

CAUSAS ABIOTICAS DE LA DESTRUCCION DE LA MADERA

José Benito Martínez (*)

(*) Ilustre Ingeniero de Montes, ya fallecido, científico de rango mundial. Este artículo pertenece a su enciclopedia CONSERVACION DE MADERAS EN SUS ASPECTOS TEORICO, INDUSTRIAL Y ECONOMICO.

Causas abióticas

- I. Perturbaciones atmosféricas (árboles en pie principalmente) ..
 - a) Huracanes.
 - b) Inundaciones y aludes.
 - c) Efectos del rayo.

- II. Desintegración físico-química de la madera (apilada o puesta en obra) a la intemperie...
 - a) Radiación solar.
 - b) Humedad atmosférica.
 - c) Efectos del hielo y deshielo.
 - d) Acción erosiva de la lluvia, granizo y partículas de polvo o arena arrastradas por el viento.
 - e) Oxidación lenta y absorción de gases (especialmente SO₂) de la atmósfera.

- III. Desintegración de carácter mecánico de la madera puesta en obra en el agua y especialmente en el mar.
 - Acción erosiva de las corrientes, mareas y del oleaje (tempestades).

1. Agentes de orden fisicoquímico, que, de un modo directo o indirecto, intervienen en la destrucción de la madera.

a) Madera puesta a la intemperie

El oxígeno, y en especial el ácido carbónico del aire —y a veces los gases o vapores que el aire contiene (principalmente anhídrido sulfuroso)—, pueden atacar a las fibras leñosas y alterar en ciertos casos los antisépticos inyectados en la madera para su conservación.

La humedad influye considerablemente en la resistencia mecánica de la madera, que va disminuyendo gradualmente a medida que aquella aumenta. Por otra parte, debido a los cambios de humedad, la madera experimenta variaciones en su volumen (merma e hinchazón), a consecuencia de las cuales se producen venteaduras (fendas de sequedad), acebolladuras e incluso astillado superficial. En los postes, las venteaduras no tienen gran importancia; pero en las traviesas, puede disminuir notablemente la sujeción de los carriles, a causa de aflojarse los tirafondos, sobre todo en regiones secas, o cuando se emplean maderas que tienen tendencia a formar fendas.

El comportamiento de la madera respecto a la radiación solar es como sigue: en trozos de

algún espesor no sufre alteración en su resistencia mecánica y únicamente toma un color oscuro en su superficie, cuando la luz solar tiene gran riqueza en rayos ultravioleta; en láminas delgadas es siempre muy atacada, como lo demuestra la fragilidad creciente del papel de periódico (que se compone de un 80 % de pasta mecánica de madera), a medida que aumenta el tiempo de exposición a la luz solar. Por otra parte, cuando la madera está largo tiempo sometida a la acción directa de los rayos del sol, se forman numerosas fendas, por las cuales penetra fácilmente la humedad, circunstancias ambas que favorecen la invasión de los hongos xilófagos.

En los árboles en pie, las bajas temperaturas (por debajo de 0 °C) pueden ocasionar fendas de heladura o atronaduras, doble albura y acebolladuras, cuyos defectos facilitan la acción de los hongos de pudrición. El frío no daña a la madera seca; pero si es muy intenso, las fibras leñosas se hacen quebradizas como cristal y pierden su elasticidad. En la madera húmeda, el hielo y deshielo reiterado del agua que contiene, ocasiona la rotura de las paredes de las células leñosas.

Aparte de estas causas, hay otros factores que pueden contribuir a la desintegración físico-química de la madera, entre los cuales citaremos la acción erosiva de la lluvia, del granizo y de las partículas de polvo o arena arrastra-

das por el viento.

La desintegración físico-química y la pudrición no suelen encontrarse simultáneamente en la misma zona de madera; la madera seca no es atacada por los hongos, y, en cambio, las tablas de madera, que quedan muy secas por exposición al sol, sufren la desintegración físico-química, debido a que sus capas superficiales absorben periódicamente la humedad y se secan antes de que ésta pueda penetrar en el interior de la madera. Casos típicos de desintegración físico-química se presentan en las tablas de ripia de los tejados y en la cogolla de los postes.

La desintegración físico-química de la madera es a veces confundida con la pudrición; no obstante, estos dos fenómenos son completamente distintos en cuanto a las causas que los producen, circunstancias que favorecen su desarrollo y métodos eficaces para evitarlos o, por lo menos, para aminorar sus daños (*).

