



A C A B A D O

Agentes destructores de la madera

Introducción

El barnizado de madera para exteriores (carpintería, vallas, balcones, casas de campo, etc.) es un trabajo articulado que, mediante la aplicación de varios productos, cada uno con una misión específica, pretende satisfacer objetivos no solo de carácter estético sino especialmente de carácter prestacional (Tabla 2). Estos objetivos pretenden que la protección y la durabilidad de la madera sean los objetivos técnicos especialmente requeridos y que siempre son tema de debate tanto para el fabricante de la carpintería como del fabricante de barniz.

PRESTACIONAL	Proteger la madera Durabilidad en el tiempo
ESTETICA	Aspecto decorativo Satisfacer el mercado
ECONOMICOS	Facilidad de trabajo Productivamente ventajoso
AMBIENTAL	Bajo impacto Reducir la emisión de disolventes

Tabla 2. Objetivos del barnizado de madera al exterior

¿Cuánto dura la carpintería de madera barnizada y expuesta al exterior?

¿Cuál es el mejor proceso de barnizado o acabado para tener la máxima protección?

Las necesidades del día a día son en realidad las que van marcando la pauta en el mundo de la

carpintería de madera para exteriores y deciden de por sí el proceso idóneo de barnizado.

Para responder a todas estas cuestiones y poder definir el estándar cualitativo es necesario conocer antes que nada el mecanismo de las acciones destructivas de los principales agresores de la madera. Después podremos analizar los factores que más influyen en la durabilidad al exterior e intervenir, ya sea en la fase del proyecto de construcción, ya sea en el proceso de barnizado o acabado. Las principales causas de la degradación de la carpintería de madera al exterior son: las radiaciones solares, el agua, los hongos y los insectos. Mientras que las dos primeras afectan tanto a la madera como a la película de barniz y al propio sistema barniz-madera, las otras dos afectan tan sólo a la madera.

Radiaciones solares

La luz solar que llega a la superficie terrestre (Fig.4) está constituida de un amplio espectro de radiaciones que pueden dividirse en tres clases:

1. Radiaciones Ultravioletas (de 295 a 400 nm): es el 5% de la luz solar. Tiene una elevada energía que le permite penetrar en profundidad en la madera después de atravesar la película de



Fig. 4 Espectro de la radiación solar

barniz. Su acción es destructiva tanto en la madera como en el barniz.

2. Radiaciones Visibles (de 400 a 700 nm): es el 45% de la luz solar. No tiene energía suficiente para romper las uniones de los grupos químicos. Causa variaciones del color de la madera.

3. Radiaciones Infrarrojas (de 700 a 2500 nm): es el 50% restante de la luz solar. Es la parte de la luz que transporta el calor y a través del que se aceleran todos los fenómenos de degradación.



Fig. 5 Variación del color de la madera en función del tipo de madera. A la izquierda madera clara: Pino silvestre; a la derecha madera oscura: Roble. En los dos casos sólo la parte superior estuvo expuesta a la luz solar.



La **luz Ultravioleta y la Visible** son las causantes de los siguientes problemas:

- película de barniz: fulminante reacción de los radicales, provocando fuertes tensiones permanentes que provocan rigidez y amarilleamiento de la película.
- madera: activa reacción foto-demoladora de la lignina que provoca el agrisamiento de la madera. Este fenómeno se desarrolla a través de una inicial variación del color dependiendo del tipo de madera (Fig.5):
En el caso de madera clara se produce un amarilleamiento-oscurecimiento debido a la degradación de la lignina, importante componente que contribuye a la buena adhesión del barniz sobre la madera. En esta fase es muy importante la acción del oxígeno de la atmósfera.
En el caso de maderas oscuras se produce en cambio una decoloración de la madera debido a la degradación de las materias extractivas que son la base de la coloración de la madera. Esta decoloración esconde en realidad el amarilleamiento dado por la desaparición de la lignina.
A continuación de la decoloración se produce un agrisamiento debido a la acción de lavado del agua la cual disuelve todos los

