

HIMENÓPTEROS (avispas y hormigas).

Con una boca masticadora y generalmente con dos pares de alas membranosas, transparentes en ocasiones, no endurecidas; también se pueden presentar sin alas.

COLEÓPTEROS (escarabajos).

Como insectos xilófagos habremos de tenerlos muy en cuenta. Estos insectos poseen cuatro alas, de las que las dos anteriores están modificadas en piezas duras, llamadas élitros, inútiles para el vuelo, mientras que las posteriores, sí son útiles para el vuelo y se encuentran cobijadas bajo las anteriores.

Presentan una boca masticadora, patas corredoras, metamorfosis completa y unos tamaños variables entre los 0,5 mm. y los 1,5 dm.

Existen diez familias, de las que tan sólo cuatro presentan una gran importancia, y otra un mínimo interés en España. Las cuatro familias importantes son:

- Escolitidos.
- Platipódidos.
- Bostríquidos.
- Cerambícidos.

Si analizamos la familia bostríquidos podemos comprobar que dentro de la misma se encuentran dos

importantes grupos. En el primero hay dos subfamilias, la de los bostríquidos propiamente dichos y la de los líctidos. En el segundo grupo sólo hay una subfamilia, la de los anóbidos.

II.4.1. Tratamiento contra insectos.

Los tratamientos de protección de las maderas contra insectos podemos esquematizarlos en dos bloques: preventivos y curativos.

Tratamientos preventivos.- Se trata de una impregnación de las maderas con protectores de tipo orgánico o hidrosoluble, antes de que sufran los ataques de los insectos, cada vez se hace más necesario su empleo.

Tratamientos curativos.- éstos se realizan a partir de un ataque producido ya dentro de la madera. Son específicos, dependiendo en cada caso tanto de las características externas de ésta como de los organismos xilófagos que aparecen.

Este tipo de tratamientos aparece suficientemente explicado en el capítulo de consolidantes y protectores.

II.4.2. Isópteros.

Como más representativos e importantes de esta especie destacan las termes que son muy sociales y viven en grandes comunidades. Se conocen más de 2.000 especies, de las que tan sólo 150 atacan la madera, pertenecientes a seis familias, de las que en España sólo encontramos representantes en dos de ellas, Rhinotermitidos y Kalotermitidos. La primera familia tiene como representante el género Reticulitermes y la especie Reticulitermes Lucifugus Rossi, y la segunda el género Crpytotermes y la especie Cryptotermes Brevis Walker.

Podemos dividir dentro de la familia tres tipos distintos de insectos:

La pareja fundadora; son sexuados y se fecundan muchas veces.

Individuos sexuados funcionales, que pueden fundar nuevas colonias.

Individuos ápteros, sexuados pero no funcionales; son los soldados y los obreros.

Las termes salen del termitero en una determinada época; durante el vuelo, en el que se produce gran mortandad, se fecundan, comenzando seguidamente la construcción del termitero. A continuación se realiza la primera puesta, de la que nacen únicamente obreros, necesarios para ayudar a la

construcción del termitero. La reina, ya sin alas, no trabaja; su abdomen se distiende enormemente, siendo alimentada por los obreros. Contiene en su abdomen, en ese momento, un gran número de huevos, llegándose con ciertas especies a puestas de 4.000 huevos diarios, cifra que puede ser representativa de sus numerosas colonias.

Criptotermes Brevis Walker.

Esta termes originaria de América, tan solo se da en Canarias, apareciendo siempre en madera seca.

El tratamiento de las piezas menos atacadas se realiza perforando orificios en la madera e introduciendo en ellos hasta rechazo, soluciones oleosas de HCH (con un 0,8 por 100 de lindano) o de DDT, entre otros fungicidas. La sustitución de las piezas de madera muy atacadas, se debe hacer o bien con maderas tratadas o protegidas con unos buenos productos insecticidas, o bien con maderas de especies resistentes a estos insectos.

Además de las soluciones oleosas, se pueden emplear otras que presenten como sustancias tóxicas para estos insectos las siguientes:

Clordano al 1 por 100.



Fig. 1. *Cryptoterme*
Brevis Walker,
soldados.

Dieldrín al 0,5 por 100.

Pentaclorofenol al 5 por 100 mezclado con HCH.

La mayoría de estos compuestos aparecen normalmente en productos del mercado elaborados con estos fines.

Reticulitermes Lucifugus Rossi.

Esta termita antes de pasar a la madera, anida subterráneamente en el suelo, donde encuentra la

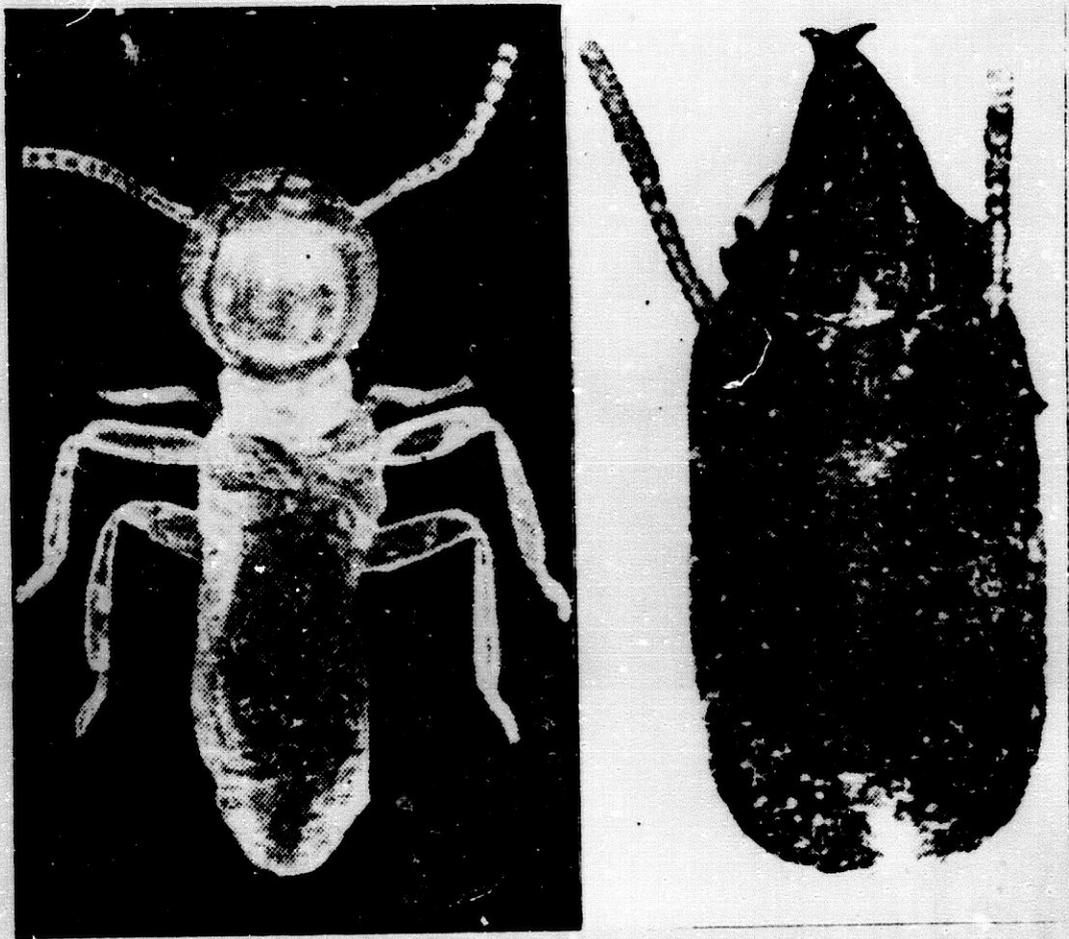


Fig. 2. *Reticulitermes Lucifugus Rossi*, (derecha) cabeza de soldado.

humedad y temperatura indispensable para su desarrollo, desde donde mas tarde se trasladará a la propia madera.

En el interior de la madera abren sus características galerías paralelas a la dirección de las fibras, dejando una delgada capa de madera exterior, que imposibilita su detección externa.

A los individuos sexuales funcionales les aparecen las alas unos meses antes de iniciar el vuelo.

Los soldados son ápteros, estériles y sin ojos funcionales. Su tamaño varía entre 1,5 y 2 cm.

Los obreros, que realizan todo el trabajo de la colonia, son también ápteros y de menor tamaño que los soldados.

Proceden de los bosques donde se encontraban en su origen sobre árboles derribados o caídos, aunque más tarde se trasladaron a las ciudades, para subsistir.

Los termiteros (nidos) los separan para de esta forma no coincidir con sus enemigos las hormigas.

Se nutren de la celulosa de la madera mediante un proceso de endosimbiosis, en el que colaboran protozoos, que desmenuzan mecánicamente la madera además de hongos y bacterias, que disocian la madera produciendo elementos asimilables por los insectos.

En los tratamientos curativos "in situ" se pueden citar las siguientes acciones:

Saneamiento del inmueble.

Acciones sobre la madera (curativas).

Desinfección del suelo.

Después de eliminar las fuentes de humedad y sustituir las piezas, cuyo estado evidencie su necesidad, por otras maderas resistentes a estos

insectos o impregnadas con protectores insecticidas adecuados, se procede a la desinfección del suelo. Esta desinfección se realizará en las zonas de sótano o partes bajas delimitadas por los focos de las termes.

Podemos distinguir dos etapas:

-Tratamiento del suelo cercano al cerramiento, pilares, muros de carga, etc.

-Tratamiento del resto de la zona atacada.

La primera parte se realiza impregnando el suelo con soluciones oleosas de insecticidas, entre las que podemos destacar:

-Hexaclorociclohexano (HCH), con un 0,8 por 100 de lindano.

-DDT al 8 por 100.

Estas soluciones se emplean en dosis de cinco litros por metro lineal de muro y 25 cm. de profundidad de cimiento. Para profundidades de un metro se emplean 20 l/m. Para su aplicación se perforan orificios de 2 cm. de diámetro hasta la profundidad del cimiento, separados 15 cm. de los muros y 25-50 centímetros entre sí. Tras llenarse los orificios con el insecticida protector, se tapan éstos.

Para completar esta primera etapa, se cubre el resto de la zona afectada con una barrera tóxica creada y se realiza abriendo cierto número de

orificios semejantes a los anteriores más separados de los muros, en los que se añadirán otros cinco litros por metro lineal de muro de las mismas soluciones o de otras semejantes. Más tarde se pueden tapar con tierra o cemento los orificios.

Medidas preventivas para termitas.

No obstante la mejor manera de proteger los objetos de interés cultural contra posibles ataques de termitas es conservarlos en edificios contruidos especialmente para resistir su introducción, por lo cual se pueden citar entre otras la siguientes precauciones:

1. Emplear cuando se pueda madera resistente a las termitas.
2. Construir o bien incorporar barreras mecánicas (losas de hormigón, cubiertas metálicas, barreras de hormigón).
3. Colocar barreras químicas, tales como franjas de suelo tratadas con insecticidas persistentes
4. Utilizar métodos modernos de preservación de la madera. Toda la madera empleada en la construcción de los edificios o en la fabricación de muebles, estantes, etc., habra de tratarse químicamente con anterioridad a su uso.

II.4.3. Lepidópteros.

Estos insectos los podemos considerar como poco dañinos para la madera. La familia de los cóssidos en nuestro país, si pueden considerarse más en serio, estos lepidópteros poseen un largo abdomen, pequeña cabeza, y cuerpo vigoroso, su actividad se concentra durante la noche; tiene importancia por su actividad el *Cossus Cossus*.

Cossus Cossus L.

Posee unas alas de color gris parduzco. La hembra, mayor que el macho, puede llegar a alcanzar los 90 mm. de envergadura, los huevos puestos por la hembra se localizan en las grietas de la madera; sus larvas (de color oscuro) producen galerías de sección oval, sin presencia de deyecciones o serrín.

Ataca a la madera tanto de árboles en pie como puesta en servicio.

Las larvas poseen unas fuertes mandíbulas y atacan preferentemente a la madera de frondosas, tales como Roble, Olmo, Sauce o Chopo.

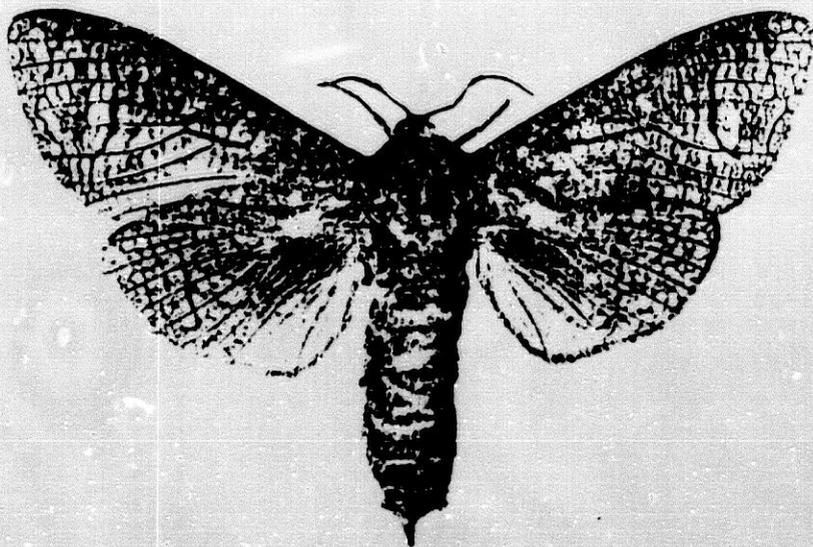


Fig. 3. *Cossus Cossus* L.

Entre las medidas de control se encuentran la de someter la madera a impregnación con protectores orgánicos o hidrosolubles.

Tratamiento preventivo contra lepidópteros.

El mejor método de prevenir el ataque de la madera de estos insectos consiste en tratar aquella.

El paradiclorobenceno puede utilizarse, así como la dieldrina.

II.4.4. Himenópteros.

Sus daños son superiores a los que producen los lepidópteros, a pesar de lo cual estos insectos no revisten gran importancia.

Los principales insectos kilófagos de este orden pertenecen a la familia siricidos y, dentro de ésta, a la subfamilia siricinos. Aunque existen en la familia más de 60 especies, en nuestro país podemos destacar por su actividad el *Paururus Juvencus* y el *Sirex Gigas*.

Sirex Gigas.

Este insecto presenta la cabeza de color amarillo, con un cuerpo grueso y cilíndrico. Las hembras son algo mayores que los machos, presentando un oviscapto terminal, alargado, que les permite atravesar incluso la corteza y realizar las puestas en la albura de la madera atacada. Sus larvas realizarán más tarde galerías de sección cilíndrica con gran cantidad de serrín y deyecciones.

Ataca principalmente a tozas descortezadas y que presentan un cierto contenido de humedad, preferentemente de resinosas, como son el Abeto Rojo y Alerce.

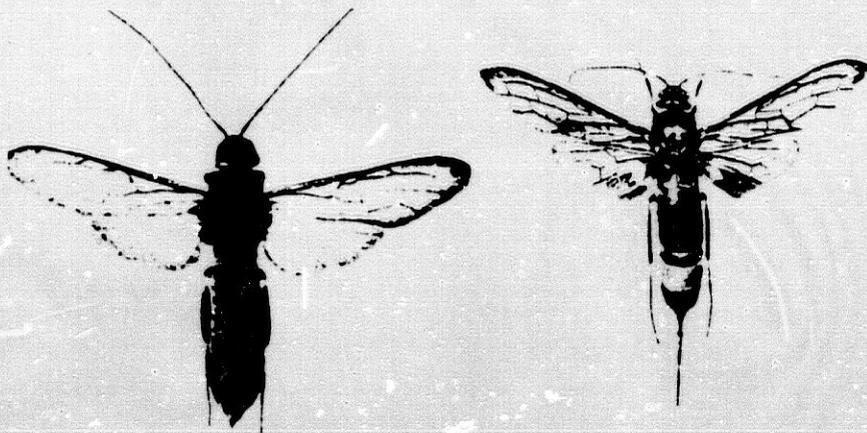


Fig. 4. *Sirex Gigas*, macho (derecha), hembra (izquierda).

Las medidas de control a tomar en el caso de los himenópteros son semejantes a las que se usan para los lepidópteros, es decir mezclas de protectores orgánicos o hidrosolubles.

También podemos destacar dentro de este mismo orden, dos especies de hormigas: *Camponotus Herculeanus* L. y *Formica Ligniperda* L., que aunque no son verdaderos insectos xilófagos, ya que no se alimentan de madera, causan daños en ésta al construir sus nidos y horadar la misma.

Tratamiento contra himenópteros.

Ciertas especies de hormigas, algunas avispas y las abejas carpinteras pueden causar daños a los bienes culturales en los trópicos. Un repelente eficaz de las hormigas es la creosota de madera de haya que puede aplicarse con un pincel sobre los lados de la madera. Para impedir que las hormigas penetren en los edificios puede aplicarse, a intervalos regulares, con una brocha o un pulverizador, una emulsión poco concentrada de dieldrina o de clordano circunscribiendo los mismos.

II.4.5. Coleópteros.

Los insectos pertenecientes al grupo de los coleópteros son los que producen mayores daños en la madera, tanto puesta en obra, como apeada recientemente.

En función de los daños producidos podemos dividirlos en:

1. Los que producen escasos daños: bostríquidos y curculiónidos.

2. Los que originan elevados daños: líquidos, anóbidos, cerambícidos, escolítidos y platiópodos.

Bostríquidos.

Estos coleópteros se alimentan de las sustancias de reserva del parénquima de la madera, almidón principalmente.

De similares características a los líctidos, se distinguen sobre todo por su mayor tamaño, 3 a 6 milímetros, y por las galerías que originan en la madera, que además de sus larvas, también intervienen los adultos (hembras).

Apaté Capuchina L.

Dentro de los bostríquidos es el insecto más representativo y abundante en nuestro país. Estos insectos presentan un cuerpo cilíndrico, con espinas en borde frontal del tórax. Este último se encuentra cubierto, quedando oculta la cabeza desde la parte superior.

Presenta unas antenas muy características.



Fig. 5. *Apathus*
capuchinus.

Su actividad en la madera se centra tanto en las hembras en estado perfecto, como en las larvas. Atacan preferentemente a las maderas verdes de frondosas, tales como Castaño y Chopo, aunque los mayores ataques se dan sobre la madera de Roble.

Los insectos adultos (hembras) penetran dentro de la madera en dirección normal a la fibra, para realizar su puesta. La galería materna principal tiene forma de Y, con los brazos curvados, los cuales siguen la dirección de uno de los anillos de crecimiento anual; a esta galería principal siguen

otras secundarias, utilizadas en su alimentación, curiosamente todas aparecen absolutamente limpias de serrín.

Sin embargo las galerías abiertas por las larvas si se encuentran con abundante serrín. A pesar de que las larvas nacidas en una madera protegida con antisépticos mueren, los insectos adultos son capaces de penetrar en estas maderas impregnadas con protectores.

Medidas de control.- La medida preventiva más aconsejable es el secado de la madera, hasta dejarla por debajo del 10% de contenido en humedad.

Lo normal es que aparezcan en madera no puesta en obra. Caso de darse sobre madera puesta en servicio, aparecerá en aquellas empleadas en lugares húmedos. En este caso, se deberían realizar dos operaciones:

- Sanear tanto la madera como sus zonas próximas, haciendo desaparecer las fuentes de humedad.

- Tratar la madera poco atacada con protectores hidrosolubles u orgánicos de calidad, mencionados en esta tesis.

De aparecer maderas muy atacadas se sustituirán por otras nuevas protegidas.

Curculiónidos.

Estos insectos suponen muy poca importancia como productores de daños en la madera, son más peligrosos como xilófagos de madera puesta en obra algunas especies de la familia cossonidos, que tanto por su anatomía como por su forma de vida se asemejan muchísimo a los escolítidos.

Los curculiónidos son insectos de forma cilíndrica y pequeños, de 3-5 mm. de longitud. Presentan colores oscuros, y cabeza prolongada con antenas en la mitad de ésta.

Líctidos.

Tienen un tamaño aproximado de 2 a 7 mm. de longitud. Se conocen más de 20 especies, aunque dos tan sólo han aparecido por ahora en nuestro país. Sus daños afectan a la madera de aquellas especies de frondosas, cuya albura seca contenga vasos de gran diámetro así como abundante almidón. Las principales especies atacadas son el Roble, el Fresno y el Olmo.

Los colores de estos insectos suelen estar entre el negro y el siena, además aparece claramente diferenciada la cabeza de su tórax.

Para la puesta de huevos las hembras lo hacen en grupos de 20 a 30 utilizando un oviscapto que

introducen dentro de los poros de la madera. Las larvas resultantes presentan unos "respiraderos" prominentes a ambos lados del octavo segmento. Al no poder desdoblar la celulosa, se alimentan de sustancias de reserva de la madera; la presencia o ausencia de tales sustancias de reserva condiciona su aparición.

Las galerías producidas por estos insectos son de sección circular y de pequeño tamaño, apareciendo llenas de un serrín finísimo.

La extensión del ataque está condicionada por:

El estado de secado de la madera.

