

se insuflara una pequeña cantidad de arsenico en polvo en orificios practicados hasta el centro de aquél. Basta una cantidad muy pequeña de esta sustancia para matar a gran número de termitas.

Si se descubre a tiempo la presencia de insectos se logra a veces exterminarlos mediante pulverizaciones con una mezcla de 1 litro de dieldrina (emulsión al 15%), 14 litros de agua y 125g de éter, o fumigaciones con bromuro de metilo o fluoruro de sulfurilo. Las tallas ornamentales, si no están pintadas con pigmentos, podemos sumergirlas en una mezcla de dieldrina y éter dicloroetilico o bien pulverizarse o cepillarse con dicha mezcla. También puede aplicarse naftanato de cobre o de zinc a los elementos de madera invadidos por estos insectos, sea con un cepillo o con un pulverizador. Una mezcla para pulverizar madera, aplicada en algunos museos, consta de:

Una parte de Bedacryl 122 X (éter polimetacrílico en solución de xileno al 40%) diluida en 5 partes de tolueno. Como hemos mencionado anteriormente, la aplicación de estas mezclas se encargara a operarios competentes especializados en estas funciones, por lo que portarán un equipo que les aisle por completo del medio en que se trabaja.

Vacio-vacio.

Previamente se somete la madera al vacio para extraer parte del aire de la misma, por inyección atmosférica o bien en algunos casos aplicando presiones reducidas (dos atmósferas como máximo) y vacio final para controlar la retención del protector (orgánico siempre).

III.4.5. Tratamientos curativos.

Teniendo en cuenta los agentes bióticos que afectan a la madera, existen diversos métodos para permitir que sobreviva esta materia al ataque de estos xilófagos que en ocasiones puede ser fatal.

Fumigación.

Aunque puede considerarse como tratamiento preventivo, para proteger la madera, también se incluye como método para paralizar un ataque iniciado por insectos u otros microorganismos.

Los agentes químicos recomendados para fumigar objetos contaminados con mohos y con insectos no deben inhalarse, tampoco las sustancias sólidas volátiles que pueden emplearse como fumigantes, tales como el paradiclorobenceno, el timol, etc. Esas sustancias pueden ser muy irritantes para las mucosas, los ojos o la piel, en particular cuando el clima es húmedo y se transpira.

Las cámaras de fumigación usadas para desinfectar maderas de pequeño tamaño habrán de ser totalmente hermeticas, en su fondo llevarán un grifo y una tubería de descarga, que permita evacuar los vapores más pesados hacia el exterior del edificio en un lugar

bien ventilado para conseguir la rápida dispersión de los gases empleados. La tapa debe ser hermética y su junta resistente a los efectos corrosivos de los fumigantes utilizados. Un fumigante eficaz es una mezcla de 3 partes en volumen de dicloruro de etileno y 1 parte de tetracloruro de carbono. Harán falta de 500 a 1000 cc para un recipiente, en cuyo interior puede colocarse el líquido en bandejas para que se volatilice. Otro fumigante eficaz, no demasiado tóxico, es el bromuro de metilo.

En los museos grandes puede instalarse una cámara de gas para tratar muchos objetos de una vez.

Después de la fumigación, los objetos tratados deben mantenerse preventivamente en lugares ventilados y protegidos durante un mes aproximadamente, antes de la limpieza y el tratamiento ulteriores y de volver a incorporarlos a aquéllas.

Bajo mi punto de vista no considero recomendable la construcción particular de cámaras de fumigación(50), puesto que el carácter hermético de las mismas no se conseguirá sino con medios técnicos muy sofisticados que sólo especialistas en este campo consiguen habitualmente.

Tratamiento contra insectos de ciclo larvario.

Para esto es indispensable que el protector

penetre en el interior de las galerías que es donde se encuentran alojadas las larvas.

El tratamiento a seguir dependerá de muchos factores y cada situación particular plantea una problemática distinta, si se trata de una eficaz eliminación de los xilófagos, se darán casos en los que nos veremos obligados a utilizar algunos de los procedimientos descritos en los métodos preventivos a fin de proporcionar una buena penetración del compuesto insecticida. Tratándose de piezas de pequeña sección, es suficiente un tratamiento químico superficial por pincelado o pulverización, mientras que a partir de secciones superiores a los 10 cm., es necesario completar el citado tratamiento con la inyección en profundidad del protector mediante perforaciones practicadas con anterioridad.

En ocasiones, cuando se trata de ataques efectuados alrededor de la pieza es posible que, bajo una fina película externa, la madera esté prácticamente reducida a serrín que rellena una red de galerías de paredes extremadamente débiles. Es importante eliminarla, si es posible, ya que de lo contrario retendrá gran cantidad de protector; para esta función podemos utilizar un cepillo de puas. El desbastado presenta la ventaja de poner a la vista las partes sanas de la estructura, facilitando el cálculo preciso de los daños y la importancia de los

consolidaciones necesarias. Deberemos, no obstante, descartarlo en caso de afectar al aspecto estético de la madera vista.

Tratamiento contra hongos.

Se eliminarán totalmente todas las causas de humedad anormales (fugas, condensaciones, goteo, etc.) y mantendremos una ventilación permanente de la madera, hay que tener en cuenta que algunas especies de hongos xilófagos son capaces de obtener el agua que necesitan de lugares relativamente alejados, por lo que la eliminación de las fuentes de humedad no debe circunscribirse solamente a las partes afectadas, sino abarcando completamente el edificio. A partir del saneamiento del mismo, otra medida importante, consiste en la desinfección del local, eliminando todos los tejidos de hongos presentes (cuerpos de fructificación, micelios, etc.), también deberá eliminarse la madera ya atacada a fin de cortar cualquier potencial foco de propagación, así mismo cuidaremos la destrucción, bien mediante el fuego proporcionado por una lámpara de soldar o a partir de fungicidas, los residuos de hongos adheridos a la mampostería u otras zonas del edificio, pueden constituir un foco de contaminación posible en un

reintento potencial de ataque si por cualquier razón se produjese un aumento de la humedad.

Previo saneamiento y desinfección del edificio, se procederá a determinar las partes que deben mantenerse y cuales deben sustituirse o consolidarse. La elección del tratamiento químico dependerá de las circunstancias propias de cada caso, siendo lo más frecuente aplicar el protector por pincelado o pulverización en toda la superficie de la madera, y haciéndolo penetrar mediante inyecciones en zonas previamente perforadas.

Como medida a tomar para frenar la degradación de la madera, resulta lógico proceder contra las causas que la han originado. La madera presenta un buen comportamiento intrínseco al paso de los siglos, que al mismo tiempo la favorecen y dan carácter. Esto nos lleva a subrayar la importancia que el control de los factores microambientales y bióticos puede tener para una buena conservación de esta bella materia.

Por tanto, el estudio etiológico debe mostrar las claves del proceso de degradación y, en este punto, el nivel de datos biológicos es crucial para llegar a analizar, además de explicar, el fenómeno. Podemos además, a través del paso del tiempo, contrastar el poder real de sostenimiento entre su esquema constructivo y los agentes xilófagos, el proceso de envejecimiento de algunas maderas puede conseguir que no se presten como alimento para ciertas larvas, por tanto la sustitución por otras maderas nuevas puede ser inconveniente para mantener el equilibrio de muchos años, adquirido por este material.

Las especies que integran además la flora forestal de cada zona, condicionaran en gran proporción los diferentes lugares en que se distribuyen los insectos xilófagos.

III.4.6. Madera sumergida en agua.

La humedad de la madera adquirida mediante agua, arcilla o turbera húmeda, ocasiona un proceso de descomposición a partir de la degradación de la lignina y celulosa que la componen. Desaparecen la mayoría de los tejidos más finos de celulosa, aunque subsisten las estructuras más gruesas de lignina, conservando su aspecto superficial. Podemos encontrar objetos de madera procedentes de edificaciones antiguas cubiertas por el agua, donde no se han producido grandes cambios en sus formas y aspectos generales. La pérdida del tejido más fino de celulosa no origina casi alteración en el gran volumen de la madera, pero la porosidad se acrecienta considerablemente, y la madera puede absorber el agua como una esponja, haciéndose mucho más higroscópica. Aumenta considerablemente su peso y se hace más débil perdiendo parte de sus propiedades físico-mecánicas, siendo en estas condiciones muy vulnerable al rompimiento.

La conservación de la madera empapada de agua, supone la aplicación de unos tratamientos efectivos, la conservación "in situ" de esta humedad se puede realizar con distintos métodos, por ejemplo fijándose en un soporte rígido y envolviéndola rápidamente en el mismo musgo húmedo, o restos de materia que la rodean,

así como en tejidos húmedos u otra materia que la conserve en las mismas condiciones en que se encontraron, hasta que lleguen al laboratorio, es muy importante que no pierdan la humedad mantenida largamente. En el laboratorio se introducirán inmediatamente en un baño de agua donde podrán lavarse y ser examinados con más calma. Mientras los objetos estén mojados mantendrán su forma, pero si se les deja secar sin haberlos tratado especialmente, el tejido celular se debilita, ya que estaba mantenido por el agua, llegando a hundirse toda la estructura y deformarse el objeto irremediable e inmediatamente.

La madera empapada en agua se podrá conservar perfectamente en agua si se añade un desinfectante en una proporción del orden del 2% (fenol), aunque al secarla se hará paulatinamente a fin de que no aparezcan deformaciones.

Posteriormente se puede utilizar el método consistente en reemplazar el agua retenida en los poros de la madera, por un líquido que se solidificará e impedirá su contracción durante el secado. También podemos dar al tejido leñoso una rigidez suficiente, para impedir que la madera contraiga cuando se elimine su agua interior.

Es importante que las piezas no comiencen a secarse inmediatamente después del rescate, por lo que deberán introducirse en depósitos, a ser posible de

polietileno, conteniendo agua a la que previamente se haya añadido un fungicida, que habrá que elegir con cuidado a fin de que no interfiera el tratamiento conservante posterior. Si éste fuese a base de polietilen-glicol (PEG) es aconsejable añadir al agua una mezcla del 0,6 al 1% de bórax (ácido bórico), nunca usaremos en esta fase fenol o sales metálicas ya que afectarían a la resistencia al envejecimiento del PEG y de las resinas poliméricas.

Si conocemos las propiedades de la madera sumergida, además de actuar y manipularla con sumo cuidado, habremos de tomar todas las medidas posibles para que no se deteriore durante el transporte, éstas serán entre otras:

Envolver la superficie exterior de la madera con una capa aislante al agua. Sin embargo esto es prácticamente imposible ya que en capas delgadas ningún material de posible utilización es completamente impermeable al agua, por lo que la madera permanecerá siempre en un estado inestable en cuanto al contenido de humedad. Si tenemos en cuenta, además, lo difícil que resulta conseguir una capa uniforme, podemos afirmar que esta no siempre es la solución más interesante.

La segunda alternativa consiste en rellenar completamente las cavidades microscópicas y

submicroscópicas del sistema capilar de la madera con un producto consolidante-protector que sustituya al agua. Estas sustancias aumentarán la resistencia mecánica del objeto tratado y si tienen propiedades higroscópicas análogas a las del tejido leñoso, asumen parcialmente las funciones de esta última en la pared celular. Si la higroscopicidad del consolidante-protector es superior a la del tejido leñoso (sales, azúcares, etc.) puede actuar como regulador, asumiendo las variaciones de humedad de la pieza de madera y si, por el contrario, el producto utilizado no fuese higroscópico, habrá que considerar su capacidad de disminuir la absorción de agua por esta madera tratada.

Habrá que actuar con sumo cuidado a fin de que en el proceso de introducción de estos consolidantes la madera no sufra alteraciones.

Los métodos industriales que existen para reducir la higroscopicidad de la madera nueva no se podrán aplicar a maderas sumergidas, por presentar éstas unas características peculiares.

Características de estas maderas sumergidas.

Una madera sumergida durante mucho tiempo en agua sufrirá cambios estructurales originados por el medio acuoso que la envuelve.

El estado final que presentará una madera, después de un período relativamente largo de inmersión, estará condicionado por varios factores entre los que destacamos:

Previa comprobación y estado de la madera original antes de su colocación en el medio acuoso, ya que cada especie presenta normalmente unas características particulares muy concretas que pueden ser un punto de referencia a comparar con su situación final.