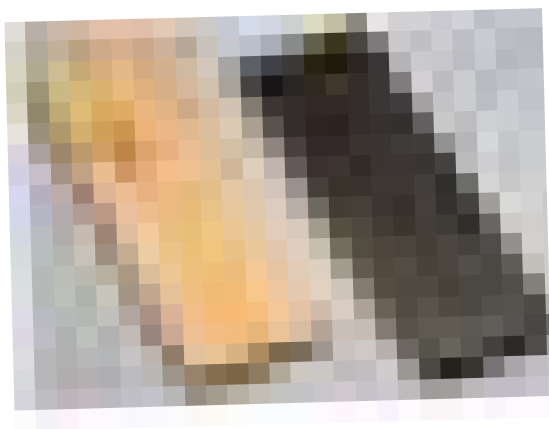


Fig. 6 Agrisamiento del Pino silvestre. A la izquierda panel no expuesto. A la derecha panel expuesto al exterior durante 6 meses.

subproductos de la degradación de la lignina y de los otros componentes extractivos de la madera (Fig. 6). Se cree también que la acción de los hongos cromógenos contribuyen al agrisamiento.

La **luz Infraroja** de la radiación solar tiene dos efectos negativos:

- en la madera: acelera el proceso químico foto-demolador activado por la luz Ultravioleta y Visible de la radiación solar.
- en la interfase madera-barniz: el coeficiente de dilatación térmica de la madera es mucho más baja que la del barniz y de todas formas diferente en dirección axial, radial y tangencial. Después del calentamiento se genera una fuerte tensión en la interfase madera-barniz que finalmente provoca el levantamiento y separación del barniz de la superficie.

Los daños causados por la acción del sol son más visibles en la madera barnizada con procesos transparentes incoloros. Este punto se trata más adelante.

El agua

El agua, en todas sus formas (lluvia, nieve, niebla, condensación nocturna, humedad) atraviesa la película de barniz, afectando principalmente a la madera. Siendo ésta una materia higroscópica tiende a asumir una situación de equilibrio en relación con la humedad del medio ambiente que la rodea. Para una temperatura dada el desarrollo de la curva de equilibrio de la humedad de la madera en función de la humedad atmosférica viene dada en la Fig. 7, donde puede verse que para una humedad del aire hasta el 50%, la humedad de la madera crece lenta y proporcionalmente. Este continuo cambio del agua con el ambiente es la causa los siguientes problemas:

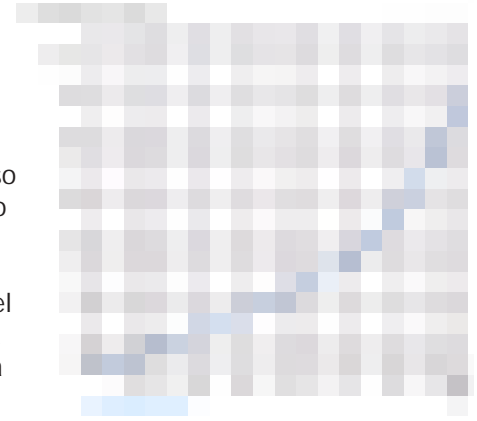


Fig. 7 Diagrama de la humedad de la madera en condiciones de equilibrio en función de la humedad relativa del aire a 20° C. En Italia la media de humedad relativa del aire es de un 65% por lo que la madera, en condiciones de equilibrio, será de un 12% de humedad a 20° C.

En la interfase madera-barniz una serie de variaciones dimensionales de la madera (hinchazón y encogimiento) que la película de barniz se esfuerza a compensar produciéndose la separación de la película de barniz de la madera.

En la madera cuando está muy húmeda (superior al 20%) llega fácilmente el ataque de los hongos con la consiguiente descomposición biológica. En la madera o en el barniz se produce un deslavado (ver el efecto del agrisamiento antes mencionado) produciéndose un empobrecimiento de los aditivos (preservante de la madera, absorbedor de U.V., etc.) que inicialmente estaban protegiendo la obra.

Los daños causados por el agua son más evidentes cuando:

- Hay un estancamiento de la misma por efecto del diseño de la obra que no puede eliminarse de modo inmediato.