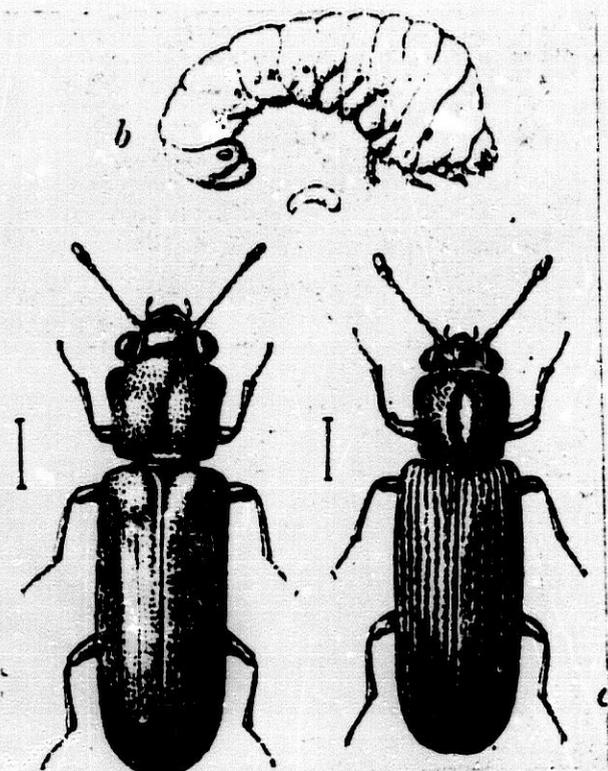
Época en que se cortó el árbol ya que este aspecto posibilitará la mayor o menor aparición de almidón en la misma.

Con respecto a este segundo punto, las sustancias de reserva (almidón) son mínimas tras la foliación y máximas al final del período vegetativo.

A pesar de preferir la madera seca, se han encontrado en maderas con humedades de hasta un 40 por 100 (caso límite) y frecuentemente en otras humedades entre el 10 y el 28 por 100.

Lyctus Brunneus Steph.

Es una especie tropical introducida y extendida posteriormente en España.



*Fig. 6. Lyctus
Brunneus Steph.*

Las larvas, se alimentan del almidón y de las sustancias de reserva en lo que producen galerías de sección circular, de 0,8 a 1,5 mm. de diámetro, llenas de un serrín finísimo. En el interior de la madera y en las proximidades de su superficie se transforman en insectos perfectos que perforan unas cortas galerías de salida en los meses de marzo-abril y octubre-noviembre; estas galerías terminan en pequeños orificios circulares, difíciles de apreciar.

La madera antes de poner en obra se puede impregnar con tratamientos preventivos, a fin de proteger de un posible ataque ulterior.

Tratamientos curativos.- Supondrá la sustitución de las piezas, cuyo estado lo aconseje, por otras maderas ya tratadas o protegidas. Pueden ser de tres tipos: químicos, físicos y biológicos.

Tratamientos físicos curativos.- Aplicaremos a la madera a altas temperaturas, aire caliente, corrientes de alta frecuencia, etc. También se emplean las fumigaciones con bromuro de metilo, aunque su toxicidad y peligrosidad hacen necesario utilizar equipos costosos y operarios habituados y especializados en estas técnicas.

Tratamientos químicos curativos.- Se realizarán en la época de vuelo de los insectos perfectos, utilizándose insecticidas adecuados. Mediante la aplicación de estos tratamientos se consigue inutilizar la madera para posibles puestas de insectos perfectos, a pesar de lo cual no se destruyen las larvas internas. La mezcla de Dieldrin con otros disolventes dará buenos resultados en estos insectos.

Medios biológicos.- Se utilizan insectos que ataquen a los líctidos como por ejemplo el *Tarsotenus Univittatus* (coleóptero), sus larvas se alimentan de

las de los líctidos, siendo de forma cilíndrica recta y de color azul oscuro.

II.4.5.1. Anóbidos.

Su tamaño oscila entre los 3 ó 4 mm. de longitud, podemos distinguir entre éstos:

Anobiinos.- En el interior de las galerías las larvas producen granulos de serrín y excrementos de forma alargada.

Ernobiinos.- Estas larvas se diferencian de las anteriores, principalmente por producir en el interior de la madera granulos de excrementos y serrín con forma redondeada.

Vulgarmente se les denomina "carcoma", y su presencia está demostrada tanto en árboles frondosos como en coníferas, y en madera apeada y de construcción. Su simbiosis con otros microorganismos intestinales hace posible la asimilación de la celulosa y la lignina.

Las larvas de estos insectos son blancas, con vellosidades, sus perforaciones tienen sección circular, el serrín que producen es de mayor grosor que el de los líctidos. Estas larvas crecen dentro de

la madera durante uno a tres años, favoreciéndose su desarrollo con la elevada humedad del aire. Se aparean en el exterior de la madera, depositando las hembras los huevos en la superficie de la misma.

Para abrir galerías de salida las larvas expulsan serrín al exterior.

Entre los anóbidos más dañinos para la madera en España, se pueden citar: Primero el *Anobium Punctatum*, después el *Xestobium Rufavillosum* y siguiendo a éste el *Oligomerus Ptilinoides*.

Anobiun Punctatum.

Tiene una gran importancia en España y su presencia es muy temida ya que produce resultados desastrosos. Se denomina comúnmente "escarabajo de los muebles". Actualmente se encuentra en toda España a pesar de proceder inicialmente del Norte de Europa.

Tiene un tamaño de 2 a 5 mm. de longitud. Las hembras son de mayor tamaño que los machos, presentando un color marrón oscuro o rojizo con pilosidades en el tórax.

Los insectos perfectos salen de la madera por pequeños orificios circulares que producen, preferentemente en los meses de mayo, junio, julio y agosto; siendo desde los primeros momentos grandes voladores. Atacan a la madera de albura de coníferas y

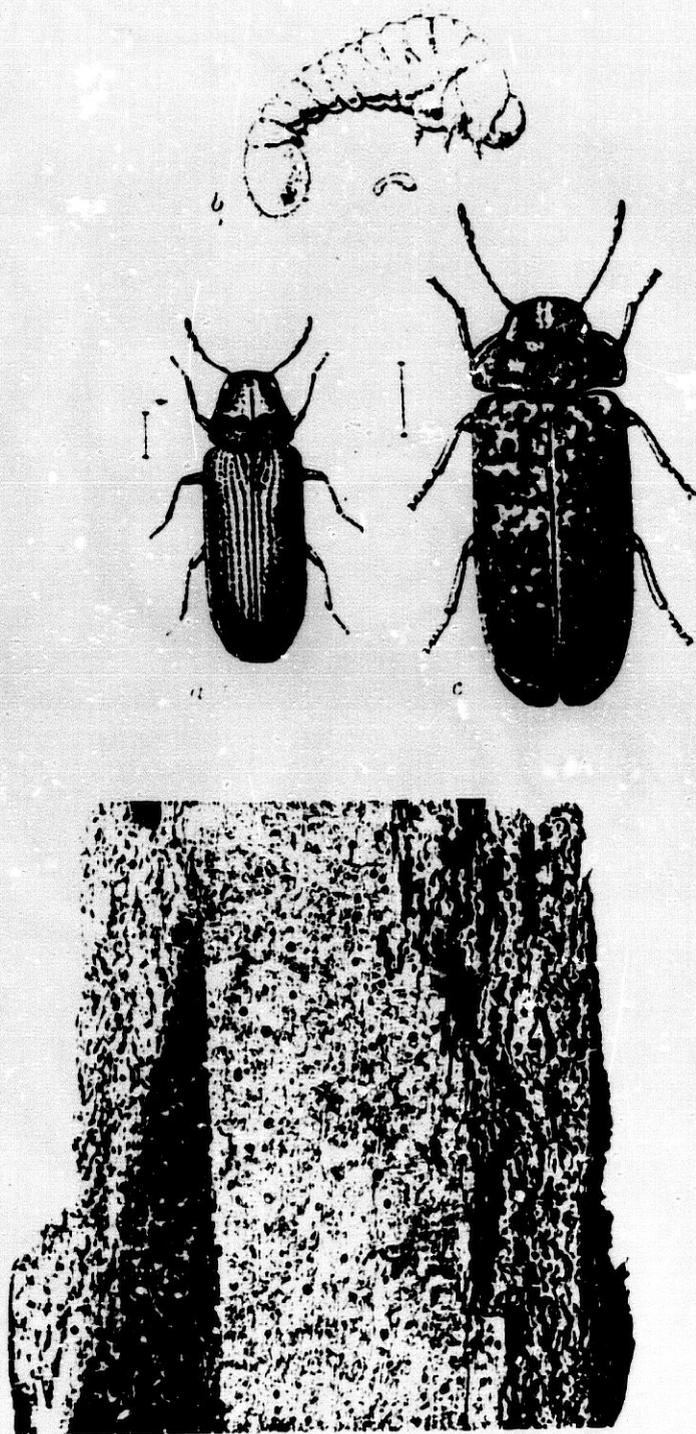


Fig. 7. *Anobiun Punctatum*, (abajo) daños causados por esta especie.

frondosas, también al duramen de frondosas. Las hembras ponen los huevos en las zonas superficiales de la madera, grietas, corteza, heridas, etc., los orificios de salida de las larvas aparecen con un diámetro aproximado de 1'5 milímetros. Los ataques de estos insectos se suelen centrar en la madera de albura, aumentando si se da un ascenso de la humedad ambiental, posibilitándose también de este modo un ataque del duramen. Su presencia sólo puede detectarse si encontramos orificios de salida de los insectos perfectos, y como este examen sólo es externo no sabremos del grado de ataque puesto que éste se concentra en el interior.

Tratamiento Biológico: se basará en el ataque con otros insectos más fuertes como el coleóptero *Opilio Mollis* y otros himenópteros, no obstante sería necesario investigar mucho con estos medios, considerados en la actualidad a nivel experimental.

Oligomerus Ptilinoides Wall.

Este insecto ataca especialmente la madera de frondosas aunque no es frecuente en la Península.

Xestobium Rufovillosum de Geer.

Es el insecto de mayor tamaño entre los anóbidos españoles; tiene 6 a 9 mm. de longitud. Tan sólo produce daños en la madera húmeda o atacada de hongos. Sus daños afectan, principalmente, a las maderas de frondosas, tanto de albura como de duramen, si bien en las resinosas es difícil su ataque. Son abundantes en la región húmeda del Cantábrico y de Galicia.

Presenta un color terroso con pequeñas manchas formadas por pelos cortos y amarillos que le dan una apariencia moteada.

Las larvas llegan a tener 8 mm. de longitud, siendo similares a las del *Anobium punctatum*.

Su ciclo de vida viene afectado por la cantidad de nitrógeno disponible, relacionado a su vez con el grado de ataque de los hongos, siendo en condiciones óptimas de un año, aunque frecuentemente sea más largo.

Los insectos perfectos permanecen más tiempo en el interior de la madera que los del *Anobium Punctatum*.

Denominados vulgarmente "reloj de la muerte", los insectos perfectos son malos voladores y tienden a juntarse con otros, salidos de la misma madera, atrayendo su atención por los movimientos de sus patas y por los golpes secos producidos con su cabeza en la superficie de la madera.

Las medidas de control son similares a las empleadas en el caso de los líctidos, variando únicamente las medidas biológicas, se emplea concretamente el coleóptero *Korynetes Coeruleus*, de la familia cleridos, para combatirlos.

II.4.5.2. Escolítidos y Platipódidos.

Estos insectos son llamados vulgarmente "escarabajos de ambrosía", o "perforadores de agujeros de alfiler". De las 1.400 especies conocidas, cien se encuentran en nuestro país, sin embargo pocas ocasionan daños a las maderas.

Hay que destacar que en un sentido estricto no se podrían considerar insectos xilófagos, puesto que no se alimentan de madera sino que la utilizan para cobijarse y para desarrollar sus larvas.

Miden entre 2 y 6 mm. de longitud, tienen forma cilíndrica, patas cortas, colores oscuros y antenas con punta voluminosa.

Los escolítidos presentan más especies xilófagas que los platipódidos, pero son los platipódidos los que producen mayores daños en la madera. Estos daños se producen tanto en árboles en pie muy debilitados como en madera recién apeada con gran cantidad de humedad.

A pesar de no existir peligro alguno en el empleo de la madera atacada por esos insectos, se deprecia muchísimo su valor.

Una de las formas para diferenciar las especies se basa en las distintas formas de galerías realizadas, las cuales, en cualquier caso, aparecen libres de serrín y excrementos.

Viven en verdaderas colonias, que conviven en las mismas galerías. Los insectos perfectos salen de la madera por los mismos orificios que abrió la hembra materna. Generalmente se observa una galería materna principal y varias secundarias hechas por las larvas.

Si secamos la madera las larvas morirán al secarse los hongos.

Existen dos tipos de escolitidos:

Escolitidos que crían en la corteza.

Escolitidos que crían en la madera.

Los primeros, al actuar en la corteza, dañan la capa conductora de savia, secándose al poco tiempo el árbol.

Los segundos perforan la madera, siendo el insecto hembra el que realiza las galerías.

Existen 4 tipos distintos de galerías entre estos insectos:

Galerías escaleriformes.- La hembra abre una galería simple o ramificada en dirección normal a la

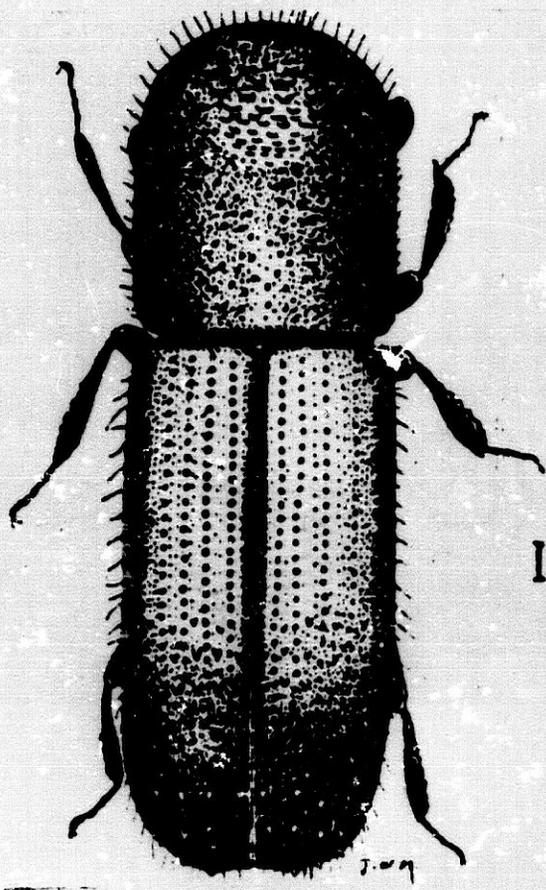


Fig. 8. *Xyleborus*
Saxosus Ritz.

fibra, en la que hace la puesta, las jóvenes larvas roen la madera abriendo pequeñas galerías siguiendo en la dirección de las fibras.

Galerías familiares.- La hembra abre una galería en la dirección normal a la fibra, terminada en un ensanchamiento, en el que hace la puesta. Las larvas, que nacen más tarde amplían la galería al roer la madera.



Fig. 9. *Xyloterus*
lineatus Oliv.

Galerías bifurcadas en un plano.- Son galerías maternas situadas en un solo plano, las larvas no intervienen.

Galerías bifurcadas situadas en distintos planos.- Son similares a las anteriores. Las larvas no causan daños. La especie productora de este tipo de daños es el *Anisandrus Dispar* L., abundante en Europa.

Las principales especies de la Península son:

Xyleborus Saxeseni Ritz.

La hembra de este insecto tiene 2,3 mm. de longitud, mientras que el macho mide 1,8 mm. Las galerías maternas son de tipo familiar.

Deteriora las maderas de coníferas y las de frondosas.

Xyloterus Lineatus Oliv.

Coleóptero de 3,5 milímetros de longitud. Las galerías maternas son de tipo escaleriforme.

Xyleborus Monocraphus.

Insecto poco importante en España, las hembras son de mayor tamaño que los machos (3-3,5 mm), posee color pardo, sus galerías maternas son bifurcadas en un solo plano.

II.4.5.3. Cerambicidos.

Estos insectos, muestran unas antenas de gran longitud, a lo que deben su denominación vulgar de "escarabajos de largas antenas". La longitud de estos

insectos es bastante amplia y va de los 8 y 100 mm., con fuertes patas y estructura vigorosa. Atacan a los árboles al igual que a la madera debilitada o con hongos que a madera sana de frondosas o coníferas.

Entre las especies de cerambicidos que atacan a los árboles en pie, podríamos señalar:

Sobre frondosas: Cerambix Cerdo, Saperda Carcharias, Saperda Populnea.

Sobre resinosas: Acanthocinus Edilis.

De las cinco subfamilias que comprenden los cerambicidos: espondilinos, lepturinos, lamianos, prioninos y cerambycinos, sólo las dos últimas presentan interés como xilófagos de la madera puesta en obra. Las principales especies presentes en España son las siguientes:

Hesperophanes Cinereus Vill.

Estromatium Fulvum Vill.

Ergates Faber.

Plagionotus Arcuatus.

Hylotrupes Bajulus L.

Las dos primeras presentan escaso interés, atacando preferentemente a la madera de frondosas.

De los prioninos el más importante es el Ergates Faber L.

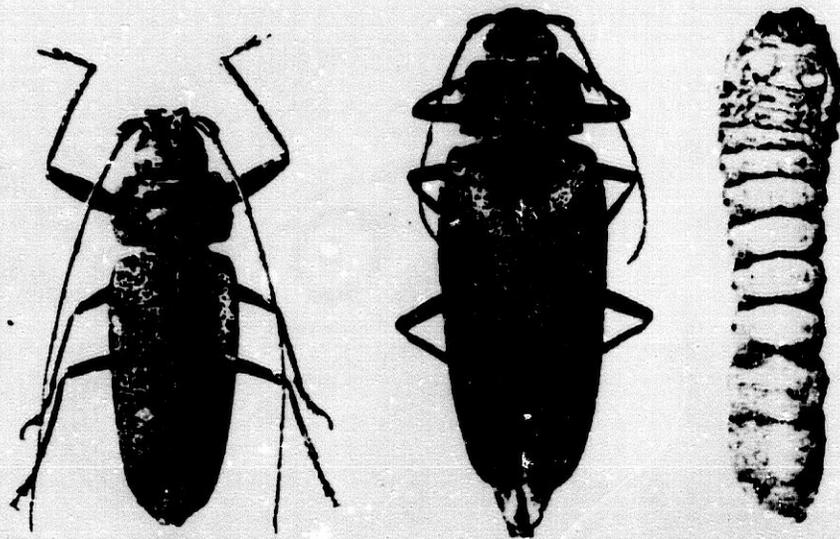


Fig. 10. *Ergates Faber*, por orden y de izquierda a derecha, macho, hembra y larva.

Ergates Faber.

Tiene especial predilección por la albura de la mayoría de las coníferas.

Los insectos perfectos mantienen un cuerpo característico aplastado de color pardo, además de unas antenas largas.

Para su desarrollo necesitan mucha humedad, siendo un 50 por 100 el óptimo y un 20 por 100 el mínimo. Puede causar graves destrozos en la madera atacada, encontrándose muestras palpables en los postes de conducción eléctrica, donde las larvas destruyen completamente la madera de albura de la zona

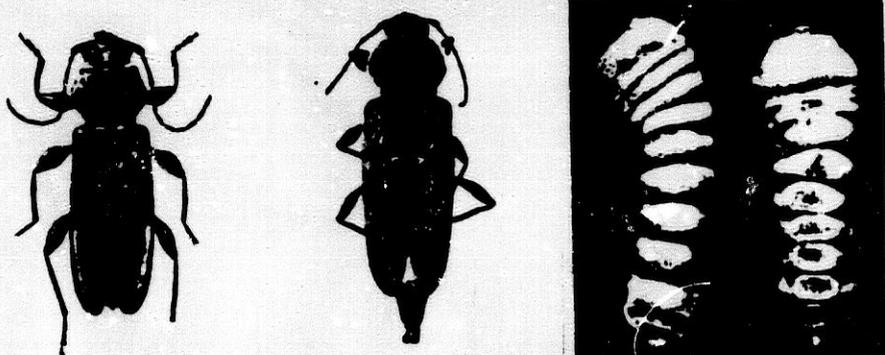


fig. 11. *Hylotrupes bajulus*, (abajo) de izquierda a derecha, macho, hembra y larvas; (arriba) daños causados por este cerambicido.

de empotramiento e incluso hasta 0,5 m. sobre la superficie, siempre manteniendo un grado elevado de humedad.

- Los daños atribuibles a este insecto se desarrollan con:

Orificios y además de sección oval sobre madera húmeda de resinosas, conteniendo gran cantidad de serrín y excrementos.

Hylotrupes Bajulus.

Llamado también "escarabajo casero de largas antenas", se desarrolló en un principio dentro de los bosques donde se alimentaban de la madera, más tarde pasó a la madera usada por el hombre, causando en la actualidad graves destrozos en la madera puesta en servicio.

Ataca preferentemente a las maderas secas de albura de las resinosas (Pino, principalmente).

Los insectos perfectos suelen salir de la madera durante los meses de junio hasta agosto, el color suele ser negro mate presentando pelos blancos y un cuerpo aplastado que oscila entre los 10 y los 20 mm. Las larvas pasan en el interior de la madera un largo período de tiempo, variable entre los tres y once años, dependiendo de la humedad relativa ambiental, temperatura óptima entre 28-30 grados, y condiciones nutrientes de la madera.

Estos insectos se pueden reconocer por aparecer en la madera:

Orificios y galerías de sección oval sobre la madera seca de resinosas.

Presencia de serrín y deyecciones más o menos compactas en el interior de las galerías.

La impregnación con insecticidas previa a la utilización de la madera será un método eficaz para impedir un posterior ataque de estos organismos.