Cambios producidos en la madera durante su vida de servicio. Dependiendo de las condiciones ambientales (temperatura, humedad relativa del aire, etc.) a que ha estado sometida, del tipo de uso, de los tratamientos de conservación aplicados, tiempo que ha permanecido hasta su cambio de ambiente, y degradaciones sufridas por agentes bióticos o abióticos, previa colocación en el agua.

Durante su vida de servicio, la madera flotante o utilizada en construcciones marinas se encuentra sometida a la acción de los xilófagos marinos, que pueden causar grandes daños.

El aumento de cavidades en las maderas sumergidas, produce una acumulación de sustancias orgánicas y minerales (metales coloidales, arcillas, etc.) procedentes de los fondos marinos o de otro

tipo, que en algunos casos, durante el proceso de secado, asumen cierta función de soporte de la pared celular, lo que ha permitido hablar de una cierta conservación "natural" de la madera, pero al mismo tiempo hacen difícil o imposible la penetración de sustancias protectoras. La presencia de clavos o uniones de hierro, al contrario de lo que sucede en el exterior, aquí protegen con su óxido incluso la aparición en la misma de microorganismos marinos.

III.4.7. Consolidación de la madera.

La madera debilitada por ataque de insectos u hongos puede consolidarse con distintos agentes o por medios mecánicos. La naturaleza del objeto y las condiciones de la madera influirán para elegir el medio más eficaz, si bien en ocasiones se utilizarán métodos combinados.

Los consolidantes-protectores pueden ser líquidos y sólidos:

-Líquidos. Penetran con mayor facilidad en la madera. Pueden ser monómeros como el estireno o los ésteres de los ácidos acrílico o metacrílico, que se polimerizan en el interior de la madera mediante un catalizador de vida suficientemente larga o por rayos

infrarrojos, pues la humedad interna de la madera retardará la reacción. Los monómeros presentan también la ventaja de que se puede elegir, en cierta medida, el momento oportuno de su polimerización y por tanto su consolidación en el interior del tejido leñoso.

Podemos destacar en este grupo las resinas de fenol-urea y melamina-formaldehído que, al ser solubles en agua, penetran directamente en maderas húmedas.

-Sólidos. Necesitarán ser fundidos previamente o diluidos en agua o disolventes orgánicos a alta temperatura. A excepción de los hidrosolubles, el resto necesita eliminar de la madera el agua libre.

III.4.8. Técnicas de tratamiento.

Tendremos en cuenta aparte del deterioro que presenta, el destino posterior a mantener en un futuro, si se va a mantener con temperatura y humedad controladas no habrá de ser muy intenso su tratamiento.

Un producto penetra mejor en la madera cuando está mas degradada, ya que su permeabilidad aumenta, aunque si ésta presenta restos de óxidos de hierro, o minerales, éstos perjudican la impregnación.

Aunque existen gran cantidad de métodos para llevar a cabo la impregnación, describiremos los de uso mas frecuente.

Con independencia del metodo de tratamiento, es casi siempre necesario, antes de proceder a la realización de otras operaciones, sustituir el agua contaminada o salina de la madera rescatada por agua pura, esto lo realizaremos a base de largos y continuados baños en los que se irá desprendiendo esta agua inútil.

Consolidación por Impregnación.

Esta tecnica de consolidación por impregnación, se podrá aplicar a toda clase de materiales porosos, y son particularmente aptos para tratar objetos de formas complicadas, como maderas esculpidas, erosionadas, o maderas carcomidas. La impregnación se podrá realizar por varios métodos, a pincel, por inyección con jeringuilla hipodérmica, o bien por inmersión.

Si la superficie se encuentra recubierta de un estuco que se salta y dorada con pan de oro, solamente puede consolidarse con eficacia por impregnación, con una substancia que penetre fácilmente, como por ejemplo los productos de consolidación sintéticos disueltos en disolventes orgánicos, ya que el método a pincel o la jeringuilla no nos presentan muchas garantías respecto al posible desprendimiento de este pan de oro.

La impregnación también se puede efectuar con productos sintéticos, en este caso se emplean barnices diluidos como agentes de impregnación para consolidar la madera, antes o después de reparaciones mecánicas.

Está demostrado que la madera absorbe los líquidos con mucha más rapidez si éstos circulan en el sentido de la veta, y esta característica habrá de tenerse en cuenta cuando se efectúe la impregnación con un pincel o por inyecciones. Teniendo en cuenta esta peculiaridad, se aplicará, pues, líquido fluido sobre la madera puesta de pie, de manera que penetre lo más profundamente posible y se acabará la operación cubriendo toda la superficie, al evaporarse el disolvente, la resina introducida consolidará el tejido leñoso.

Funcionan bien como consolidantes de la madera las siguientes resinas sintéticas incoloras: acetato de polivinilo, disuelto en una mezcla de 9 volúmenes

de tolueno por uno de acetona, o el Bedacril 122 X disuelto en tolueno hasta conseguir la consistencia deseada. Otras sustancias que dan buen resultado para la impregnación de madera, son las resinas poliéster como la Marco S.B. 26 C. o la Baquelita 17449, aunque se comercializan como líquidos fluidos cuando se introducen en los poros de la madera, forman sólidos duros insolubles después de una reacción química catalizadora.

Para fortalecer la madera densa, la impregnación debe realizarse con un aparato de autoclave de vacío, se parte de un tanque metálico en el que se reduce la presión hasta el grado deseado, la solución de impregnación pasa gradualmente por un tubo al recipiente pequeño, hasta que el objeto queda totalmente recubierto; se deja allí durante una hora aproximadamente, hasta que la solución sea absorbida lo más posible por la madera, después se introduce aire, y éste hace penetrar el consolidante aún más profundamente en ella. Cuando la presión atmosférica se ha restablecido en el tanque, se retira el objeto del recipiente y se deja escurrir, más tarde secará sin adquirir brillo siempre que se deje en la atmósfera del disolvente.

Un sencillo aparato de vacío se puede fabricar partiendo de un desecador de vacío provisto de un grifo de dos caños, uno de los cuales sirve para la

admisión de la solución, y el otro está conectado a una trompa de vacío por medio de una botella de seguridad.

Impregnación con Polietilen Glicol (PEG).

El polietilen glicol es un compuesto cuyo peso molecular puede variar de 200 a 6.000. Cuanto mayor sea el peso molecular del PEG utilizado, menor será su higroscopicidad y solubilidad en agua por lo que este tipo no será adecuado para las necesidades que estamos comentando, siendo difícil su introducción en la madera.

La inmersión, e incluso el pincelado o pulverización con soluciones acuosas de un PEG de peso molecular medio comprendido entre 400 y 600, es un método sencillo que tiene el inconveniente de necesitar mucho tiempo y al final del proceso la madera queda oscurecida y su peso aumenta mucho, por tanto este método no será adecuado cuando interese mantener al máximo las características externas de color, textura, dibujo, etc.

La introducción de PEG de peso molecular próximo a los 4.000 puede hacerse utilizando diversos tipos de disolventes, como son: t-butanol, metanol y agua. En los dos primeros casos debe sustituirse en primer

lugar el agua de la madera por el butanol o el metanol mediante baños sucesivos en los mismos y, una vez finalizada la deshidratación, se pasa a su inmersión en PEG disuelto en una solución.

Método del Alumbre.

Para objetos de pequeño tamaño se puede usar el sulfato aluminico potásico, que es una sal mucho más soluble en el agua caliente que en la fría. Por tanto si el exceso de agua lo reemplazamos por una solución de alumbre a elevada temperatura, éste cristalizará reforzando las paredes de las células afectadas. En la práctica, el objeto se sumerge en una solución saturada de alumbre mantenida a la temperatura de 92-96 grados C y se deja en ella durante un tiempo suficiente para obtener una impregnación adecuada. El tiempo medio es de diez horas como mínimo, estará condicionado por las características y el grano de la especie de madera a tratar. Si al sacar el objeto del baño, vemos sobre él aparecer un velo blanquecino en su superficie (alumbre), se puede eliminar con un cepillo. A pesar de ser un método antiguo ha demostrado ciertos resultados, aunque a veces falla por una razón imprevisible, causando graves daños, es

por esto que suele sustituirse en la actualidad por otras técnicas mas avanzadas.

Método del Arigal.

Se utiliza preferentemente para objetos de pequeño tamaño. El primer paso en este método consiste en lavar el objeto con agua, para eliminar las sustancias ácidas contenidas en la madera como resultado de la descomposición sufrida. A partir de este lavado previo introduciremos el objeto en una solución acuosa al 25% de resina de melamina-formaldehído hasta que el exceso de agua haya sido sustituido por la solución de resina y se haya producido una impregnación completa de la madera, si se trata de objetos de gran tamaño esto puede durar varias semanas. Se saca después el objeto y se añade al baño un endurecedor especial (catalizador). Se sumerge de nuevo el objeto, se coloca el baño en una cámara de vacío y se reduce la presión. Al cabo de unas 35-40 horas la resina líquida se convierte en un sólido por la acción mencionada del catalizador y de esta forma el objeto aparecerá con una gran resistencia mecánica, transmitida a las paredes celulares.

Tratamiento para objetos de madera de gran volumen.

El tamaño de muchos objetos de madera puede imposibilitar la utilización de otros métodos de impregnación, debido al coste de construcción de un recipiente adecuado y de adquisición de las grandes cantidades de sustancias necesarias. Recién extraído de la excavación, el objeto se envolverá en telas húmedas, se deposita en un lugar fresco y se deja secar poco a poco, mojando las telas cada cierto tiempo a fin de que conserven su grado de humedad necesario. Mantendremos esta desecación lenta por lo menos durante un año y, si se realiza correctamente, no se producirán cambios ni contracciones extrañas salvo una pequeña retracción de la superficie externa de ésta. Transcurrido este tiempo y una vez seca la madera se puede estabilizar aplicándole un material que penetre hasta una profundidad suficiente para garantizar la consolidación, como ejemplo se puede citar a las resinas epoxi.

Consolidación con Alcohol-éter-Resina.

La introducción de la madera en sucesivos baños de alcohol etílico hará que se elimine el agua, más tarde la inmersión continuada en baños de éter que a

su vez elimina el alcohol, es una técnica bastante usada. Si el último baño de éter contiene en solución un producto resinoso, esta resina permanecerá en la madera al evaporarse el éter, y sustituirán los espacios o lúmenes ocupados previamente por el agua.

Se ha comprobado en investigaciones recientes que es posible secar madera empapada en agua, reemplazando primeramente el agua por alcohol y éste a su vez por un líquido de baja capilaridad, como el éter, que se elimina rápidamente por un brusco cambio a una cámara de vacío. Se efectuará este método colocando el objeto en un recipiente cerrado, conectado por una llave de paso a un recipiente más grande donde se ha hecho previamente el vacío; al abrir la llave se disminuye bruscamente la presión en el recipiente más pequeño, produciéndose la rápida volatilización del éter previamente introducido.

Cuando se trata de un secado rápido por vacío aplicado a maderas finas puede causar ligeras deformaciones, en este caso podemos dejar que se evapore el éter normalmente sin recurrir al vacío, y así no tendrá lugar esa pequeña torsión de que hablábamos.

De forma simplificada podemos decir así:

Primer baño: Alcohol, en volumen igual a cinco veces el volumen de la madera.

Segundo baño: Repetición del primero.

Tercer baño: éter anhidro, durante dos días.

Cuarto baño: Repetición del tercero.

En el primer baño deberemos cuidar que la inmersión del objeto sea completa y lo suficientemente larga como para eliminar la totalidad del agua. Si se trata de maderas de grano apretado se tendrán más tiempo, aproximadamente un día por centímetro lineal de madera, aunque no surgen problemas si se amplía este tiempo.

Cuando el objeto es delicado y tiende a torcerse con facilidad, el procedimiento más seguro es dejar que el éter se evapore naturalmente sin acelerarlo. Los objetos se consolidan después impregnándolos con una solución al 3% de acetato de polivinilo en benceno puro. El objeto no se sumerge más que un momento en esta solución y cuando está seco, se recubre con una solución al 10% de resina dammar en éter de petróleo (P.F. 80-100 grados C), esto se hará con gran cuidado. No podemos intentar simplificar el proceso suprimiendo el baño de éter, pasando directamente del baño de alcohol a la impregnación con acetato de polivinilo, ya que los resultados no serían apropiados. Este tratamiento de alcohol y éter está más bien destinado a objetos pequeños y puede presentar problemas de incendio, por lo que se efectuara con sumo cuidado.

El blanqueo con agua oxigenada se viene realizando desde hace bastantes años para descubrir el

grano de la madera, pero siempre de una forma restringida, aunque podemos plantearnos hasta que punto estamos siendo fieles a la obra tratada y si merece eliminar la patina adquirida a partir de años o siglos(51).