- Por penetración debajo de la



A C A B A D O

película del barniz debido a una falta de uniformidad del grosor de película: testa poco barnizada, zonas de unión de piezas, poros de la madera muy profundos sin barniz, microgrietas en el barniz causadas, por ej., por una granizada (Fig.8).

Hongos

De acuerdo con su naturaleza se dividen en hongos perfectos (Ascomicetos y Basidiomicetos) y hongos imperfectos y según el daño provocado a la madera en hongos cromógenos y hongos xilófagos.

Los factores que regulan el desarrollo y el crecimiento de los

hongos son la humedad de la madera, temperatura, oxígeno, luz y tipo o especie de madera. Hongos Cromógenos: Son los micelios que causan alteraciones del color de la madera pero no alteran las características su resistencia mecánica. Estos hongos se nutren de las sustancias de reserva (azúcares y almidones contenidos en la albura) que se encuentran en el interior de las células sin atacar las paredes celulares, esto es la estructura que sustenta la madera. Los hongos cromógenos pueden ser distintos, en función de su capacidad de difusión en la madera:

Con desarrollo exclusivo en superficie son más conocidos como **mohos**. Tienen el aspecto pulverulento o lanuginoso con un color que varía del verde-negro al amarillo-pardo. Pueden ser eliminados fácilmente de la superficie. A esta clase pertenecen varios hongos imperfectos como son los géneros *Aspergillus* y *Penicillium*.

Con desarrollo en profundidad: estos hongos se difunden por toda la albura sin atacar el duramen. Tienen una coloración que varía del azul al negro. En este grupo se encuentra el hongo del azulado (Fig.9) que muy frecuentemente se puede observar en la madera de pino (y muy pocas veces en otras coníferas) y que es atribuido al ataque de algún hongo Ascomiceto (*Ceratocystis pilifera*).

Los factores que regulan el crecimiento y el desarrollo de los hongos cromógenos son: Humedad: la madera muy seca o muy húmeda no es atacable por los hongos; las condiciones óptimas se encuentran entre el 20% y el 40% de humedad.

Temperatura: debe ser siempre superior a los 0° C. Las condiciones óptimas se encuentran alrededor de los 22° C.

Oxígeno: a más oxígeno presente, mayor desarrollo del hongo cromógeno.

Las condiciones desfavorables de humedad y de temperatura no matan a los hongos, los dejan en un estado de vida latente, prestos a manifestarse incluso después de largos períodos de tiempo tan pronto como las condiciones sean favorables (por ej. la madera puesta a pié de obra). La madera verde del árbol recién cortado puede ser fácilmente atacada por lo hongos cromógenos. En esta fase de almacenaje deben de tomarse medidas preventivas como la inmersión en cubas o piscinas, la aspersion continua con agua o tratamiento de los troncos con antisépticos.

Hongos Xilófagos: Los hongos lignívoros definidos también como marcescentes, a diferencia de los hongos cromógenos, se nutren de las sustancias de las que están constituidas las paredes celulares (celulosa y lignina) provocando la destrucción completa de la madera; el resultado final de este ataque recibe el nombre de ataque de pudrición. Los hongos xilófagos (especialmente los Basidiomicetos, y también los Hongos Imperfectos y los



Fig. 8 Ejemplo de daños provocado por la acción combinada agua-sol, en relación a las grietas del barniz causadas por las piedras de una granizada. El agua penetra en el interior solubilizando las materias de la degradación de la lignina (acción del sol) iniciándose de este modo el agrisamiento de distintos puntos de la madera.



Fig. 9 Hongo del azulado del Pino



Ascomicetos) son muy peligrosos ya que causan una rápida pérdida de la resistencia mecánica de la madera, factor fundamental en el caso de estructuras de sostén en la construcción en madera. Los hongos de la pudrición son también el origen de las alteraciones cromáticas de la madera, que acompañan la fase inicial del ataque incluso antes que la resistencia mecánica y el peso específico sean sustancialmente modificados. Las alteraciones cromáticas más notables son las siguientes:

Rosado: típico de las coníferas. Primer paso antes de la pudrición blanca.

Agrisado: típica de las frondosas. Primer paso antes de la pudrición blanca.

