

LA DEGRADACION DE LA MADERA

Por: César PERAZA Oramas

Dr. Ingeniero de Montes

Subdirector Técnico de AITIM

1. INTRODUCCION

La madera teóricamente perfecta, sería aquella que tuviera su estructura tubular o fibrilar en condiciones óptimas.

Cuando esta estructura presenta anomalías en la misma, bien sean éstas producidas en el ciclo vital del árbol y en su desarrollo, bien sean producidas en su elaboración posterior o bien sean debidas a la destrucción, se producen los que se han llamado defectos en la madera y que considero más correctas degradaciones en la madera.

Las anomalías que se producen en el primero de los casos se llaman por algunos autores (G. Tsoumis) degradaciones primarias; las que se producen por causas externas, degradaciones secundarias; las debidas al trabajo de la madera, degradaciones de elaboración; finalmente cuando se deben a su propia naturaleza, el nombre más correcto es el de inconvenientes o desventajas.

2. DEGRADACIONES O DEFECTOS PRIMARIOS

Como hemos dicho antes, son debidas a las anomalías en la estructura de la madera. Estas anomalías o degradaciones primarias son:

- Fibra torcida.
- Madera entrelazada.
- Verrugas y lupias
- Curvatura del tronco.
- Desviación de las fibras.
- Madera de reacción.
- Nudos.
- Fendas.
- Acebolladuras.
- Crecimientos anormales.

El árbol teóricamente normal está formado por conos de crecimiento. Estos conos que tienen marcada inclinación de las generatrices, al ser el árbol joven, van disminuyendo de conicidad a lo largo de la vida del árbol al ser mucho más pronunciado el crecimiento en altura, longitudinal, que el del diámetro, transversal. Así, mientras la altura de un árbol puede llegar en el bosque boreal de 30 a 40 metros, su diámetro llega a 80 cm. como mucho. Su conicidad, medida por la tag. del ángulo, sería:

$$\frac{40}{3.000-4.000} \sim \frac{1}{100} \left. \vphantom{\frac{40}{3.000-4.000}} \right] 10/7$$

En árbol tropical de 80-120 metros de altura, diámetro de hasta 1,80 m., la conicidad sería 1/120. Por ello, parte de los conos correspondientes a los primeros crecimientos se transforman en los árboles grandes en cilindros. Las últimas, según nos acercamos al centro, presenta más las V, corres-

pondiente al corte de una superficie cónica por un plano paralelo a su eje.

La estructura tubular a que hemos hecho referencia puede considerarse, en las tablas, cortadas paralelas al eje y en los árboles de dimensiones adecuadas, paralela al eje del mismo.

2.1. Fibra torcida

Cuando la fibra en lugar de disponerse como hemos indicado, es decir, como generatrices de un cono o de un cilindro, lo hace helicoidalmente, se dice que el árbol tiene la fibra torcida o revirada. Cuando el ángulo de la hélice es muy pequeño, la madera es prácticamente inútil para construcción. Este defecto se nota al exterior, no solamente en la orientación de las vetas sino en la propia corteza. Se debe, generalmente, a crecimiento excesivo de las fibras al final del periodo vegetativo.

2.2. Fibra entrelazada

En ciertas especies el crecimiento de las fibras, por razones similares a la anterior, se efectúa en helicoides, pero de ángulo grande, y unas capas en sentido levogiro y otra destrogiro, produciéndose entonces la fibra entrelazada o alterna.

Verrugas y Lupias.—Las verrugas son pequeñas excrescencias leñosas formadas por

yemas durmientes que pierden su adherencia con la madera y crecen por vía endógena. Si en lugar de una yema hubiese una serie de ellas muy próximas, se produce una superficie muy rugosa. Como madera de construcción no tiene aplicación, aunque algunas veces es muy apreciada en ebanistería por sus calidades decorativas.

Las lupias y ojo de perdiz se producen por un crecimiento normal del tronco debido a excitaciones exteriores como heridas, picaduras de insectos, irritaciones, inserciones de ramas y especialmente raíces. Madera también de valor decorativo.

2.3. Curvatura del tronco

Cuando el crecimiento es diferente en dos mitades del tronco, se origina la curvatura del árbol. Las tablas que se saquen tanto radiales como tangenciales presentarían la fibra cortada o desviada con relación a las caras, cantos o testas de las caras.

2.4. Desviación de la fibra

El crecimiento anormal de la fibra, o el corte de las tablas, bien radial o tangencial, más o menos cerca del eje del árbol da origen al defecto conocido como de desviación de la fibra que viene determinado por el ángulo que la fibra forma con la arista de una cara o canto de la pieza.

2.5. Madera de reacción

Hasta ahora las anormalidades que hemos estudiado han sido de orientación de la fibra. Por el contrario, la madera llamada de reacción tiene su origen en las anormalidades de la pared celular, cuando el árbol crece sometido a una acción mecánica en su tronco. Como viga empotrada que es, el árbol tendrá partes del mismo sometidas a tracción y otras a compresión. Por consiguiente, las

células producidas en cada una de las zonas sometidas a sollicitaciones mecánicas serán o bien resistentes a la tracción o a la compresión.

¿Cómo consigue el árbol estas zonas de células especiales? De una forma elemental: zunchando las células sometidas a compresión y deszunchando las sometidas a tracción. El cómo, después de estudiado, es bien sencillo, aumentando el ángulo de las microfibrillas de la pared celular en las primeras o disminuyéndolas en las segundas. Mientras la célula está sometida a la sollicitud correspondiente esta zona funciona adecuadamente. Pero cuando cortamos el árbol estas zonas tienen un comportamiento mecánico diferente a las restantes, y constituye una irregularidad más dentro de la madera, tanto desde el punto físico (hinchazón y merma), como mecánico. Esta madera es la que se llama de reacción y debe eliminarse.