Liofilización.

Básicamente consiste en una deshidratación parcial o total de una sustancia por la acción combinada del frío y del vacío. La sustancia congelada a baja temperatura se somete al vacío, de esta forma el agua que contiene se elimina por sublimación, es decir, cambia del estado sólido al estado gaseoso sin pasar por el líquido. En teoría cuanto más rápida sea la velocidad de congelación y más baja la temperatura menos daños se produzcan en las paredes celulares.

La liofilización es factible también después de una previa impregnación con una solución de PEG de peso molecular 400.

Algunos investigadores consideran como mejor el método que produce menos cambios respecto a sus dimensiones originales de la madera sumergida, como garantía de que no se produzcan grietas en las piezas a conservar y utilizando como parametro la contracción de la madera dejada secar al aire libre a 20 grados C.

y 50% de humedad relativa, podemos considerar como medida de la calidad de un tratamiento el índice de eficacia anticontracción (ASE) que tiene por expresión:

$$\text{ASE}(\%) = \frac{C - C^*}{C} \times 100$$

C = contracción de la madera secada a la intemperie.

C* = contracción de la madera tratada.

El significado del ASE, será por tanto:

ASE=0% La madera tratada se ha contraído más que si su secado se hubiera efectuado a la intemperie.

ASE=0% Se contrajo igual que si lo hubiera hecho a la intemperie.

ASE= 100% La madera tratada no ha experimentado ninguna contracción conservando su volumen inicial.

Adhesivos.

Para las uniones de maderas necesitaremos buenos

adhesivos de fácil manipulación y con buenas garantías en las uniones. El caseinato de cal es un potente adhesivo para la madera; se empleó en la Edad Media en la fabricación de soportes (uniendo sus elementos), de las pinturas al temple sobre tabla. En la práctica, sin embargo, se recomienda una cola de piel de buena calidad, de uso más fácil, que asegura uniones lo suficientemente resistentes en la mayoría de los casos, las colas antiguas de carpintero elaboradas a base de huesos y cartilagos de ganado caballar y bovino eran de excelente calidad para estos casos. Pero la tendencia actual es elegir adhesivos entre resinas sintéticas modernas, éstas bajo la acción química de un endurecedor que se les incorpora, dan uniones muy resistentes. Se distinguen cuatro tipos principales:

Urea formaldehído (U.F.).

Fenol formaldehído (P.F.).

Resorcinol formaldehído (R.F.).

Resinas epoxy.

Las de Urea Fenol y Resorcinol sufren contracción cuando solidifican, por el contrario las resinas epoxy se caracterizan por no experimentar disminución de volumen durante o después de su secado.

Las aplicaciones cambiarán según la forma en que se mezcla el endurecedor con la resina, para su utilización:

1. Se mezcla el endurecedor con la resina en las proporciones establecidas, antes de la aplicación del adhesivo en la junta.

2. Se aplica el endurecedor en uno de los lados de la junta y la resina en el otro, al unirlos entre sí presionando se posibilita su compenetración.

3. El adhesivo se suministra en forma de polvo que se compone de resina y de endurecedor, al cual bastará añadirle agua antes de usarlo, para que se inicie la reacción.

Las marcas comerciales suministran instrucciones detalladas para cada caso. Al elegir el adhesivo puede ser importante tener en cuenta que el endurecedor R.F. es neutro, mientras que los otros son ácidos o alcalinos, seleccionándose previamente en orden a unas determinadas exigencias.

Si el adhesivo elegido se pretende que sea además consolidante, rellenando los espacios vacíos existentes entre la madera consolidando el conjunto, habrá de emplearse un adhesivo en el que intervenga una resina del tipo (U.F.) Urea formaldehído, como por ejemplo el Aerolite 300, que da muy buenos resultados. Si se trata simplemente de rellenar una laguna, la

elacción puede hacerse entre una variada gama de materiales. Son fáciles de conseguir los siguientes: Alabastine (un yeso mate que al fraguar se vuelve muy duro); y una jalea de celuloide viscosa, a la cual se agrega un material poroso como serrín o piedra pómez. La cola y el serrín pueden a veces ser suficientes para rellenar los orificios, si es necesario se lijará mas tarde para igualar las superficies.

Consolidación por refuerzo mecánico.

Se pueden citar entre otros metodos de refuerzo mecánico los siguientes:

1. Introducción de espigas de madera o sintéticas ademas del relleno de los espacios que quedan entre las espigas y agujeros u otros orificios.
2. Inserción de cuñas sólidas en forma de X en las grietas, para evitar que se abran, o encolando en las juntas tacos.
3. Relleno de cavidades irregulares con una masilla (Araldit).

III.4.9. Adhesivos y consolidantes.

Los métodos para consolidar estructuras de madera, suponen el empleo de adhesivos y consolidantes que restablezcan las partes dañadas y recuperen sus propiedades físico-mecánicas en un grado que posibiliten el uso a que se venían destinando. Esta es una tarea difícil si tenemos en cuenta los distintos grados de ataque de que son víctimas estas materias.

Esto supone la elección del material más conveniente teniendo en cuenta el estado que presenta la madera a intervenir. En otras épocas, la elección se limitaba a varias materias de origen natural tales como la cola animal, la cera de abejas y las resinas naturales, etc. Hoy día podemos disponer de gran número de sustancias sintéticas con características, en ocasiones, superiores a las sustancias naturales, tal vez el problema radique en el conocimiento que habrá de tener el restaurador de la amplia gama de productos utilizables con sus nombres comerciales, que muchas veces hacen referencia al mismo material.

Contracción.

Para su empleo en la conservación de maderas es muy importante calcular con anterioridad el grado de

contracción que se produciera cuando dichos adhesivos o consolidantes endurezcan y se hagan sólidos.

Si la contracción es considerable, se engendrarán tensiones que pueden producir una grave deformación de un objeto frágil. Un método adecuado consiste en verter el adhesivo en estado líquido en un surco excavado en un marco de madera contrachapada y dejarlo solidificar. Si comprobamos que materiales tales como la cola de piel de conejo y la resina sintética de resorcinol-formaldehído, producen inmediatamente al endurecerse una fuerte deformación que se acentúa con el tiempo, resultarán inadecuados en trabajos de este tipo. Esto es debido a la contracción producida durante la reacción de endurecimiento por la pérdida de disolvente (agua) y la formación de una película resistente, con lo que las tensiones se transmiten por todas partes, produciendo deformaciones. En el caso del nilón soluble también se produce contracción durante el endurecimiento debida a la evaporación del disolvente (alcohol etílico), pero las fuerzas engendradas se liberan en la propia película, que sufre una reticulación sin que se produzca ninguna deformación en el objeto. Si se trata de la epoxirresina, la reacción química de endurecimiento es tal que no se desprende material volátil y, por tanto, no hay contracción apreciable ni deformación. Con una resina de poliéster ensayada de la misma manera se han

obtenido unos resultados semejantes, pues tales resinas se endurecen también sin contraerse apreciablemente, por lo que las consideraremos muy adecuadas para estas funciones de restauración.

Penetración.

Lógicamente estos tipos de resina citados anteriormente (de epóxido y poliéster) resultan muy adecuados como adhesivos y consolidantes en estos tratamientos.

Ofrecen también una nueva solución al problema de consolidar los objetos de madera, cuyo estado de desintegración requiere impregnarlos con una sustancia que les comunique la resistencia mecánica necesaria para que se mantengan con seguridad. En estos casos es indispensable que el material empleado para la consolidación penetre suficientemente en el objeto. El empleo de soluciones de resinas sintéticas con ese propósito presenta el inconveniente de que sólo pueden emplearse en soluciones relativamente diluidas, a lo sumo del 10% aproximadamente, lo que requiere repetidas aplicaciones para conseguir que penetre en la madera la cantidad necesaria de resina. Debido también a que el disolvente tiene que evaporarse desde el interior de la madera, es difícil obtener un grado

de penetración suficiente para que se deposite una cantidad adecuada del consolidante en todo el espesor del objeto y no solamente en las capas superficiales. Igualmente cuando se emplean ceras fundidas como consolidantes, es difícil conseguir una penetración adecuada si se aplican solamente a pincel, en estos casos dará mejor resultado la inmersión completa del objeto, lo que requiere un equipo especial, por ejemplo, baños con calefacción eléctrica y equipos resistentes para mover objetos voluminosos, esto repercutirá en el coste total del tratamiento. Las resinas epoxi y de poliéster pueden aplicarse en forma de líquidos (la resina más un endurecedor apropiado), que penetran fácilmente en la madera solidificando en su interior sin necesidad de calefacción. Estos sistemas de resinas resultan fáciles de aplicar y ofrecen además una amplia gama de posibilidades, en cuanto al endurecimiento, pudiéndose elegir según el endurecedor y acelerador el alargamiento o reducción del tiempo de secado, así como su viscosidad y otras características.

Efectos de la humedad sobre los consolidantes.

Los adhesivos formados por sustancias naturales, como la cola, gomas, etc., son generalmente más

sensibles que las resinas sintéticas a la sequedad o humedad excesivas. Los primeros son bastante higroscópicos y conservan propiedades adhesivas aceptables en las condiciones medias de humedad relativa (alrededor del 50-65%). No obstante cuando la humedad relativa desciende demasiado, la película adhesiva tiende a secarse, se vuelve frágil, quebradiza y pierde la mayor parte de su adherencia. Por el contrario, si la humedad relativa aumenta demasiado, la película tiende a absorber agua y se reblandece tanto que pierde también su poder adhesivo. Los componentes sintéticos no son en general higroscópicos y, por lo tanto, no se afectan por la humedad relativa cambiante del medio. Las resinas de epóxido y de poliéster son excelentes a ese respecto y, por tanto, muy recomendables.

Revestimientos protectores.

Los revestimientos externos producirán en el objeto una garantía más de su conservación y pueden producir en el mismo un aspecto mate o brillante. Los aceites (linaza) y ceras de abejas que se aplicaban anteriormente presentan sus inconvenientes. El aceite suele amarillear con el tiempo, y la cera deja con frecuencia la superficie de la madera ligeramente

pegajosa, con lo que esta tiende a retener el polvo, particularmente en las grietas, creando así condiciones favorables para el desarrollo y reproducción de insectos xilófagos. Las ceras pueden considerarse adecuadas como revestimientos protectores si se procura elegir una mezcla conveniente que deje una superficie relativamente dura y no pegajosa. Es posible preparar esa mezcla con algunas de las nuevas ceras sintéticas existentes en el comercio. Una preparación particular que ha dado resultados satisfactorios a este respecto, se obtiene mezclando una cera microcristalina con una polietilénica(52). Se dispone de varias clases de esas ceras y el brillo de la película resultante puede modificarse alterando los tipos y proporciones.

Con la siguiente fórmula se tiene la seguridad de una aplicación satisfactoria:

100 g de Cosmolloid 80 Hard (cera microcristalina) se funden con 25 g de cera polietilénica y se agitan bien para obtener una mezcla homogénea, que se vierte rápidamente sobre 300 ml de aguarrás mineral, agitando constantemente mientras se enfría hasta que se obtenga una crema suave.

Además se puede añadir a la mezcla un fungicida como el pentaclorofenol que protegera al objeto contra el ataque de los insectos.

III.5.0. Técnicas de consolidación de estructuras a partir de resinas epoxi.

La aplicación a la madera de la tecnología de las resinas epoxi, se considera en la actualidad un método acertado y de gran utilidad. Consiste en la instalación de elementos de refuerzo dentro de la madera embutidos en una masa epoxidica. Dentro de esta técnica forman parte básicamente: la propia madera, el material del refuerzo (resina reforzada con fibra de vidrio, metales, en barras o en placas) y la resina epoxi, con una gran resistencia en la unión de materiales, ya sean de naturaleza polar o no, y una muy baja retracción.

Estas epoxirresinas resultan muy útiles, la Araldite, por ejemplo, reducida a la viscosidad deseada puede inyectarse en los orificios de la carcoma con una pequeña jeringa hipodérmica; también podemos sumergir el objeto (si es de pequeño tamaño) en una mezcla diluida o aplicar con pincel varias capas sobre su superficie; puede recomendarse el Araldite CY 219, mezclado con proporciones variables del endurecedor HY 219 y el acelerador DY 219 para obtener la viscosidad deseada. Se dispone de toda una serie de resinas del tipo Araldite. Los fabricantes orientan perfectamente sobre las proporciones recomendables y sus aplicaciones en cada caso.