Pudrición Parda: causada por el hongo Basidiomiceto (ej. *Serpula lacrymans*, *Coniophora puteana*, *Poria vaporaria*, *Lentinus epideus*) los cuales secrecionan enzimas que destruyen la celulosa blanca, dejando intacta la lignina oscura. La madera se agrieta en forma de prisma o de cubo (pudrición cúbica) perdiendo su consistencia (es posible aplastar con la punta de los dedos) en color amarronado (Fig. 10).

Pudrición Blanca: es causada por el hongo Basidiomiceto (*Polystictus versicolor*) el cual segrega enzimas hasta de destruir no sólo la celulosa sino también la lignina. La madera queda reducida a una masa fibrosa blancuzca (pudrición blanca fibrosa) con muchas cavidades unidas entre sí con un residuo blanco (pudrición blanca alveolar). Es muy común en las maderas frondosas en donde ataca incluso al duramen.

Pudrición Blanda: es causada por algunos hongos Ascomiceto (es. Gen. *Chaetomium*) y de varios Hongos Imperfectos. La madera se presenta en estado húmedo esponjosa y blanda y con color más oscuro. En estado seco presenta agrietamiento superfi-

cial. El daño generalmente se manifiesta sobre la superficie a medida que los hongos van penetrando en la madera atacando especialmente la albura y a menor velocidad también el duramen.

Los factores que regulan el crecimiento o desarrollo de los hongos lignívoros son:

Humedad: debe ser superior al 20%; en el caso de la carcoma blanda se precisan condiciones de humedad más elevada (superior al 30%) para que el hongo se desarrolle, cosa que sucede cuando la madera esta sumergida en agua. Por encima del 45% de humedad el crecimiento del hongo queda inhibido.

Temperatura: entre los 3 a 40° C.

Luz: no es necesaria

Oxígeno: es necesario

Tipo de madera: (más o menos específica) Coníferas y Frondosas.

Insectos

Los principales insectos que atacan la madera (los llamados perforadores de la madera, ya que excavan y construyen galerías en el interior de la madera) pueden dividirse en dos clases.

Xilófagos: son devoradores de madera, forman galerías con paredes de color blanco.

Xilomicófagos: son devoradores de los hongos presentes en la madera, formando galerías con paredes de color oscuro tan pronto aparecen los hongos. No son especialmente dañinos en cuanto que la larva no excava sus largas galerías hasta después del secado de la madera (*Xiloterus lineatus*, *Xiloterus domesticus*).

En general el ciclo de un insecto que ataca a la madera (con excepción de las Termitas) es como sigue. El insecto perfecto depone los huevos en el interior de la madera a través del oviscapto. Después de algunos días nace la larva (un gusano de

color blanco), dotado de mandíbula de color oscuro y queratinoso para poder cebarse bien de madera.

El periodo de crecimiento de la larva puede variar de meses a años (en función de la especie y de varios factores ambientales). Durante este periodo la larva cava largas galerías en el interior ingiriendo la madera y pasando de la fase de pupa o ninfa a la de insecto perfecto. Este sale finalmente de la madera perforando el diafragma que lo separa del exterior para reproducirse. Los insectos más comunes en nuestro país son anóbidos (o carcoma), líctidos, cerambícidos y termitas. Anóbidos: Pertenecen a esta familia muy variados tipos de xilófagos corrientes, entre los que destacan el *Anobium punctatum* o carcoma de mueble (Fig. 11) y el *Xestobium rufovillosum* o carcoma grande. (Fig. 9)

Atacan a la madera ya curada (en algunos casos también a los árboles secos en pie o recién abatido): tanto en albura como en duramen de coníferas y frondosas. La galería abierta por la larva no es coloreada y sigue líneas groseras y con restos de excrementos. La madera, aunque esté muy atacada, no pierde completamente sus propiedades mecánicas. Con el curado y la puesta en obra de la madera la infestación continúa.

Dimensión de la larva: 6-7 mm. Ciclo evolutivo: cerca de 3 años o más en relación a las condiciones ambientales. Diámetro del



A C A B A D O

agujero de revoloteo: 1,5 a 3 mm. Dimensión del insecto adulto: 4 a 7 mm.