Nudos.—Los nudos se forman como consecuencia de la inserción de las ramas y representan, naturalmente, una desviación de la orientación de las fibras propias del árbol, al mismo tiempo que la inserción de un paquete de fibras de dirección más o menos perpendicular a la dirección de las de la pieza del tronco del árbol. Las ramas de las frondosas se disponen normalmente alternas, y verticiladas en las resinosas.

De forma natural, y condiciones selvícolas apropiadas, las ramas mueren, poda natural, quedando los restos de rama englobados en los sucesivos crecimientos del árbol en diámetro. Por ello, las tablas de tronco de los árboles tropicales de grandes diámetros presentan pocos o carecen totalmente de nudos. En cambio, en las frondosas y resinosas boreales, de diámetros no muy grandes, apenas se profundice un poco

en el despiece aparecen los nudos; distribuidas en las frondosas, agrupados en las resinosas. Según se despiece la tabla, los nudos pueden aparecer de las más variadas formas. Cada uno de ellos debe medirse de una forma determinada para poder utilizar las tablas de coeficientes de reducción a que hemos hecho referencia en las propiedades mecánicas de la madera.

La poda puede ser también artificial, pero tiene, en general, las consecuencias de que el nudo sea saltadizo.

Independiente de la forma, los nudos en general pueden ser de los tipos siguientes:

Adherente, es decir, hay ligazón entre los tejidos del nudo y los del árbol y, por lo tanto, el nudo está firmemente sujeto o saltadizo, cuando no existe ligazón ninguna y salta a la menor percusión.

Nudo sano, cuando la madera de él no está atacada y nudo enfermo o vicioso cuanto está podrido. El nudo es como si la zona ocupada por él no existiera a efectos de trabajo. La técnica actual tiende, salvo en aquellos casos en que el nudo no tiene valor decorativo, a eliminarlo mediante barrenas cilíndricas y sustituirlo por tacos de madera. La acción de los nudos grandes se corrige pasando a otro tipo de estructuras; madera laminada, por ejemplo.

Fendas.—La fenda es toda separación de tejidos del árbol en el sentido de la fibra. Las fendas pueden producirse en el árbol en pie; fendas de heladura, fendas de insolación, o producirse en la manipulación de la madera, fendas de secado. Las fendas tienen siempre por origen la contracción de una capa de madera, merma, sobre otra que no la puede seguir en el movimiento, lo que produce la rotura de la primera.

Acebolladuras.—Es el despegue de los anillos de crecimiento debido generalmente a un excesivo esfuerzo cortante, entre los conos y cilindros de crecimiento del árbol. La acebolladura siempre se produce en el árbol vivo, la elaboración posterior lo único que hace es ponerla de manifiesto en las testas.

Anormalidades en los anillos de crecimiento.—Los anillos de crecimiento normales en el árbol son circulares y continuos. Los factores y condiciones del suelo y el clima pueden producir desviaciones de esta normalidad, originando estructuras que se desvían más o menos.

Entre estas desviaciones se incluyen, excentricidad del crecimiento, falsos anillos, anillos discontinuos, doble médula y anillos dentados. Todas estas anomalías deben desecharse para madera de construcción que han de estar sometidas a esfuerzos, ya que ellas pueden producir valores de las tensiones no previstas en las tablas de cálculo de coeficientes reductores. En cuanto a madera de decoración pueden dar origen a veteados y figuras que originan valores decorativos, que siendo subjetivos, no se pueden valorar de una forma general.

3. DEGRADACIONES SECUNDARIAS

3.1. La madera, por su propia constitución o por los elementos que contiene, puede ser fuente de alimentación de diferentes organismos, que encuentran en ella los alimentos y, por consiguiente, la atacan. Pueden ser:

- Bacterias.
- Hongos.
- Insectos xilófagos.
- Xilófagos marinos.
- Vertebrados terrestres.

Por otra parte, la acción continuada de los agentes climáticos produce el envejecimiento o su destrucción.

3.1.1. Bacterias.—No tienen importancia práctica para la madera industrial, aunque juegan un papel muy importante en la Economía de la Naturaleza, al impedir la acumulación de celulosa en el suelo.

3.1.2. Hongos.—Entre éstos tenemos que distinguir las alteraciones de color y las pudriciones. Las primeras son las decoloraciones que experimentan las maderas al ser atacadas por hongos. Las alteraciones de color son casi siempre cambios debidos a fenómenos ópticos producidos por la presencia de hifas en el interior de la madera. En España las principales son:

- Coloración azul de las coníferas.
- Coloración verde de las frondosas.
- Corazón rojo del Haya.
- Madera pasmada de Haya.

Coloración azul.—Se presenta en la madera aserrada formando grandes manchas en la superficie de la tabla, de coloración gris azulada. Aunque este azulado no es un primer estado de pudrición, la madera azulada es inadecuada para ciertos trabajos de ebanistería.

El azulado repercute muy poco en las características mecánicas de la madera siempre que el ataque no afecte a una superficie muy grande. Por ello, la norma española limita la parte afectada, para madera de construcción, en un 25 por 100 como máximo. Las causas que influyen en la producción del ataque son la composición química, el contenido de humedad y la temperatura. En este sentido favorecen el ataque:

- Un medio ácido.
- Humedad de la madera entre un 18-40 por 100.
- Temperaturas comprendidas entre los 5° y 34°, siendo la temperatura óptima de 20-24°.

El hongo productor de este ataque se alimenta preferentemente de los productos contenidos en el lumen de la célula de madera, por lo tanto, no afecta a la estructura tubular salvo en las zonas de la pared que necesita perforar para pasar de una célula a otra.

Coloración verde.—Se presenta principalmente en las frondosas, hayas, roble, aliso, abedul, castaño y carpe, pero puede presentarse en los pinos. Ataca a las maderas abandonadas mucho tiempo en el monte.