Los tratamientos químicos con insecticidas son los más prácticos y económicos para restablecer la madera atacada. Se aplican con pincel o por pulverización de la madera. No se trata de eliminar las larvas interiores, puesto que la penetración del protector es baja, pero de esta forma sí se evitará la posterior introducción de huevos.

Para lograr buenos resultados se deben separar las partes periféricas más dañadas y cepillar (con un cepillo de púas metálicas) la madera puesta al descubierto.

Puede ser útil la realización de distintos orificios no muy separados (5 cm.) en la zona afectada de la madera. En estos orificios se inyecta, hasta rechazo, el protector (insecticida) mediante jeringas apropiadas u otros medios de presión. Con esto se

logra alcanzar una mayor penetración del protector en la madera, lo que supone una mayor efectividad.

Los tratamientos físicos más usuales son:

Calentamiento de la madera. Se efectúa éste con aire caliente. Se calienta el ambiente a 80-90°C. durante ocho horas, temperatura suficiente para impedir la vida de estos organismos.

Lucha biológica.- Al *Hylotrupes Bajulus* atacan distintos insectos como el *Oryssus Abietinus*, (himenóptero) y el coleóptero *Opilo Domesticus*.

Métodos y Tratamientos Preventivos para Coleópteros.

Los métodos de lucha contra las termitas (preservación de la madera, tratamiento con dieldrina y éter dicloroetilico) son también eficaces contra la mayor parte de los escarabajos de la madera. La siguiente fórmula se emplea para combatir al *Anobium Punctatum*: 500 cc de éter dicloroetilico, 80 cc de clordano, o 125 cc de dieldrina, o 160 cc de DDT completados hasta 2,5 litros con petróleo de arder.

FUMIGANTES.

Existen varios fumigantes para la eliminación de los microorganismos que proliferan en la madera.

Pueden citarse como ejemplo:

- el fluoruro de sulfurilo
- el bromuro de metilo
- el cianuro de hidrógeno
- el óxido de etileno
- el tetracloruro de carbono
- el dicloruro de etileno
- el dibromuro de etileno.

Uno de los más eficaces es:

- el bromuro de metilo, letal para muchos insectos en todas sus fases evolutivas. La sustancia se descompone rápidamente y es inocua para la mayoría de los materiales. Algunas experiencias efectuadas demuestran que el fluoruro de sulfurilo es todavía más tóxico para cierto número de insectos que el bromuro de metilo.

Son muchos los insecticidas que se han ensayado y que pueden recomendarse para combatir los insectos. Pueden citarse como ejemplo el clordano, el diacínón, la dieldrina, el malatión, las piretrinas y los aerosoles de DDT y piretrinas. Una de las ventajas de las piretrinas es su escasa toxicidad para el hombre

por vía oral y cutánea. En cambio, no son muy persistentes y requieren aplicaciones más frecuentes que los hidrocarburos clorados. No obstante se habrá de actuar con sumo cuidado cuando se manipulen los fumigantes dada la peligrosidad que ello entraña, debiéndose restringir su uso a especialistas en la materia convenientemente protegidos.

II.4.6. Daños que ocasionan los xilófagos marinos.

-Su daño es palpable en nuestras costas, muelles, embarcaderos, y otras estructuras flotantes que son atacadas sistemáticamente por dos grupos de animales:

-moluscos

-crustáceos.

II.4.6.1. Moluscos Xilófagos.

Teredinidae.

Se puede comparar a los Teredinidos en la madera en agua con las termitas como insectos terrestres destructores.

Sus daños se localizan en las construcciones navales, aunque también aparecen en maderas talladas artísticas que se encuentran sumergidas. Son de la familia de los moluscos y pertenecen a la de los bivalvos. Anatómicamente presenta un cuerpo vermiforme, con dos conchas calizas en su parte anterior que le sirven para excavar la madera.

Los Teredinidos, a diferencia del resto de los moluscos bivalvos no poseen ligamento (músculo de apertura) por lo que no tienen ningún otro elemento para separar las valvas, los movimientos de las



Fig. 12. *Teredo Naualis*, abajo visión de su cara ventral.

valvas, que utilizan para perforar la madera se deben a otros musculos (abductores). Con la ayuda de aductores y la presión ejercida por la ventosa del pie

podemos explicarnos como realizan las estrias denticuladas de las valvas.

Respecto a su reproducción los hay hermafroditas, producen primero esperma y más tarde huevos que son expulsados por el sifón cloacal. La fecundación se realiza mientras los huevos flotan libremente por el agua. Existen también especies unisexuales.

Una parte importante de la vida de la larva se desarrolla dentro de las cámaras branquiales, por lo que se puede dar el caso de encontrar un ejemplar de Teredinidae que presente sus branquias llenas de larvas con concha.

En las primeras fases de su desarrollo la larva bivalva nada libremente en el mar, en este tiempo que puede comprender un mes, es cuando puede moverse, más tarde perderá los cilios y quedará adherida a la madera.

Aunque en un principio produce un agujero casi despreciable (1 milímetro de diámetro), más tarde a medida que crezca irá aumentándolo. Aunque en un principio se creía que la penetración se debía a la necesidad de protección, más tarde se ha comprobado que también se alimentan de la celulosa y hemicelulosa de la propia madera.

En España se encuentran:

-Teredo Navalis.

- Teredo Norvegica.
- Teredo Megotara.
- Teredo Pedicellata.
- Bankia Bipalmulata.

Pholadidae.

Se caracterizan por tener entreabiertas sus valvas. En nuestro país encontramos el *Pholas Dactylus* L. Este molusco no produce grandes daños. la parte anterior de sus valvas son muy denticuladas, tiene concha alargada.

El tratamiento a aplicar para estos moluscos xilófagos se basa en la impregnación total de la madera con creosota; además se puede impregnar la materia con protectores hidrosolubles a partir de mezclas de cromo, cobre y arsenico antes de su uso.

El sistema de Autoclave de vacío hace penetrar profundamente estos protectores.

Las penetraciones mínimas habrán de penetrar varios centímetros, 2 ó 3, y siempre alcanzaran el duramen de la madera.

II.4.6.2. Crustaceos xilófagos.

Estos animales a diferencia de los moluscos se pueden mover libremente por la madera y no permanecen aprisionados en la misma.

Perforan la madera, tanto jóvenes como adultos produciendo galerías de dos milímetros de diámetro, y no profundizan normalmente más de un centímetro. Su rápida y masiva aparición produce lamentables resultados pues horadan totalmente la zona superficial de la madera que al perder sus características físico-mecánicas tiende a desprenderse.

Podemos distinguir entre isópodos y anfípodos.

ISOPODOS: *Limmoria Lignorum* White.

Este crustáceo xilófago se encuentra extendido por todo el mundo, además de atacar la madera para su alimentación, la usa para hacer la puesta. Suele medir unos tres milímetros de largo, sus patas son bastante robustas, es capaz de desarrollarse sin problemas en aguas turbias y pueden pasar en la madera varios años.

ANFÍPODOS: *Chelura Terebrans* Philippi.

Aunque de tamaño superior al *Limmoria Lignorum* White, convive con este otro crustáceo; existen versiones que aseguran que este crustáceo no ataca la

madera, que sólo utiliza las galerías dejadas vacías, mientras que otros opinan que dañan la madera.

Además de los tratamientos señalados para los moluscos, también se pueden emplear protectores hidrosolubles a base de cromo, arsénico, cobre, etc., en el capítulo dedicado a los protectores se alude a otras mezclas, también eficaces.

II.4.7. PROBLEMAS QUE SUPONEN LOS PLAGUICIDAS.

PLAGUICIDAS ORGANICOS SINTÉTICOS.

A pesar de admitir la efectividad de los plaguicidas para el tratamiento de algunas maderas, impidiendo el ataque de numerosas plagas de insectos o mohos, no podemos olvidar la contrapartida, es decir, sus efectos nocivos para el medio ambiente además de sobre los humanos.

TIPOS.-

En la actualidad existen gran cantidad de fórmulas para combinar los plaguicidas orgánicos:

1º Insecticidas: se deriva de su nombre la función de los mismos, es decir, la destrucción de los insectos.

2º Fungicidas: eliminan los mohos y previenen otras enfermedades de las plantas.

3º Herbicidas: se destinan a las cosechas para la eliminación de las malas hierbas.

42 Otros plaguicidas específicos: son destinados a los rodentias (ratas, ratones, etc), molusquicidas y nematocidas (contra gusanos y larvas microscópicos).

Podemos clasificarlos químicamente en:

- Hidrocarburos clorados.
- Clorofenoxiácidos.
- Organofosfatos.
- Carbamatos.

HIDROCARBUROS CLORADOS.-

Se constituyen a base de esqueletos de carbono e hidrógeno. a los que se añaden átomos de cloro. Entre los más conocidos están además del DDT, el lindano o HCB, Heptacloro y Aldrin. Son estos los plaguicidas que persisten más tiempo en el ambiente, en base a que:

-Su uso acumulativo total excede al de cualquier otro.

-éstos prevalecen a la degradación más que los otros tipos.

El más famoso de los hidrocarburos clorados es el DDT, su nombre químico exacto, es diclorodifenil-cloroetano. Dentro de este grupo también podemos

incluir el dieldrín, aldrín, endrín, lindano, clordano, etc.

La pérdida de actividad de un plaguicida (al menos el 95%), en condiciones ambientales normales, varía según el tipo de plaguicida. En cuanto a la vida de la mayoría de los hidrocarburos clorados se clasifican como compuestos persistentes, es decir con una duración de dos o más años.

Aunque en concreto no se sabe la razón por la que los hidrocarburos clorados afectan a los organismos vivos, se cree que se disuelven en la membrana adiposa que rodea las fibras nerviosas, interfiriendo el transporte de iones al interior y exterior de la fibra, produciendo convulsiones y temblores.

A pesar de que su empleo está disminuyendo o incluso en algunos países se ha prohibido, podemos analizar las consecuencias de estos compuestos:

EL DDT.

Durante 1939, el investigador suizo Paul Mueller, redescubrió el compuesto DDT, que anteriormente había sido mencionado en una tesis doctoral llevada a cabo por un químico suizo (Othmar Zeidler) en 1874, en Alemania.

En este año de 1939, se comprueba por parte del redescubridor, que esta sustancia producía unos efectos muy tóxicos sobre los insectos, la firma suiza

para la que trabajaba comenzó rápidamente a fabricar la sustancia y se hicieron pruebas con tres kilos de este producto en Estados Unidos.

En la Segunda Guerra Mundial Estados Unidos comprueba que este compuesto da excelentes resultados para controlar los piojos en los militares, de esta forma poco a poco iría ganando en popularidad al detener otras epidemias como la del tifus en Italia (1943). Las plagas de las cosechas también se eliminaron con este compuesto, todo ello condicionó en 1948 el Nobel de Química para su redescubridor (Paul Mueller).

Más tarde se comprobó que:

1/ Algunos insectos desarrollaban inmunidad hacia él.

2/ Causaba daños irreversibles a algunas aves y peces.

Algunos estudios efectuados sobre el tema demuestran que el destino final del DDT es el agua, en concreto los océanos, donde se concentra el 25% de todo el DDT, usado hasta nuestros días.

Algunos moluscos como las ostras, así como las pulgas de agua son capaces de asimilar gran cantidad de DDT.

La concentración de DDT y otros hidrocarburos clorados también se amplifica en algunas rapaces

imposibilitando su reproducción, se pueden citar entre otros el halcón común y el águila pescadora.

En los peces también produce cambios en su comportamiento, disminuyendo el desarrollo de algunas especies, su acumulación también restringe al mismo tiempo el posterior uso por parte del hombre.

El humano al formar parte de la cadena trófica también mantiene en sus tejidos una cantidad media en DDT que se calcula entre las 5 y las 10 ppm. Además de los alimentos, los insecticidas domésticos y el aire circundante también contribuyen en estas cifras. Hasta la fecha estas concentraciones no han producido en las personas efectos medibles.

Tanto los que se encuentran a favor del uso como los que están en contra opinan que la mejor solución es el desarrollo de sustitutos que puedan reemplazar a los compuestos de DDT.

BPC: BIFENILES POLICLORADOS.

En su composición y empleo son muy similares al DDT. Están formados por compuestos de benceno y cloro.

Son ligeramente solubles en agua, aunque resisten los ácidos bases y la oxidación. Se han usado aproximadamente desde 1930.

La debilidad de las cáscaras de huevo que imposibilita la incubación por parte de las aves es atribuida a los BPC.

ORGANOFOSFATOS.

A lo largo de 1950 entró en servicio un grupo de compuestos orgánicos complejos con fósforo. La resistencia de algunos insectos hacia el DDT y otros hidrocarburos clorados propició la utilización de estos organofosfatos. A diferencia del DDT, persiste menos tiempo en el ambiente, aunque son mucho más tóxicos para el hombre.

Los organofosfatos más comunes son:

- Paratión.
- Metil paratión.
- Malatión.

POSIBLES ALTERNATIVAS A LOS PLAGUICIDAS MASIVAMENTE USADOS.

Habiéndose comprobado los problemas que comporta el uso de estos compuestos químicos, tal vez la postura más razonable sea la investigación de otros medios menos nocivos para la vida(22) de lo que vienen siendo habitualmente estos compuestos. Entre los posibles sustitutos están:

- Desarrollo de variedades resistentes de plantas: dada la preferencia que muestran los insectos por unos tipos determinados de plantas sera razonable pensar en la plantación de árboles en los que los

insectos se resisten a penetrar o no sean muy apetecibles, además la investigación desarrollada para conseguir combinaciones más estables y resistentes es bastante interesante en este aspecto.

-Medios biológicos: será necesario pues, el empleo de depredadores, parásitos y agentes patógenos (organismos productores de enfermedades) naturales como destructores de insectos. Estos métodos sí que pueden ser en el futuro alternativa a los insectos xilófagos, ya que de esta forma se pueden eliminar utilizando una "micro-cadena ecológica".

-Control genético: en primer lugar se reduce por otros métodos la población de insectos, más tarde se añaden insectos estériles sexualmente (irradiados o mediante la acción de productos químicos). Puesto que la liberación de machos estériles se realiza de forma periódica, llegará un momento en que la población de insectos se reducirá a cero.

-Manipulación de hormonas: las investigaciones en este campo ayudan a regular las funciones corporales de los insectos. Baste citar como ejemplo que el aumento de hormonas juveniles permitiera su crecimiento, pero no su madurez, por tanto si los insectos recibieran dosis de

hormonas juveniles cuando normalmente debieron madurar, su desarrollo no se produciría hasta la etapa adulta. Estos planteamientos se están estudiando en la actualidad ya que pueden ser de un gran valor ecológico.

TERCERA PARTE

PREVENCIÓN, PROTECCIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE LA MADERA.

III.1.0. La madera a lo largo de la historia.

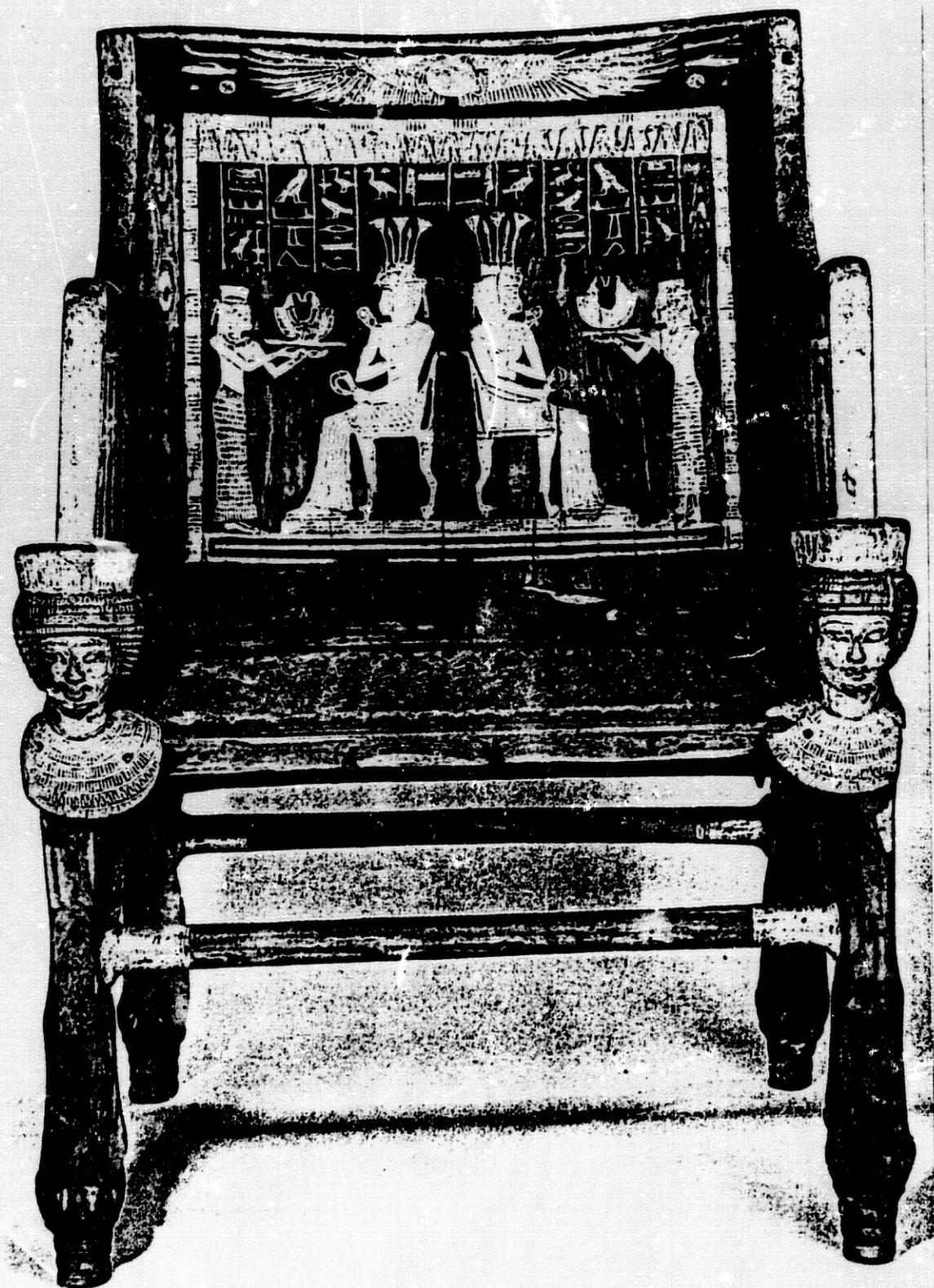
La madera es uno de los elementos al que resulta indispensable referirse, si hablamos de materiales constructivos en cualquier civilización o cultura por antigua que esta sea, ya que junto con la piedra y la tierra ha estado presente en las construcciones realizadas por el hombre.

Testimonios arqueológicos demuestran que en el período Neolítico ya se utilizaba la madera en las construcciones habitables.

Su sencilla elaboración, su maniobrabilidad y su presencia en la mayoría de los territorios la han ofrecido como utilizable en las manifestaciones arquitectónicas de la historia de la humanidad.

La cultura egipcia se ayuda de ella como materia auxiliar en sus megalíticas construcciones, como elemento sustentante de ingeniosos andamiajes.

En situaciones excepcionales como en las tumbas egipcias se han hallado actualmente vigas de madera que se remontan a las primeras dinastías, y es sorprendente que en tan alto grado de sequedad, se encuentren en excelente estado, hasta el punto de parecer modernas.



Trono de la princesa Satamon. Hacia 1.375 a. C.



Busto de mujer. Hacia 2.500 a. C.

Se han conservado tallas en madera, donde ha existido un clima seco, podemos citar el ejemplo de las tumbas egipcias, donde fueron encontradas esculturas pequeñas bien conmemorativas de personajes importantes o bien descriptivas a pequeña escala, solían estar pintadas con colores vivos para darles más realismo.

Las placas de madera maciza se utilizaron como soporte para los pintores egipcios y griegos(23).

En Egipto existían pocos bosques, tuvieron que importarla casi totalmente. Existe un documento en el que se indica que durante la tercera dinastía (2.686 - 2.613 a.d.C.) llegaron a Egipto más de cuarenta barcos que transportaban madera de Cedro, Boj, Ciprés y Fresno. Estos barcos procedían probablemente de Siria, ya que allí crecían espontáneamente la mayoría de los árboles cuya madera era utilizada por los egipcios.

La madera enterrada en las turberas pantanosas durante un largo periodo de tiempo, puede conservar su forma y dimensiones. La ausencia de aire evita el ataque de los hongos, pero a cambio se pueden producir grandes modificaciones en la composición química y en la microestructura, con la consiguiente pérdida de sus características físico-mecánicas.

No obstante estas maderas se pueden secar y devolverles su aspecto inicial con lentos tratamientos



Cuchara de ofrendas. Hacia 1.300 a. C.

de laboratorio. Sin embargo la madera encerrada en ambientes húmedos, aunque aparezca aireada, se destruirá completamente a causa del ataque por microorganismos.

Estudios llevados a cabo por algunos tratadistas nos mencionan también a la civilización griega como poseedora de estructuras de madera (coníferas con gran probabilidad) para sus templos.

El ébano fue la madera más valiosa y apreciada, se usaba para pagar tributos; Herodoto afirma que fue recibida como tributo de Etiopía.

En Grecia y Roma existen muebles y utensilios de madera. Los artesanos griegos y romanos dispusieron de abundante madera, las más valiosas las importaban de Mauritania y del norte de África. Los árboles más comunes eran el Sauce, el Arce el Haya, el Roble, etc.