Líctidos

Es la especie más difundida en Europa por la entrada masiva de maderas tropicales. Los más importantes son el *Lyctus brunneus* y el *Lictus pubescens*. Además existe la especie indígena *Lyctus linearis*. Atacan la albura de la madera curada de las frondosas siempre que se den las condiciones de tener vasos de gran diámetro y almidones celulares. Las coníferas no son atacadas debido a que no tienen vasos y su contenido de almidones es insuficiente. Las galerías abiertas por las larvas no son coloreadas y se encuentran llenas de finísima harina (característica de este insecto). La madera es atacada fuertemente por estos insectos y pierde su estructura y resistencia mecánica. El ataque continúa después del curado y en la puesta en obra.

Dimensión de la larva: 5 mm. Ciclo evolutivo casi 1 año. Diámetro hueco de revoloteo: 1,5 a 3 mm. Dimension insecto adulto: 2 a 5 mm hasta 7 mm.

Cerámbricidos

También estos insectos causan graves y peligrosos daños a la madera puesta en obra. La larva en efecto no es apreciable desde el exterior pero excava amplias galerías en el interior de la madera reduciendo de modo irreparable su resistencia mecánica.

Tan sólo en el primer revoloteo, que se produce generalmente después de un periodo muy largo del ataque inicial, es posible darse cuenta de la infestación. Las especies principales son:

Hylotrupes bajulus (Carcoma grande) (Fig.9): ataca madera curada de coníferas ya puesta en obra. La larva tiene un largo de 1,5 a 3 cm., con un diámetro de

7-8 mm y un ciclo evolutivo de 2 a 10 años.

Hesperophanes cinereus (Carcoma de las frondosas): ataca madera curada y puesta en obra. La larva tiene un ciclo evolutivo de 2-3 años.

Termitas

La especie más difundida en nuestro país son las siguientes: *Reticulitermes lucifugus* y *Calotermes flavicollis*. Las termitas atacan la madera de forma devastadora y sin que desde el exterior, pueda percibirse. Sólo cuando el daño es muy grande es apreciable. Las

termitas generalmente establecen sus colonias en raíces viejas o en trozas de madera sepultadas en el suelo. Desde aquí y a través de galerías pueden alejarse en busca de comida y atacando las estructuras en madera y todo tipo de elementos de la construcción (Fig. 11).

BIBLIOGRAFIA:

1) GIORDANO G. - IL LEGNO: CARATTERISTICHE E LAVORAZIONI FONDAMENTALI VOL. 1



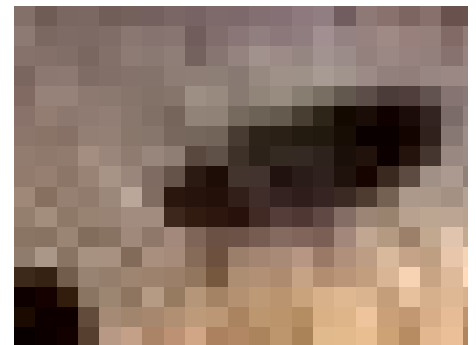
Fig. 9 Ataque de Carcoma grande (Cerámbricido)



Carcoma grande (*Hylotrupes Bajulus*)



Figura 10 Ataque de Carcoma (Anóbido)



Carcoma (*Anobium punctatum*)

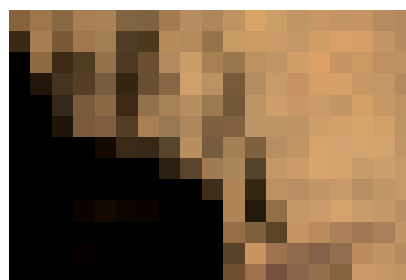


Figura 11 Ataque de termitas

FÉ DE ERRATAS

En el nº 191 se deslizaron algunas erratas dentro del artículo «El éxito de los barnices acuosos en la protección de la madera al exterior»:

El autor, Julio M. Samper, es profesor de la Fundación Bosch y Gimpera de la Universidad de Barcelona.

La iglesia de madera de la ilustración en la página 57 está en Skanden (Suecia).

Finalmente las tres ilustraciones de la página 59 corresponden (de arriba a abajo) a: película húmeda, fase evaporación del agua y película seca.