Como componentes principales podemos enumerar:

- Resina y endurecedor: Se presentan en estado líquido con distintos grados de viscosidad, en el mercado aparecen en distintos envases. Cuando ambos ingredientes se mezclan, la resina se polimeriza, y el conjunto se vuelve sólido, es importante indicar que el volumen de la resina endurecida es el mismo que el de los dos ingredientes líquidos, ya que esto supone una gran ventaja.

- El acelerador, según la proporción deseada (siempre muy poca cantidad), controlará el tiempo de la reacción.

- Cargas: Son materiales inertes, añadidos, que mejoran algunas de sus propiedades, además de aumentar el volumen de la mezcla.

Para aumentar la viscosidad de la mezcla e impedir que se desprendan del lugar donde se va a colocar, se utilizan unos agentes tixotrópicos, de esta forma se pueden colocar en lugares en que actúa la gravedad con mayor incidencia. Se añaden a la mezcla con la finalidad de aumentar la flexibilidad de la misma y pueden usarse para disminuir las tensiones debidas a las contracciones posteriores que se podrían producir en caso de que existan grandes diferencias entre

los coeficientes de dilatación de los materiales que se unen a la resina (madera, yeso, cemento, argamasa, etc.) y la propia epoxi.

III.5.1. Técnica de consolidación de maderas.

En la actualidad para el tratamiento de grandes armaduras históricas se utilizan, entre otros, los siguientes métodos.

1. El desmonte y la reconstrucción.
2. La estabilización por estructuras adicionales.
3. La regeneración de piezas por resina y fibra de vidrio.

1. DESMONTE Y RECONSTRUCCIÓN.

Ha ocurrido que la elección "desmonte-reconstrucción" es a veces preferida, cuando se trata de conjuntos tradicionales. Esta práctica es muy preferida por algunos arquitectos, supone pues una intervención metódica, en la que se pueden tomar decisiones a partir de documentos, planos, etc, y comprobar exactamente el grado de deterioro que presentaban los elementos integrantes.

2. ESTABILIZACIÓN POR ESTRUCTURAS ADICIONALES.

La estabilización por estructuras adicionales es delicada, minuciosa, poco apta para asociarse a la elaboración de previsiones administrativas.

Sin embargo, estos inconvenientes parecen largamente compensados por ventajas adquiridas especialmente sobre el plan científico y pedagógico: se verifica que las personas familiares de estos edificios, propietarios, habitantes, están atentos a lo que pueda serle indicado de las particularidades auténticas de obras antiguas, y a los cuidados tomados para conservarlos, y que informaciones en este aspecto son de interés para alimentar el interés de los visitantes.

3. REGENERACIÓN DE PIEZAS POR RESINA Y FIBRA DE VIDRIO.

Resulta tentador observar la aplicación de una regeneración por el empleo de resinas, puesto que se puede, en efecto, esperar de este procedimiento una posibilidad de aumentar la parte conservada respecto al conjunto del edificio.

Podemos mencionar que el empleo de resinas en armadura ha sido estudiado por Mr. Klapwijk en el curso de una búsqueda matemática y experimental

desarrollada en colaboración con el Laboratorio Central para las Artes y la Ciencia en Amsterdam y el Servicio de Estado de los Países Bajos para la preservación de sitios y monumentos de interés histórico (53).

Bajo el nombre de sistema BETA (patentado) esta técnica fue difundida en Alemania, en Gran Bretaña y en los Países Bajos en su origen.

La utilización de resina para consolidaciones de armadura ha sido practicada y estudiada igualmente en el Canadá y en los Estados Unidos.

La primera aplicación del sistema BETA en Francia se hizo en 1.976 en el Hotel de los Invalidos bajo la dirección de M. Bertrand Monnet, arquitecto en jefe de los Monumentos Históricos (ejecutantes: compañía Sté holandesa Renofors y los carpinteros de Paris).

La operación que se describe aquí constituye la primera aplicación realizada en Francia a gran escala. Conciérne a dos edificios diferentes del Monasterio de la Gran-Cartuja:

1º) La viguería del suelo de la antigua Biblioteca. (Ejecutantes: compañía Sté Holandesa Renofors y la Empresa Lefevre - 1977).

2º) La armadura de la Farmacia-Destilería (ejecutantes: compañía Sté Renofors Francia fundada en 1978).

El objetivo del procedimiento es esencialmente reconstruir las partes degradadas, en las piezas de madera "in situ", por una masa de mortero formado de resina epoxi, y de una cantidad variable de arena o de arena gruesa.

Este mortero líquido toma una consistencia sólida de alta resistencia bajo el efecto de la polimerización de la resina. Armaduras constituidas de varillas de fibra de vidrio más poliéster, aportan una contribución decisiva a la unión entre la pieza de madera conservada (eventualmente reforzada primero por inyecciones de resina pura) y el bloque de mortero epoxi que reconstituye la madera desaparecida.

OBSERVACIONES.

Las reconstrucciones por mortero de resinas epoxi parecen poder restablecer el valor estructural de toda pieza, sin variar en compresión, tracción, flexión. Se citan trabajos hechos en los Países-Bajos, por ejemplo para reconstituir las vigas que soportan las alas de un molino de viento.

Experimentaciones de resistencia al fuego de obras de resina se han llevado en varios países de Europa. Se cita un ensayo del Instituto T.N.O. de Delft (Holanda): una cabeza de viga sintética sometida

a una curva de fuego estandarizada ha transmitido una fuerza transversal de 3 T.F. en los puntos de apoyo, siguiendo norma NEM 1076-D durante 56 minutos (54).

La reparación de una pieza deteriorada en el curso de su vida, o en una extremidad libre de una viga en un muro por ejemplo, presenta un caso relativamente simple, pero la mayor parte del tiempo los focos de degradación corresponden a las extremidades unidas de las piezas (por ejemplo ensambladuras víctimas de infiltraciones). De este hecho la aplicación de la resina se vuelve un problema de reparación de ensambladura y necesita de la realización de una pieza vaciada, para articularla más tarde.

La concepción tradicional de la armadura se apoya en el empleo de ensambladuras puestas a punto por la comodidad de su ejecución por eventuales desmontaduras, para permitir así la posibilidad de contracción necesitada por la reducción de la madera, por las torceduras ocasionales de piezas y para permitir así prolongar la estabilidad de la armadura frente a la aparición de contracción y otros movimientos por motivos diversos.

De una forma general, hay que tomar precauciones fundamentales:

- Hay que evitar emplear resina pura desde el momento que se trata de piezas de cierto volumen, porque el calor liberado por la polimerización provocaría una expansión y la ruptura de la armadura y la rotura de la pieza vaciada. Una carga inerte (arena o grava) reduce este calentamiento permitiendo una economía sobre un material relativamente costoso.

- A la inversa, una temperatura ambiente excesivamente baja sería perjudicial no permitiendo a la polimerización efectuarse rápidamente y en buenas condiciones.

- La preparación de obras es, en gran parte, un problema de realización de armaduras y puede beneficiarse de la experiencia del carpintero y otros artesanos. Las armaduras deben dejar un buen aspecto de superficie y no aparecer burbujas de aire. Es preciso en efecto, aunque las obras de resina queden aparentes, apuntar a obtener la forma definitiva a la primera colada y no tener que completar imperfecciones por otras colas de tapado complementarias costosas y poco estéticas, ni a eliminar lo sobrante por una operación de ajuste por fricción de una muela rotativa, aunque si es necesario habremos de recurrir a ellas.

CONCLUSIONES.

Algunas obras presentan características tales que necesitan la aplicación de alguno de los métodos indicados.

Pero podría ocurrir que para estudiar con seguridad la evaluación del nivel del estado que presentan, sea necesario proceder a comparaciones de variantes describiendo cada una y mostrando las ventajas e inconvenientes de diversas naturalezas: simplificación de desmontaje, economía, rapidez de ejecución, de aspecto, conservación de piezas antiguas. La importancia relativa de cada uno de estos criterios es variable según el caso.

El sistema resina más armadura se revela útil a la reparación de piezas insertadas en disposiciones estructurales complejas, particularmente a partir del momento en que los desmontes necesitarían obreros costosos: desmontar decoraciones, estructuras primarias de armadura que se puede así evitar. La resina presentará notables ventajas si hay una real economía o si hay un interés evidente de discreción visual, de fidelidad al sistema estructural original o de más amplia conservación de materiales arqueológicos.

Una objeción hecha a veces a este sistema, se basa en la sospecha de que podría perjudicar a la supervivencia de las técnicas tradicionales del

carpintero por la introducción de recetas rápidas y magistrales, esto se puede evitar si el procedimiento se pone a disposición de carpinteros experimentados, capaces de colaborar con el restaurador integrándose en el equipo como un colaborador más. La flexibilidad de empleo de la resina ofrece gran variedad de combinaciones posibles. El oficio del carpintero puede adquirir aquí un recurso complementario, porque en efecto, se puede dar el caso de recurrir a una combinación integrante de ensambladuras de tipo clásico y de ensambladuras de tipo resina sin llegar a generalizar o a sustituir todo elemento de ensambladura sano.

III.5.2. Aplicaciones.

Aunque sus aplicaciones son muy amplias en diferentes campos de la industria, en el área de la restauración de la madera se pueden enumerar algunos casos en que es posible su utilización:

Estructuras horizontales.

Este tipo de actuación sobre viguerías de madera es bastante usual y puede posibilitar unos buenos resultados si se realiza correctamente.

Actuaciones en toda la viga.

Aunque las maderas usadas inicialmente en las construcciones antiguas eran de muy buena calidad, con el paso del tiempo y generalmente al pasar dichos edificios a otros usos, se introdujeron así mismo distintos tipos de calefacción interior, estas maderas se han secado casi completamente, lo que supone una mejora de sus características mecánicas. Pero desgraciadamente este proceso de secado produce grandes fendas y rajaduras que al tenerlas en cuenta en su clasificación nos resultará de una clase inferior, para aumentar su calidad se puede conseguir mediante la introducción de varillas inclinadas dentro de los agujeros taladrados con este fin, teniendo presente que habrán de rellenarse al mismo tiempo los espacios restantes entre la varilla y el agujero con resina epoxi (Fig. 1).

Consolidación de los extremos de las vigas.

La parte más expuesta de un forjado, es precisamente la cabeza de la viga. Sobre todo si el muro de apoyo es de cerramiento o bien existen canalizaciones de agua próximas, igualmente caso de producirse ataque de insectos se iniciarán por esta zona. Puesto que la humedad inicia el ciclo de ataque de los hongos de pudrición y éstos favorecen así mismo el desarrollo de insectos xilófagos, podemos encontrar normalmente ambos fenómenos al mismo tiempo.

Siempre que la cabeza de la viga se mantenga en contacto con el muro, aunque aparezca muy debilitada, se puede reconstruir la zona perdida con un mortero epoxi, conectándose a la madera sana con algún elemento embebido en la propia resina.

Si no es así habremos de utilizar uno de los siguientes procedimientos:

-Varillas o barras como elemento de refuerzo: se cortará la parte degradada hasta llegar a la madera sana, sustituyéndose por un mortero epoxi. Entre ambos se interpondrán varillas resistentes (Fig. 2).