En los muebles griegos se puede apreciar la influencia de los primeros diseños de los egipcios, pero las patas de los asientos, en forma de pata de animal fueron desapareciendo gradualmente para ser reemplazadas por formas rectangulares y torneadas. En el siglo V adquirió gran popularidad un elegante estilo de silla, conocida como silla de "Klismos", de patas curvadas y con respaldo y que sirvió para inspirar más tarde a los romanos aunque la suya era más consistente.

Las casas romanas cubren sus vanos con madera, así como en otras obras de ingeniería, ayudándose de piedra, tierra y madera, por ejemplo para la construcción de puentes con intereses defensivos. Tácito también menciona la utilización de troncos cortados en sección cuadrangular; Herodoto, se refiere a la utilización por parte de los escitas de troncos para la construcción de cámaras funerarias de sus reyes, a lo largo del año 1.000 a. de C.

La excesiva cantidad de bosques en el norte de Europa condiciona el que la madera suponga el elemento básico para la construcción, se sabe que en el año 700

a. de c. en Biscupin (Polonia), existía un poblado constituido exclusivamente por casas de troncos, lo que nos confirma la tradición arquitectónica de la madera.

Los arcos y bóvedas bizantinas también se construyeron con la ayuda de madera y al igual que las edificaciones góticas previamente se basan en este elemento para resolver las formas de las cubiertas.

Según su tipo o su época, los edificios históricos se resienten más especialmente bajo un aspecto determinado. Así, los edificios del Renacimiento expresan sobre todo una composición de espacios; las construcciones romanas se articulan en volúmenes; la arquitectura gótica retiene la atención por su sistema estructural de piedra: el espectador participa en alguna suerte en los empujes recíprocos de bóvedas y de contrafuertes.

En la arquitectura oriental, los primitivos techos chinos estaban conformados por vigas superpuestas que decrecían en longitud a medida que ascendían al caballete, el empuje vertical hacia abajo era sostenido por pilares. Las naves más anchas necesitaban mayor número de pilares.

Muchos de los más ricos ejemplares dentro de la talla de madera, son los de las esculturas primitivas que en un primer momento fueron designadas con calificaciones geográficas, arte Negro, arte de

Oceania, arte de la Polinesia, arte de las poblaciones indígenas de las dos Americas. Pero hoy en día se ha buscado una síntesis por encima de las profundas diferencias adoptando el nombre de las esculturas primitivas. Este arte fue ignorado hasta el siglo XIX, es un arte colectivo y anónimo, podemos decir que es contemporáneo.

Evidentemente se prolongaría enormemente la descripción y las citas a este elemento constructivo, pero llegados al siglo XIX en el que los metales desplazan esta materia, asistimos a la euforia constructiva del hierro y el cristal.

III.1.1. "ética" y normas para un buen uso y conservación de la madera.

Paralelamente a la adopción de nuevos elementos constructivos, tiene lugar en el siglo XIX el germen de la restauración arquitectónica. No obstante la predilección por el hierro y los nuevos materiales retrasa el conocimiento y uso de la madera y no es sino hasta finalizar la 2ª Guerra Mundial cuando se recupera y se reconstruyen las ciudades devastadas.

Las soluciones adoptadas en otras épocas para restaurar la madera, que consistían básicamente en su sustitución o derribo, hoy son inadecuadas e inutilizables ya que contamos con una gran gama de tratamientos curativos y preventivos para cualquier tipo de agente que pueda poner en peligro la estabilidad de esta venerable materia.

El poco uso que se hace de la madera obedece más a desconocimiento que a aplicaciones posibles de la misma, se confía más en el hierro como elemento sustentante, a pesar de que contamos con testimonios que demuestran un mantenimiento de siglos en la madera. En caso de incendio el hierro al pasar los 500°C. puede fallar completamente mientras que la madera puede mantenerse más tiempo debido a la carbonización de su superficie.

III.1.2. Teoría sobre la restauración de la madera.

Si tenemos en cuenta la Carta de Venecia(24), ésta deja abierto un abanico de posibilidades para justificar una gama extensa de intervenciones sobre el patrimonio construido, existiendo sin embargo tipologías arquitectónicas y aplicación de materiales debido por otra parte al amplio abanico de culturas que conviven en nuestro mundo. Es evidente que el documento ha tenido que adaptarse a toda la problemática que conlleva la Conservación y Restauración de Bienes Culturales y ha sido la base a partir de la cual se ha abordado la reconstrucción arquitectónica a partir de la postguerra.

La postura científica de la restauración de monumentos en nuestros días, ha superado los intentos románticos e historicistas que hicieron mella en otra época, el patrimonio que heredamos de otra época debemos de conservarlo para el futuro, y esta es la idea subyacente en la "Declaración de Amsterdam"(25), por tanto el respeto, el cuidado y la aceptación de este legado artístico es algo que nos sitúa como mediadores, no como dueños.

Al restaurar un edificio, lo haremos además de en la forma, en su materia misma, también en su carácter(26) y personalidad partiendo de unos avances tecnológicos que garanticen su estabilidad. Debemos de

aclarar las funciones de los materiales que constituyen el objeto y también su autenticidad a fin de encontrar en ellos un justificante para su actuación.

La sustitución del elemento constructivo siempre ha de estar debidamente justificada, ya que cualquier cambio en los mismos producirá diferencias en sus comportamientos estáticos.

Esta es la razón de que se esté intentando establecer una serie de bases a seguir en las obras de restauración de aplicación general, a fin de asegurar en todos los aspectos el mantenimiento, la conservación y la restauración de los materiales.

El tratamiento y la importancia considerada a los materiales pétreos supera en la actualidad al que se da a la madera, y esto debiera darnos la clave para una pronta actuación en este campo ya que debemos considerar a la madera (al menos) como un elemento más de los que integran el entorno arquitectónico, así resulta fácil ver en una obra de restauración a albañiles o canteros, aunque no tanto carpinteros; esto no es lo que se acordó en el coloquio de Troya(27), donde se concretó para toda Europa recuperar los oficios artesanales entre los que destacan especialmente los de carpintería.

III.1.3. Autenticidad de la madera.

Un edificio muy antiguo lógicamente habrá sufrido más intervenciones en su constitución física que otro más actual, se habrá ampliado, añadido, o sustituido gran parte de sus elementos, los factores que ocasionan estas intervenciones son muy variados. Si tenemos en cuenta que los usos más frecuentes de la madera en los edificios son a nivel estructural y como carpintería de taller, podemos encontrar tres niveles de autenticidad:

- 1) De la forma arquitectónica asegurándonos del valor histórico y tipológico que mantiene, para lo cual habremos de valorar la mayor entidad de las formas arquitectónicas, basándonos en toda la información posible en que se haga referencia a las mismas, no obstante resulta difícil decidir que elementos se respetan y cuales de los añadidos se eliminarán.

- 2) La autenticidad de uso de un determinado edificio es un tema delicado por las consecuencias que conlleva su variación. Los edificios sobre los que hay que intervenir fueron creados en su momento para un uso concreto, y habrá que comprobar muy bien que su reutilización no supone a largo plazo una progresiva destrucción de los mismos.

3) La autenticidad del material tiene varios enfoques respecto a nuestra intervención para mantenerlo.

Resulta conflictivo dar una norma general a aplicar en todos los casos, más bien podemos matizar algunas líneas posibles de actuaciones, ya que se dan casos en que la madera como elemento constructivo manifiesta una gran reducción en el comportamiento de sus características físico-mecánicas.

Para devolver a esta madera las facultades indispensables para su uso existen en el mercado diversos productos entre los que por su efectividad cabe destacar las resinas.

Previa utilización de las mismas habremos de sopesar dos conceptos, su reversibilidad y su grado de actuación.

La intervención del restaurador en la madera, así como en el resto de los materiales conviene que esté presidida por su posición dentro de la cadena de intervenciones que normalmente sufre la obra artística, por tanto la utilización de unos determinados materiales no supondrán en ningún momento peligro para la posterior conservación del original, y serán reversibles.

Existen ocasiones sin embargo, en que resulta indispensable la utilización y el añadido en la madera de materiales sintéticos que suponen muchas veces la

imposibilidad de eliminarlos "a posteriori" pero en estos casos generalmente hay que elegir, entre la sustitución de la estructura de madera por otra, o la incorporación de estas materias; personalmente opino que no se debe desestimar el valor que suponen estas materias sintéticas y además me baso en los acuerdos obtenidos en el Coloquio de Troya(28) en los que se propone la utilización de las resinas epoxi y otras sintéticas como único método a fin de reforzar las estructuras de madera, pienso personalmente que esta adición de materias nuevas se debiera realizar en lugares poco visibles e indispensables para el mantenimiento de unas garantías de seguridad, o aplicar distintos criterios de reintegración, siempre siguiendo la normativa del Restauro(29).

Otra solución posible y de la que forma parte otro criterio de restauración se basa en la sustitución del elemento de madera degradado por otro de madera de las mismas características y naturaleza, este es un criterio que está muy extendido en los pueblos orientales y escandinavos. Al admirar un templo japonés, comprobaremos los valores de autenticidad por su forma y uso, aunque no existirá autenticidad respecto a los materiales que lo constituyen. Sin embargo en estos países sí se conservan auténticas las técnicas y uso de la madera por lo que la configuración exterior es igual a la que

se usó originariamente, y esto es algo que se consigue exclusivamente, intentando que pervivan y se recuperen los oficios(30).

III.1.4. Distintos grados de actuación.

Un análisis del estado de conservación que presentan las estructuras de madera y sus elementos condicionarán la posible reutilización del edificio.

La seguridad de las personas que se alojarán en el edificio condicionará una revisión a fondo del mismo, teniendo en cuenta aspectos tales como la resistencia al fuego de los materiales(31), posibles vías de evacuación, resistencia de las estructuras, etc.

Los grados de intervención atendiendo a los factores de seguridad humana antes mencionados permitirán unos niveles de intervención que podemos tipificar en:

- a) Conservación del forjado en su estado actual, siendo éste de garantía.
- b) Introducción de mejoras que no transformen la estructura, a causa de mantener un estado de conservación deficiente.

c) Sustitución del forjado por otro formado por materiales distintos.

Siempre sería deseable adoptar la solución a) aunque difícilmente se encuentra esta situación.

La utilización de técnicas y materiales para mejorar el nivel b) supone el uso de acero, de resinas epoxi, las resinas acrílicas, hormigón o del mismo material, la madera.

El grado de intervención c), de sustitución completa del forjado por otro con materiales distintos a los originales, conlleva superar los tres niveles de autenticidad: de forma, posiblemente de uso, y del material.

Resultaría erróneo pretender reutilizar un edificio para un destino totalmente distinto a sus características presentes, por lo que sería más recomendable utilizarlo para otros fines más próximos a su propio carácter, por lo que este último grado de intervención en el edificio lo desvirtuaría haciendo por tanto desaconsejable esta tercera intervención c).

III.1.5. Anastilosis.

La reconstrucción de un monumento fragmentado a partir de sus elementos se llama anastilosis. Esta

será posible a través de mediciones y cálculos tendentes a la reconstrucción exacta de su estado original.

La contribución de la anastilosis a la conservación de monumentos es fundamental, estará justificado, por ejemplo, reconstruir una columna compuesta cuando sus piezas se encuentran fragmentadas. Se podrá incluso reintegrar una parte de su capitel cuando se conoce ciertamente y con seguridad su ancho y alto por las piezas restantes esparcidas, aunque en este caso habremos de diferenciar las partes añadidas de las originales (32).

La anastilosis, estará justificada siempre y cuando concurren las siguientes premisas(33):

a/ Se puedan presentar pruebas, documentos, planos y publicaciones originales del monumento y de su primitiva ubicación.

b/ La reintegración forme parte del entorno arquitectónico. Un monumento puede encajar perfectamente en el paisaje urbano cuando se lo mira desde una distancia de 200 metros, pero en interés de la fidelidad, visto desde 50 metros se observará la diferencia entre el original y las partes reintegradas(34).

III.1.6. Especies tradicionales y condiciones para su empleo.

Es necesario recordar, ante todo, cuales eran las especies más utilizadas en otras épocas para intervenir en las construcciones que forman nuestro patrimonio artístico. Tendremos en cuenta por tanto encontrar razones serias para fundamentar la elección de nuevos materiales a fin de no desdeñar la enseñanza de la tradición.

Conviene determinar en que medida se pueden emplear hoy los mismos materiales teniendo en cuenta además nuestros nuevos conocimientos, así como la escasez de aprovisionamiento actual y los cambios producidos en las condiciones y técnicas de utilización en los locales.

También se debe considerar en que medida se puede proceder a sustituciones de especies o a tratamientos de preservación, sin alterar la calidad estética de las obras, todo ello asegurándole una duración equivalente o superior.

Al igual que en la Antigüedad, la elección de maderas estaba dictada ante todo por la aptitud en el servicio: la resistencia y rigidez bajo carga y la duración.

Pero, maestros de obra y artesanos eran, mucho más que hoy, tributarios de los recursos locales

ofrecidos por los bosques y poblaciones cercanas. Eso explica la presencia, algunas veces, de ciertas especies que no nos parezcan siempre las más aptas, hoy en cambio con los avances en las comunicaciones y el transporte las maderas circulan mucho más fácil y libremente de una región a otra.

La incidencia de las particularidades desfavorables a la resistencia o a la duración, como los defectos de vetas, de nudos, han sido superadas en algunas construcciones por el gran tamaño de las piezas utilizadas, esta sobreabundancia de materia era una garantía de resistencia y de duración.

Para la carpintería interior, se empleaba entonces también madera de calidad que podía procurarse en más abundancia que hoy. La calidad en la elección como consecuencia de una larga experiencia suponía la utilización de maderas de textura fuerte, más densas y más rígidas ideales para la armadura, mientras que se reservaba la madera más blanda, de crecimientos más tiernos y fáciles de trabajar, para la carpintería.

Hoy para la renovación de edificios antiguos, no basta tener en cuenta demasiado la tradición. Se debe también tener en cuenta cambios producidos a la vez en los materiales disponibles y las técnicas de construcción, como en las condiciones de utilización de los locales, así como en el medio exterior

No es necesario descuidar los recursos nuevos ofrecidos por la gran diversidad de maderas comerciales actuales, donde los procedimientos de protección y de acabado modernos podían asegurar una mejor conservación.

III.1.7. Precauciones impuestas por los cambios en la utilización de los locales.

1. La modificación más frecuentemente aportada a las condiciones de ocupación, es la intensidad aumentada de la calefacción y su prolongación continua durante varios meses.

No es necesario recordar en este aspecto, la importancia de las degradaciones provocadas en algunas semanas en las construcciones antiguas por la instalación de la calefacción central o del acondicionamiento por aire ventilado.

Estos desordenes (huecos, hendiduras, desprendimientos, etc), afectan a las obras en madera y también a las partes del edificio ligadas a ellas: tabiques, revestimientos, techos, etc. Así mismo es obligado utilizar madera convenientemente seca, con un grado de humedad del 8 a 10% en el interior; y 13 a 15% para las carpinterías exteriores cuando se proceda a una restauración indispensable.

Una consecuencia menos conocida de una calefacción excesiva, es la multiplicación más rápida de los insectos xilófagos, por la transformación de su ciclo biológico. Ha ocurrido incluso que esas nuevas condiciones permiten la instalación de familias de termitas fuera de su zona de hábitat normal.

2. Aunque menos frecuente, el cambio del clima interior con crecimiento permanente de la humedad es acaso el origen de deterioros aún más graves, como consecuencia de humectación permanente de la madera que resulta por las condensaciones que pueden producirse debajo del suelo, sobre las vigas del techo, en bajos techados, en el reverso de la decoración de los artesonados, y otros revestimientos de madera.

Esto resulta a menudo del recubrimiento innecesario de la "cara fría" por revestimientos o pinturas impermeables o aún de la obstrucción nefasta de las aerturas previstas para asegurar la ventilación natural.

Ocurre, y esto es palpable tanto en interiores como en exteriores, que las maderas unidas por herrajes y pernos(35) de fuerte sección, utilizados para consolidar obras, forman puntos térmicos y son el lugar de una condensación alterando localmente la madera en contacto.

El aumento de la humedad en madera de las construcciones puede desembocar en una doble consecuencia:

- a) Generalmente una linchazón de las piezas arrastrando además desniveles y desajustes en las ensambladuras, deformaciones (abovedamientos o torcimientos), levantamientos de parquet, etc., las partes de obras en otros materiales unidos a estas piezas o que le son contiguas pueden sufrir estas deformaciones.
- b) el segundo desorden, es el riesgo de putrefacción, algunas veces asociado a la invasión de auténticas plagas de insectos, siendo suficiente para ello que la humedad de la madera supere permanentemente el 22%.

III.1.8. Incidencias de las modificaciones aportadas en las labores de restauración.

Toda modificación en los materiales o combinación de materias en contacto, o en su modo de ensambladura o de unión pueden ser el origen de desórdenes; por ejemplo, la envoltura o el recubrimiento de madera por la mampostería o por materiales impermeables, unión o fijación rígida no permitiendo ningún juego de la

madera bajo la influencia de las variaciones estacionales inevitables de humedad, etc.

A estos riesgos, los mas frecuentes y los mas graves, es necesario adjuntar la posibilidad de levantamientos generalmente pequeños. Se trata, por ejemplo, de reacciones coloreadas provocadas en la madera de algunas especies por el contacto de algunas colas de reaccion netamente alcalina o acida, o aun del ennegrecimiento de maderas con tanino, por los vapores amoniacales emanados por algunos auxiliares nuevos del hormigon, en medio alcalino.

La corrosión de los metales, en contacto con maderas húmedas (al menos 16 a 18%) puede también provocar otros resultados, independientemente de la destruccion progresiva de las piezas metalicas. Por no retener mas que este último ejemplo, se sabe que el acero es sensible a un PH=4, que es alcanzado entre otras por algunas coníferas.

Inversamente, el metal reacciona en medio húmedo, sobre la madera dando manchas; metales ferrosos en contacto con maderas con tanino (Encina, Castaño, etc.), pueden incluso atacar la celulosa, cuya oxidación es catalizada por el hidróxido de hierro: se conoce bien el ensanchamiento de los agujeros de los clavos oxidados(36), que acaban por desprenderse de su lugar.

En el ámbito físico, ocurren algunas veces desórdenes ocasionados por movimientos desiguales en las uniones de láminas a las que se ha aplicado un barnizado prematuro.

La utilización de especies nuevas o aun el empleo de productos para conservar, constituyen cambios en los materiales en contacto con ellos, por tanto es muy importante tener en cuenta las restauraciones llevadas a cabo con anterioridad, y de esta forma ser prudentes y examinar convenientemente las consecuencias producidas. Testimonios de este tipo nos llevarían a descartar una especie determinada si su uso supone al paso del tiempo un deterioro acelerado.

Para la madera de sustitución, se admitirá que hayan sido escogidas en función de su aptitud, pero el riesgo puede ser exterior a la madera, por ejemplo de mancha de materiales en contacto (yeso o cemento) por tanino o pigmentos arrastrados por humectación o condensación, así como otras causas que pueden surgir por cambios o transformaciones llevadas a cabo en el entorno.

Algunas especies dan lugar bajo la influencia del calor, a transpiraciones de gomas o resinas naturales, impidiendo el endurecimiento de los barnices o alterando los acabados. El mejor remedio consiste en fijar los componentes fluidos por un secado a alta temperatura.

III.1.9. Algunas influencias derivadas de los cambios producidos en el medio ambiente exterior.

La madera sufre un gran cambio de aspecto por oxidación bajo la acción de los rayos ultravioleta solares. El "agrisamiento" de la madera expuesta mucho tiempo a la intemperie es debido esencialmente a este fenómeno, así como al rebaje progresivo de los pigmentos solubles. Esta evolución es mucho más rápida en alta montaña, donde los ultravioleta son menos filtrados por la atmósfera. En las condiciones habituales, el cambio gana en profundidad varios centímetros por siglo.

Estas modificaciones están favorecidas por las aberturas o grietas superficiales de la madera expuesta al aire, por consiguiente alternancias repetidas de contracciones y dilataciones provocan rajaduras progresivas generalizadas.

Incluso en el interior, la luz del día es el origen de profundos cambios de apariencia, algunos colores naturales de madera se acentúan, otros al contrario se apagan. Esto dificulta la reposición con maderas nuevas. Si la reparación es realizada en madera nueva de la misma especie que las partes de la obra antigua conservadas, la pátina natural armoniza progresivamente las coloraciones. Esto es al contrario un problema delicado cuando se emplea para la

reposición, una especie nueva de color inicial parecido a las maderas tradicionales, pero que puede evolucionar contrariamente en el tiempo. Por tanto esto nos da la clave respecto de la madera que se deberá utilizar en cualquier edificio en caso de proceder a su reposición, así pues propondremos en general como línea a seguir la utilización de maderas de la misma especie a pesar de que su coloración inicial no sea exactamente igual, y no nos dejaremos llevar por una coloración más parecida a la que se pretende restaurar ya que al pasar el tiempo ésta sufriría modificaciones todavía más acentuadas.

III.2.0. Elección de especies de reemplazo. Los tratamientos preventivos y curativos.

No siempre es fácil reparar o reemplazar las obras antiguas utilizando los mismos materiales. La restauración de edificios no puede por otra parte ignorar completamente los recursos nuevos en maderas comerciales. Se han visto, a propósito de la incidencia de cambios de material en restauraciones nuevas, algunas precauciones que conviene tener en cuenta.