(*) La madera puede ser protegida contra la desintegración causada por los agentes meteoricos —pero no contra la pudrición y la acción de los animales xilófagos— aplicando una capa de pintura, barniz o laca, o bien de alguna sustancia hidrófuga o impermeabilizante, tal como aceite de linaza o de *Aleurites* spp., productos céreos, alquitrán, asfalto, etc.



b) Madera en sitios más o menos cerrados

En sitios secos y herméticamente cerrados se conserva la madera indefinidamente, de lo cual son buena prueba los sarcófagos de las momias egipcias. Sin embargo, al cabo de varios siglos, la mayor parte de las maderas suelen perder su resistencia mecánica y se hacen quebradizas. Por otra parte, si en el momento de ser expuestas al aire no se toman las debidas precauciones, son destruidas rápidamente por insectos xilófagos del grupo *Anobiidae* que no respetan, ni el duramen.

Las elevadas temperaturas, que reinan con frecuencia en las minas de carbón, actúan solamente de un modo indirecto sobre la madera, ya que favorecen el desarrollo de los hongos xilófagos. Otras minas, en cambio, son muy húmedas, por lo cual es preciso emplear apeas de mayor sección para compensar la disminución de resistencia mecánica de la madera, a causa del exceso de humedad.

En los túneles de los ferrocarriles se produce con frecuencia una acumulación de dióxido de azufre —procedente de los gases de combustión de la locomotora— que, al ser absorbido por el vapor de agua, puede atacar a las fibras leñosas. En la práctica, no obstante, esta acción corrosiva de los gases sulfurosos sobre la madera es insignificante comparada con la que ejercen sobre el hierro, por lo cual algunos ferrocarriles que utilizan traviesas de hierro suelen sustituirlas en los túneles por traviesas de madera creosotada.

La desintegración de la madera puede ser causada, en pocos años, por la acción del polvo de hierro, debido al desgaste de los carriles el cual no sólo produce la erosión de la superficie de la madera, sino también la rotura de las fibras leñosas. Este tipo de destrucción se ha encontrado en Londres, en los tableros con anuncios colocados en las estaciones del Metro, en los cuales se deposita gran cantidad de este polvo de hierro, denominado por los ingleses *electric dust*.

En los edificios, la cal apagada, en estado fresco, puede ejercer efectos corrosivos, si está en contacto con la madera durante mucho tiempo. Los colores ácidos empleados para teñir los entarimados pueden ocasionar en ellos

una corrosión importante debida a la hidrólisis de los hidratos de carbono, que contiene la madera. Cartwright y Findlay citan el siguiente caso: un entarimado de carpe, teñido de color negro, empezó al poco tiempo a desintegrarse en su superficie, que aparecía cubierta de un polvo negruzco, no resultando eficaz ningún tratamiento superficial para detener esta descomposición, por lo cual hubo que sustituir el entarimado por otro. No debe usarse, por consiguiente, ninguna materia colorante para teñir la madera, sin que antes se sepa a ciencia cierta que no ataca a la sustancia leñosa.

La naturaleza química de la destrucción puede ser reconocida fácilmente, en la mayor parte de los casos, por un simple análisis del extracto acuoso de la madera descompuesta; si el pH de este extracto cae del lado básico, o da una acidez mayor que 2,5, no es probable que la destrucción sea debida a los hongos, y debe investigarse el agente químico que la produce.

En la fabricación de aisladores de madera usados en electrotecnia y en la de algunos instrumentos de música, la madera es desaviada, utilizando lejías alcalinas y ácidos, que puedan atacar a las fibras leñosas, por lo cual hay que tener en cuenta, si la ventaja lograda por este desaviado compensa realmente el daño que puede ocasionar. Los separadores, utilizados en las baterías de acumuladores, tienen que permanecer inmersos en soluciones ácidas relativamente concentradas, y por esto deben ser contruidos con madera resistente a las soluciones ácidas de esta concentración.