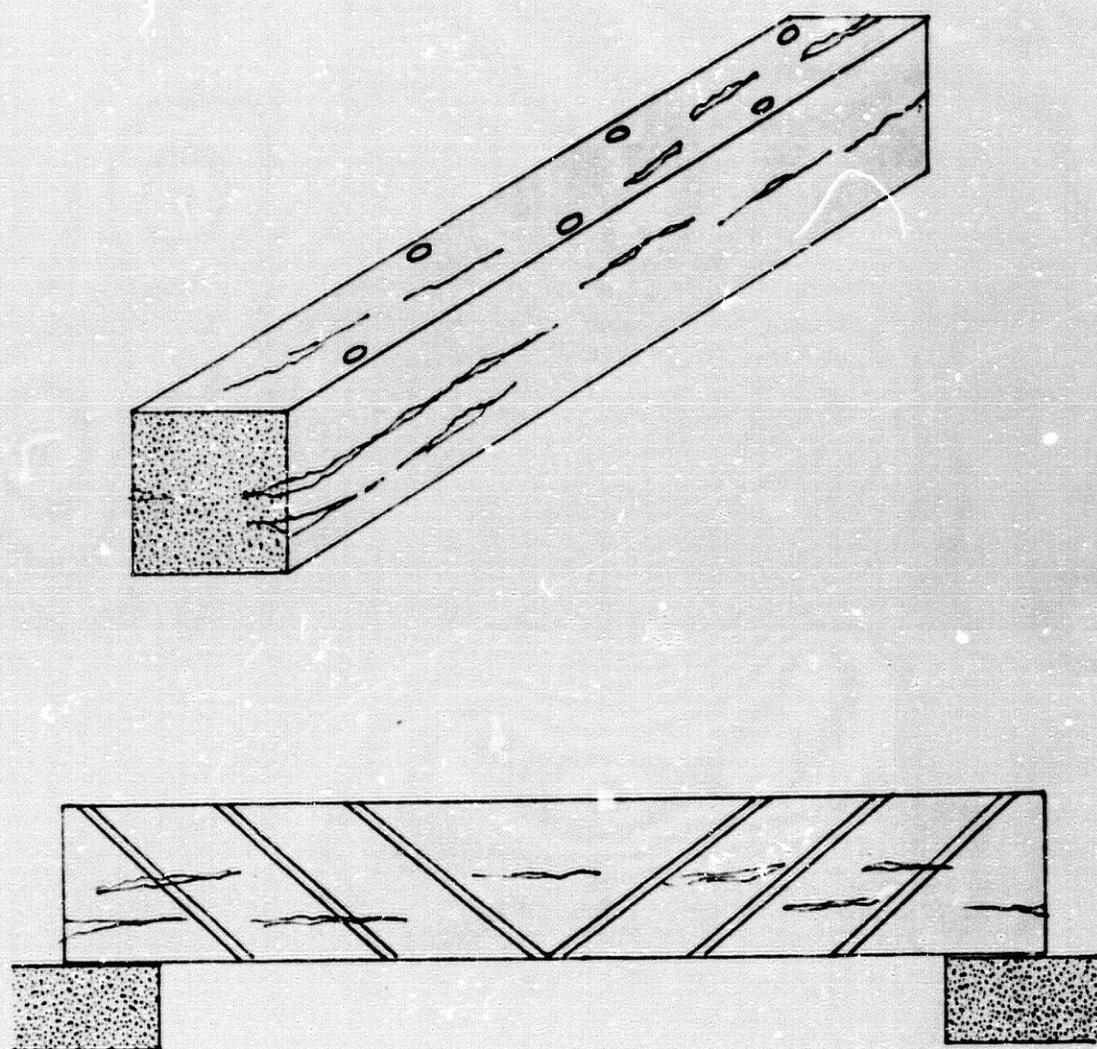


FIGURA - 1.

-Utilizando una o varias placas de refuerzo pueden calcularse para resistir por sí mismas el peso de la pieza en esa sección, uniéndose a la madera sana con una determinada longitud.

Unión de la misma viga.

Apareciendo la viga partida o defectuosa, por la presión u otros ataques xilófagos iniciados, podremos desmontarla y unirla con distintas varillas o placas, unidas con resina epoxi (Fig. 3).

Sección ampliada de la misma viga.

Si la viga presenta una sección débil para soportar las condiciones de carga, se puede ampliar el grosor de la misma uniéndole otra madera de su misma especie y formas con resina epoxi como adhesivo, incrustando al mismo tiempo varillas o placas.

Estructuras verticales.

También se puede, mediante el proceso que estamos mencionando, rehabilitar los miembros estructurales

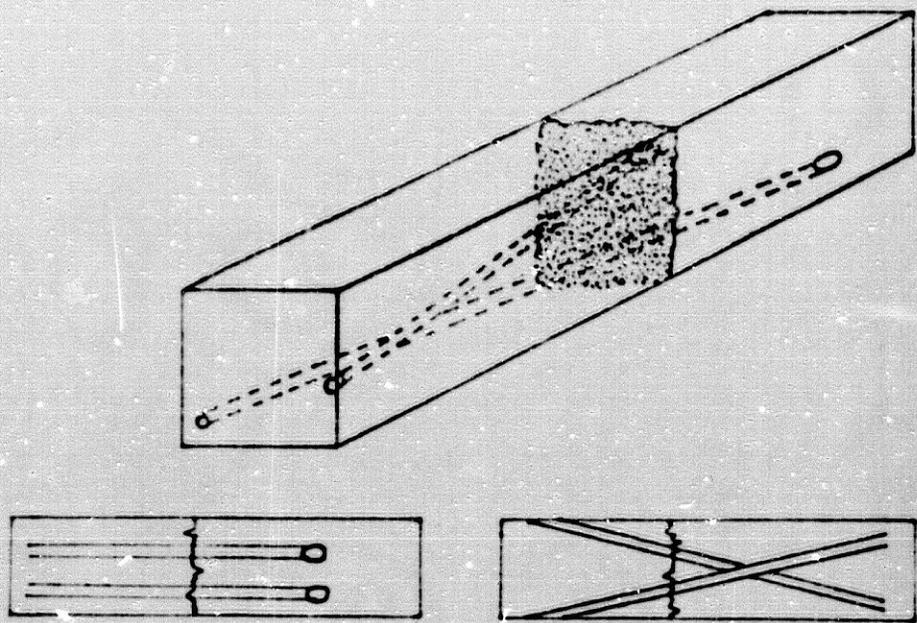


FIGURA - 2.

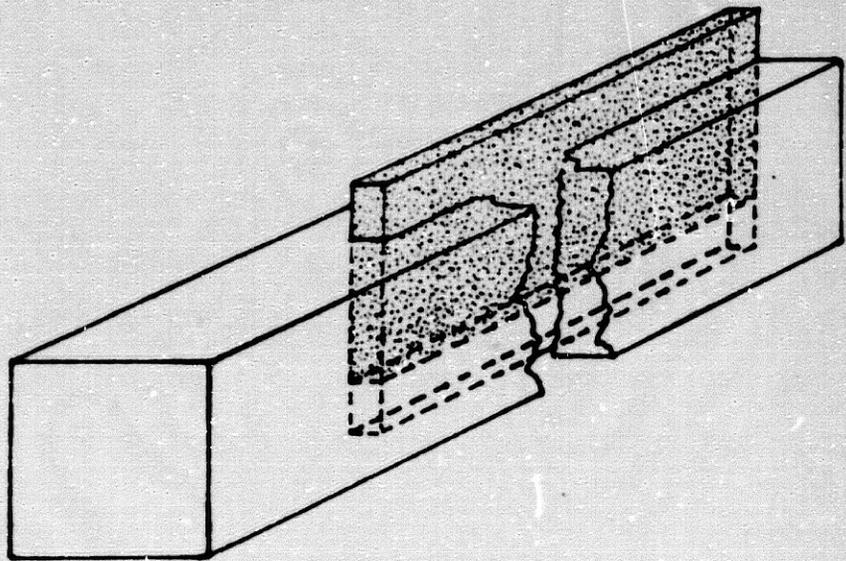


FIGURA - 3.

con cargas axiales, de compresión o tracción. Se da el caso de columnas que al estar en contacto o proximidad con el terreno han sufrido ataques xilófagos, por lo que su estado de conservación es lamentable, en estas situaciones, podemos reconstruir la parte perdida, una vez colocados los refuerzos, por medio de un mortero epoxi, e intentaremos que estas varillas se incrusten y no queden a la vista.

Estructuras de cubierta.

Formando parte integrante de la cubierta, aparecen elementos que descansan en los muros. Puesto que estos lugares son favorables a la humedad presentarán posiblemente daños de hongos e insectos. Igualmente pueden presentarse piezas partidas. Las soluciones serán a partir de resinas epoxi con incrustación de varillas de reforzamiento.

La reconstrucción consiste en el cosido de las piezas con barras de refuerzo, utilizando resina epoxi para la madera perdida.

Resultados a partir de la utilización de esta materia.

La madera en que se usa esta materia sigue manteniendo las mismas uniones desde el punto de

vista estructural, es decir, no reduce la capacidad de resistencia, aunque en algunos casos la aumenta.

Aunque su coste no es muy económico, teniendo en cuenta el personal especializado que lleva a cabo la operación, y el precio del propio material; esto estará justificado por el valor histórico de la estructura misma, que habrá de prevalecer siempre.

También habrá de considerarse que además del coste del trabajo de consolidación de la estructura, contaremos con otros derivados de esta postura, como por ejemplo el mantenimiento de la madera que nos obligara con seguridad a efectuar un tratamiento químico protector, ya que lógicamente las causas del deterioro de la estructura estarán en los insectos u hongos xilófagos. La revisión concienzuda de cada una de las vigas que componen la estructura, también será necesaria para saber con certeza cuales son las más necesitadas de actuación. Por tanto hay que unir a estas labores propias de la restauración las que se derivan de la intervención en el entorno, instalaciones, desmonte, limpieza, etc., no obstante todo ello se puede dar por válido cuando está en juego la posibilidad de reforzar estas estructuras nobles, que afortunadamente todavía existen.

Resinas usadas en la actualidad para consolidaciones (últimas investigaciones del Reino Unido).

Han sido realizados experimentos comparando la colofonia y la cera con varias resinas sintéticas así como el empleo de diferentes disolventes. La aplicación de la colofonia y la cera disueltas en tricloroetileno mediante inyección, pincelando o la inmersión, se han llevado a cabo en esculturas y otras piezas pertenecientes al Reino Unido.

La consolidación de la vieja madera presenta un problema para el restaurador. Aunque se han hecho muchos trabajos en este campo, es aún difícil recomendar un consolidante para cada caso específico.

Las resinas naturales como la colofonia, junto a la cera, han estado en uso durante muchos años, ya sea en la forma fundida o disuelta en disolventes calientes. Por el contrario, las resinas sintéticas, sobre todo el acetato de polivinilo, se han empleado por parte de la Organización para las Antigüedades Egipcias alrededor de los últimos veinte años, disueltos ya sea en acetona o en una mezcla de solventes.

En este apartado introducimos un nuevo método para la consolidación de madera con cera disuelta en un disolvente apropiado a la temperatura ambiente, un método que se puede considerar como una exitosa

operación reversible. Un simple dispositivo para el constante tratamiento por «goteo» de la madera se describe, junto a su uso para tratar los objetos.

Así mismo también se hace un estudio comparativo de las diferentes resinas sintéticas, incluyendo el polivinilo, estudiado y aplicado por primera vez en Egipto.

Impregnación-Consolidación con resinas sintéticas y resinas naturales:

Cuando se cree necesario aplicar una técnica de consolidación a la madera, las propiedades de la madera, resina y disolvente son elementos a tener muy en cuenta para conseguir el método y técnicas más efectivas.

En los últimos veinte años el acetato de polivinilo ha sido la resina sintética más comunmente empleada en el terreno de la restauración por la Organización de las Antigüedades Egipcias(55). Paraloid B72 (resina acrílica) se usó también. Los disolventes, principalmente la acetona y el Tíner, se usan frecuentemente debido a su fácil adquisición y su bajo precio.

La cera y la colofonia han sido también usadas, o bien en la forma fundida (derretida) o en solventes

calientes, que son dañinos a la madera. Debido a la ineffectividad de los primeros métodos empleados para la consolidación de la madera, deberíamos presentar a nuestros restauradores un estudio comparativo de las diversos consolidantes comercialmente disponibles así como también los solventes mas adecuados para ellos.

Propiedades del consolidante y el disolvente:

Las características de un impregnante/consolidante serian:

- No afectar considerablemente al color del objeto.
- Proporcionar a la madera suficiente resistencia.
- Tener suficiente resistencia, flexibilidad y dureza.
- Actuar como un adhesivo para las partes desprendidas, sueltas.
- No hacerse viscoso, ni muy fluido durante su uso.
- Mantener estables con el tiempo las propiedades mecánicas.
- No descolorarse con la edad.
- Tener reversibilidad a corto o largo plazo.
- No ser tóxico.
- Ser económico (barato) y de fácil adquisición.

Las características ideales del disolvente serian:

- Disolver fácilmente el consolidante a la temperatura ambiente y en varias concentraciones convenientes.
- Tener un punto de ebullición relativamente alto, de forma que permita una penetración profunda del consolidante en el interior de la madera y antes de la evaporación.
- No afectar a la estructura de la madera.
- No ser tóxico y que tenga posibilidad de ser manejado con seguridad.

Trabajo experimental:

Se llevaron a cabo pruebas sobre las siguientes resinas naturales y sintéticas comerciales apropiadas(56):

- Acetato de polinilo Alvar 1570.
- Paraloid B72
- Polivinilo butyral.
- Colofonia y cera sintética.