Las exigencias fundamentales sin embargo, son evidentemente la conservación del aspecto y la buena conservación al paso del tiempo:

1. El aspecto de una madera es difícil de describir. Para una misma especie, a través de algunas variaciones en su aspecto, de color sobretodo, la identidad de la especie reside en su estructura de vetas así como de su grano. El uno y el otro tienen una gran importancia, según el acabado, color o pátina aplicada, según sea clara u oscura. Según además de su mayor o menor visibilidad, por el lugar que ocupe.

El parentesco o similitud de estructura es algunas veces más importante en la conservación de la calidad estética, que el color natural de maderas de restauración, llamadas de todas formas a modificarse con el tiempo.

2. La duración es más fácil de dilucidar. Depende naturalmente de la naturaleza de la especie, pero es también inseparable de las condiciones del medio. Para una especie dada, se sabe que el corazón es más duradero que la albura, tanto en la putrefacción como en el ataque de insectos. No conviene sin embargo generalizar que en algunos tipos, según las mezclas y disposición de las fibras, se consigue dar igual resistencia a la albura que al duramen, esto se consigue con técnicas actuales.

No existe una relación constante entre la densidad y la duración. Maderas muy tiernas pueden ser muy duraderas, como por ejemplo el Cedro, el Tejo, etc., mientras que maderas más densas como la Haya, el Fresno o el Olmo se alteran rápidamente con la humedad. No impide ello sin embargo el que algunas maderas duras, como el corazón de roble, u otras especies tropicales tengan una gran duración natural.

El secado natural (contrariamente a lo que se ha creído), no disminuye en su duración natural. El secado artificial a temperatura suficiente, esteriliza la madera, pero no garantiza imposibilidad de ataques ulteriores.

Es preciso evocar aquí las posibilidades de impregnación por un producto antiséptico, recordando que, si la albura es casi siempre fácilmente penetrable, el corazón lo es de costumbre mucho menos, a veces nada.

Las obras exteriores están principalmente expuestas al ataque de hongos, especialmente al nivel de las ensambladuras o de las partes en recubrimiento, donde se estanca la humedad.

La aplicación en el exterior de una pintura muy impermeable acrecienta los riesgos de corrupción interna provocando la condensación en el interior de la madera.

En atmósferas interiores secas, la picadura afectará especialmente a la albura.

Es sin embargo en madera de interiores húmeda donde los riesgos son mayores. No utilizaremos en este caso más que la madera del duramen de especies más duraderas, naturalmente, o de maderas que hallan sido tratadas por una impregnación profunda. Se puede recordar en este aspecto que, en inmersión total, las maderas menos duraderas pueden comportarse bien, siempre que se utilicen procedimientos adecuados (es el caso del Álamo y del ólmo utilizados para los pilotes).

El tratamiento curativo es posible sobre las maderas sin cortar, éstas se presentarán sanas y limpias ante todo, la aplicación de productos de preservación, se realizará a la vez sobre toda la superficie y por impregnación profunda con la ayuda de agujeros taladrados en lugares poco visibles.

Por tanto no deberá descuidarse, en las regiones donde este riesgo existe, las precauciones y tratamientos contra los ataques de termitas, recordando que la creación de un micro-clima causado por ejemplo gracias a la calefacción artificial combinada con la humedad, puede crear un ambiente que permita su desarrollo en regiones donde estos insectos son raros o incluso no han sido aun reconocidos.

La experiencia del pasado muestra suficientemente que la madera puede revelarse como uno de los materiales más duraderos. Pero es preciso adaptar la especie y la calidad a las condiciones de servicio y respetar las reglas de puesta en obra, como las condiciones de higiene en la utilización de los locales.

En los trabajos de restauración, no hay que olvidar que las intervenciones implican algunas veces cambios en las combinaciones de materiales como en los procedimientos de construcción y que pueden resultar riesgos imprevistos inicialmente.

Por otra parte, un análisis a fondo del estado de construcción y de la restauración a que se va a proceder, los cambios surgidos a causa del acondicionamiento de los locales, pueden tener consecuencias que deben ser cuidadosamente estudiadas.

III.2.1. Grados de Conservación.

La preservación de monumentos históricos es necesaria porque son recursos de una cultura y de una civilización. Es esencial para el conservador poder descubrir la significación: conocer la función del monumento y las técnicas de su construcción.

Esto es porque, es importante preservar todos los elementos contenidos en la estructura, la comprendamos o no. Una simple regla ha de prevalecer en la reparación de construcciones en madera: el reemplazamiento de un elemento se hará únicamente si es absolutamente indispensable y se realizará utilizando el mismo procedimiento y con el mismo elemento (de igual naturaleza).

El conservador de las construcciones en madera debe por una parte, considerar el monumento como una entidad estructural, y, por otra parte, evitar adjuntar elementos nuevos.

La conservación de la madera en tanto que material orgánico posee un problema particular, ya que puede ser presa para hongos e insectos, vulnerable a la humedad, la madera es amenazada además de desintegración si no es conservada en un medio adecuado.

Para aplicar cualquier método de conservación, previamente se examinara el objeto antes de cualquier

intervención en el mismo. El examen detallado no debe prescindir de la documentación histórica o arqueológica.

Antes de la fase de evaluación, deben ser tomados en consideración los valores culturales (documentales, históricos, arqueológicos, arquitectónicos...), los valores funcionales (económicos, sociales, políticos), y los valores emocionales o estéticos (belleza, identidad, continuidad).

En la conservación de construcciones históricas, nuestra responsabilidad, que es grande, reside en la elección de preservar o de destruir el bien cultural, porque la "solución intermedia" no existe(37).

Podemos considerar siete grados de conservación: prevención, preservación, consolidación, restauración, reproducción, reconstrucción, re-evaluación.

La prevención consiste en proteger el bien cultural de su alrededor y tomar medidas de protección. La preservación se fundamenta en controlar regularmente el objeto para impedir toda destrucción. La consolidación es la aplicación de soportes suplementarios al bien cultural para asegurar su duración o su integridad estructural. La restauración consiste en hacer revivir el concepto original del objeto, respetando el material inicial, la estructura arqueológica o el carácter auténtico. La reproducción de un bien cultural, que está dañado y debe ser

conservado en un medio más apropiado, es algunas veces necesaria, cuando es preciso mantener la unidad de un sitio o de un monumento. La reconstrucción debe reposar sobre una documentación histórica. Sin embargo, el desplazamiento de monumentos enteros, otra forma de reconstrucción, no puede ser justificada más que por el interés nacional. La re-evaluación consiste en poner en valor el monumento histórico utilizándolo. (38)

Sin embargo, en la práctica, las intervenciones de transformación significan algunas veces la pérdida del valor del bien cultural, que no está justificado más que por el motivo de preservar los bienes para el porvenir.

Los restauradores en arquitectura y los artesanos, en su papel respectivo, no deben olvidar que el objetivo de la conservación es preservar al máximo los materiales existentes. Es función del restaurador guiar al artesano en la búsqueda de valores históricos.

III.2.2. Factores que intervienen en la humedad circundante.

La humedad h de la superficie de evaporación aumenta:

- 1.- Con el espesor de la mampostería.
- 2.- Con la porosidad del material-bloques y mortero de la mampostería.
- 3.- Con el número de capilares creciente.

Bien entendido un papel decisivo está en las características que presenta del suelo de cimentación: el género, la estratificación y sobre todo la permeabilidad y los depósitos en agua de diferentes lechos.

Las condiciones de evaporación que cambian de una forma más o menos permanente dependen de la variación de las condiciones climáticas locales: en primer lugar de la temperatura de irradiación del calor solar, de la humedad del aire, de la intensidad del viento, del chubasco, así como de una eventual proximidad de árboles o plantas.

Según el cambio de las condiciones de evaporación sobre las dos superficies del muro y el aporte de agua en el suelo, el nivel de la humedad sube o baja.

En los edificios con calefacción la migración de la humedad desde el suelo hasta la cimentación se modifica según la variación de las condiciones de evaporación sobre la estructura interna y según el vapor de agua.

III.2.3. Causas de la humedad de condensación.

Debiéramos, ante todo, hacernos estas preguntas: ¿La condensación ha existido siempre?; ¿Porqué en el presente produce estragos tan considerables en las obras de arte?.

La condensación del vapor de agua se opera alrededor de los cuerpos condensantes y, si este vapor se encuentra en el aire libre, los elementos condensantes son abastecidos por partículas atmosféricas. En otras etapas históricas, estas partículas microscópicas no contenían sustancias químicas nocivas; hoy, al contrario, están formadas por pequeños granos que contienen anhídrido sulfuroso y otras sustancias químicas, que atacan pinturas al fresco y mármoles, y que condensándose sobre la superficie de la madera, dan lugar al proceso químico que, en poco tiempo, desencola o corroe las obras de arte.

Se puede afirmar pues, que la condensación actual es de otra naturaleza química que la del tiempo pasado.

En su teoría física el fenómeno de la condensación es tratado en una larga literatura científica. Es importante destacar que las causas que la producen son: la diferencia de temperatura entre la de un lecho de aire (interna) y la superficial de

esta misma pared (externa) en función bien entendida de la humedad relativa del aire y de las características físicas de la superficie de la pared; sea la diferencia entre la tensión parcial del vapor de agua en el aire de la pieza y la del vapor de agua sobre la superficie de la pared. Por tanto habrá de tenerse muy en cuenta la necesidad de una continua evacuación del aire a fin de que no se aumenten las diferencias de temperatura entre interior y exterior.

III.2.4. Medidas a tomar en la lucha contra la humedad del suelo remontada por capilaridad.

Según los datos locales (suelo de cimentación, mampostería, aire circundante), podemos adoptar diferentes medidas:

- 1.- Levantamiento del lecho arcilloso acuífero y conducción del agua al lecho arenoso subyacente (nivel de la masa subterránea bien por debajo de la fundación).
- 2.- Realización de un lecho estanco antes de llegar a la mampostería o sobre ésta cuando se encuentra en el suelo para disminuir la cantidad de agua que penetra en la mampostería: se

adjuntará allí un lecho de arena gruesa y una cañería de drenaje.

3.- Disminución de las superficies de derrame alrededor del edificio por la confección de un revestimiento de asfalto, de una placa en hormigón, de un empedrado, etc.

4.- Descenso de la zona de evaporación por medio de pozos abiertos en alto (con reja de limpiadura) o bien por medio de canales ventilados artificialmente.

5.- En el caso de arena gruesa o de piedras de construcción de fuerte absorción de agua, la absorción puede ser impedida por la colocación de un lecho estanque.

a) Corte punto por punto con apropiada tecnología de la piedra tierna sobre toda largura del muro, colocación de un lecho estanque y relleno completo de los vacíos.

b) Inyección de una sustancia consolidante: masa de cemento, agentes químicos hinchantes o expansivos, entre los que cabe destacar las resinas sintéticas. En el momento de la utilización de estos métodos, será necesario generalmente repetir las inyecciones una o dos veces a través de

los agujeros recientemente taladrados, esto para crear una barrera estanco en el muro. Los agentes hinchantes y expansivos son para utilizar con gran prudencia porque no es posible obtener en la práctica una dosificación totalmente exacta. Si no se procede así la aparición de fisuras no está excluida.

Los trabajos de consolidación no serán coronados de éxito más que si su ejecución es esmerada, completamente consecuente y es confiada a especialistas experimentados. Los handicap sobrevienen ante todo cuando personas ávidas de ganancia, sin escrúpulos e ignorantes quieren hacer sus negocios en este dominio.

III.2.5. Conocimiento de los métodos tradicionales de construcción.

La restauración de edificios antiguos de madera, supone un conocimiento del oficio, las construcciones antiguas habrán de ser respetadas aunque ello nos obligue a efectuar gastos cuantiosos en la utilización de madera de esas características, además habrá que

preparar un personal especializado en esas técnicas de construcción antiguas.

El ejemplo de Finlandia debe ser un punto de referencia para el resto de las naciones a fin de alcanzar una mejor conservación del Patrimonio.

La formación de los carpinteros en restauración corresponde a la formación gratuita de obreros parados. Existen así más de 40 centros de formación artesanal en Finlandia. El primer curso de formación se ha abierto en Kauhajoki en 1977 con la restauración del cortijo Hämes-Havunen, último ejemplo de cortijo finlandés a dos aguas.

En la situación actual de centros de formación profesional que se unen particularmente a la práctica, se van a dar cursos de teoría. Es así que se ha creado un grupo de trabajo, por el Ministerio de la enseñanza artesanal, que está compuesto de profesores de centros de formación, de maestros carpinteros y de obreros. Es interesante constatar que este programa de formación para la restauración sea comenzado con los carpinteros, es decir con personas que eran antes capaces de hacer todo el trabajo sin arquitecto ni constructor especializado, lo que supone unos conocimientos y un nivel que aseguran unos buenos resultados.

III.2.6. Rehabilitación de edificios mediante tableros de fibras de madera.

Las propiedades de los tableros duros de fibras de madera nos ofrecen grandes ventajas en el campo de la rehabilitación estructural.

A finales del siglo XIX se hicieron las primeras experiencias con los tableros duros de fibras de madera y hasta la actualidad han sufrido una profunda evolución, debido a la utilización de materias primas diferentes, al mejoramiento de las técnicas de fabricación y a la aplicación de una serie de transformaciones por tratamiento en masa o superficie, que han llegado a hacer del tablero duro de fibras de madera un material muy empleado en la actualidad.

Son derivados de la madera, por lo que la selección de las especies empleadas, determina, directamente las propiedades físicas de los tableros. En la mayoría de los países productores, la materia prima más empleada es madera de coníferas, aunque también se puede usar madera de frondosas. Actualmente, se tiende a emplear mucho la madera de eucalipto, esta madera es de crecimiento rápido, aunque el abuso de plantaciones de esta especie conlleva una progresiva esterilización del suelo.

Se necesitan para su fabricación instalaciones que requieren una gran inversión para obtener

calidades óptimas a precios aceptables, dado que su proceso de producción es bastante sofisticado. Se parte en principio de la madera natural, tanto de ramas como de rollizos. La madera, en un primer paso, se corta en trozos pequeños (astillas), los cuales se transforman en fibras. Las fibras entran en una máquina de formación continua, obteniéndose a su salida unas «mantas» que se cortan a la medida adecuada para alimentar la prensa. En ella, se somete a las «mantas» a alta presión y temperatura durante un tiempo variable (6 a 10 minutos), seguidamente los tableros ya obtenidos pasan a unas cámaras donde se les da un tratamiento térmico (somete al tablero durante tres horas a alta temperatura) y finalmente a otras para su climatización.

Conviene resaltar que en el proceso de fabricación no se emplean colas para la fabricación del tablero, siendo el material aglomerante de las fibras la propia lignina de la madera.

Variedades.

En España los tableros duros de fibras aparecen con distintos acabados:

PAPELES IMPREGNADOS

El papel de distintos granajes se impregna con cola, mas tarde mediante presión y temperatura se adhiere al tablero, mantienen distintos colores e imitaciones.

PINTADOS

Estos tableros se someten a un proceso de pintado industrial, aparecen con distintos acabados, como por ejemplo lacas, que secan al horno, lo que les otorga un acabado resistente y duradero. Se presentan en imitaciones madera y colores planos.

CHAPA DE MADERA

Se encuentran, normalmente con colas de urea-formol, reciben un acabado de barniz y son chapados en madera fina.

Dadas las características de estos materiales presentan ventajas: mínimos residuos, calidad en los acabados, fácil y rápida manipulación, amplias curvaturas. Son muy utilizados en viviendas para revestir paramentos normalmente mediante encolado con colas de contacto, preferentemente en locales comerciales, armarios empotrados, oficinas, etc.

Para aumentar el aislamiento acústico o térmico de la pared o si esta presenta defectos, se pueda

realizar un enrastrelado dejando una cámara de aire, entre las uniones de rastreles, permitiendo entradas y salidas de aire en la parte inferior y superior. Estos tableros se fijan a los rastreles a partir de tornillos o colas.

También se pueden usar para renovar el pavimento, sin necesidad de levantar éste, sin obras ni escombros. Dan muy buen resultado si se dejan juntas de dilatación, no siendo recomendable su uso en dependencias donde existan focos crónicos u ocasionales de humedad.

Dan buen resultado como falsos techos, imprimiendo un carácter decorativo además de acondicionar acústicamente, evitando los ecos.

Características y normativa.

Estarán condicionadas por la materia prima que se emplee. En la mayoría de los casos los tableros duros de fibras de madera que se emplean en la construcción, son los fabricados con madera de eucalipto (que son los que aportan mayor calidad).

Los tableros duros de fibras son entre los derivados de la madera, los que tienen menor absorción superficial, por lo que son especialmente aptos para su posterior acabado con lacas y pinturas.

Además su bajo espesor y flexibilidad le permiten adoptar importantes curvaturas.

Tiene una textura homogénea en todo su espesor, lo que hace que sea un material inastillable.

Los tableros de fibras en España se han estandarizado con Normas U.N.E. que realiza el I.R.A.N.O.R. (Instituto de Racionalización y Normalización) a través de su comisión 56 «de los Montes y la Industria forestal». Comprende desde la Norma U.N.E. 56.727 a la 56.739.

III.2.7. Condiciones de deterioro: la iluminación.

Entre otras causas que inciden en el deterioro de la madera encontramos el factor luz.

Algunas maderas se decoloran por la acción de la luz, por ejemplo, la Cachá y el Nogal, otras amarillean, como el Roble, el Palisandro y el Plátano Falso, y otras se oscurecen, como la Teca. Ciertas maderas, como el Boj, el Acebo, el Arce, el Abeto, el Haya, el Abedul, el Olmo, el Pino y el Plátano Falso pueden protegerse considerablemente con la sola eliminación del componente ultravioleta.

Cualquier tipo de iluminación será siempre perjudicial para la conservación de la madera, lo

único que podemos hacer es reducir en algún grado su acción degradante según el método que se aplique.

La iluminación que puede recibir la madera puede ser de dos tipos: natural o artificial. Los modos de iluminación natural se modifican según que su proyección sea directa o indirecta.

El espectro luminoso representa una gama continua de longitudes de onda que se extienden hacia los extremos de aquella y aún más allá de los límites de la visión humana. La mayor parte de los haces luminosos están formados por una mezcla de vibraciones cuyas longitudes de onda corresponden al espectro visible y están comprendidas entre 400 y 700 milimicras.

Existen distintos tipos de iluminación artificial, cada una supone unas calidades variables de luz:

- Por incandescencia.
- Por luminiscencia.
- Por fluorescencia.

En la incandescencia son muy abundantes las radiaciones de gran amplitud de ondas amarillas y rojas como las que proporciona la luz solar.

La luminiscencia proyecta radiaciones infrarrojas, ultravioletas, que son producidas por fenómenos mecánicos, electrónicos o biológicos. Los rayos ultravioletas como hemos mencionado son de los más perjudiciales, aunque existen métodos para reducirlos.

La fluorescencia es un tipo de iluminación difusa, no dirigida; es la más semejante a la luz natural.

Existen materiales cuya respuesta a la luz es mucho más intensa que la de la madera, los cambios de coloración de ésta no llaman tanto la atención, no obstante cuando la pieza a estudiar posee un mensaje estético o etnográfico, el color de la misma posee gran valor, además influirá la luz proyectada, el que sea natural, artificial, etc., así como el enfoque de la misma.

III.2.8. Preparación de los edificios en que se alberga.

De forma simplificada podemos establecer en un somero análisis los problemas relacionados con la estructura de los edificios, es decir, el aislamiento, la forma de éstos para reducir la absorción del calor, orientación y los gastos de acondicionamiento de aire. Tanto si hay aire acondicionado como en caso contrario deben emplearse dobles ventanas con persianas y cortinas interiores y aislarse las paredes, y en especial los techos, cuando las circunstancias que se presenten lo requieran.

Es importante tener en cuenta que a igualdad de superficie, una estructura compacta sin alas ni patio y con salas interiores artificialmente iluminadas, satisface tanto los requerimientos de la economía del acondicionamiento del aire como los de la conservación de material que aparece.

III.2.9. Ausencia de aire acondicionado.

Puede ser necesario presentar la mayor parte de los objetos en vitrinas y marcos con cristales donde les afectarán menos las condiciones atmosféricas adversas.

La aparición de mohos cuando no existe aire acondicionado puede combatirse con una adecuada ventilación, una inspección regular y la aplicación de fungicidas. El moho es más fácil de combatir en los objetos expuestos al público que en los almacenados. Para la comodidad en interiores es indispensable una buena circulación del aire, y los objetos expuestos fuera de las vitrinas recibirán, por lo tanto, una ventilación suficiente. Manteniendo una vigilancia adecuada, las vitrinas pueden proveerse de un desecante como el gel de sílice. En primer lugar, los objetos no deben colocarse tan juntos que se entorpezca la ventilación y en particular no deben

estar apretados unos contra otros. Deben emplearse estantes y bastidores que permitan circular el aire. La instalación de iluminación artificial favorecerá un examen más detenido de la materia, estas inspecciones condicionarán la preservación y protección con fungicidas y otras medidas a tomar.

La madera y otras materias celulósicas de origen vegetal pueden ensuciarse y mancharse con partículas sólidas de carbón, alquitrán y otros contaminantes.