La madera experimenta también variaciones en su composición y estructura, cuando se somete a las altas temperaturas, durante largos períodos de tiempo; incluso a temperaturas muy por debajo de 120 °C, en que empieza la destilación, se observan ya alteraciones, que se van intensificando a medida que aumenta el tiempo de exposición. Como ejemplo de esto puede citarse el caso de una tabla, sacada del fondo de una estufa de secado de la madera, en la cual había permanecido durante siete años de uso casi continuo. El aspecto de esta tabla recordaba extraordinariamente un estado avanzado de pudrición seca, a pesar de que la temperatura de la estufa no había pasado nunca de 100 °C, manteniéndose generalmente a

70 °C. Aunque la naturaleza de estas alteraciones no está completamente dilucidada, se puede suponer que obedecen a que el calor prolongado origina un acortamiento de las cadenas de celulosa, a causa del cual la madera se hace quebradiza.

c) Madera en contacto del suelo

En general, puede decirse que la duración de la madera en suelos secos es notablemente mayor que en suelos húmedos, y que en éstos, a su vez, es mayor en los que tienen un cierto grado de humedad permanente, que en los que presentan alternativas frecuentes de humedad y sequedad.

La naturaleza de las capas superiores del suelo ejerce gran influencia sobre la duración de la madera. En suelos húmedos y compactos (suelos arcillosos), la madera dura ordinariamente mucho más (con excepción del haya) que en los suelos sueltos (arenosos, pedregosos o calizos), que experimentan oscilaciones frecuentes de humedad (según Pfeil, la duración en este caso es solamente $\frac{1}{4}$ de la que tiene la madera en suelos arcillosos). En terreno calizo se pudre la madera más fácilmente que en suelo arenoso; en suelos ricos en humos o estercolados se conserva muy mal, y en suelos turbosos ácidos, la pudrición progresa con lentitud.

La naturaleza del suelo influye también, en ciertos casos, sobre la composición del antiséptico inyectado en la madera y, por tanto, sobre la conservación de la misma. La duración de los postes sulfatados es relativamente escasa en los terrenos calizos y húmedos, que tienen en disolución carbonatos de calcio o de magnesio, y en suelos ricos en materia orgánica. En efecto, en el primer caso, el sulfato de cobre se descompone, formando carbonato básico de cobre (insoluble) y sulfato cálcico (insoluble) — sales que, por esto, carecen de poder fungicida— y sulfato magnésico, que es deslavado rápidamente por el agua; y en el segundo caso, el agua amoniacal, procedente de la descomposición de la materia orgánica, arrastra con facilidad el sulfato de cobre de los postes, incluso en los impregnados por el sistema Boucherie. En los suelos muy ácidos no suelen dar buen resultado los postes inyectados con metarsenito de cinc.

El fluoruro sódico no es apto para el tratamiento de las traviesas cuando el balasto de la vía se compone de piedra caliza; en efecto, al ser humedecidas las traviesas por agua de lluvia o procedente del suelo, se forma fluoruro cálcico (insoluble), que carece de poder fungicida.

La madera, enterrada en las turberas, experimenta alteraciones de la misma naturaleza que las producidas durante la formación de la hulla y se hace inmune a la pudrición, como lo demuestran los restos de bosques prehistóricos encontrados, en buen estado, a veces, en las antiguas turberas. El llamado roble de los pantanos, *bog oak*, que tal vez permaneció enterrado en las turberas durante miles de años, es duro y está generalmente en buen estado de conservación; pero es mucho más oscuro que el roble ordinario y tiene la particularidad de contraerse extraordinariamente al secarse.

d) Madera en contacto del agua

l) Madera en agua dulce

La exposición prolongada de la madera al agua corriente, especialmente si está caliente, como en las torres o columnas de refrigeración, puede producir en ella una erosión superficial, debido al deslavado de las partes más solubles y a la acción de desgaste del agua corriente sobre la madera.

En cuanto a la madera navegada por los ríos, o empleada en construcciones sumergidas parcial o totalmente en el agua, hay opiniones contradictorias: unos creen que con ello se pierden los taninos, resinas y otras sustancias, que desempeñan un cierto papel en la conservación de la madera, y otros, en cambio, estiman que el desaviado aumenta la duración de la madera, porque elimina algunas materias que favorecen la pudrición. Ahora bien, si se considera que los hongos xilófagos propiamente dichos no viven a expensas del contenido celular, sino de las paredes de las células leñosas, y si se tiene en cuenta además que el poder fungicida de las sustancias intracelulares (especialmente del tanino), es relativamente pequeño, comparado con el de los antisépticos empleados ordinariamente para conservar la madera,

se comprenderá fácilmente que el desaviado no puede ejercer gran influencia sobre la duración de la madera. Por otra parte, los hongos xilófagos son organismos aerobios, que vegetan con tanta dificultad en la madera sumergida en agua dulce, que prácticamente puede decirse que aquélla no sufre los efectos de la pudrición.