Cinco de los más conocidos solventes usados en la restauración se han aplicado en el trabajo que vamos a describir:

- 1- Acetona.

2- Alcohol Etilico.

3- Tolueno.

4- Xilol.

5- Tricloroetileno.

Soluciones de diferentes concentraciones se prepararon disolviendo la resina en el disolvente correspondiente, a temperatura ambiente. Para la colofonia y la cera, el problema era disolverlos en un único solvente apropiado, a temperatura ambiente, que permitiera a los consolidantes penetrar profundamente sin afectar a la madera y al mismo tiempo que éste fuese fácil de manejar por los restauradores. Aunque se intentaron muchos disolventes, al final se utilizó el tricloroetileno como el mejor para disolver a ambas (la colofonia y la cera a temperatura ambiente). Su relativamente alto punto de ebullición permite una penetración profunda de los consolidantes antes de que la evaporación sea completa.

Las resinas que se usaron estaban finamente preparadas, tanto la colofonia como la cera que se preparó rasgándola. Los equivalentes deseados de ambas sustancias fueron mezclados y disueltos simplemente sacudiéndolos en el calculado volumen de tricloroetileno, más tarde se filtró. Una solución clara de buena transparencia se obtiene al 10% (al 20% la solución es gelatinosa). La solución puede

aplicarse también por inyección, inmersión o brocha, o por el método de consolidación por goteo.

Puesto que existen algunos hongos que pueden atacar la madera a la que se aplicó estos consolidantes, ya que el tricloroetileno no inhibe el desarrollo de los hongos, se añadió más tarde un fungicida producido por Ciba-Geigy en una concentración de 1%.

Aparato de vidrio para la consolidación de madera por goteo:

La mayor parte de los disolventes usados en este campo de conservación son más o menos peligrosos. Por esta razón, la exposición del restaurador a sus vapores debe ser reducida al mínimo. El aparato que se desarrolló por la Organización de Antigüedades egipcias, consiste en un embudo separador y un depósito principal que conduce a un frasco en forma de pera provisto de varias salidas al mismo nivel y un agujero para una salida del aire. Los tubos de goma salen del final de las salidas con tubos finos de vidrio que pueden insertarse en la madera.

La insistencia de goteo se regula primero desde el embudo separador, más tarde, después de llenar la base cónica del frasco, la solución empieza a

filtrarse por las salidas hacia las diferentes partes del objeto donde la consolidación se necesita. La operación puede hacerse en una habitación ventilada o cerrada, sin intervención frecuente por parte del restaurador.

Aplicación de la colofonia más la solución de cera para la consolidación:

Se ha usado para una embarcación y otras estatuas así como un sarcófago egipcio del último período, todo ello perteneciente al Reino Unido.

En el caso del barco de Cheop, después de un tratamiento preliminar, el embudo separador se conectó con un recipiente de 40 litros situado en un estante alrededor del bote, de modo que el restaurador con sólo abrir la llave de cierre del recipiente a la escala deseada continuaba el goteo, incluso sin la presencia del restaurador.

Resultados.

Aunque el incremento de porcentaje en peso puede no ser significativo en muchos casos, puesto que depende de la naturaleza, tipo y edad de la madera,

todavía resulta interesante presentar algunos de los resultados; al menos dan idea de la cantidad de colofonia que puede ser absorbida por la madera.

Los resultados obtenidos demuestran que la dureza de la madera se incrementa considerablemente a mayores concentraciones de consolidante.

No existen cambios de color, a no ser que se supere el 19% de concentración. Tampoco se observaron brillos.

Pruebas de dureza y reversibilidad.

Se aplicaron tres consolidantes pincelando tres anchas piezas de madera de cedro, usando:

5% Paraloid B72 en tricloroetileno.

5% Polivinilo butyral (B30H) en alcohol etílico.

5% Colofonia más cera de petróleo (1:1) en tricloroetileno.

Este último experimento se hizo aplicando colofonia más cera sintética a la madera en la forma fundida.

La prueba de dureza se hizo excavando con un dedo o una uña dentro de la superficie y cortando con una sierra o bien usando un taladro apropiado. En el caso

de colofonia y cera fundidas, la superficie era muy dura, muy oscura y lustrosa (brillante). Los consolidantes no eran distribuidos homogéneamente dentro de la madera y se agrietaba fácilmente, en las pruebas ya dichas.

El tratamiento con 5% de polivinilo butyral en alcohol etílico dio un resultado similar al de 5% colofonia más cera de petróleo en tricloroetileno: impregnación total y homogénea dentro de la madera, pocos cambios de color en la madera, suficiente resistencia pero una textura no muy dura.

Con el paraloid B72, la textura era algo más dura. Sin embargo, el tratamiento con polivinilo butyral y paraloid B72 produce una superficie brillante que puede ser transformada por la aplicación del mismo disolvente.

Consideraciones.

Teniendo en cuenta el hecho de que Egipto es un país relativamente cálido donde la madera es principalmente seca, podemos decir que tenemos bastante evidencia de que el empleo de acetona para la consolidación de la madera seca es un riesgo. Ello es debido a su alta inflamabilidad, el efecto de deshidratación y punto de baja ebullición así también

como su efecto de solubilidad. Excepto para el polivinilo butyral, para el cual es un disolvente muy bueno, el efecto de solubilidad del alcohol etílico con respecto a la colofonia más la cera, el acetato polivinilo y paraloid B72 es inferior al del tolueno y tricloroetileno. El xilol, con su alto punto de ebullición (139°C), toxicidad e inflamabilidad, debería ser rechazado en estos trabajos de conservación(57). Comparando el tolueno y el tricloroetileno y tomando en consideración la seguridad del restaurador, la elección es en favor de este último. Ello es confirmado por el hecho de que es un buen solvente para el paraloid B72 y ambos, colofonia y cera, a temperatura ambiente.

Entre las colofonias sintéticas examinadas, el polivinilo butyral (1.7) y el paraloid B72 se consideraron como muy útiles y deseables para la consolidación de la madera seca. Ello es debido al hecho de que son rápidamente solubles a temperatura ambiente en disolventes apropiados a más del 5% de concentración. Proporcionaron a la madera suficiente consistencia y resistencia, y el brillo que ellos producen puede ser fácilmente quitado por el mismo disolvente. Además, no se ha observado un marcado cambio de color con el polivinilo butyral 3% en alcohol etílico. La reversibilidad del paraloid B72 es mejor que la del polivinilo butyral.

Sin embargo, la impregnación con colofonia y cera sintética en solvente es más efectiva, dando consolidación muy consistente y endureciendo la estructura de la madera. No se ha observado un marcado cambio en el color más allá del 10% y el brillo tampoco se produce con esta concentración. Es también una operación reversible realmente, donde el peso total de los consolidantes puede ser modificado por la disolución en el mismo disolvente.

Por primera vez, para nuestros conocimientos, se ha demostrado que es posible acometer la consolidación e impregnación de la madera seca usando colofonia y cera disueltas en un solvente único a temperatura ambiente. El punto relativamente alto de ebullición (87°C) de tricloroetileno permite una más profunda penetración de estos materiales dentro de la madera y antes de la evaporación del solvente. La colofonia y la cera en el tricloroetileno mostró ser muy eficiente para la consolidación de la madera seca. No hubo cambio en apariencia de la madera, ni tampoco cambio de color se observó más allá del 10% de concentración de colofonia y cera en el disolvente. La ventaja sobre el paraloid B72 y el polivinilo butyral es que el restaurador tiene que escoger de una amplia variedad de concentraciones cambiando el porcentaje de uno u otro componente.

Siempre que el uso de las colofonias sintéticas sea obligado, el polivinilo butyral Mowital B (30H) H y B (60H) examinados por primera vez en Egipto 3% en alcohol etílico, así como el paraloid B72, 3% en tricloroetileno, son recomendados. Con ambas colofonias sintéticas y naturales, es recomendable la adición del fungicida Tilt 60 WP (58).

En los casos en los que la técnica de consolidación en autoclave de vacío no es adecuada, una técnica de consolidación continua por goteo se realizará teniendo en cuenta que la exposición del restaurador a los vapores sea reducida al mínimo. El sencillo aparato de vidrio descrito cumple estas condiciones.

CUARTA PARTE.

APORTACION PERSONAL PARA OTROS MÉTODOS DE ANALISIS.

IV.1.0. LA DENDROCRONOLOGÍA APLICADA A LA DATACIÓN DE EDIFICIOS HISTÓRICOS.

En la actualidad el INIA en su Departamento de Maderas junto con otros colaboradores estudia un método de datación de edificios, ya que la determinación de la edad puede ser de gran valor cuando se trata de un importante edificio histórico.

Puesto que en la actualidad los métodos para situar un edificio histórico dentro de una determinada época son bastantes primarios, resulta necesario la implantación de métodos mas científicos y exactos, ya que hasta ahora solo se contaba con el previo análisis estilístico, técnicas constructivas y materiales utilizados.

La Dendrocronología supone un avance en este tipo de análisis, si el edificio a estudiar está compuesto por madera como elemento sustentante, decorativo, etc., además de aportar otros datos de interés.

La Dendrocronología se basa en un estudio que tiene como materia base los distintos anillos que anualmente se van produciendo en los árboles y arbustos.

La Dendrocronología engloba una serie de disciplinas que analizan las formas de estos anillos con distintos fines, entre las cuales podemos citar la

Dendroecología, Dendroclimatología, Dendrocronometría, etc.

Por los fines a que aspira, será la Dendrocronología la que nos aporte mayor interés.

-Como base de esta técnica está el hecho de que el cámbium(59) se estimula por la diferencia climática de las distintas estaciones, se acentúa en primavera con una enérgica actividad metabólica, aunque en invierno se adormece, produciéndose una interrupción perceptible en los anillos medulares por su color, grosor, compactibilidad, etc.

La necesidad de estos cambios estacionales reflejados en la madera, excluyen del método las maderas tropicales por no participar de estas diferencias estacionales.

Resulta difícil de aplicar el método a maderas frondosas semiporosas o de porosidad difusa (Haya, Álamo, Abedul, etc.).

Cuando se producen grandes variaciones en el clima, esto se apreciará no sólo en un árbol, sino en toda la zona de árboles de ese lugar, por lo que un estudio del tipo que estamos describiendo supone la aportación de un volumen de datos y muestras considerable sobre el clima, suelo, ambiente, etc.

METODOLOGÍA.

Será necesario disponer de secciones transversales de un árbol, sin embargo cuando se trata de una viga o de otras partes importantes de un edificio a fin de no resultar destructivo el método, se suelen utilizar barrenas cilíndricas huecas que recojan todos los anillos del tronco (para lo cual las aplicaremos radialmente).

Si se trata de tablas o fragmentos delgados de madera nos veremos obligados a realizar la medición "in situ".

Procedimientos automatizados de lectura micrométrica permiten observar y medir exactamente el grosor de los anillos, éstos se reflejarán en distintos gráficos, ya que el aparato medidor se encuentra conectado a un microcomputador, el cual registra con un censor las características de estos anillos y los traduce a un gráfico, en el que aparecerán unas determinadas curvas dendrocronológicas, en las que se disponen los años correspondientes a los anillos.

Las curvas generales constituyen modelos cronológicos de referencia para comparar con otras inconcretas.

Para estudiar las muestras citadas se tendrá en cuenta la especie a que pertenecen, así como la zona

de donde procede. Generalmente se recurre a especies con más de 50 anillos ya que aumentan las probabilidades con la mayor longitud de la curva, también habrán de facilitarse varias muestras de madera del edificio, que dependerán de la mayor o menor calidad de las mismas.

Los distintos análisis van configurando un Banco de Datos dendrocronológicos que sirven de referencia para análisis posteriores. Este Banco de Datos dispone de dos tipos diferentes de muestras de maderas:

- Extraídas de árboles vivientes.
- Extraídas de maderas puestas en obra, en monumentos antiguos y yacimientos arqueológicos.

Esta iniciativa del INIA debiera ser un laudable ejemplo, por suponer un acercamiento a los métodos analíticos americanos y noreuropeos que ya vienen trabajando en este campo tradicionalmente.

IV.1.1. APORTACIÓN PERSONAL: UN NUEVO MÉTODO DE
ANÁLISIS.

El desarrollo de la investigación que voy a explicar a continuación, tiene como punto de partida el disfrute por mi parte durante el curso 85-86, de una beca del Plan de Formación de Personal Investigador (programa general), del Ministerio de Educación y Ciencia, iniciando con este estudio un análisis de la madera como elemento arquitectónico y de sustentación, aunque centrado en el Conjunto Histórico-Artístico de la Alhambra y Generalife.