El hongo vive principalmente del contenido celular, aunque ataca también, en parte, las paredes celulares, produciendo por consiguiente una degradación mecánica de la madera. No obstante, esta alteración carece de importancia económica.

Corazón rojo de haya.—El haya normal no presenta diferenciación entre el duramen y la albura. Los troncos de haya que presentan esta diferencia de color con una zona central de color pardo, es debido al ataque de ciertos hongos y se conoce con el nombre de corazón rojo o falso duramen. El corazón rojo no afecta grandemente a las propiedades físicas y mecánicas de la madera, así como a las propiedades de trabajo. No obstante, su desagradable olor rancio, la hace inservible para muchos usos.

Madera pasmada de haya.—En las hayas apeadas que permanecen algún tiempo en el monte, se produce con frecuencia un fenómeno parecido, en cuanto a su origen, al corazón rojo que se conoce con el nom-

bre de madera pasmada. Consiste en una coloración rojiza, pardo rojiza, pardo, que termina extendiéndose por toda la madera. Posteriormente se presenta una pudrición blanco diluido, en la cual la madera pardo rojiza aparece atravesada por franjas blancas, entrelazadas con vetas irregulares negras más o menos estratificadas. La resistencia de la madera no disminuye en tanto no aparece la pudrición. Cuando aparece, disminuye muy rápidamente.

Pudriciones. — Las pudriciones son la destrucción de la madera elaborada producidas por hongos. Los hongos destruyen la madera para alimentarse. La madera afectada de pudrición cambia de color, haciéndose más oscura que la normal, y en su fase inicial no experimentan variación.

A medida que avanza la producción, la madera se va descomponiendo y adquiere unas veces un color pardo ropizo oscuro, y otras más claro. En la fase final la madera se vuelve completamente inadecuada para la construcción o carpintería.

Los hongos pueden alimentarse de la lignina, pudrición blanca, o alimentarse de la celulosa, pudrición parda.

Desde el punto de vista de la utilización de la madera nos interesa saber si una madera que presenta síntomas de pudrición, continuará produciéndose si se utiliza en construcción, si las piezas podridas responsables de un fracaso estaban ya podridas cuando se colocan en obra; si las maderas con síntomas de pudrición pueden ser impregnadas o si son aptas para ser pintadas, cómo varían con los tipos y grados de pudrición las propiedades eléctricas, acústicas y de desgaste mecánicas, etc.

Resistencia de las maderas a la pudrición.—La resistencia de

una madera a la pudrición depende de los productos naturales antisépticos que impregnan la pared celular, tales como taninos, aceites esenciales, productos fenólicos. Las maderas que son resistentes debido a la presencia de estos productos, pierden su resistencia cuando son lavados por la acción del agua.

El número de lavados, en dispositivos especiales, comparados con los de una madera standard, el roble para las frondosas y el pino silvestre para las resinosas, nos dan el coeficiente de vulnerabilidad. Y la resistencia absoluta por ensayos *in vitro*.

Grado de destrucción de la celulosa.—Por técnicas microscópicas especiales, comparando las de maderas atacadas y no atacadas, se puede comprobar el grado de ataque y si éste se ha centrado en la celulosa o no. En este caso ha de eliminarse la lignina tratando con cloro-sulfito y comprobar la desaparición de ésta con lugol, previa deshidratación de las preparaciones.

Grado de destrucción de la lignina.—Por técnicas microscópicas especiales, comparando preparaciones de maderas atacadas y no atacadas de la misma especie, se puede comprobar el grado de ataque y si ésta se centra sobre la lignina. En este caso ha de eliminarse la celulosa por vapores de aldehído fórmico, y solución de cloruro de zinc en ácido clorhídrico concentrado, comprobando el lavado con lugol.

Pudriciones blancas.— Los hongos causales tienden a destruir más lignina que celulosa, dejando al final un complejo de celulosa más o menos blanquecino, que rara vez es de tono uniforme, representando alveolos o vetas blancas, separados por zonas de madera nor-

mal. Las pudriciones blancas o deslignificantes, llamadas también corrosivas, la celulosa residual es suficiente, hasta en estados avanzados de pudrición (70 por 100) para que la madera conserve su forma. Recuérdese a este efecto el papel de la celulosa.

Pudriciones pardas.— Los hongos concentran su ataque sobre la celulosa y blanquean los productos residuales sin destruir apenas la lignina. En el ataque dejan un residuo carbonoso, formado por la lignina, que puede disgregarse fácilmente con los dedos. En las pudriciones pardas, llamadas también destructoras y carbonizantes, la desintegración de la madera, a causa de la desaparición de la celulosa, se hace patente en las primeras fases.

Entre las pudriciones pardas, tenemos las siguientes: *Merulins lacrimans*. Se desarrolla entre límites de temperatura entre los 3° y 22° C. Tiene preferencia por las coníferas, pero ataca también a la mayor parte de las frondosas (excepto el roble). La causa de propagación y transmisión es debida en primer lugar al empleo de ma-

TOUSBOIS

B. P. 748

35010 RENNES CEDEX - FRANCE

Tel. (99) 50 69 11 y 09 09 57

Télex 73004 OGETEL 142

Suministra, en las mejores condiciones, cualquier madera de Francia en rollo o aserradas.

(Se solicita Representantes)

teriales de derribo atacados por el hongo, a través del carbón.

Si en un edificio se nota su aparición, hay que proceder rápida y enérgicamente. Alejar totalmente el material afectado, maderas, escombros. Las piezas poco afectadas hay que desbastarlas hasta llegar a la madera sana. Descarnar los muros en donde se apoyan las puntas de las vigas. Calcular y ventilar las habitaciones para que se desequilibre totalmente. Como medida complementaria, el uso de anti-sépticos.

Poria vaporaria.—Los daños son menores que los del anterior por la gran exigencia de humedad. Sólo ataca las maderas en cuya superficie se forman gotas de condensación. En las vigas se limita a destruir completamente las cabezas empotradas en paredes con humedades. Si se reduce la humedad de la madera puede conseguirse su completa desaparición. La madera atacada despiden un fuerte olor ácido característico.

