolman GmbH, sigue actualmente vendiendo productos protectores para la madera)

En 1906, Guthbert Lowry patentaba un segundo método del sistema de célula vacía.

Pero hay que esperar a 1950 para que aparezca el sistema de doble vacío (vac - vac) que emplea protectores orgánicos y que se utiliza para proteger la madera que al exterior pero sin estar en contacto con el suelo.

La aparición de la Asociación Americana para la Protección de la Madera (AWPA, American Wood Preservers Association) en 1904 estimuló el interés en la protección de la madera y la formación de asociaciones parecidas en otros países. Sus reuniones anuales se convirtieron, y lo siguen siendo, el foro para discutir e intercambiar ideas entre los técnicos de las diferentes especialidades y para la elaboración de las normas de especificaciones. Todos los avances que se han ido produciendo aparecen publicados en sus "Actas" (Proceedings).

En 1910 se fundó en Estados Unidos el primer instituto dedicado a la investigación de la protección de la madera, el U.S. Forest Product Laboratory (USFPL) en la Universidad de Wisconsin, que permitió realizar ensayos de envejecimiento acelerado



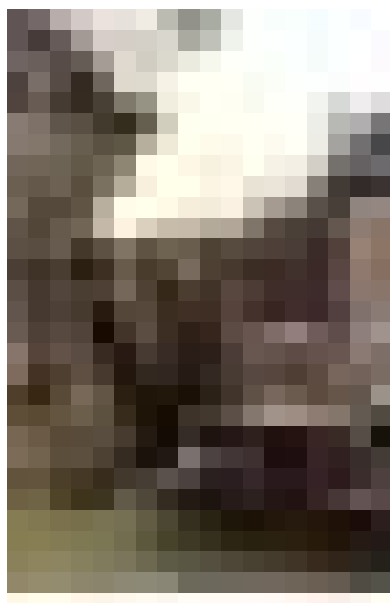
Proceso industrial para la obtención de la creosota

para comprobar la eficacia de los productos protectores y de los métodos de tratamiento.

Otros países europeos crearon posteriormente laboratorios o centros de investigación similares.

Durante todo el siglo XX se ha seguido avanzando en la investigación de la protección de la madera con el descubrimiento de nuevos productos y la mejora de los métodos de tratamiento ya conocidos. Se han perfeccionado los sistemas pero la protección profunda con autoclave se ha mantenido desarrollándose nuevos productos que incorporan principios activos más eficaces. Quizás el aspecto más novedoso de estos últimos años ha sido la utilización de cebos para la elimina-

Proceso artesanal para la obtención de la creosota



ción de las termitas que se utilizan en los tratamientos curativos.

### Literatura científica sobre pudriciones

Aunque actualmente se conoce relativamente bien cómo se produce la pudrición (germinación de las esporas sobre un soporte que reúne determinadas condiciones de humedad, y alimento para su desarrollo) todavía en el siglo XIX no se sabía.

En 1833 Theodore Hartig apuntaba que podía ser debido a los hongos.

En 1869 S. B. Boulton citaba, como explicación de las pudriciones, la teoría de Liebig pensaba que la fermentación era causada por una lenta combustión de la madera.

Hubo que esperar hasta 1863 en que Pasteur introdujo su teoría de la infección a través de gérmenes (esporas), confirmada en 1881 por Tyndall. Este último lo demostró utilizando unos tubos de agar en los que se veía como germinaban las esporas presentes en el aire y que caían en el interior del tubo. Boulton aprovechó esta demostración para recalcar la importancia de la pudrición interna, que todavía sigue siendo un importante problema en algunos productos o en algunas situaciones, y la importancia de la penetración y retención que deben alcanzar los productos protectores de la madera. "Comparemos la boca de esos tubos con la parte exterior de una fenda que se forma en la superficie de la madera provocada por la acción del sol. Si la espora del hongo es capaz de descender por el tubo y si no hay nada que impida su desarrollo, en nuestro caso particular, si la fenda atraviesa la zona protegida con el producto antiséptico, entonces es posible que se produzca una pudrición de la madera en el interior de la pieza de madera".