Por su duración en el agua dulce, se puede dividir las maderas en tres grupos:

Muy duraderas
(más de 500 años)

Olmo, Robinia
Roble, Castaño
Carpe, Alerce
Aiso, Pino silvestre

Bastante duraderas
(100-500 años)

Abeto rojo
Pinabete

Poco duraderas
(menos de 20 años)

Arce, Chopo
Abedul, Castaño de Indias
Fresno, Sauce
Tilo

Según G. Janka, el desaviado de la madera en agua dulce disminuye la higroscopicidad, por lo cual los fenómenos de merma e hinchazón son menos acusados en la madera desaviada, que en la no sometida a este tratamiento.

Las columnas, inmergidas en el agua, del viejo palacio de Westminster (Londres), que se han sustituido recientemente, tenían su superficie tan reblandecida, que su consistencia recordaba a la del queso; pero, en cambio, su zona central se encontraba todavía en buen estado de conservación. Poco se sabe sobre la naturaleza de estas alteraciones, y prácticamente no se ha hecho ninguna investigación sobre las causas que las producen. Es probable que las bacterias desempeñen aquí algún papel, pero su acción precisa es desconocida hasta ahora.

2) Madera en el mar o en agua salobre

En el mar hay que contar con la erosión producida en la madera por las mareas y corrientes, y especialmente por el oleaje, que no deja de tener importancia; claro está, que la mayor parte del daño es causado por los animales per-

foradores marinos (*). Por otra parte, en la madera sumergida en el mar (**) se producen fenómenos de petrificación natural (especialmente calcificación). Peligot investigó en 1857 una madera —procedente de las instalaciones del puerto de Cartago (año 800 a. de J. C.)— que había estado sumergida en el mar más de 2.500 años, observando que pertenecía a una coní-

fera y que era muy pesada, y parecía como si estuviese petrificada. Además comprobó que, en su mayor parte, conservaba la cohesión y era dura y resistente, aunque había algunas zonas muy deleznales. La investigación química de esta madera dio el siguiente resultado:

Materia orgánica.....	31,6 % (en peso)
Agua.....	9,5 %
Carbonato cálcico.....	47,2 %
Carbonato magnésico.....	2,5 %
Sulfato cálcico.....	1,6 %
Sales marinas (cloruro sódico y otras).....	7,2 %
Oxidos de aluminio y de hierro.....	0,3 %
Ácido silícico.....	0,1 %
Total.....	100,0 %

La materia orgánica, que en la madera secada al aire llega al 90 % se había reducido en este caso al 30 %, aproximadamente. Esta diferencia no es debida a la disolución o destrucción de la materia orgánica, sino a la precipitación de elementos minerales en la madera, con lo cual se rebaja el porcentaje en peso de la materia orgánica. De los elementos minerales determinados por el análisis merece destacarse el gran contenido en carbonato de cal, hasta tal punto, que se puede decir que la madera estaba calcificada.

(*) Hasta hace poco se creía que los hongos no podían atacar a la madera saturada con agua del mar. No obstante, Barghoorn y Linder han descrito recientemente, por vez primera, muchas especies de hongos que vegetan en madera sumergida en el mar. En sus investigaciones comprobaron que algunas de estas especies pueden descomponer la celulosa, las sustancias pécticas y otros hidratos de carbono, y en menor proporción la lignina, llegando a la conclusión de que estos hongos actúan como aceleradores de la desintegración de los pilotes de madera sumergidos en el mar, mediante la pudrición progresiva de su parte

externa. Además comprobaron, que su micelio penetra y se ramifica en las paredes de las células leñosas, y ejerce al mismo tiempo una acción enzimática hidrolizante, análoga en todo a la de los hongos xilófagos terrestres.

(**) En la composición del agua del mar (Atlántico y Mediterráneo), intervienen las siguientes sales: cloruro sódico, 2,67-2,94 %; cloruro magnésico, 0,32 %; sulfato magnésico, 0,20-0,25 %; sulfato cálcico, 0,14-0,16 %; cloruro potásico, 0,05-0,13 %; bromuro sódico, 0,04-0,06 %.