Conioplura cerebella.—Se encuentra sobre las maderas viejas abandonadas, maderamen de edificios, apeas de minas e instalaciones de pisos. Con humedad suficiente se desarrolla rápidamente y puede causar graves daños en obras recientes, todavía húmedas (por ejemplo, parquets, entarimados, etc.).

LOS FACTORES QUE INFLUYEN EN EL DESARROLLO DE LOS HONGOS

Aire.—La cantidad de aire necesaria para el desarrollo de los hongos xilófagos es muy pequeña. Existe una relación natural entre el aire y el agua que contiene la madera. Si la madera está saturada de agua, le falta aire suficiente para el desarrollo del hongo y, por consiguiente, no puede ser invadida.

Humedad.—La humedad es necesaria para la germinación de esporas, secreción de enzimas, etc., en general, para toda la actividad vital de los hongos xilófagos. Las piezas de madera seca y pintadas con una buena pintura de aceite son teóricamente inmunes a las pudriciones.

Ciertos hongos xilófagos producen durante el fenómeno de respiración cantidades considerables de agua por lo que, una vez iniciada la pudrición, el hongo puede continuar desarrollándose, independientemente de la humedad externa e invadir otras piezas de madera seca. Como ejemplo de esta especie es el *Merulius lacrymans*. La disminución de la humedad, desecación por aireación, inhibe rápidamente el desarrollo del hongo, aunque la infección en forma de esporas pueda resistir durante muchos años la deseca-

ción. De ahí se deduce que la ventilación o aireación es un medio de lucha importante contra los hongos xilófagos en general y especialmente contra los que poseen micelio aéreo.

Las exigencias de humedad de las distintas especies de hongos varían mucho de una a otra y son difíciles de determinar. En general, el contenido de humedad de la madera más favorable varía entre 35-50 por 100. La madera con un contenido de humedad inferior al 20 por 100, puede considerarse prácticamente inmune al ataque de hongos de pudrición más comunes.

Temperatura.—El crecimiento longitudinal del micelio del hongo empieza a los 3° C de temperatura y a medida que la temperatura aumenta se desarrolla más rápidamente, hasta alcanzar un óptimo entre 20° y 30° C, a partir de éste, la velocidad de desarrollo disminuye. El punto letal máximo para el hongo está entre los 45° y 7° C, y para las esporas los 100° C. El punto letal mínimo corresponde a temperaturas muy bajas.

PH.—El ph óptimo para los hongos xilófagos está, en general, comprendido entre 4,5 y 5,5.

Radiaciones.—La luz tiende a retrasar el desarrollo de los hongos. La acción de los rayos infrarrojos es poco conocida.

La exposición prolongada a los rayos ultravioleta disminuye la velocidad. Una exposición prolongada a los rayos X produce la muerte de los hongos.

3.1.3. Insectos xilófagos

Nos referimos exclusivamente a los daños producidos por los insectos que se alimentan de la madera en obra. El entrar en los daños producidos en árboles vivos no lo consideramos interesante en este caso, aparte de su complejidad.

La acción de los insectos difiere de la de los hongos, en que no es una modificación química de los tejidos, sino una destrucción total debido a las galerías perforadas. El insecto adulto perfora la madera para depositar sus huevos, y la larva que nace continúa su trabajo de perforación durante un tiempo que varía según las especies, de dos a cuatro años, saliendo para transformarse en adulto después de haber dañado la pieza elegida. El insecto adulto, después de apareado, continúa el ataque.

Los insectos xilófagos que causan mayor daño a las maderas apeadas y a las puestas en obras, comprenden: a) termitos; b) coleópteros.

a) Termitos.—Los termitos están capacitados para alimentarse indirectamente de celulosa. Desde el punto de vista biológico, y en relación con la conservación de madera, pueden dividirse los termitos en tres grupos: a) Termitos subterráneos como, por ejemplo, el género *Reticulitermes*; b) Termitos de madera seca, en el cual se incluyen especies del género *Caloterme*s; c) Termitos de madera húmeda, especies pertenecientes principalmente al género *Zootermopsis* (Fam. *Calotermitidae*), cuyos daños únicamente tienen importancia eco-

nómica en algunas regiones de los Estados Unidos de América.

En España se encuentran las dos especies siguientes:

*Caloterme*s
flavicollis, Fabr.... Fam. *Calotermitidae*.

*Reticuliterme*s
lucifugus, Rossi. Fam. *Termitidae*.

La primera es de escasa importancia económica, mientras que la segunda, que es muy frecuente, origina a veces daños de gran consideración en el maderamen de los edificios. Como se sabe, los termes viven en colonias, perfectamente organizadas.

Coleópteros.—Los coleópteros xilófagos, que causan más daño a la madera apeada y a la puesta en obra, pueden ser agrupados, según sus costumbres, en las tres categorías siguientes:

A.—Insectos que exigen alto contenido de humedad en la madera (en general, más del 20 por 100), por lo cual sólo atacan ordinariamente a los árboles en pie o recién apeados.

Las familias más importantes incluídas en esta categoría son: 1) *Cerambycidae*, 2) *Scolytidae* y *Platypodidae*.

1) *Cerambycidae*. — Insectos cuyas larvas se alimentan directamente del parénquima de la madera (almidón, azúcares, sustancias albuminoides).

De los *Cerambycidae*, tiene extraordinaria importancia, por los daños que ocasiona, el *Hylotrupes bajulus* L. (House Longhorn beetle en ingl., *Hausbock* en al., *Capricorne des maison* en fr.).