Si es posible instalar un sistema de filtración del aire se puede eliminar gran parte de los contaminantes. Por lo común, los sistemas usuales de filtración física no eliminan por completo las partículas finas y dejan en el aire cierta proporción de partículas residuales de tamaño no superior a unas 5 micras. Los gases sulfúreos pueden suprimirse casi totalmente lavando el aire, sobre todo si se emplea agua ligeramente alcalina. Por lo regular, esto sólo puede hacerse si el sistema de acondicionamiento de aire posee refrigeración. La reducción del contenido de gases sulfúreos a 30 microgramos/m³ la podemos considerar suficiente.

III.3.0. Posibles focos de humedad interior.

La madera puede encontrarse expuesta a la intemperie o protegida en interiores. Conviene tener claro que la primera medida de auxilio puede ser la protección, sea mediante cualquier tipo de pantalla natural o de abrigo artificial, sea mediante su traslado a un lugar más seguro. Este principio es fundamental para todos los interesados en las actividades de preservación.

Cualquiera que sea la situación de esta materia, deberá aislarse de la humedad. Los cimientos circundantes revisten particular importancia y debe procurarse consolidarlos y protegerlos lo mejor posible contra las infiltraciones de agua, puesto que es el principal agente deteriorante. Las plantas inferiores proliferan sobre la madera, por acumularse el polvo procedente del viento sobre la misma, aunque mueren durante las sequías vuelven a crecer formando el humus sobre el que se desarrollan las plantas superiores. Los animales se alimentan de las plantas y de este modo el propio hombre puede causar destrucciones por dejar irreflexivamente propagarse la vegetación. El factor común a todas estas causas de deterioración es, sin embargo, la presencia y la acción del agua, por tanto cuidaremos mucho que no exista una presencia crónica de humedad.

Se estudiará la configuración del terreno, la geología de las capas profundas y la línea de desagüe y se comprobará si las aguas de inundación pueden abandonar fácilmente la estructura de un edificio fabricado con madera.

Un suelo de madera que presenta indicios de humedad habrá de ser levantado y reparar los cimientos. Si la base es débil y parece probable un hundimiento, debe apisonarse el terreno con grava y aplicarse hormigón antes de sustituir las piezas deterioradas. No es conveniente hacer la reparación con mortero de arcilla porque cuando vuelvan las lluvias, este tipo de cemento cederá y volverán a aparecer pronto nuevas manchas de humedad en el pavimento.

Existe una amplia gama de materiales sintéticos que impermeabilizan tanto paramentos como suelos y techos y que embutidos o superpuestos nos garantizan una total defensa contra la humedad en interiores (39).

III.3.1. Relación madera-mortero.

El mortero debe ser impermeable y deberá estar en buenas condiciones. Éste puede mejorarse por cementación pero sin olvidar que el mortero no debe

estar en contacto directo con la madera, no podemos sin embargo mantener el mortero indefinidamente, si éste se desmorona habrá que sustituirlo.

Si construimos un muro grueso para sostener un terreno más alto, el desagüe de éste puede exponer la cara interna del muro a mayor humedad que la externa, en cuyo caso deben tomarse algunas medidas, por ejemplo, la apertura de canales de desagüe o la colocación de ladrillos de ventilación, para impedir la acumulación de agua detrás del muro.

Esto tiene verdadera importancia cuando el suelo contiene muchas sales solubles, pues si no se toma esa precaución, el muro llegará a cubrirse de abundantes eflorescencias salinas que influirán sobre el estado de conservación de la madera así como el de otros materiales en contacto con ella.

III.3.2. LA MADERA COMO SOPORTE PICTÓRICO.

III.3.3. El aire circundante.

Se ha comprobado que la madera comienza a encogerse cuando su humedad cae por debajo del punto de saturación (humedad de 25 a 30%). Por debajo de este último, la madera, material higroscópico, pierde o toma de la humedad según las variaciones de la humedad atmosférica y, en consecuencia, sufre fenómenos de reducción o de hinchazón según las condiciones del aire circundante.

Podemos mencionar algunas indicaciones respecto a las características y el control del aire, así como su influencia sobre las obras artísticas sobre tabla. A lo largo de este trabajo, también haremos referencia a como se debe de conservar la madera en interiores, así como los problemas ocasionados por estos microclimas.

Las dos características principales del aire, son, por una parte, la temperatura, por otra parte, la humedad relativa o estado higrométrico.

Temperatura.

La temperatura varia según distintos límites que por supuesto intervienen en la madera.

Esta ofrece toda una gama de coeficientes de dilatación térmica, pero estas variaciones son despreciables mirando efectos de dilatación y de contracción que arrastran los cambios higrométricos. El hielo podría producir efectos nocivos, en particular sobre una madera de fuerte contenido de humedad. Este aspecto no obstante se estudia con más profundidad en el capítulo de Agentes Abióticos.

Humedad relativa.

La segunda característica, la humedad relativa o estado higrométrico del aire, tiene una influencia mucho más importante sobre el comportamiento de la madera.

En el sentido más amplio la humedad representa la cantidad de vapor de agua contenida en el aire. Puede estar caracterizada por el nº de gramos de vapor de agua contenidos en 1 m³ de aire húmedo. Esto es lo que se llama la humedad absoluta.

No obstante la sensación fisiológica de sequedad o de humedad comunicada por el aire no está en relación directa con esta humedad absoluta, sino con el hecho de que este aire está más o menos alejado del estado de la saturación. Esta sensación puede ser traducida por el estado higrométrico (o humedad

relativa del aire) que es igual al producto del peso del vapor de agua contenido en un cierto volumen de aire, por el peso máximo que este aire podría contener a la misma temperatura. En la práctica, este producto se multiplica por 100 y se expresa en porcentaje (tanto por 100).

Este factor interviene constantemente en los problemas que poseen algunos objetos expuestos en los museos.

Las cifras mencionadas en el cuadro siguiente dan las cantidades de vapor de agua, en gramos, contenidos en 1 m³ de aire húmedo completamente saturado (H. R. = humedad relativa, 100%) a diversas temperaturas:

Temperatura (en °C)

Agua (en gr/m³)

10.....	9,4
20.....	17,3
30.....	30,4
40.....	51,1
50.....	82,9
60.....	130,1
70.....	198
80.....	293
90.....	423
100.....	597

Si, por ejemplo, el aire a 30°C, en un lugar dado, contiene 15,2 g de agua por metro cúbico de aire húmedo, la humedad relativa es de 50%. El cuadro muestra que la cantidad de humedad que puede ser mantenida en el aire está en relación con la temperatura de este aire.

Si por consiguiente hay 15,2 g por metro cúbico de aire a 30°C, una disminución de esta temperatura

(15°C por ejemplo) conducirá la humedad relativa a 100%.

El higrómetro es uno de los instrumentos de los que nos servimos para medir la humedad.

Las salas utilizadas para almacenar la madera tanto en los museos como en otras dependencias, no pasarán de una temperatura comprendida entre 25 y 30°C.

III.3.4. La atmósfera de los museos.

Los museos donde es posible de mantener una humedad relativa constante de la atmósfera, han podido superar una de las principales dificultades del grave problema que representan, los cuidados que merecen este género de obras de arte. Un control mecánico de las condiciones atmosféricas, favorecerá considerablemente el mantenimiento de esta materia sin cambios aparentes. Numerosas molestias encontradas en los museos en el curso de los últimos años son debidas a la calefacción central. En varios países, una calefacción razonable es necesaria durante los períodos de frío. Cuando es posible mantener la humedad del aire a un nivel constante, durante todo el año, conviene determinar este nivel. Pero, cuando se trate de una colección de materias diversas, en la que no aparecen solo maderas, esta cantidad de humedad

presenta algunos riesgos. Así algunos mohos pueden formarse a este nivel y los cloruros de sales de cobre, conocidos bajo el nombre de mal del bronce, se vuelven activos. Allá donde los meses de invierno son muy fríos, el aire húmedo interior, sobre todo cuando esté calentado, provoca peligrosas condensaciones sobre los muros, las ventanas y otras superficies sin dispositivos especiales para su control. En los numerosos museos se estima que un nivel de humedad de 50 a 55% es satisfactorio.

III.3.5. Preparación de las tablas medievales.

La madera utilizada durante los siglos XV y XVI para pintar al temple es fundamentalmente Alamo en el sur de Europa y Encina en el norte, Nogal en Francia y Abeto en Alemania, así como el Pino Silvestre en España. Se cuidaba mucho eliminar las gomas y resinas de la madera.

El tanino de algunas maderas lo eliminaban los flamencos manteniendo las tablas en agua corriente durante mucho tiempo. El empaste y barnizado de los lados y del reverso de las tablas sirvió como protección contra los agentes externos y para compensar los movimientos naturales de la madera.

La madera se lijaba, pero sin hacerlo excesivamente para que pudiera agarrar la imprimación. Las diferentes tablas se encolaban con caseína y cal.

Las tablas que han dado mejores resultados son las cortadas del tronco en sentido radial, puesto que en éstas las contracciones y dilataciones con estos cortes son más homogéneas y mueven poco. Las tablas que se cortan en sentido tangencial se contraen más hacia la cara más alejada del centro del tronco, y tienden a curvarse. Como se ha representado en los gráficos, algunos remedios que se utilizaban consistían en colocar las tablas con las caras alternadas. La preparación de las tablas se realizaba con diferentes tipos de hachas, ya que la sierra no se utilizaría hasta el siglo XVII.

Las juntas de las tablas se realizaban en algunos casos con espigas de madera; la aplicación de doble cola de milano en la madera la encontramos muy raramente. Otras veces la unión se preparaba con un cajeado de diferentes tipos. Los travesaños se fijaban por el envés con espigas de madera (sobre todo en el norte), o bien con clavos, con la cabeza en la parte destinada a recibir la pintura. Para que la cabeza de los clavos no causase ningún daño por herrumbre u otra causa, se aislaban de la capa de preparación con una capa de cera, o con cuñas de madera. La punta de los

clavos podía remacharse en los travesaños. En España son típicos los travesaños cruzados oblicuamente.

Las uniones entre las tablas se cubrían con tiras de lino, o bien toda la superficie con tela de lino; sobre la cola de primera capa (una vez seca) se daba una capa de yeso y cola; y pasados unos días, se alisaba y limpiaba; más tarde se daba con el pincel hasta ocho capas de sulfato cálcico cada vez más fino, y cola; y después, cuando la tabla, que se había dejado al aire y a la sombra, estaba bien seca, se rascaba la superficie y se pulía hasta hacerla lisa y compacta; más tarde se fue simplificando dicho procedimiento.

III.3.6. Tratamientos aplicados a soportes pictóricos de madera.

Los métodos de tratamiento, en la mayor parte de los casos, apuntan a corregir muchos defectos de un soporte. Por otra parte, ninguno de estos métodos tiene el privilegio de eliminar el conjunto de los defectos y no se puede decir de ninguno de ellos, a priori, que es el ideal. Los factores son muy numerosos para que se pueda emitir fácilmente la eficacia de uno en concreto. Las circunstancias, los materiales, el estado de la obra, las medidas

adoptadas, y el momento donde han sido aplicados, pueden tener, en cada caso particular, una influencia directa e importante sobre el resultado, por lo que no existen reglas fijas.

Estudio del estado del soporte.

Los métodos propios para determinar el estado del soporte infieren a uno de los numerosos dominios de estudio, bastante mal delimitados por otra parte, que interesan para la conservación de los objetos de madera.

Examinar un soporte es ante todo una cuestión de experiencia. Se trata de poner en evidencia las medidas que pueden y deben ser tomadas. Se tendrá en cuenta de los diferentes datos del problema: historia de la obra y tratamiento que ha sufrido, local donde será colocada, tratamientos previstos, tiempo del que se dispondrá para aplicarlos, etc.

Se efectuarán sobre el soporte exámenes variados tratando sobre la calidad, el corte y la constitución de la madera, los desgastes que ha sufrido, etc., y esto utilizando los medios normales del laboratorio. Para exámenes en profundidad que permitan descubrir reparaciones anteriores o la existencia de larvas vivientes así como la existencia de metales

incrustados, se recurrirá a medios excepcionales, tales como la radiografía. La naturaleza de la madera podrá ser indentificada al microscopio, con la ayuda de pequeñas muestras extraídas del reverso del soporte.

Aislamiento.

Las vitrinas en que se presentan algunas maderas de museos, pueden contribuir de forma considerable a reducir las variaciones atmosféricas a las cuales se han sometido los paneles. Las uniones del cristal pueden realizarse en metal, o impregnando de una sustancia impermeabilizante (silicona), de esta forma se evitará la acumulación de polvo y partículas, así como de otros contaminantes contenidos en la atmósfera circundante.

Algunas precauciones hay que tomar cuando se recurre a un tratamiento de este género. Ante todo, la madera debe estar enclavada en un local de temperatura y humedad medias. Si la operación fuese efectuada en una atmósfera caliente y húmeda, podría resultar condensación, lo que, finalmente, provocaría la formación de mohos, etc. Por consiguiente, será conveniente desmontar estas vitrinas cada cierto tiempo a fin de comprobar la buena adherencia entre

las capas pictóricas así como su buen estado general. Se ha creído que era indicado dejar los paneles al aire libre. Esta forma de proceder puede ser acertada, pero en ciertas condiciones. En efecto, fuertes variaciones de humedad relativa someten la madera a tensiones inútiles. Un tablero de madera en un lugar en que existen inviernos rigurosos, manifestará levantamientos y grietas en la preparación que se transmitirán a la madera. Eso resultará también de una contracción de la madera durante el período donde la calefacción central habría reducido profundamente la humedad relativa del local.

Se han comprobado grandes mejoras en maderas que presentaban los daños mencionados, al colocarlas aisladamente con vitrinas de cristal(40).

En la actualidad se está comprobando e insistiendo en la gran eficacia que suponen la utilización de vitrinas con una humedad relativa estable, gracias a la acción de diversas sales, puestas sobre platillos, en el interior. Las sales han sido escogidas en razón de sus propiedades de absorber o de liberar la humedad. Dos de las sales utilizadas son los hepta- y hexa-hidratos de sulfato de zinc, equilibrados en una atmósfera de una humedad relativa de 55% y una temperatura de 15 a 16°C.

Así, si el aire en el interior de la vitrina se vuelve demasiado seco, una parte del hepta-hidrato se

disuelve, liberando humedad y formando más hexa-hidrato. Cuando la humedad del aire aumenta, una parte del hexa-hidrato absorbe la humedad en exceso y forma más hepta-hidrato.

Desinfección.

Algunas de las materias tóxicas aplicadas por inmersión o fumigación, destruyen igualmente los hongos y las larvas de insectos. La gamma-hexacloruro-ciclo-hexano y la cloronaptaleno son muy eficaces. Un producto empleado de antiguo es el sulfuro de carbono; pero en el estado de gas, es susceptible de explotar, además de alterar enormemente la estabilidad de algunos colores (compuestos de plomo y cromo). El tetracloruro de carbono es generalmente eficaz, constituye, además, un extintor. El ácido cianhídrico es un fumigante excelente para objetos de madera infectados de anóbidos. Sin embargo sus efectos sobre la pintura son inciertos y es tóxico para los humanos. Otras materias tóxicas empleadas contra los hongos y los insectos son:

- el bicloruro de mercurio o sublimado
- el formaldehído
- el paradiclorobenzeno
- el óxido de etileno

-el tricloroetileno

-el bromuro de metilo.

Aplicar un fumigante exige experiencia y, a menudo tambien, un equipo especial. En estado fluido, es preciso evaluar cuidadosamente la accion sobre la preparaci3n, la pintura y las capas protectoras, porque la absorci3n en la madera ser3 acompa~ada de una difusi3n de gas en todas direcciones, por esto tendremos muy en cuenta el efecto que pueda producir en algunos pigmentos, la adici3n de estos productos quimicos. El medio de aplicaci3n m3s eficaz es el que se administra bajo forma de gas; pero para asegurar la penetraci3n de este 3ltimo, una combinaci3n de vacio y de presi3n es ventajosa. No se puede realizar sin una instalaci3n apropiada para estos fines, una c3mara de vacio presenta una estructura lo suficientemente estable y s3lida como para resistir a las presiones exigidas, provista adem3s de un mecanismo de evaporaci3n y de compresi3n del gas, de manera que se pueda hacer penetrar 3ste en la madera. Pueden emplearse sin peligro estas instalaciones siempre que se disponga de un personal especializado. Tambi3n existen otros m3todos para inyectar tales productos y se describen en el apartado dedicado a los tratamientos preventivos.

Se han puesto al estudio otros procedimientos de desinfecci3n consistentes en la aplicaci3n de rayos X,

de ondas ultra-cortas y de ultra-sonidos. Pero se esta aun en el estado experimental.

Barreras para la humedad.

Las pinturas sobre tabla imprimadas por los lados aseguran el equilibrio interno de la madera. Parece probable que algunos artistas, con el propósito de prolongar la duración de sus obras, hayan cubierto de imprimación la cara posterior de la tabla, aunque ésta no estaba destinada a ser vista. Numerosos cuadros de los siglos XIV y XV ilustran esta técnica. Al contrario, la aplicación de una capa en el reverso del soporte, hecho largo tiempo después de la ejecución de la obra, puede tener consecuencias deplorables para la estabilidad de la capa pictórica.

Seguramente, un revestimiento o una capa aplicada sobre una madera retardará, tanto en un sentido como en el otro, el paso de la humedad. Pero es indispensable que esta capa no sea totalmente impermeable, a fin de evitar que suponga una barrera infranqueable a todo cambio entre el panel y el medio ambiente, habremos de considerar que se trata de una materia que transpira y forzar este aspecto produciría graves perturbaciones.

Cuando son moderadamente impermeables, las barreras a la humedad no impiden a la madera alcanzar su equilibrio higroscópico en relación con la humedad relativa ambiente; tienen entonces las ventajas siguientes:

- 1.- A pesar de las variaciones higrométricas ambientes, estabilizan la curva de difusión de humedad en el espesor de la madera (curva higroscópica) por una mejor difusión de la humedad en su masa, lo que reduce el riesgo de torcimiento.
- 2.- Protegen la madera contra las variaciones diarias de la humedad del aire y retardan suficientemente las reacciones de grandes paneles, durante las variaciones estacionales de esta humedad

Las barreras a la humedad son generalmente aplicadas al reverso y sobre los bordes del panel.

Están formadas:

- 1º de productos licuados en caliente, como la cera
- 2º de soluciones, como las resinas o las ceras
- 3º de una materia sintética, como el cloruro de polivinilo
- 4º de suspensiones como la pintura de aluminio

- 52 de laminas como el polietileno, que deben ser fijadas bien sobre los bordes y la superficie.

Entre estas diversas materias, ensayos realizados(41) demuestran el orden de eficacia decreciente tal como sigue: hojas de polietileno, cloruro de polivinilo, cera licuada en caliente, pintura de aluminio, cera en disolventes. La eficacia varia según el espesor de la capa. En algunas experiencias realizadas, la hoja de polietileno era más espesa que las otras capas, ha sido probado que las capas de cloruro de polivinilo pueden ser tan eficaces como las hojas de polietileno, a condición que sus capas sean de espesor igual(42).

Un ensayo realizado utilizando una lámina fijada sobre los bordes y en el reverso de un tablero de ensayo, ha mostrado una reducción considerable de su tendencia al torcimiento. Una de estas hojas era un copolímero(43) de cloruro de vinilo y de acrílico; otra era del polietileno; para esta última, el torcimiento medio en el curso de ensayos de 30 a 85% de humedad relativa del aire, de un fragmento de alamo ha sido devuelta a 3,5 mm contra 3,7 mm para el alamo no protegido (44), lo que representa una mejora del orden de 1 a 10.

El tratamiento de impermeabilización contra la humedad si tiene la ventaja de disminuir el juego de la madera del soporte por su acción retardada, la protege igualmente contra los hongos, los microorganismos y los insectos, sea privándolos del alimento necesario para su subsistencia, sea evitando nuevas penetraciones (45).

Esta impermeabilización puede suponer resultados más adecuados que los que se producen por un regulador higrométrico.

Impregnación.

Se puede prevenir el torcimiento de la madera por aplicaciones de productos químicos.

Algunos productos, en efecto, penetran en su estructura leñosa y disminuyen su contracción. Otros productos, como el cloruro de sodio de naturaleza higroscópica, tienden a mantener en la madera un contenido en humedad más elevado, no sin reducir las variaciones de la humedad así como las variaciones subsiguientes de volumen (46). Otros productos aún están destinados a frenar la función hidrófila de la sustancia leñosa. En el tratamiento de madera sin devastar parece probable que tales aplicaciones presenten más desventajas que ventajas, en razón de la

incertidumbre de los resultados. El empleo de una sustancia higroscópica como el cloruro de sodio sería a recomendar si quedaba en la superficie del dorso del panel, que tendría entonces un contenido de humedad aumentado; desgraciadamente la experiencia prueba que la capa de sal no permanece siempre en superficie. Cuando la superficie opuesta a la que se aplica absorbe la humedad del aire, una solución de esta sal tiende a pasar a través del espesor de la madera y se puede esperar que se esparza por todas partes, de forma mas o menos uniforme. El contacto entre la sal y la pintura podría tener consecuencias dañinas. Pero tales aplicaciones no bastan para corregir las deformaciones de la madera y se puede recurrir a agentes de hinchazón, por lo que este tratamiento no supone un avance apreciable para la consecución de los fines expuestos.

Sustancias de impregnación.

Un producto de impregnación ideal debería ser inofensivo para la pintura y la preparación, tener una afinidad para la celulosa, ser susceptible de penetrar esta y de permitir por consiguiente, bajo la acción de un catalizador o de un calentamiento débil, una sustancia sólida y permanente: los monómeros

(constituidos de moléculas simples) del styrol y del metacrilato, por ejemplo, responderían a esta condición, pero no son agentes de impregnación de la madera.