Debo insistir en que en este capítulo de la Tesis, la investigación se centra más aún en ese carácter original e inédito que le imprime mi introducción en unos laboratorios dependientes del Centro Superior de Investigaciones Científicas (Centro Experimental, Zaidín), donde he tenido la oportunidad de contar con la distinguida e incentiva colaboración y apoyo de dos departamentos, por una parte el de Química Analítica, por otra el de Suelos.

El apoyo que he sentido durante más de año y medio por los representantes de ambos departamentos, D. Francisco Girela Vilchez, y D. José Luis Guardiola, así como por el resto de los miembros integrantes de los mismos, ha sido confortador; quisiera pues

agradecer su desinteresada colaboración y orientaciones, indispensables por otra parte para el desarrollo del trabajo que expongo a continuación:

"De todos es sabido que el ANALISIS DE LA MADERA, para la determinación de la especie a que pertenece, es algo fundamental y necesario, puesto que el que pertenezca a una u otra familia influirá directamente en sus características físicas y mecánicas, lo que la hará idónea para unos usos, aunque inútil para otros.

Hasta el momento se ha usado la Dendrocronología para a partir de los anillos anuales que se producen en cualquier tronco, determinar una serie de características de su medio ambiente, aparte de datarlo históricamente.

No obstante los métodos para la determinación de la ESPECIE a que pertenece, pueden resultar lentos y laboriosos, puesto que se ha utilizado hasta ahora el análisis por MICROSCOPIA ÓPTICA."

Aunque debo reconocer que en un principio (60) todos los análisis de las muestras (61) se realizaron por MICROSCOPIA ÓPTICA, tengo que admitir que la utilización de Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC), suponía un reto respecto a la posible utilización para la DETERMINACIÓN DE LAS DISTINTAS ESPECIES DE MADERA.

ANÁLISIS POR MICROSCOPIA ÓPTICA.

Esta admitido en la actualidad, que si una madera de la que desconocemos su naturaleza, la sometemos a una serie de cortes, que podemos simplificar en dos (transversal y tangencial), y estos planos de corte se pulen por frotamiento con lija de distintos tamaños (62), se llega a conseguir una superficie homogénea que vista y fotografiada al microscopio produce una serie de dibujos y efectos específicos y distintivos para cada una de las especies.

ANÁLISIS TERMODINAMICO.

Dentro del Análisis Térmico Diferencial (ATD), se incluye la técnica que hemos utilizado en nuestra investigación, es decir, la Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC).

Es posible detectar cualquier cambio energético producido en una muestra de madera previamente introducida en un crisol (63) si lo sometemos a un proceso de calentamiento controlado, estos cambios energéticos corresponden a los fenómenos físico-químicos tales como los cambios de estado de los cuerpos, vaporización, fusión, condensación, solidificación, oxidación, etc.; las acciones

mecánicas, las corrientes eléctricas y otros fenómenos pertenecen a la calorimetría.

Una vez introducida la muestra en el aparato, se somete a un calentamiento con velocidad constante ($^{\circ}\text{C}/\text{min.}$), al producirse estos cambios ascendentes de temperatura, la muestra contenida en el crisol, registrará unos cambios que son analizados por un sensor y se manifiestan en unos gráficos con máximos y mínimos producidos por las curvas endo y exotérmicas.

Nosotros en las muestras realizadas hemos utilizado unos intervalos de temperatura de 25°C a 450°C , o bien de 30°C a 450°C , y hemos elevado la temperatura a una velocidad de $10^{\circ}\text{C}/\text{min.}$

METODOLOGIA

Puesto que se conoce en la actualidad un dibujo concreto para cada especie de madera observada al microscopio, ya que según pertenezca a coníferas o frondosas y a partir de sus propiedades físico-mecánicas, mantiene siempre un determinado grosor y coloración de los anillos, así como de sus radios medulares o sus vasos conductores, el método a investigar (DSC) se tendría que apoyar irremisiblemente en unas fotografías de las muestras para DETERMINAR UN GRAFICO CONCRETO POR DSC PARA UNA

FOTOGRAFIA MEDIANTE MICROSCOPIA ÓPTICA DE LA MISMA
ESPECIE DE MADERA.

Partiendo de este axioma de base se procedió a la preparación de las muestras, para ello utilizamos unos discos rotatorios en los se había adherido el papel de lija, ya que de esta forma se podía controlar mejor el pulido uniforme e invariable en cada plano de la propia muestra; quiero certificar que todas estas pruebas se realizaron en el propio Centro Experimental y que conociendo previamente la especie de que se trataba, sabíamos de antemano el tipo de fotografía que determinaría, aunque no parece desdeñable la labor de pulido a que nos ha obligado cada tipo de muestra en sus cortes transversal y tangencial.

Más tarde cada una de las maderas se sometió a la acción rotatoria de una diminuta barrena, que con ayuda de un pequeño taladro ha servido para extraer la muestra en polvo fino (64).

Se han utilizado unas constantes generales en el análisis de DSC, éstas son:

- Una temperatura de partida de 25 ó 30°C.
- Una temperatura final de 400,450 ó 500°C.
- Una velocidad de calentamiento de 10°C/m'n.
- Un peso aprox. de entre 2 y 6 mg.

Conociendo previamente la naturaleza de la madera, se han repetido dos muestras (65) para cada especie de madera ya que de repetirse en las dos los mismos gráficos, podríamos considerar la idoneidad del método.

RESULTADOS OBTENIDOS.

Se confirma por los gráficos que presento a continuación, que cada especie de madera (fotografiada previamente por microscopía óptica) se corresponde con un gráfico particular y específico, esto se desconocía antes de realizar los citados experimentos, hemos comprobado que el gráfico calculado para una especie no se repite para ninguna otra, lo que nos permite diferenciar a cada especie de madera del resto, sin necesidad de fotografiar la misma, lo que además nos evita la lenta labor que supone una buena fotografía de la madera.

Por no existir en la actualidad publicaciones que hagan referencia a la citada aplicación de esta técnica se supone que se trata de algo inédito y original, que permitiría la confección posterior de un gráfico específico para cada una de las especies de madera existentes en la actualidad(66).

ALGUNAS VENTAJAS DE ESTA ALTERNATIVA A LOS MÉTODOS
TRADICIONALES DE MICROSCOPIA ÓPTICA.

- Al no ser necesarios los cortes tangenciales y transversales así como el pulido de la muestra, esta técnica resulta más rápida y fácil de realizar.
- Es necesaria una menor cantidad de muestra, lo que supone una gran eficacia y comodidad si el análisis se centra en una muestra de la que contamos con muy poca cantidad (es suficiente con 2 ó 3 mg de muestra).
- Exactitud, ya que se determina una serie de curvas endo y exotérmicas fácilmente reproducibles y centradas dentro de unos ejes de abscisas y ordenadas.

A continuación se exponen por comparación, los análisis efectuados a ocho maderas elegidas convencionalmente para constatar la efectividad del método. Las fotografías corresponden al análisis por microscopía óptica, los gráficos pertenecen al análisis por DSC (Calorimetría Diferencial de Barrido), que como he mencionado anteriormente son distintivos y únicos para cada una de las especies.



Fig. 1. A cada una de las especies de madera estudiadas, se aplicaron secciones transversales y tangenciales. Los orificios que aparecen corresponden a la extracción de polvo de madera para proceder a su análisis por DSC.

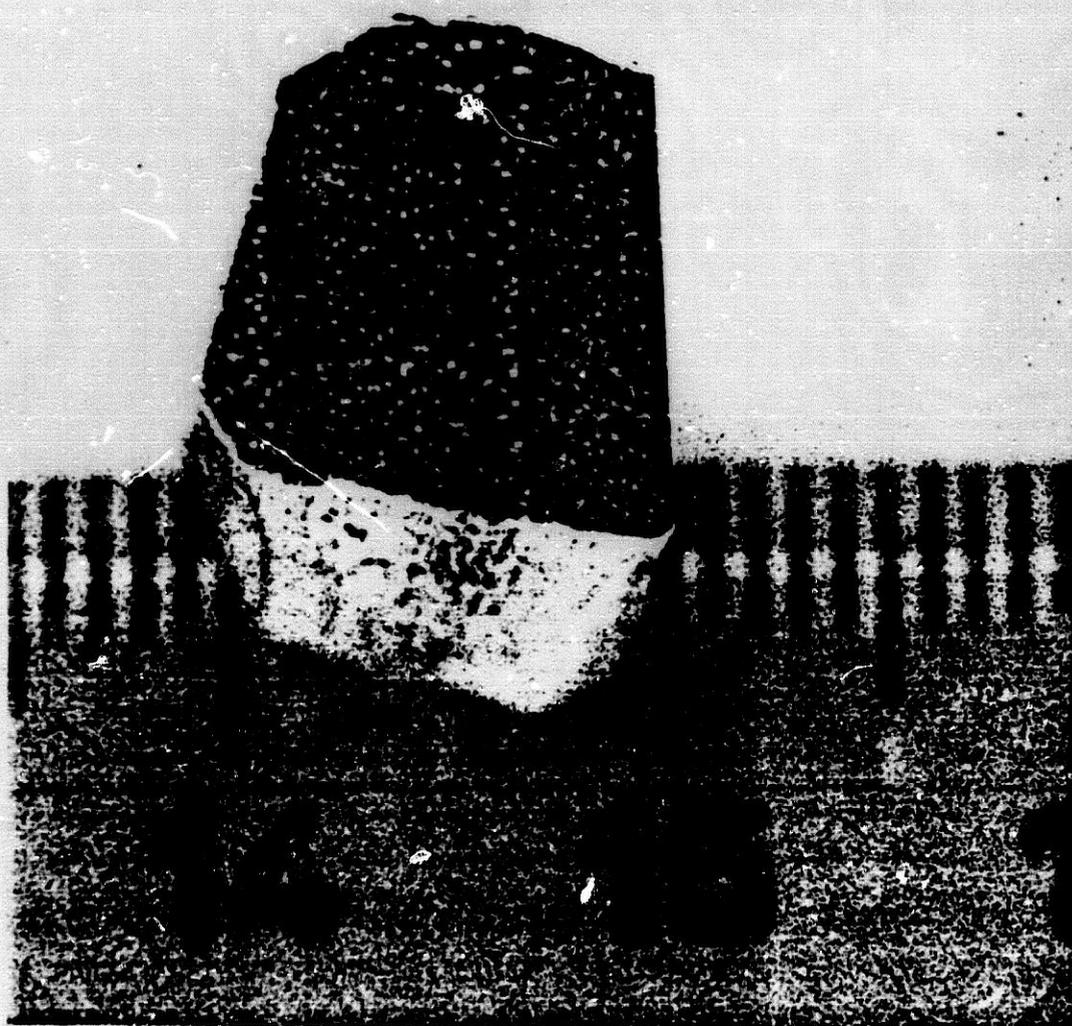


Fig. 2. Microfotografía. Visión de la sección transversal. Los tamaños de las muestras analizadas por Microscopia óptica oscilaban entre 10 y 15 mm de lado.

Las ocho especies elegidas y los números
asignados, son:

- Abedul : -nº 20
-nº 21
- Chopo : -nº 22
-nº 23
- Eucalipto : -nº 24
-nº 25
- Haya : -nº 26
-nº 260
- Moral Blanco: -nº 29
-nº 290
- Nogal : -nº 31
-nº 310
- Pino Albar : -nº 32
-nº 320
- Roble : -nº 34
-nº 35

ABEDUL (Betula verrucosa).

Su tronco y ramas son rectas, alcanza una altura de 20 a 25 m, tiene raíces poco profundas y extendidas.

A partir de los 5 ó 6 años va desprendiéndose del tronco una capa lisa y blanca, debajo de ésta queda otra de color verdoso que no se separa.

El tronco puede ser aserrado totalmente y es por tanto muy aprovechado para la industria del contrachapado. Tiene su madera una textura muy fina, de color muy claro, por regla general un grano continuo sin apenas dibujo, es una madera pesada comparable con el Roble.