El *Hylotrupes bajulus* ataca solamente a la madera de coníferas; las frondosas son inmunes. El daño está generalmente limitado a la albura,

pero a veces el duramen es también atacado. Las galerías larvales siguen la dirección de la fibra y están taponadas de serrín, constituido por una mezcla de fragmentos de madera, convertidos en polvo fino, con bolitas de excremento, en forma de pequeños cilindros compactos. El serrín no es expulsado de las galerías, puesto que están cerradas al exterior por una fina película de madera que dejan intacta las larvas, por lo cual el ataque es con frecuencia difícil de descubrir, especialmente si hay pocos agujeros de salida del insecto perfecto, pudiendo ocurrir que piezas de madera, con relativo buen aspecto, estén en su interior tan carcomidas que baste una ligera presión de la uña para que la madera ceda. A veces, puede descubrirse la existencia del ataque, por el ruido que hacen las larvas al perforar las galerías, y por el que producen los insectos perfectos al hacer los orificios de salida, durante el período de apareamiento (junio-agosto). Se han dado casos en que los insectos perfectos perforan hasta revestimientos de plomo y otros materiales, que impiden su salida al exterior.

2) *Scolytidae* y *Platypodidae*.—Coleópteros de ambrosía cuyas larvas se alimentan principalmente de hongos de ambrosía, que vegetan en las galerías abiertas en la madera por los insectos perfectos. Este grupo biológico de insectos es conocido en el comercio maderero internacional con dos denominaciones, *Pin hole borers* (perforadores de agujeros de alfiler), aludiendo al diámetro de las galerías que abren las especies de menor tamaño, que rara vez exceden del tamaño de un alfiler, y *Shot hole borers* (perforadores de agujeros de perdigón), en relación al diámetro de las galerías que abren las

especies de mayor tamaño, que son las que causan daños en las maderas tropicales.

De las dos familias que constituyen este grupo, la primera (Scolytidae) es la más numerosa en especies y la que se encuentra con más frecuencia en la madera; pero hay algunas especies de Platypodidae que son más importantes que los Escolítidos por sus daños. En ambas familias, las hembras, para hacer la puesta, atraviesan la corteza y abren galerías de sección circular en la albura y, a veces, penetran profundamente en el duramen, siguiendo generalmente una trayectoria normal a la fibra. Estas galerías, en las que no se encuentra generalmente el serrín de las roeduras, tienen sus paredes ennegrecidas (especialmente en la madera seca), debido a haberse secado los hongos de ambrosía por falta de humedad. Por esta razón, el daño causado por estos coleópteros cesa por completo al secarse la madera, a causa de perecer las larvas, por no tener hongos de qué alimentarse. No hay ningún peligro en usar la madera atacada; pero su depreciación puede ser de bastante consideración, pudiendo llegar, en el caso de los Platypodidae, hasta el 50 por 100, y aun al 90 por 100 de su valor.

B.—Insectos, que no pueden normalmente atacar más que maderas parcialmente secas (menos del 18 por 100 de humedad) o recientemente secas, limitando habitualmente sus daños a la albura.

A este grupo pertenecen las familias Bostrychidae y Lyctidae, de las cuales vamos a hacer un breve estudio comparativo.

1) Bostrychidae y Lyctidae. Coleópteros que viven a expensas del parénquima de la madera, en general, y especialmente

del almidón, cuya presencia o ausencia determina la susceptibilidad o inmunidad de la madera a ser inadida. Este grupo de insectos, aparentemente homogéneo, pero formado en realidad por dos familias bien distintas, es conocido en el comercio maderero internacional con el nombre vulgar de powderpost beetles (coleópteros de arenilla para secar tinta), cuya denominación proviene de que reducen la madera a un serrín tan fino, que recuerda a la arenilla metálica empleada antiguamente para secar la tinta de los escritos. El daño se conoce al exterior por la presencia de pequeños montones de un polvo amarillento en la superficie o debajo de la madera atacada.

Los Bostrychidae son, en general, de mayor tamaño que los Lyctidae y se caracterizan por ser muy polifagos. Los daños son causados por los insectos perfectos, principalmente por las hembras (al perforar las galerías maternas) y por las larvas (al alimentarse). El modo de establecer las galerías es el siguiente: las hembras penetran en la madera en dirección normal a la fibra, con el fin de hacer la puesta, siendo ayudadas por los machos en esta labor de perforación. La galería materna principal tiene la forma de Y, con los brazos curvados, que siguen la dirección de uno de los anillos de crecimiento anual; a esta galería principal siguen otras secundarias, que son utilizadas por los insectos para dar la vuelta y para alimentarse. Este sistema de galerías maternas está cuidadosamente limpio de serrín y, en cambio, las galerías abiertas por las larvas, que siguen la dirección de la fibra, están llenas de serrín fino, que se ha ido amontonando detrás de ellas, a medida que van perforando en la madera.

Los Bostrychidae se encuentran en abundancia en los paí-

ses tropicales; en la zona templada no pueden compararse por la importancia de sus daños con los Lyctidae. Una de las especies de Bostrychidae más conocidas en España es *Apathe capucina* L., que ataca a una serie de frondosas, castaños, chopos, pero preferentemente, al roble.

Los Lyctidae se distinguen con facilidad de los Bostrychidae, aparte de su tamaño que en los Lyctidae no pasa de cuatro milímetros de longitud, por la morfología de los insectos perfectos y de las larvas, y especialmente por su biología, ya que las hembras no penetran en la madera para hacer la puesta, sino que la hacen desde fuera, introduciendo solamente su ovíscapto en los vasos o poros de la madera.

En esta familia se incluyen dos géneros importantes como destructores de la madera: el género *Lyctus*, que es cosmopolita, y el género *Minthea*, subcosmopolita en los trópicos.

Los *Lyctus* no atacan a las coníferas, sino solamente a las frondosas, prefiriendo las que tienen vasos de bastante diámetro y, de un modo especial, algunas maderas tropicales.

C.—Insectos que atacan únicamente a las maderas viejas y muy secas.