Mientras los químicos y los ingenieros estaban desarrollando nuevos productos y nuevos equipos para proteger la madera, los biólogos estaban estudiando la naturaleza del proceso de la pudrición. Entre otros especialistas hay que destacar a Robert Hartig (hijo de Theodore Hartig) que en 1894 escribió el libro "Text book of diseases





*Plantas de tratamiento en autoclave*

of Trees (Libro de texto sobre las enfermedades de los árboles)". Los primeros éxitos en identificar las causas de la pudrición empezaron a surgir a partir de 1870. Una publicación muy interesante fue "Preservation of Structural Timber (Protección de Estructuras de Maderas)" de Wiess, publicada en 1916, en la cual se recogía todo el conocimiento acumulado sobre la protección de la madera. Esta publicación incluía la observación realizada por Bailey de que "las membranas exteriores de las coníferas tenían pequeños orificios", que no pudo corroborarse hasta 40

años después con la aparición del microscopio electrónico. El papel de estos orificios (punteaduras) han servido para explicar como se produce el movimiento del producto protector en el interior de la madera, la permeabilidad que tienen las diferentes especies y para mejorar la penetración de los productos protectores. En 1938 aparece el primer libro de texto sobre la protección de la madera "Wood Preservation" de Hunt y Garrant, cuyo objetivo era "resumir los hechos esenciales de toda la información disponible y facilitar el acceso a esa información ordenandola y

exponiendola de forma adecuada". En lengua española aprovechamos para recordar, aunque sea de forma muy breve, a los primeros técnicos que se dedicaron a investigar y promocionar sobre la protección de la madera como José Benito Martínez, con su libro "Conservación de Maderas en sus aspectos teórico, industrial y económico", 1952; Dr. Gustav Kramer, con su libro "Compendio de la Conservación de la Madera", 1958; Joaquín Martín Dieguez (actualmente en activo con su empresa 3ABS Lasures después de pasar por distintos puestos en la administración, Xilazel y Prómax), con su libro "Conservación de Maderas. Aspecto general y práctico de la Protección de Maderas de Construcción contra Pudriciones e Insectos", 1964; y a Juan Torres Juan (Catedrático de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes). Su labor se ha visto recompensada y ha permitido formar a un gran número de nuevos técnicos que siguen promocionando y completando la labor que iniciaron. Entre los primeros industriales que introdujeron los autoclaves mencionamos a los que recoge José Benito Martínez en su publicación; Jorge Laffontan (que instaló un autoclave en Castejón - Navarra, en 1912), Juan Laffontan, José Alter y José Gonzalez Rothvoss. Este artículo también quiere reconocer la gran labor que sigue desempeñando Daniel Laffontan (actualmente en Impregna).

### **Control de calidad y ensayos**

En la reunión del Instituto de Ingeniería Civil celebrada en Londres en 1853 que se ha comentado anteriormente, Burt explicaba un procedimiento para realizar el control de calidad de la madera tratada con el sistema Bethell "la cantidad de creosota retenida en la madera se puede calcular por diferencias de pesada antes y después de realizar el tratamiento, si se dispone de unos equipos de medida adecuados". También censuraba el sistema que se utilizaba en Londres de mantener la madera flotando y predijo que se descubrirían métodos para



secar artificialmente la madera, que serían adoptados rápidamente por la industria. Contestando a varias preguntas sobre el tema de protección, sugería que los tratamientos con aceite podían acelerarse si se eliminaban los anillos de crecimiento externos o si se realizaban pequeños y numerosos orificios en la superficie de la madera; y se recomendaba introducir en la madera 8 libras de creosota por pié cúbico. Bethell también intervino de forma activa en esa reunión recalcando su preferencia por las maderas porosas, ya que absorbían más producto y se saturaban perfectamente, y la necesidad de secar la madera; su recomendación para la penetración se situaba entre 7 y 10 libras de creosota por pié cúbico para las traviesas de ferrocarriles.

Actualmente la utilización de sales hidrosolubles está muy introducida y estudiada solucionándose su fijación en el interior de la madera para impedir su deslavado. Pero el camino para llegar a su implantación estuvo sembrado de muchas dudas y controversias. Boulton era muy escéptico con la utilización de las sales metálicas porque decía que *“la experiencia le había demostrado que no se fijaban tanto como la creosota cuando la madera tratada estaba expuesta a condiciones húmedas, cuestionaba la teoría de que las sales formaban con la madera compuestos insolubles y citaba las investigaciones realizadas por Payen basadas en trabajos realizados por De Gimini (1848) que habían demostrado que las sales de sulfato de cobre se deslavaban de la madera cuando se lavaban de forma repetida con agua. Estas sales pueden ser útiles sólo si se aplicaban en condiciones secas o si se utilizaban contra la pudrición seca en maderas situadas bajo cubiertas”* -decía-. Por otra parte estaba muy impresionado por los trabajos de Boucherie (1838). En 1868 Samuel Bagster Boulton revisó los resultados obtenidos en los ensayos en agua de mar sobre la durabilidad de la madera tratada, realizados en Holanda, Bélgica y Francia con madera creosotada, y recomendó que “para todos los casos, la madera