Como agente de impregnación, se ha probado el monómero del styrol. El agente disolvente, volátil, por ejemplo la acetona, podría ser reemplazado por un líquido susceptible de solidificarse y no tendrá efectos inflamables si los dos líquidos se mezclan o si el agente de impregnación se evaporaba mucho más rápido que el otro.

Se ha hecho el ensayo sobre un tablero de encina ladeado enderezado con la acetona, después impregnado del monómero del styrol, y puesto en fin en una envoltura plástica hermética. Todo ha sido calentado por lámparas infrarrojas. Los resultados en este caso han sido confusos porque el monómero del styrol es bastante volátil y la envoltura plástica se ha revelado permeable.

La madera tomó más tarde su curvatura inicial, por lo que podemos deducir que estos componentes no se comportan bien en estas condiciones, el resultado habría sido posiblemente distinto, si esta impregnación se hubiera realizado con una inmersión completa o con una cámara de vacío.

Actualmente, se utilizan dos clases de materias de impregnación:

a) Las que son introducidas en estado líquido y que se solidifican sin pérdida sensible de volumen, y

b) Las que son introducidas en estado de solución y que se solidifican tras evaporación del disolvente, con una disminución considerable de volumen.

Una placa de madera ladeada exige para su enderezado más agua de la que contenía en su estado original.

Cuando una placa es enderezada con agua, el rechazo posterior a otra sustancia de impregnación es muy manifiesto, a pesar de que se empleen materias que aíslan el agua (47), tales como la cera de abeja, las ceras micro-cristalinas de parafina, etc. Estas sustancias no tienen por otra parte afinidad para la celulosa, aún menos para la celulosa cargada de agua.

La mayor parte de las materias de impregnación solubles en el agua, como los silicatos alcalinos o las resinas, urea-formol, no son muy impermeables al agua. Tienen una viscosidad relativamente elevada, exigen una gran proporción de diluyente y el residuo sólido que dejan tras evaporación es muy débil.

Los polímeros sintéticos tienen moléculas muy voluminosas para penetrar en los tejidos coloidales. El resultado máximo que se puede obtener es la

formación de una película sobre la pared de las células.

Existe una gran gama de disolventes orgánicos capaces de hinchar la madera. En el cuadro que sigue se enumeran los más utilizados habitualmente:

	Producto de dilatación	Tensión de superficie
éter Etilico.....	3,2	17,0
Nitrobenzono.....	17,7	43,9
Tolueno.....	1,6	28,9
Alcohol amylico.....	4,9	23,9
Alcohol butilico....	13,5	24,6
" propílico...	45,0	23,8
" etílico.....	83,0	22,3
" metílico....	95,0	22,6
Acetona.....	63,0	23,7
Acetato de metilo...	80,0	24,6
Acetato de etilo....	54,0	23,9
Acido acético.....	75,0	27,6
Formamida.....	123,0	58,2
Acido fórmico.....	120,0	37,6
Agua.....	100,0	72,7

Existen otros agentes de impregnación activos más lentos de ebullición sobre la madera que el agua; la piridina, la cellosolve (éter mono-metílico de etilenglicol o metilen glicol), del cual el punto de ebullición es más elevado (135°C). Estos agentes permiten el empleo de sustancias de consolidación y hacen posible el control de una cierta expansión en la madera.

III.3.7. TÉCNICAS DE CONSERVACIÓN DE LA MADERA.

La conservación de la madera consiste básicamente en transformar esta materia, en la que a menudo vegetan los hongos lignícolas y de la que se alimentan los animales xilófagos, en una sustancia antibiótica para los mismos; la utilización de productos químicos, y otros métodos biológicos pueden ser de gran utilidad aplicados de tal modo, que no perjudiquen a las características fisicomecánicas de la madera, ni produzcan efectos secundarios sobre la misma.

Resulta por tanto indispensable un conocimiento de:

1º Naturaleza íntima de la materia que se pretende conservar: composición química y estructura microscópica de la madera, la cual difiere según las distintas especies.

2º Agentes destructores de la madera (bióticos o abióticos), que dependen del lugar en que ésta se utiliza así como de su forma de empleo.

3º Tipo de antiséptico, o tratamiento que debe elegirse, de acuerdo con la clase de madera, teniendo en cuenta las probables causas de destrucción de la misma, y las condiciones futuras a que probablemente se va a someter.

Estas cuestiones resultan pues de vital importancia ya que de esta forma, teniendo en cuenta estos factores podemos prevenir, preservar y prolongar en gran medida la utilidad de esta materia tan importante y cada día más escasa.

III.3.8. Prevención de la madera.

Los ataques de los insectos xilófagos de madera, pueden ser prevenidos mediante métodos similares a los que se utilizan para prevenir el desarrollo de hongos, que como hemos descrito también alteran las condiciones de mantenimiento de esta materia. Muchas plagas de la madera se desarrollan únicamente en la madera húmeda, que es la que proporciona también el hábitat favorable a los hongos, por lo que podemos encontrar cohabitando ambas especies en la misma madera. Normalmente no sería una propuesta económica el intentar prevenir todos los ataques de los insectos. Es lógico que en ciertas circunstancias, como por ejemplo la sustitución de la madera de un edificio infectado, valga la pena impregnar la nueva madera o bien pintar su superficie con una de las muchas preparaciones de insecticidas disponibles en la actualidad, previendo un ataque específico que con cierta probabilidad volverá a repetirse.

Al colocar la madera en un edificio, procuraremos que existan medios de acceso para revisiones periódicas de la misma. Es recomendable evitar la madera con bordes con corteza ya que varias plagas de la misma muy corrientes se desarrollan en este tipo de hábitat, y es necesario normalmente inspeccionar cada cierto tiempo la madera en obra ya que de ser invadida por algunas plagas correría serio peligro de mantenimiento.

Si se trata de reparar o modificar una antigua obra, es aconsejable examinar toda la madera estructural antes de que se encierre detrás de los techos o artesonados, con el fin de que pueda llevarse a cabo cualquier tratamiento necesario mientras todavía es accesible. La madera usada con anterioridad puede dar muy buenos resultados, siempre que no contenga ataques de plagas, de hecho se tiende a utilizar en la actualidad en mucha mayor proporción para reintegrar las partes faltantes en los monumentos públicos, su razón estriba fundamentalmente en que resulta mucho más estable que otras maderas actuales respecto a los movimientos producidos por los cambios ambientales de humedad.

Para controlar las plagas que invaden la madera, habremos de tener en cuenta la dificultad que supone el que una parte de los insectos (larvas) los encontraremos protegiéndose en sus galerías que

previamente realizan en el interior de la madera. Los tratamientos en los que intervienen gas o calor, así como la aplicación de insecticidas, son los que normalmente se han puesto en práctica.

En el tratamiento con gases pueden aparecer sustancias tales como el cianuro o el bromuro de metilo. Estos gases tienen la capacidad de extenderse rápidamente y de penetrar en la madera. Cuando el ataque tiene lugar en una casa, todas las aberturas (puertas, ventanas, respiraderos etc.) deben encontrarse en ese momento totalmente cerradas incluso antes de iniciarse el tratamiento, y mantenerse así durante bastante tiempo, pues la toxicidad de los insecticidas también producirá envenenamiento en los humanos en contacto con ellos.

Como ya sabemos ningún insecto puede sobrevivir a una temperatura de 55 grados C. más de media hora, y puede utilizarse este factor para contrarrestar su ataque. A condición de que puedan resistir el calor, los pequeños objetos de madera pueden ponerse en un horno a la temperatura apropiada, en un baño de vapor (sauna) o en un horno de secado de carpintero, sin necesidad de utilizar insecticidas para la eliminación de los mismos.

Para el tratamiento de la madera encontraremos numerosos preparados insecticidas en el mercado. Es indispensable que la madera absorba la mayor cantidad

de líquido posible, y además de pulverizar se puede también inyectar el insecticida con jeringa, y podemos seguir los agujeros exteriores producidos por insectos adultos que salen de las galerías normalmente para la reproducción, es importante como digo inyectar en estos agujeros, ya que las galerías colindantes se comunicarán con el líquido inyectado y en este caso se eliminarán los insectos en ciclo larvario presentes todavía en la madera, además, de esta forma conseguiremos transmitirle a la madera la facultad de ser indigestible por cualquier organismo.

PROTECTORES.

III.3.9. HISTORIA Y PROPIEDADES DE LOS ANTISÉPTICOS.

La utilización de materias antisépticas alquitranosas se puede encontrar incluso en el Génesis (capítulo VI, vers. 14), donde se comenta que Dios ordenó a Noé construir un arca de madera y protegerla interior y exteriormente con brea. Hesíodo (poeta griego de los siglos VIII-IX, a. de C.) habla, en sus poemas, de la acción antiséptica del humo producido a partir de la combustión de la madera, aunque no conocía porqué, más tarde se comprobó que esta función se debía a los vapores de creosota contenidos en el humo.

Herodoto (482-425 años a. de J.C.), y Plinio el Viejo (23-79 años después de J.C.), nos citan que los antiguos egipcios empleaban productos bituminosos y resina de cedro para embalsamar los cadáveres y conservar sus valiosos manuscritos.

En el libro XI, Plinio el Viejo, habla, de la fabricación de sustancias oleaginosas, alquitranosas y asfálticas, apropiadas para inmunizar la madera contra los hongos e insectos. Algunas esculturas también eran tratadas, según Plinio, con aceite de nardo

introducido en orificios realizados previamente en la madera.

En la Edad Media (siglos V-XV), se usaban también asfaltos y otros productos procedentes del petróleo y además el alquitrán extraído de la madera; y en el siglo XVII, se intensificó de nuevo el uso de estas sustancias.

Durante el siglo XVIII, una de las primeras patentes para conservar la madera aparecida en los Estados Unidos, atribuida al doctor Willian Crook, en 1716, se trataba de un antiséptico, "One Part of which is the Oyle or Spirit of Tarr", que se aplicaba a la madera de las embarcaciones contra el ataque de algunos moluscos y crustáceos. Pero es en Inglaterra donde se vuelve a utilizar la perforación de la madera para introducir de esta forma el protector, aunque en este caso se opta por un solo agujero en el extremo de la pieza.

La hulla que se consigue tras la descomposición parcial de materias vegetales, realizada en el transcurso de millones de años, bajo la acción de una enorme presión y alta temperatura, supone en la actualidad un gran almacén de energía y proporciona además algunos productos muy valiosos, entre los cuales se encuentra la creosota, de gran importancia para la conservación de la madera al conferirle una mayor resistencia a los agentes destructores. En su

elección entrarán en juego factores como su tamaño, especie, humedad, etc., así como su colocación posterior.

Habrá de mantener unas características tales como:

- Poder ser introducida a cierta profundidad en la madera.
- Ser tóxica, o repulsiva para los agentes que atacan esta materia.
- Mantener su acción protectora a lo largo del tiempo.
- Aumentar la resistencia al fuego de la madera.
- No afectar las propiedades fisicomecánicas de la madera, ni de otros materiales con los que ésta vaya a estar en contacto.
- No presentar peligro de toxicidad para el hombre o animales y vegetales en contacto con la madera.
- Compatibilidad con la aplicación posterior de barnices y pinturas, así como no afectar al encolado, si alguna de estas operaciones fuesen necesarias.
- Economía en su obtención.
- No producir cambios apreciables en el olor y color de la madera.

Para que un protector de madera pueda ser comercializado, previamente estará inscrito en el Registro Oficial Central de Productos y Material Fitosanitario del Servicio de Defensa contra Plagas e Inspección Fitopatológica del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, realizándose los estudios de eficacia en el Departamento de Maderas del Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias, con distintas utilidades:

I. Protección temporal de la madera recién apeada: Explotaciones Forestales.

II. Protección temporal de la madera recién aserrada.

II.a Maderas de usos generales sin contacto con alimentos.

II.b Maderas para envases de frutas y verduras.

III. Protección de postes y cercas.

IV. Protección de traviesas.

V. Protección preventiva de la madera de construcción.

VI. Protección curativa de la madera de construcción.

VII. Protección de la madera en columnas de refrigeración industrial.

- VIII. Protección de la madera puesta en obra contra el azulado.
- IX. Protección hidrófuga.
- X. Protección repelente al agua.
- XI. Protección ignífuga.
- XII. Protección específica de tableros (tableros contrachapados, de fibras, de fibras de densidad media y de partículas).
- XIII. Protección decorativa.

III.4.0. Protectores Orgánicos.

En sus formulaciones aparecen materias activas, generalmente productos de síntesis, un solvente, que constituye el vehículo de las anteriores y suele ser una fracción de la destilación del petróleo, y coadyuvantes para reforzar la unión de las materias activas a la madera.

Las materias activas que entran en la formulación de este tipo de protectores suelen encontrarse entre las más eficaces y estables que ofrece la química moderna.

Los solventes se seleccionan en función de su penetración y profundidad en la madera, su capacidad como solventes de los principios activos y su

volatilidad que no deberá ser muy rápida, ya que podría arrastrar las materias activas al exterior.

Los protectores orgánicos deben aplicarse siempre a madera seca, en la que penetran profundamente sin producir hinchamientos, no corroen los metales, ni alteran los plásticos.

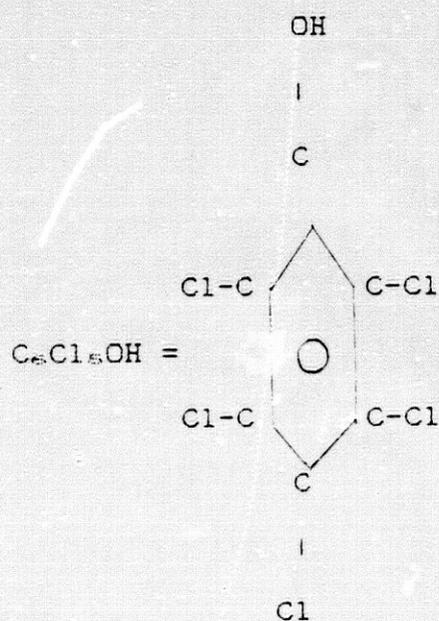
Los protectores decorativos forman parte de este grupo que, además de las materias activas y coadyuvantes, contienen resinas sintéticas y pigmentos que permiten proteger la madera de la fotodegradación y conseguir otras coloraciones. Al no formar una película continua, al contrario de los barnices y pinturas, permiten el intercambio gaseoso entre la atmósfera y el tejido leñoso, lo que los hace muy aconsejables en maderas de exteriores.

Tanto el pentaclorofenol como el naftenato de cobre son antisépticos potentes pertenecientes al tipo de disolvente orgánico, que comenzaron usándose en Norteamérica, para reforzar el poder fungicida de las soluciones de creosota en petróleo. En La Península, ambos antisépticos son susceptibles de usarse para reforzar el poder fungicida de los aceites minerales y de las mezclas de éstos, con creosota de hulla. También se ha usado en nuestro país el pentaclorofenol disuelto en metanol o en fuel-oil como un buen antiséptico contra la madera de sustentación arquitectónica.

Pentaclorofenol.

Fue descubierto en 1841, a pesar de lo cual no se comienza a utilizar como preservador hasta 1936, en que una compañía americana, la "Monsanto Chemical Company", empezó a fabricar pentaclorofenol en escala comercial, y pasa a ser un antiséptico industrial importante.

El pentaclorofenol, químicamente puro, es un cuerpo incoloro, que tiene la fórmula:



Químicamente, consta de un fenol, que ha sido clorado del modo más completo posible, sin destruir el anillo del centro; todos los átomos de hidrógeno del anillo de fenol han sido reemplazados por cloro.

Como conservador de la madera tiene una valiosa función, ya que posee gran poder fungicida, alto grado de permanencia en la misma y no es muy volátil.

Métodos de utilización.

El pentaclorofenol se puede usar de varias formas: como producto preservador (con todas las ventajas de los antisépticos de tipo de disolvente orgánico) y como agente para reforzar el poder fungicida de algunos antisépticos de tipo oleaginoso o sus mezclas.

Normalmente se utilizan soluciones de concentración del 5 % aproximadamente, y se recomienda, como retención neta mínima, 8 kg/m³ (producto sólido). Puede inyectarse en la madera por los procedimientos a presión y de no presión, es decir, en inmersión breve, baño caliente y frío, impregnación, etc.

Tras el tratamiento, la madera despide un ligero olor, que desaparecerá al poco tiempo, al contrario que con los fenoles menos clorados. Otra ventaja de este antiséptico es, que no produce deformaciones en el volumen de la madera.

El pentaclorofenol no colorea la madera y si el disolvente tampoco tinte, ésta conserva su aspecto

normal, y puede pintarse, inmediatamente después de que se evapore el disolvente, como si no se hubiese actuado sobre ella.

Precauciones en su uso.

Esta compuesto básicamente por: benceno, cloro, ácido sulfúrico y sosa cáustica, y su proceso de fabricación es relativamente sencillo, por lo cual, en Norteamérica, suele hacerse en las mismas fábricas en que se produce paradiclorobenzol, DDT y otros insecticidas y desinfectantes.

En el proceso de fabricación habrá de tenerse muy en cuenta que el producto en polvo no entre en contacto con la piel ni con las mucosas de los ojos, nariz y pecho y no conviene por tanto respirar el ambiente en que se fabrica o se utiliza, todo lo cual demuestra que su fabricación debe ser destinada a especialistas en la materia que protegen adecuadamente esta etapa de elaboración ya que, repito, mantiene peligros si persiste en el ambiente una persona más de cinco o diez minutos.

Otros antisépticos en los que interviene el
Pentaclorofenol.

Dowicide 7..... The Dow Chemical Co., Midland,
Michigan.

Permasan 60....Monsanto Chemical Co., St. Louis, Mo.

Santophen 20.... " " " "

Penta (Permatox A).. Chapman Chemical Co., Chicago,
Illinois.

Timbertox..... Wood Treating Chemical Co., St.
Louis Mo

Naftenato de cobre.

Su descubrimiento data de 1889, año en que se descubren sus propiedades como preservador de la madera, el naftenato de cinc también mantiene buenas propiedades como protector.

En 1909 se usan los naftenatos de cobre y zinc disolviéndolos con gasolina.

Los disolventes derivados del petróleo que se usan para el pentaclorofenol son válidos también para el naftenato de cobre.

La solución de naftenato de cobre puede ser aplicada por los procedimientos ordinarios, a presión, o por el método del baño caliente y frío, sucesivamente.

Las primeras materias para la obtención del naftenato de cobre son los ácidos nafténicos y el cobre, pero como en el caso del pentaclorofenol su preparación debe ser destinada a empresas dedicadas a estas tareas, y cualificadas en esta rama de los insecticidas.

El tratamiento de la madera por vapor de agua a presión y vacío es adecuado para toda clase de antisépticos (de disolvente acuoso y de tipo oleaginoso). Previa aplicación del protector la madera será secada en el autoclave esterilizándola.

El duramen de la madera no es penetrado por el antiséptico, lo que nos obligará a esterilizarlo por la acción del calor hasta una temperatura a la que muera el micelio de cualquier hongo que pueda aparecer allí, esta temperatura se adquiere normalmente si se realiza mediante el autoclave de inyección.

III.4.1. Protectores Hidrosolubles.

Son mezclas de sales, de las que algunas tienen propiedades biocidas y otras la misión de asegurar la buena fijación de las primeras a la madera, de forma que impidan su desprendimiento por deslavado, llevan incorporados componentes secundarios contra la corrosión u otros agentes. En todos ellos se emplea como solvente el agua, pudiendo ser las reacciones de fijación e insolubilización, una vez en el interior de la madera, más o menos rápidas. Suelen ser compuestos generalmente de:

Cobre-cromo-arsénico, cobre-cromo-boro y flúor-cromo-arsénico, esto les permite además de una buena fijación en el tejido leñoso por la constante presencia de cromo, ser muy eficaces contra insectos y hongos.

Estos protectores son empleados generalmente en el tratamiento de estructuras, pilares, traviesas, etc.; son muy económicos, debido a que las sales que entran en su composición suelen ser baratas y a que se utiliza como solvente agua. No suelen tener olor desagradable, además de no aumentar la inflamabilidad de la madera, sino que, por el contrario, la disminuyen. Su mayor inconveniente, derivado de su economía, radica en el solvente (agua) que produce

dilataciones en la madera, y que de no someterla a un rápido secado podría presentar deformaciones debidas a este inconveniente.

III.4.2. Creosotas.

Proviene de la destilación de la hulla, producen en la madera una protección de muy buena calidad, ya que tienen una acción fungicida e insecticida importante, propiedades hidrófugas notables y no son corrosivas para los metales.

Sus mayores inconvenientes son su color negro que al aplicarlo a la madera le confiere un oscurecimiento gris verdoso, así como su fuerte olor, su incompatibilidad para encolados y acabados posteriores, y su tendencia a dejar la superficie de la madera grasienta. Todo ello origina un uso restringido en exteriores sin excesivo contacto humano, por ejemplo en traviesas, postes, estacas y similares. Las piezas, antes del tratamiento se encontrarán secas, pues de lo contrario, además de alcanzarse penetraciones y absorciones inadecuadas, imposibilitarán un posterior secado.

Obtención y aplicación de la creosota del alquitrán de hulla.