Anobidae.—Coleópteros capaces de alimentarse (probablemente por simbiosis con ciertos microorganismos) a expensas de la celulosa y de la lignina, componentes de la madera. Estos insectos son llamados vulgarmente carcoma, y algunas especies son designadas también, aunque indebidamente, con la denominación de «reloj de la muerte».

Los Anobidae atacan tanto a las coníferas como a las frondosas, y lo mismo al duramen que a la albura. Parece que pre-

fieren la madera vieja y muy seca, y esta creencia está tan arraigada en el vulgo que frecuentemente la presencia de agujeros de carcoma en un mueble se considera prueba de su antigüedad.

No se sabe a ciencia cierta qué variaciones pueden ocurrir en la madera vieja para hacerla susceptible al ataque de los Anobidos. Según los especialistas, no se produce ningún cambio en la estructura de la madera, ni tampoco hay diferencia suficiente en su contenido de humedad que permita explicar la causa de este fenómeno. Parece probable que los cambios que experimenta la madera sean de carácter químico y afecten, por lo tanto, a la naturaleza del alimento de que disponen los insectos; también se considera como factor importante la presencia de hongos, protozoos y bacterias en la madera vieja, pero hasta ahora no se ha hecho un estudio suficiente de estos organismos.

La especie que se encuentra con más frecuencia en España es *Anobium punctatum* De Geer, que ataca tanto a las coníferas como a las frondosas.

3.1.4. Xilófagos marinos

Los animales marinos destructores de la madera causan gran daño en los astilleros, embarcaderos, muelles y otras estructuras fijas o flotantes (incluyendo embarcaciones, balsas, etc.) establecidas en el mar o en agua salobre.

Desde el punto de vista sistemático, y por la forma de atacar la madera, pueden distribuirse en dos grupos: moluscos y crustáceos, cuyas características principales vamos a reseñar:

A) Moluscos.

Teredinidae.— Así como los termitos son, entre los insectos

terrestres, los que causan mayor destrucción en la madera, los Teredínidos son, entre los animales marinos (moluscos y crustáceos), los que originan mayor daño en las construcciones navales. Ambas clases de agentes xilófagos fueron designadas por Linneo, respectivamente, con los nombres de *Summa calamitas utriusque Indiae*, los termitos, y de *Calamitas navium*, el *Teredo*.

Daños.—La larva bivalva nada libremente en el mar durante un cierto tiempo, que varía generalmente de cuatro a treinta días; en este período únicamente es cuando el Teredínico posee la facultad de locomoción y puede invadir la madera sumergida en el mar. La siguiente fase se caracteriza porque la larva deja de nadar, por haber perdido su corona de cilios, y se ha adherido a la madera que encontró en su camino; en este momento la larva puede reptar sobre la superficie de la madera por medio de un gran pie muscular en forma de lengua, que se proyecta fuera de la concha bivalva. Cuando la larva encuentra un sitio adecuado para perforar la madera, se fija a él por medio del biso (*bysus*) filamento de sustancia viscosa segregado por la glándula bisógena del pie, que se endurece y consolida en contacto con el agua y empieza a roer la madera con los bordes denticulados de sus valvas, abriendo un agujero de entrada de un milímetro de diámetro, aproximadamente, que apenas se hace mayor, aun cuando el Teredínico llegue a adquirir su máximo desarrollo.

A medida que el animal progresa en la madera, va aumentando gradualmente el diámetro de la galería, para adaptarlo al tamaño creciente de su cuerpo. Por regla general, el *Teredo* penetra en la madera en dirección normal a la fibra, pero

pronto cambia de trayectoria y sigue la dirección de la fibra.

En un principio se creía que los teredínicos penetraban en la madera solamente para protegerse; pero investigaciones más recientes demostraron que la propia madera (celulosa y hemicelulosa especialmente) es, en parte, digerida, completando la alimentación que le proporcionan las diminutas partículas orgánicas y los organismos flotantes (*plankton*) existentes en el agua.

Las galerías de un Teredínico están revestidas con frecuencia, en la mayor parte de su longitud, de una capa caliza. Hacia el fondo de la galería esta capa queda reducida a una fina película; pero cerca del orificio de entrada puede tener bastante espesor. A veces, cuando las capas superficiales de la madera han sido destruidas, los tubos calizos pueden aparecer parcialmente al exterior. En algunas especies, el tubo calizo tiene en su interior resaltes anulares, a modo de tabiques incompletos, que dividen el tubo en una serie de cámaras, como en el caso del *Teredo novérgica*.

La extensión y rapidez de los daños producidos por los teredínicos varían, dentro de amplios límites, con la especie, la intensidad del ataque, la clase de madera, la abundancia del *plankton* y otros factores del medio ambiente, tales como la temperatura del agua y su contenido en sal (0,8 por 100 como mínimo).

Pholadidae. — Son Lamelibranchios, lo mismo que los Teredínidae, que se caracterizan por tener unas valvas entrabiertas: por la parte anterior, para dejar paso a un pie corto y sin biso; por la parte posterior, para dar salida a los sifones de mediana longitud y no protegidos por paletas. En el interior de las valvas se observa

un apéndice estiloidé, y la charnela no tiene dientes y está desprovista de ligamento.

La especie que se encuentra en España con más frecuencia es *Pholas dactylus* L., cuyos daños son, en general, de escasa importancia.

B) Crustáceos.

Los crustáceos xilófagos se distinguen de los moluscos xilófagos, aparte de su estructura anatómica, por su modo de ataque y forma de destrucción de la madera. A diferencia de los Teredinidae y de los Pholadiidae, estos animales perforadores no están aprisionados en la madera, sino que pueden moverse libremente en el estado adulto.