debía secarse antes de tratarla con creosota y que si la madera se iba a utilizar en contacto con agua de mar necesitaba introducirse una mayor cantidad de producto”. Es curioso resaltar que los ensayos en aguas marinas todavía se siguen realizando actualmente y que la creosota, aunque se haya restringido su uso, todavía se sigue utilizando para proteger la madera.

En 1963 Blew publicó los resultados de 50 años de ensayos sobre la vida de servicio de los traviesas de ferrocarril en los Estados Unidos, la media de vida de servicio de las traviesas se había incrementado desde 12 años en 1900 hasta 35. Sin embargo las grandes trenes y el incremento de su velocidad exigieron unas mayores prestaciones a las traviesas y fueron finalmente sustituidas en muchas líneas por traviesas de hormigón.

## La situación de la protección en España

La evolución de los tratamientos en profundidad que, en su inmensa mayoría, requieren el empleo de autoclave han sido el origen y propiciado el desarrollo de la protección de la madera en nuestro país. Es justo, por otro lado, mencionar a determinadas personas que impulsaron estos trabajos en épocas más lejanas y forman parte de la pequeña historia de la protección de la madera en España.

El ferrocarril y las líneas de teléfono y de telégrafo han sido los dos sectores que han impulsado el tratamiento de la madera en autoclave. Como comentaba en 1960 José Benito Martínez en su libro “Estado actual de la industria española de impregnación de maderas” es muy difícil fijar con precisión la fecha en que empezó a impregnarse en España la madera en autoclave. Muchos de los datos que aparecen más adelante proceden de este libro y se han completado con informaciones de otros personas del sector.

En 1999 el número de autoclaves instalado es de, aproximadamente, 90, aunque hay que resaltar que algunos se dedican a la protección superficial decorativa de la madera. Su número ha ido creciendo, sobre todo en estos últimos años

La empresa Impregna S.A. recoge una cierta cronología de los autoclaves instalados en nuestro país:

- de 1909 a 1942. 16 autoclaves: 15 para traviesas y 1 para postes, todos con creosota.
- de 1943 a 1962: 12 autoclaves: 4 para traviesas (creosota) y 8 para postes (2 de los cuales utilizaban sales hidrosolubles y el resto creosota)
- de 1963 a 1969: 9 autoclaves: 1 para traviesas (creosota), 7 para postes (2 de los cuales utilizaban sólo creosota, 3 utilizaban indistintamente creosota y sales hidrosolubles, y otros 2 utilizaban exclusivamente sales hidrosolubles) y 2 para productos varios (creosota y sales hidrosolubles)
- de 1970 a 1995: 28 autoclaves: 1 para traviesas (creosota), 7 para postes (1 de los cuales utilizaba sólo creosota, 3 utilizaban indistintamente creosota y sales hidrosolubles, y otros 2 utilizaban solamente sales hidrosolubles), 10 para productos varios (2 de los cuales utilizan creosota y sales hidrosolubles y los 8 restantes utilizan exclusivamente sales hidrosolubles) y 11 para tratamientos por doble vacío.

### Traviesas para ferrocarril

Es muy probable que el primer autoclave para la impregnación de traviesas se instalara en 1896 en Miranda de Ebro (Burgos), por la antigua “Compañía de Ferrocarriles del Norte”, que utilizaba el sistema Bethell y creosota. Aunque antes de 1896 la compañía de ferrocarriles “Santander-Mediterráneo” ya impregnaba las traviesas con soluciones de Cloruro de cinc si bien tardó algunos años en pasarse al creosotado en autoclave.

En 1906 la “Compañía de Ferrocarriles MZA” montó dos talleres de creosotado en Andújar (Jaén) y en Aranjuez (Madrid).

En 1910 la Compañía del Norte trasladó sus instalación de Miranda de

Ebro a Castejón (Navarra) y montó otro nuevo taller de creosotado en El Grao (Valencia).

En 1912 la empresa “Sociedad Bilbaína de Madera y Alquitranes” instala en Castejón (Navarra) y en 1922 en Santas Martas (León) sus fábricas de creosotado de traviesas de madera.