A fines del siglo XVI se preparaba el coque, por carbonización de la hulla, esto se hacía en pilas cubiertas con tierra húmeda, paja u hojas, para evitar

la penetración del aire. Este procedimiento se utilizó especialmente para la eliminación del azufre contenido en el carbón (desulfuración). Se empleó primero en Alemania durante 1.584, y más tarde en Inglaterra, a lo largo del 1.600.

Paulatinamente fue arraigando la industria de la fabricación del coque: esto se produjo durante el siglo XVIII, y se perfeccionó el primitivo procedimiento de obtención, hasta que, al fin, las antiguas pilas de hulla se fueron cubriendo de mampostería, formándose así los primeros hornos.

Hacia mediados del siglo XIX se intensificó en Europa la industria de los productos obtenidos por calentamiento de la hulla, cobrando importancia la del alquitrán y la del amoníaco.

El inglés John Bethell patentó un procedimiento (Brit. Pat. 7731, July II, 1838) para aumentar la duración de la madera, del corcho y de otras materias, mediante su impregnación en autoclave(48) con sustancias oleaginosas y bituminosas con o sin adición de soluciones acuosas de sales metálicas, especialmente de acetato de hierro. Bethell se inclinó inicialmente por el alquitrán diluido en aceite pesado o creosota (dead oil), obtenido por destilación del propio alquitrán, esto hasta 1.850.

En Francia, la Compañía de Ferrocarriles del Este empleó por primera vez el creosotado en 1865.

Y es en 1857 cuando se construye en Norteamérica la primera fábrica de destilación del alquitrán.

Fundamentos de la carbonización de la hulla.

La carbonización de la hulla origina productos tales como coque, agua amoniacal, alquitrán, aceite ligero o benzol bruto y gas de hulla, éstos varían en cantidad y calidad, no sólo con la composición química del carbón empleado y con su grado o tamaño, sino además por las condiciones de temperatura, velocidad etc., en que se efectúa dicha operación.

La elevación de temperatura produce un alquitrán más espeso.

Las moléculas complejas que forman la hulla producen por la acción del calor, compuestos volátiles de estructura más sencilla y forman un residuo altamente carbonoso (coque). Primeramente se forman los productos de descomposición primaria, que provienen directamente de las moléculas de la hulla, y después, los productos secundarios (partiendo de los primarios).

a) Productos primarios.

A temperaturas por debajo de 200 grados C, los productos volátiles se componen principalmente de agua, dióxido de carbono y metano (CH_4); éstos son adsorbidos probablemente por la hulla antes de su carbonización, se desprenden a causa del aumento de temperatura; el mismo fenómeno puede producirse gradualmente en una mina de carbón, dando lugar a la acumulación del gas grisú.

Si pasamos de 200 a 400 grados C, se forman: agua, monóxido de carbono y dióxido de carbono.

Si ascendemos entre los 350 y 450 grados C, se observa un aumento marcado en la producción de gas: primera temperatura crítica. Esta temperatura se caracteriza además por la aparición de los primeros hidrocarburos (parafinas y algunas olefinas); si se supera esta temperatura crítica, se producen los naftenos.

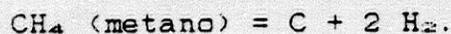
Aparecerá el hidrógeno siempre formando el gas que surge a partir de los 350 grados C.

Por encima de los 700 y 800 grados C el contenido de hidrógeno aumenta rápidamente hasta llegar a ser el componente principal del gas producido.

b) Productos secundarios.

Tras la descomposición de los productos primarios por elevar la carbonización de la hulla hasta 1.400 grados C, surgen los productos secundarios.

Por encima de 500 grados C, la estructura de los hidrocarburos volátiles empieza a desintegrarse progresivamente. Las parafinas (incluso aquellas con poco contenido de carbono) tienden a descomponerse en sus elementos por reacciones similares a la que se indica a continuación:



Las cadenas largas se rompen en cadenas cortas y éstas, a su vez, se desintegran en parafinas, de estructura más sencilla, y en olefinas.

Las olefinas, por reacciones similares a las de las parafinas, se descomponen, probablemente, a temperaturas por encima de 700 grados C. Las olefinas por condensación forman moléculas mayores, por ejemplo naftenos.

Características de la creosota.

La mayoría de los elementos que constituyen el alquitrán aparecen también en la creosota.

La toxicidad de la creosota depende, por tanto, de los componentes: ácidos y bases de alquitrán e hidrocarburos aromáticos, los cuales se fijan y permanecen en la madera protegiéndola de posibles ataques bióticos.

Investigaciones realizadas sobre la toxicidad de los antisépticos sostienen que los elementos tóxicos esenciales de la creosota consisten en:

a/ Hidrocarburos de punto de ebullición inferior a 270 grados C. La mezcla de estos hidrocarburos (especialmente de los que destilan entre 200 grados C y 270 grados C) es más tóxica para los hongos xilófagos que otras fracciones de destilación de la creosota destilada a más altas temperaturas.

b/ Ácidos y bases de alquitrán de punto de ebullición superior a 270 grados C que pueden ser considerados como los elementos tóxicos esenciales dentro de las fracciones de alto punto de ebullición.

Sus propiedades.

Se puede considerar su solubilidad en algunos cuerpos como una propiedad física; en otros disolventes se trata de una reacción química. La creosota de alquitrán de hulla es, en general, completamente soluble en cloroformo, tetracloruro de carbono, bisulfuro de carbono, éter y alcohol anhidro,

a pesar de que los distintos componentes de la creosota no son solubles frecuentemente en todos estos disolventes.

Mantiene generalmente un color amarillo verdoso a pardo oscuro, pero influye además el tiempo transcurrido desde su fabricación. Recién preparada, es un aceite amarillo claro, con tinte verdoso, que cambia rápidamente a pardo al colocarse en contacto directo con el aire.

La viscosidad afecta a su grado de penetración y permanencia en la madera, ésta varía con la temperatura, de modo general podemos decir que a medida que ésta aumenta, disminuye su viscosidad.

Ventajas e inconvenientes de la creosota como protector.

La creosota de hulla es un antiséptico muy usado y resulta clásico para prevenir la pudrición de la madera y su ataque por los insectos y animales xilófagos marinos.

Tiene las siguientes ventajas:

1ª, su gran toxicidad para los agentes destructores de la madera.

2ª, su insolubilidad casi absoluta en el agua y su escasa volatilidad, a las cuales debe su alto grado de permanencia en la madera.

3ª, la facilidad con que se puede determinar su profundidad de penetración en la madera.

Pero tiene también sus inconvenientes, entre los cuales figuran los siguientes:

1º, el olor de la madera creosotada es desagradable, por lo que este aspecto se tendrá en cuenta según el uso a que se destine, pues además penetra en los alimentos ese fuerte olor.

2º, su color oscuro en la madera creosotada, y el hecho de que, en general, no puede ser pintada con buenos resultados, hace inadecuada la creosota para algunos fines artísticos.

3º, la madera creosotada recientemente arde con facilidad produciendo un humo denso; pero, después de que se ha secado durante algunos meses, las partes más volátiles de la creosota desaparecen, por lo que resultaría más difícil su combustión, siempre será aconsejable sin embargo añadir algunas sustancias ignífugas.

Aceite de antraceno fluido.

El aceite de antraceno, o aceite verde, es un destilado de alquitrán de hulla que se consigue a una temperatura comprendida entre los 270 y 400°C, su peso específico y punto de ebullición son, respectivamente, más altos que los de la creosota ordinaria y los de la creosota fluida. Contiene generalmente gran parte de los cuerpos sólidos (principalmente antraceno y fenantreno), que se separan al preparar la creosota fluida. Estos aceites son menos tóxicos para los hongos xilófagos que las creosotas, aunque también pueden ser útiles.

Alemania.

Al principio se usó la creosota mezclada con alquitrán de hulla, en el año 1849 se empleaba todavía esta mezcla, y así se continuó hasta que se comprobó que la creosota sola penetraba más fácilmente sin las materias carbonosas del alquitrán.

A lo largo de los primeros años en su uso, se plantea la situación de si sería más adecuada para la conservación una creosota más fluida o más pesada; las creosotas fluidas se inyectan más fácilmente. Sin embargo se comprobó que las creosotas fluidas se volatilizan con una gran facilidad a causa de un bajo

punto de ebullición. Esta es la razón de que se impusieran desde principios del siglo XVIII creosotas pesadas (de peso específico hasta 1,5), que además resultaban más económicas en su obtención.

Creosota transparente Reilly.

Esta creosota Reilly está constituida por un 25-30% de creosota muy refinada, casi incolora, disuelta en un vehículo volátil, constituido por una especie de naita disolvente. Su denominación actual parece ser Reilly Transote. Este producto se consiguió con objeto de eliminar los inconvenientes que presenta la creosota ordinaria, tales como el olor y el color de la madera creosotada, además de la dificultad para pintarla más tarde. Reilly Transote es un producto que no tiene ninguno de estos inconvenientes, por lo cual, lo debemos considerar como un perfeccionamiento de los antisépticos de tipo oleaginoso para conservar la madera. Es preparado y vendido en Estados Unidos por los Laboratorios de la "Reilly Tar and Chemical Corporation", Indianapolis, Indiana.

Cornelisol.

Este producto apareció en el mercado holandés el año 1935. Está formado por una creosota ordinaria de

alquitrán de hulla, de la cual se han extraído los ácidos de alquitran. El color del Cornelisol es pardo claro. Cuando se filtra a través de un papel-filtro no deja ningún residuo y el papel toma un color amarillo, el cual se diferencia del color oscuro normal que presenta cualquier creosota.

III.4.3. Derivados clorados de los hidrocarburos aromáticos del alquitrán.

BENCENOS CLORADOS.

Diclorobenceno ($C_6H_4Cl_2$).

Triclorobenceno ($C_6H_3Cl_3$).

Hexaclorociclohexano ($C_6H_6Cl_6$).

NAFTALENOS CLORADOS.

Los naftalenos clorados fueron propuestos como productos para preservar la madera, su uso se inicia a principios de siglo.

Como sustancia para la conservación de la madera se emplean tres cloronaftalenos: mono- y dicloronaftaleno (que son líquidos a la temperatura

ordinaria y constituyen separadamente o mezclados el producto denominado Xylamon) y tricloronaftaleno, de naturaleza c erea, que es la base del antiséptico denominado Halowax.

Xylamón.

El Xylamón es un producto que fue patentado, en 1921, por la Firma "R chlingsche Eisenund Stahlwerke, V lklingen, Saargebiet" (Leiden). El Xylamón está compuesto básicamente por una mezcla de mono y dicloro-naftaleno.

En la curva de destilación del Xylamón se demuestra que su contenido en fracciones de alto punto de ebullición es inferior al de la creosota normal (falta en absoluto la fracción 315-355 grados C), esto es un factor a tener en cuenta ya que afecta su permanencia en la madera y para reducir su volatilidad se adicionan, al monocloronaftaleno, sustancias tales como ácido esteárico o palmítico, o bien sus sales o esterres respectivos, resinas, ceras, etc.

Bajo la acción del agua, el naftaleno clorado se descompone formando ácido clorhídrico.

El Xylamón se presenta en distintas variedades entre las que cabe destacar:

Xylamón-natural
Xylamón-incoloro
Xylamón-coloreado

Estudios llevados a cabo demuestran para el Xylamón una toxicidad para los hongos muy similar a la de la creosota normal.

Cabe señalar que la acción del Xilamón se concentra más como insecticida de contacto, sin embargo a distancia no funciona bien como auyentador.

Halowax.

Este producto tiene características ceras, fabricado por "Halowax Corporation, New York City", se emplea especialmente para proteger la madera contra el ataque de los insectos. Su composición se aproxima al tricloronaftaleno. Su olor es poco intenso y es muy poco soluble en agua. Se aplica generalmente por inmersión de la madera en el producto fundido, a unos 105°C. El período de inmersión depende de la cantidad de Halowax que se desea introducir en la madera, además tiene la ventaja de poderse pintar o barnizar cualquier madera tratada con este producto.

Creosota de alquitrán primario.

Se diferencia de la creosota ordinaria (creosota de alta temperatura), por poseer menor peso específico, por contener mayor contenido en hidrocarburos de elevado punto de ebullición y por contener gran cantidad de ácidos de alquitrán. Estas creosotas de baja temperatura mantienen la misma penetración en la madera que la creosota ordinaria, aunque se evaporan más fácilmente y son considerablemente más tóxicas.

EMULSIONES Y SOLUCIONES PARA ECONOMIZAR LA CREOSOTA DE HULLA.

El éxito conseguido por este procedimiento de impregnación supuso paralelamente una subida en el precio de esta materia, por lo que fue necesario una investigación a fin de reducir los gastos, aunque manteniendo ésta las mismas características tóxicas, es por ello que se propusieron otras medidas como:

- Aplicación de la creosota por pulverización.
- Utilización de emulsiones de creosota:
creosota-agua y creosota-cloruro de zinc.

-Preparación de soluciones de creosota con disolventes tales como el benzol, acetona, etc., aunque esto supone riesgos de incendio.

SISTEMAS DE TRATAMIENTO.

De forma simplificada podemos enumerar tres modos de penetración de los protectores: desplazamiento de la solución por la savia en la madera recién apeada, difusión a través de las paredes celulares de una solución concentrada aplicada a la superficie de la madera verde e impregnación en la madera seca por capilaridad.

El tercer método es el generalmente empleado en la madera de construcción, se trata de la absorción posterior del protector por la pared celular. Existen distintos grados de permeabilidad en la madera, referidos al protector; esta característica no tiene relación alguna con la dureza o la densidad, y se trata más bien de una condición inherente a la propia especie.

La protección dada a la madera contra sus agentes destructores está muy marcada por dos elementos: la penetración y la retención.

Estos influirán de distinta forma en los tipos de madera, tanto si se trata de coníferas como de frondosas.

Durante el crecimiento del árbol los anillos más antiguos dejan de cumplir su misión de servir de conductores de la savia y se incorporan a formar parte del duramen. Esta es la razón de que el duramen sea frecuentemente mucho más difícil de impregnar que la albura.

Los sistemas de tratamiento pueden tener función preventiva o curativa. Los primeros tratan de dar a la madera un grado de protección externa, que evite la acción de los agentes destructores durante el periodo de tiempo que esté puesta en servicio y los curativos interrumpen un proceso de destrucción iniciado y protegen contra un posible ataque posterior.

III.4.4. Tratamientos preventivos.

Los tratamientos más utilizados antes de la puesta en obra de la madera son los siguientes:

Fumigación.

Se puede efectuar en una cámara cerrada herméticamente. Es posible reducir la presión con un buen equipo hasta formar un vacío parcial antes de admitir el gas, lo que asegura la penetración del producto en el objeto en un tiempo relativamente corto.

En el British Museum se ha utilizado cianuro de hidrógeno para tratar distintos objetos de madera. Una exposición de 24 horas puede ser suficiente para que penetre en el interior de esta materia. Con los materiales más densos, como la madera de construcción pesada, el bromuro de metilo permite una mejor penetración, pero tiene el inconveniente de formar algunas veces compuestos de olor desagradable si la madera contenía otras sustancias añadidas o depositadas sobre ella a través de los años.

El sulfuro de carbono es un buen insecticida que se puede emplear en fumigaciones de cualquier clase de

objetos de valor, ya que no produce tampoco efectos secundarios de coloración, afectando en cambio a algunos colores compuestos de plomo y cromo. A temperatura normal es un líquido claro con débil tensión de vapor (se evapora a 46 grados C.) y de olor desagradable. Como se evapora fácilmente y forma con el aire mezclas explosivas, se deben tomar las máximas precauciones para evitar la aparición durante el proceso de cualquier chispa o llama incendiaria.

La instalación estará aislada para eliminar todo peligro y asegurar una buena penetración. Podemos hacerlo colocando debajo de la madera infectada unas bandejas que contengan el insecticida líquido, evidentemente se trabajará en una cámara herméticamente cerrada y para reforzar más el aislamiento las tapas o uniones de las puertas estarán recubiertas de cintas de polietileno u otros aislantes. El sulfuro de carbono líquido(49) se debe emplear en la cámara en la proporción de unos 150 cc. por metro cuadrado de espacio. El líquido se volatiliza en el transcurso de unas pocas horas, y el vapor pesado cae sobre la madera tendiendo a acumularse en el fondo de la cámara. El tiempo necesario para la fumigación es de dos a tres semanas; es preciso añadir una dosis nueva de sulfuro de carbono al final de la primera semana, para reemplazar

el que se ha evaporado. Exponiendo la madera al aire se eliminará el mal olor después del proceso.

Cuando se trata de objetos de madera que no están pintados, se puede recomendar una solución no inflamable de una parte de sulfuro de carbono en cuatro partes de tetracloruro de carbono, a pesar de no ser la mezcla tan tóxica como el sulfuro de carbono puro, se pueden conseguir resultados similares si prolongamos el tiempo de exposición. Este método lo desechamos para su utilización en maderas pintadas o decoradas ya que el sulfuro de carbono ataca a algunos colores como el blanco de plata y los cadmios.

Impregnación.

Si se utilizan insecticidas líquidos, podemos realizarla inyectando el producto en los agujeros con una pipeta o una jeringa, además se puede usar un pincel para su aplicación. Las maderas de gran tamaño no decoradas, se pueden perforar en zonas ocultas a su contemplación y de esta forma permitir el acceso del insecticida.

Algunos insecticidas eficaces son los que contienen DDT o HCH, pentaclorofenol y sus derivados, cloronaftalenos o naftalenos metálicos.

Algunas marcas comerciales ofrecen en el mercado una amplia gama de mezclas, todas ellas muy eficaces. La impregnación puede ser tan efectiva como la fumigación, si se aplica el producto cuidadosamente en todos los orificios donde puedan existir insectos, pero previamente realizaremos varias pruebas sobre la madera para asegurarnos que no produce manchas y no afecta a la pintura u otra decoración de la misma.

Se puede utilizar además creosota de tipo standard, en el caso de madera de construcción, pero para que la impregnación sea eficaz se debe realizar a presión, debiendo retenerse en la madera una pequeña cantidad. Los naftanatos metálicos se emplean igualmente para la impregnación a presión. En algunas ocasiones no se podrá aplicar sobre la madera el procedimiento a presión, cuando el estado de la misma no lo permita, la única alternativa en estos casos consiste en saturar la madera lo más posible por inmersión o cepillado, empleando un insecticida que no manche y que penetre profundamente.

Si disolvemos pentaclorofenol en un destilado del petróleo, esta mezcla no afectará en absoluto la madera, dejándola limpia después de este tratamiento, aunque habrá de permanecer un tiempo en inmersión. Tratándose de maderas finas y sin presencia de cola, podrá emplearse una solución acuosa caliente al 4% de cloruro de zinc o fluoruro de sodio, aunque las

soluciones acuosas penetran menos y no son tan eficaces como las que parten del petróleo y los naftalenos clorados.

Inmersión prolongada.

Se trata de sumergir la madera seca en la solución de tratamiento (creosota o hidrosoluble generalmente) por un período de tiempo superior a 10 minutos. Generalmente suele mantenerse sumergida la madera una o más horas, dependiendo de la especie y volumen de la pieza.

Inmersión caliente-fría.

La madera seca se calienta en un depósito de inmersión que contenga la solución de tratamiento, llevándose a continuación rápidamente a otro depósito de inmersión que contenga la solución de tratamiento fría, en la que se mantendrá hasta conseguir la absorción adecuada. Los protectores de tipo hidrosoluble y creosota son los más adecuados para este método.

Tratamientos a presión en autoclave.

Se trata de hacer penetrar el protector en la madera de forma forzada, aplicando presión en un cilindro cerrado o autoclave.

Este método presenta ventajas, aunque requiere un tipo especial tanto de autoclave como de vacío, entre éstas podemos destacar su gran rapidez y la posibilidad de desinfectar un número considerable de objetos de este material en cada operación. Este procedimiento se ha empleado durante años para combatir los insectos. Los gases que se emplean por lo general son el bromuro de metilo y a veces una mezcla de óxido de etilo.

También se han utilizado en esta lucha contra los hongos óxido de etileno, este gas se usa solo o mezclado con anhídrido carbónico para la desinfección.

Estos tratamientos se aplican a maderas secas y permiten alcanzar una penetración mayor. El tratamiento preventivo de los productos derivados de la madera es aconsejable antes de la manufactura de la madera y para fabricar derivados de la misma como los tableros contrachapados, que llevan el protector inmerso en la cola que une los distintos estratos de la madera, también se incluye en los tableros de fibras.

Difusión.

Aquí un protector de tipo hidrosoluble se aplica a la superficie de la madera verde en forma de pasta o solución concentrada, difundiéndose más tarde a través de la madera húmeda.

Corrientemente se parte de una inmersión previa más o menos prolongada, según que la concentración de la solución de tratamiento sea menor o mayor, seguida de la propia difusión que puede durar varios días.

Los tratamientos por difusión, consisten esencialmente en la difusión de una solución concentrada del producto químico preservativo en el agua libre naturalmente contenida en la madera. Una vez aplicada la solución, se mantiene la madera en un ambiente húmedo para facilitar la difusión. Sólo puede tratarse de este modo la madera verde serrada. La ventaja de los métodos de difusión es su alta penetración que llega hasta los lúmenes más internos de la madera. Como agentes preservativos se han utilizado varias combinaciones de sales inorgánicas. Ciertos tipos de hormigón pueden también tratarse satisfactoriamente con dieldrina o aldrina.

Si un edificio es atacado por termitas en los subterráneos, debe localizarse el nido para destruirlo mecánicamente o con aplicaciones de trióxido de arsenico en polvo. Si el nido es fácilmente accesible