Los individuos jóvenes y adultos perforan la madera abriendo galerías de unos dos milímetros de diámetro, que rara vez penetran mucho en profundidad (la profundidad media no pasa de un centímetro). Aunque los daños son, en general, superficiales, ocurre, sin embargo, que estos crustáceos atacan en número tan considerable, que la capa exterior de la madera invadida llega a convertirse en un verdadero panel. Los finos tabiques de madera que separan entre sí las galerías, se desintegran frecuentemente por acción mecánica de las olas y de los objetos flotantes, dejando una nueva superficie de madera expuesta a la acción de estos crustáceos. La zona de ataque está concentrada generalmente entre el nivel medio de la marea y el de baja mar, por lo cual los pilotes de las construcciones marinas y otras maderas similares tienden a tomar, a causa de esta destrucción, la forma característica del reloj de arena, entre los niveles de pleamar y bajamar. La destrucción avanza progresivamente, aunque con menor rapidez que en el caso

del Teredo, y la sección de la pieza de madera puede llegar a ser tan reducida, a un cierto nivel, que no sea capaz de soportar por más tiempo la carga que sostiene y se produzca su rotura de repente.

3.1.5. Vertebrados terrestres

1) Mamíferos (Rodentia).

Los mamíferos que causan más daño en la madera pertenecen al orden Rodentia, familia Leporidae.

2) Aves (Pícide).

El pico carpintero, que es el nombre vulgar más corriente del *Dendrocopus* mayor, ataca también, en España, a los postes de las líneas de conducción eléctrica, tanto de pino como de castaño. Los agujeros abiertos por él tienen forma de embudo al principio, y terminan por ser sensiblemente cilíndricos y perforar el poste, habiendo observado algunos postes de telégrafos hasta con seis agujeros, ordenados en forma helicoidal. Los agujeros suelen estar a una altura superior al alcance de la mano del hombre.

3.2. Envejecimiento de la madera

La madera, independiente del ataque de hongos o insectos, expuesta a un ambiente natural está sometida a la acción simultánea o independiente, de cambios de temperatura y humedad, acción de la luz visible a otras radiaciones. Estos factores, actuando durante cierto tiempo, producen modificaciones, primeramente superficiales para ir profundizando progresivamente.

Estas modificaciones consisten en:

— Modificación de color.

— Irregularidades superficiales.

— Deformaciones permanentes.

El color de la madera expuesta a la luz cambia relativamente deprisa, amarilleando o agrisándose las maderas claras, o decolorándose las maderas oscuras.

El proceso de cambio de color se cree debido a la oxidación fotiquímica, en lo cual tiene mucha importancia la longitud de onda relativamente baja de la luz (la madera absorbe muy bien las radiaciones U.V.).

Las más activas son las de 3.500 Å y 4.000 Å. Por debajo de 3.850 Å producen oscurecimiento, mientras que por encima de este valor producen decoloración.

La exposición a la luz produce una disminución de la lignina y del contenido del metosilo, los productos de degradación han podido identificarse y son: bióxido de carbono, óxido de carbono, agua y metanol.

Por lo que concierne a la acción del calor se produce igualmente un amarilleamiento, pero el proceso es de velocidad inferior al de la acción de la luz.

A la degradación de la lignina efectuada por las radiaciones se puede unir, para las maderas expuestas a la intemperie, la acción de lavado del agua de lluvia arrastrando los productos solubles que impregnan y protegen la madera y aquellos procedentes de la degradación producida por la luz. Al acelerar este proceso la madera expuesta toma la coloración grisácea más intensa y rápidamente. La eliminación de la lignina es muy intensa en las maderas de primavera de las coníferas en que el grueso de las paredes celulares es menor. Estas zonas aparecen deprimidas en las caras tangenciales de las tablas. En las testas se produce

un sobresaliente de la zona correspondiente a la madera de verano sobre la de primavera en igual sentido que antes.

Otro efecto es la retención y sorción de agua por la madera a partir del medio ambiente, lluvia, nieve o condensación nocturna independientemente de la acción higroscópica. Este agua pasa al interior de la pieza. Cuando las condiciones atmosféricas varían, se seca la capa externa tendiendo a contraerse sobre el núcleo que ya ha absorbido agua y que ha hinchado. No pudiéndolo hacer se produce la fenda superficial otra de las apariencias clásicas de las maderas viejas.

4. INCONVENIENTES DERIVADOS DE LA NATURALEZA DE LA MADERA

Incluimos aquí los principales inconvenientes de la madera que se derivan de su propia estructura y naturaleza, que por consiguiente no podemos atribuir a anomalías en el crecimiento ni a la acción de agentes externos. Por eso los incluimos en el epígrafe de Inconvenientes, mientras que los anteriores los hemos llamado degradaciones. Esto, a diferencia de los anteriores, no produce una degradación de la madera por defectos de su estructura, lo que podíamos llamar defectos de fabricación o por rotura de esta estructura, sino constituyen un inconveniente que se deriva de sus propiedades intrínsecas. Las principales son: anisotropía en sus propiedades, hinchazón y merma, combustibilidad.

4.1. Anisotropía en sus propiedades

La estructura de la madera a que hemos hecho referencia en un artículo anterior (B. 80), se

deduce inmediatamente que todas las magnitudes vectoriales de la madera varían con sus direcciones y estas variaciones pueden ser grandes. Ello impide a veces la utilización indiscriminada en cuanto a solicitaciones mecánicas: casos realmente importantes son determinados elementos de muebles y los ensambles de entre piezas de madera, los cuales han de diseñarse de tal forma que se aprovechen las propiedades de forma óptima, es principalmente en este sentido en que debe utilizarse preferentemente la madera, cuidando mucho para ello el factor que hemos analizado anteriormente de desviación de la fibra.

Diferentes manufacturas de madera tienden a aminorar o disminuir este inconveniente, tales son:

Tablero y madera contrachapada.—Estructura formada por chapas o tablas distribuidas en capas encoladas entre sí, de tal manera que las fibras de cada una de ellas se crucen en ángulo recto.