En 1934 la compañía de ferrocarriles “Santander-Mediterráneo”, mencionada anteriormente, instaló su autoclave que utilizaba el sistema Rüping en Calatayud (Zaragoza), convirtiéndose en la primera española en emplear este sistema de tratamiento.

En 1935 la empresa Impregna cerró su fábrica de Calatayud (Zaragoza).

En 1936 esa misma empresa, “Impregna S.A.”, reconstruyó dos de sus tres fábricas, la de Aranjuez (Madrid) en 1936, que se cerró en 1979, y la de Andujar (Jaén) en 1938, que cerró en 1995.

En 1942 se creó RENFE, que viendo la necesidad de disponer de instalaciones de creosotado por el Sistema Rüping, absorbió y mejoró los autoclaves de las compañías de ferrocarriles existentes (“Andaluces” con autoclaves en Huelva y Campo Real (Córdoba); “Oeste” con autoclaves en Bazagona (Cáceres) y en Aguilar (Córdoba); “Sur de España” con autoclave en Moreda (Granada); “Lorca-Baza” con autoclave en Aguilas (Murcia); “Santander-Mediterráneo” con autoclave en Soria que después trasladó a Calatayud).

### Postes de Telégrafos y de Teléfonos

Respecto a los postes de líneas de telecomunicaciones, José Benito Martínez comenta que los primeros autoclaves que se utilizaron para esta aplicación se debieron a la empresa PYMSA, que en 1909 montó en Manresa una planta para el creosotado de postes para teléfonos y telégrafos, y a la iniciativa de “Telégrafos”, que en 1910 ya utilizaba postes creosotados con el sistema Breant (Bethell). En 1915 “Telégrafos” abandonó temporalmente el creosotado y



*El boj, una madera con alta durabilidad natural*

utilizó durante el período 1915-1925 postes impregnados en autoclave con solución acuosa de sulfato de cobre. En 1925 coincidiendo con la fecha de fundación de “Telefónica”, volvió a utilizar postes creosotados. En 1931 Telefónica y Telégrafos adoptaron el sistema Rüping. En 1969 se instalaron los primeros autoclaves que utilizaban sales hidrosolubles.

La secuencia histórica de las empresas que entraron en este segmento de mercado de postes, para la líneas de teléfono, telégrafos y otros usos, hasta 1966 es la siguiente (datos procedentes de Impregna y de las empresas del sector):

En 1944 se fundó la empresa “Santa Susana” instalando un autoclave en Callus (Barcelona); en 1946 la empresa “Eiforsa”, en Huesca; en 1947 la empresa “Heras” en Lérida, que cerró en 1976; también en ese mismo año se fundó la empresa “Carrión Forestal” en Huelva; en 1958 la empresa “Archederra” en Jaca (Huesca), que cerró en 1967; en 1957 la empresa “Imsa” en Gironella (Barcelona); en 1961 la empresa “Cobra” en Olvan (Barcelona); en 1966 la empresa “Talleres Ares” en Gueñes (Vizcaya) que cerró en 1985; y en 1968 la empresa Krisa en Villanueva de Arraquil (Navarra) que cerró en 1980.

### Sistema doble vacío

La introducción de los primeros autoclaves que empleaban el doble vacío se implantaron en nuestro país en los años 70 a través de la empresa Impregna S.A. Este tipo de tratamiento, muy adecuado para los productos de carpintería al exterior sin contacto con el suelo, permiten además productos decorativos. El gran crecimiento en el número de autoclaves instalados en estos últimos años se ha centrado, de forma particular, en este tipo de instalaciones.

### Notas

<sup>1</sup>La hulla es el resultado de la descomposición parcial de materias vegetales realizada en el transcurso de millones de años, bajo la acción de una enorme presión y de temperatura elevadísima; y proporciona algunos productos muy valiosos entre los que se encuentra la creosota. No deja de ser aparentemente paradójico que el resultado de la descomposición de la sustancia leñosa en los períodos prehistóricos, constituya la primera materia para la obtención del producto protector de la madera que más se ha utilizado en la historia. La referencia más antigua que se conoce respecto a la carbonización de la hulla se debe a Theophrastus, discípulo de Aristóteles, En el año 371 a. de J.C. dice en sus “Historia de la Piedra”: ... pero la piedra de Lepara (hulla), al quemarse se vacía, por decirlo así, y se convierte en una especie de piedra poméz (coque), cambiando al mismo tiempo de color y densidad..”.