Tablero aglomerado.—Tablero formado por partículas de madera, encoladas entre sí, con una distribución al azar.

Tablero de fibras.—Tablero formado por fibras de madera, afieltradas entre sí, igualmente al azar.

4.2. Hinchazón y merma

Como hemos visto, la madera seca por debajo del punto de saturación, tiene la propiedad de sorber y desorber agua del medio ambiente que le rodea hasta llegar con él a un equilibrio higroscópico. Este agua la introduce dentro de la estructura de su pared, entre las microfibrillas y dentro de éstas entre las fibrillas elementales. Esta introducción supone la separación entre las fibrillas ele-

mentales aumentando el espesor de la pared celular. Exteriormente se aprecia un aumento de dimensiones dependiente como es natural de la cantidad de madera sólida en el volumen aparente que se considere. Este aumento de dimensiones (hinchazón) es diferente en el sentido longitudinal, radial o tangencial. Recíprocamente, la madera húmeda, al ceder agua, produce un acercamiento de la estructura constituida por las fibrillas elementales y microfibrillas y, por consiguiente, una disminución de dimensiones, con causas también diferentes según la dirección que se considere. Hemos señalado que la variación es apreciablemente diferente en las direcciones que se considere, longitudinal, radial y tangencial; debemos añadir que la deformación en una dirección o superficie de la madera viene regulado por los componentes sobre esa dirección o superficie del vector hinchazón de la madera. Ello lleva consigo el que al contraerse una pieza no lo haga de forma regular. Hemos de señalar igualmente que las tensiones producidas al tratar de evitar la deformación corresponden a varios cientos e incluso miles de kilos por cm^2 , dependiente con el grado de humedad de la madera, que son muy difíciles de evitar. Por ello, si estas tensiones no pueden desarrollarse libremente o limitarse a valores pequeños, la pieza de madera rompe su estructura, naturalmente en su parte más débil, perpendicular a la fibra, produciendo fendas superficiales, o deforma la estructura de que forma parte. Este inconveniente se corrige de dos formas: secando la madera hasta unas condiciones muy similares ($\pm 2\%$) al equilibrio higroscópico correspondiente a su utilización; o bloqueando las propiedades de sorción o desorción de la madera, con lo que la hin-

chazón y merma se anula o se reduce a valores aceptables. Sobre el primero hemos hablado en las propiedades físicas de la madera, y sobre el segundo hablaremos en la protección de maderas.

4.3. Combustibilidad de la madera

A temperaturas inferiores a 100°, las alteraciones o reacciones químicas que se producen en la madera son insignificantes. Desde 100° a 150° C las reacciones químicas de la madera y productos derivados de la misma, pueden considerarse despreciables. Entre 150-200° C empieza la emisión de gases, de los cuales el 70 por 100 son incombustibles (CO₂) y el 30 por 100 es combustible (CO), consecuencia de reacciones químicas que se ponen de manifiesto al oscurecerse la madera y hasta prácticamente los 175° C permanecen los gases con la composición anterior constante y el poder calorífico 1.200 Kcal/m³.

A partir de 200° C la proporción de CO₂ disminuye, aumenta la de CO, aparecen hidrocarburos combustibles, el poder calorífico de los gases aumenta. Los aumentos señalados se hacen muy rápidamente a partir de los 275°, llegando el poder calorífico a 4.000 Kcal/m³.

La reacción que hasta entonces era endotérmica empieza a ser exotérmica, por consiguiente, se entra en la zona peligrosa, ya que entre los 220° y 260° C se puede producir la inflamación de los gases, y entonces el balance térmico anterior permite el sostenimiento de la llama (poder calorífico de la madera 4.000-4.500 Kcal/kg.). La pirólisis de la lignina empieza a los 280° C y alcanza su máximo a los 350° C. Teniendo en cuenta que las temperaturas alcanzadas en un incendio pueden variar entre 800° C y 1.300°

centígrados, la madera sin protección es un material inflamable en un incendio.

Los tiempos de ignición de la madera en función de su temperatura, son los siguientes:

Temperatura	Tiempo de ignición
175° C	35 minut.
250° C	10 minut.
300° C	2,5 minut.

La evolución de los productos gaseosos producidos son, en función de la temperatura:

- 150°: Secado y tostado.
- 200°: Desprendimiento de gases, carbonización.
- 280°: Gases CO₂, O, agua.
- 500°: Producción de hidrocarburo C_mH_n.
- 700°: Deseccación y formación CO.
- 900°: Producción de hidrógeno.

A pesar de que la madera sea un material inflamable a relativamente bajas temperaturas en relación a las que se producen en un incendio, es un material menos peligroso de lo que la gente en general se cree, por las razones siguientes:

La mala conductibilidad térmica hace que las temperaturas disminuyan hacia el interior, y si el grueso es grande puede la madera arder en la superficie y apagarse en el interior al bajar la temperatura por debajo de los 100° C.

A.I.T.I.M.

●

A.I.T.I.M.

●

A.I.T.I.M.

●

ES UN EQUIPO de colaboradores técnicos al servicio de las industrias de la maderaycorcho

INVESTIGA
PLANEA
CONSEJA
INFORMA

DISPONE DE LOS MEDIOS QUE SU INDUSTRIA NECESITA

●

La carbonización superficial que se produce impide la salida de gases por una parte y la penetración del calor por otra.

Al ser despreciable su dilatación térmica no actúa sobre otras estructuras deformándolas.

Su rotura ha de producirse precisamente en la parte que arde, luego se puede saber cuándo va a caer.

Todas estas consideraciones, bien conocidas de los cuerpos de bomberos, hacen que en las labores de extinción sea menos peligrosa que el hierro, por ejemplo.

Todos hemos visto esa fotografía que presenta una viga de madera carbonizada y que, sin embargo, se mantiene, al haber respetado la combustión su núcleo y ser éste lo suficientemente resistente para sostener la estructura.