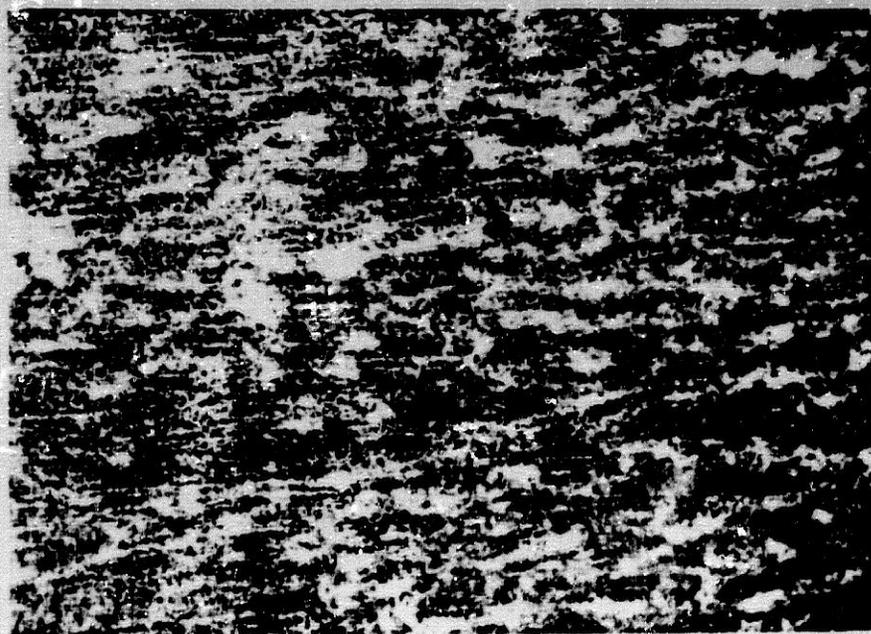
Su pulpa se utiliza para la fabricación de papel, su dureza(67) es muy buena, a pesar de lo cual se trabaja muy bien.

Este árbol es muy abundante en Canadá y Europa, generalmente en los países nórdicos.

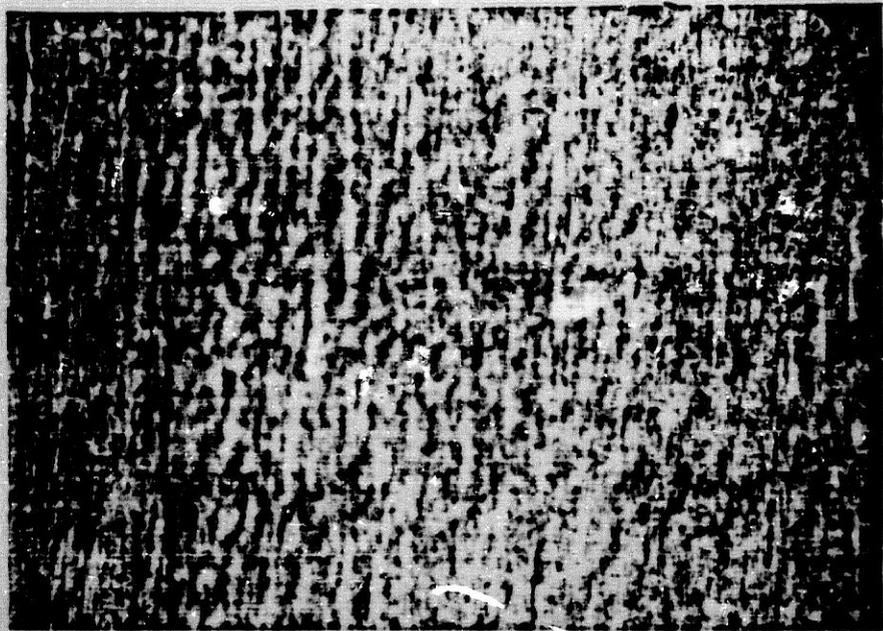
Se ha utilizado en la Segunda Guerra mundial para la fabricación de aviones, en la actualidad es muy apreciada para ebanistería por su belleza.



ABEDUL; Sección Transversal X 54.



ABEDUL; Sección Transversal X 170.



ABEDUL; Sección Tangencial X 54.



ABEDUL; Sección Tangencial X 170.

S C R E E N

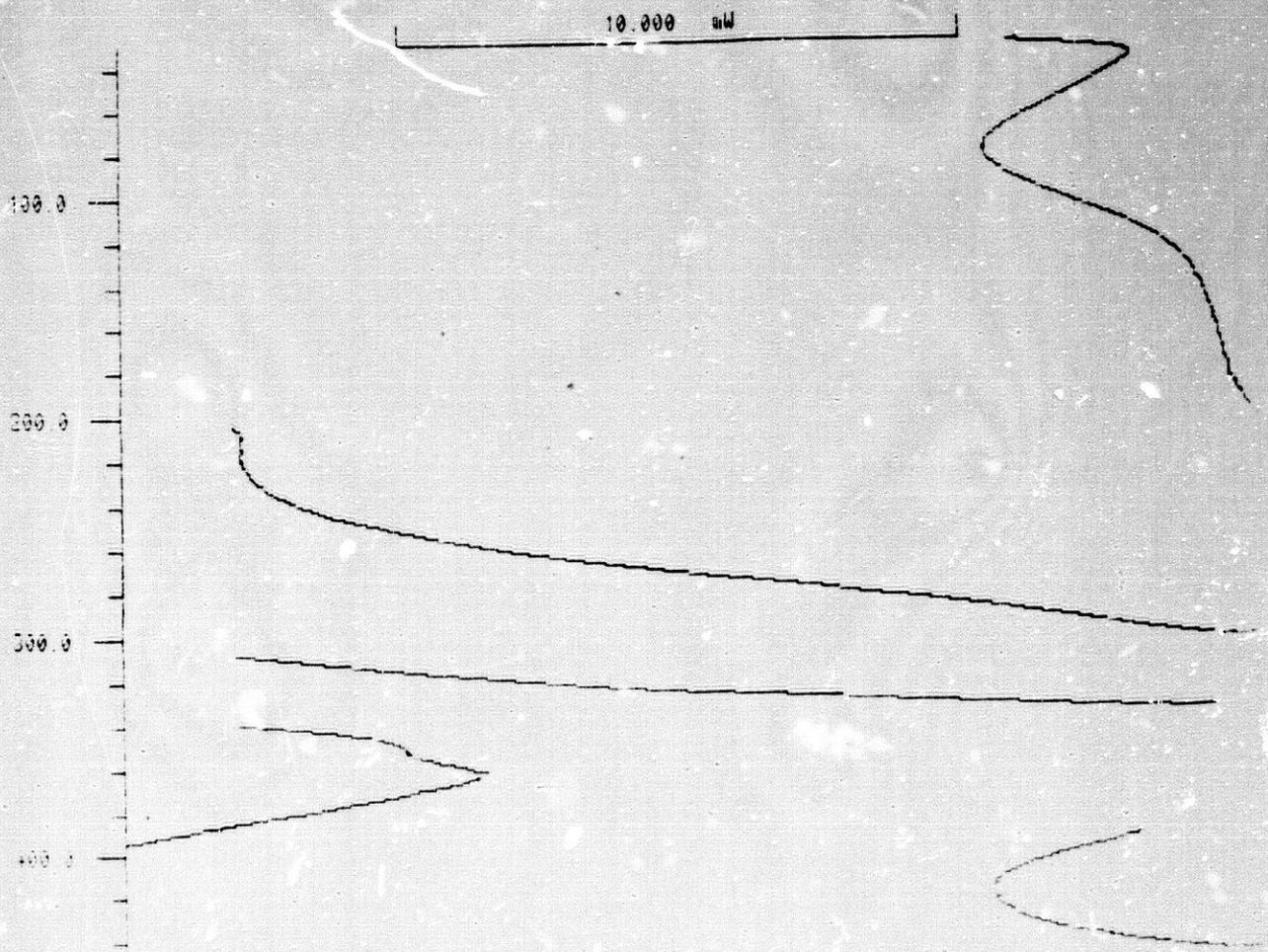
16-FEB-87 15:48

SCAN PARAMETERS
START TEMP. °C 30
RATE K/MIN. 10
END TEMP. °C 500
TIME ISO. MIN. 0
PLOT CM 15
RANGE 10 20
OFFSET %/0 80
PAN TYPE 1/2 1
SCREEN
DYN/ISO 1/2 1
START 30
END 500
BASELINE TYPE 1
PLOT CM 10
PLOT MODE 1

IDENT. NO. 20
WEIGHT mg 5.56

TEMPERATURE °C

HEAT FLOW
EXOTHERMAL-->

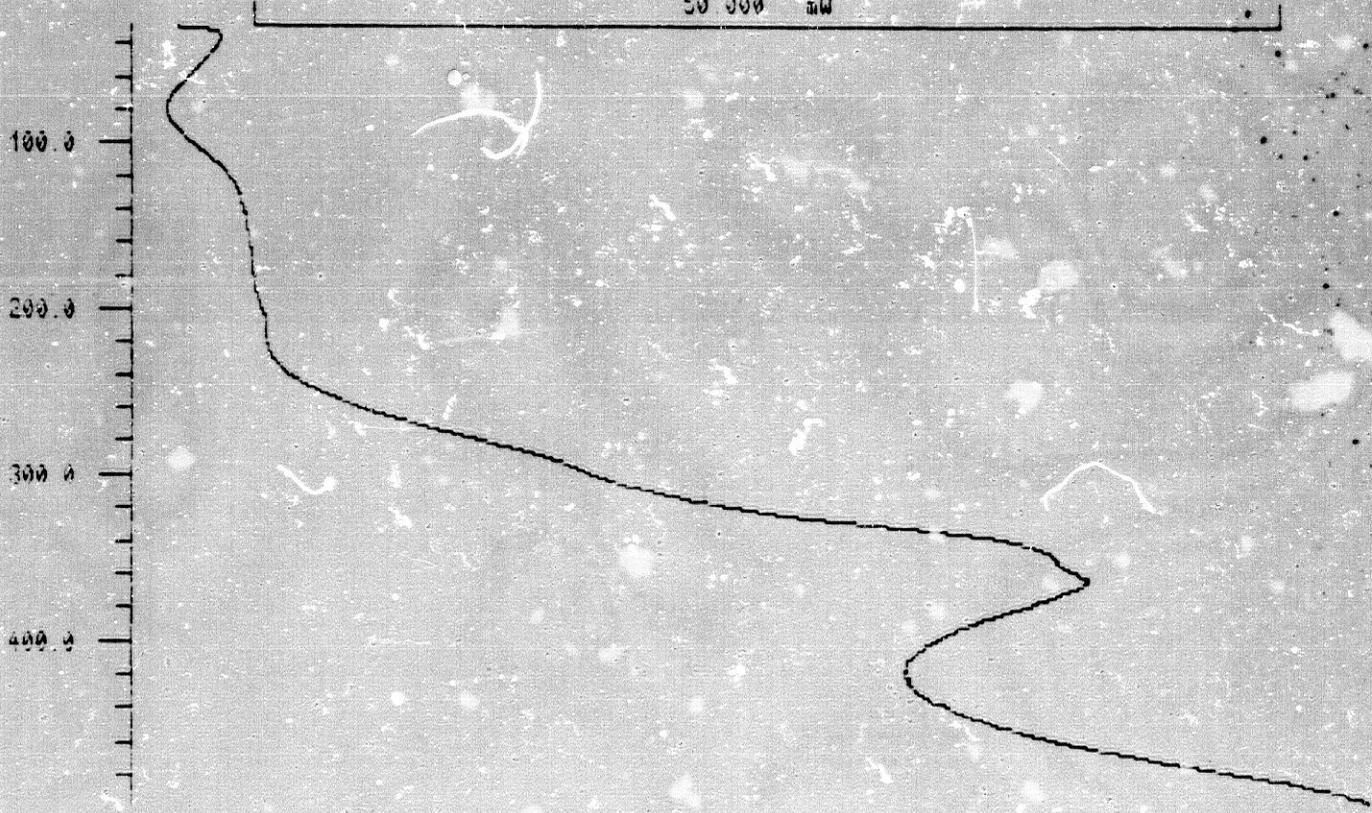


END TEMP. °C 496.6

TEMPERATURE °C

HEAT FLOW
EXOTHERMAL -->

50 000 mW



***** METTLER TA3000 SYSTEM *****

S C R E E N

16-FEB-87 16:55

SCAN PARAMETERS
START TEMP. °C 30
RATE K/MIN. 10
END TEMP. °C 500
TIME ISO. MIN. 0
PLOT CM 0
PAN TYPE 1/2 1
SCREEN
DYN/ISO 1/2 1
START 30
END 500
BASELINE TYPE 1
PLOT CM 10
PLOT MODE 1

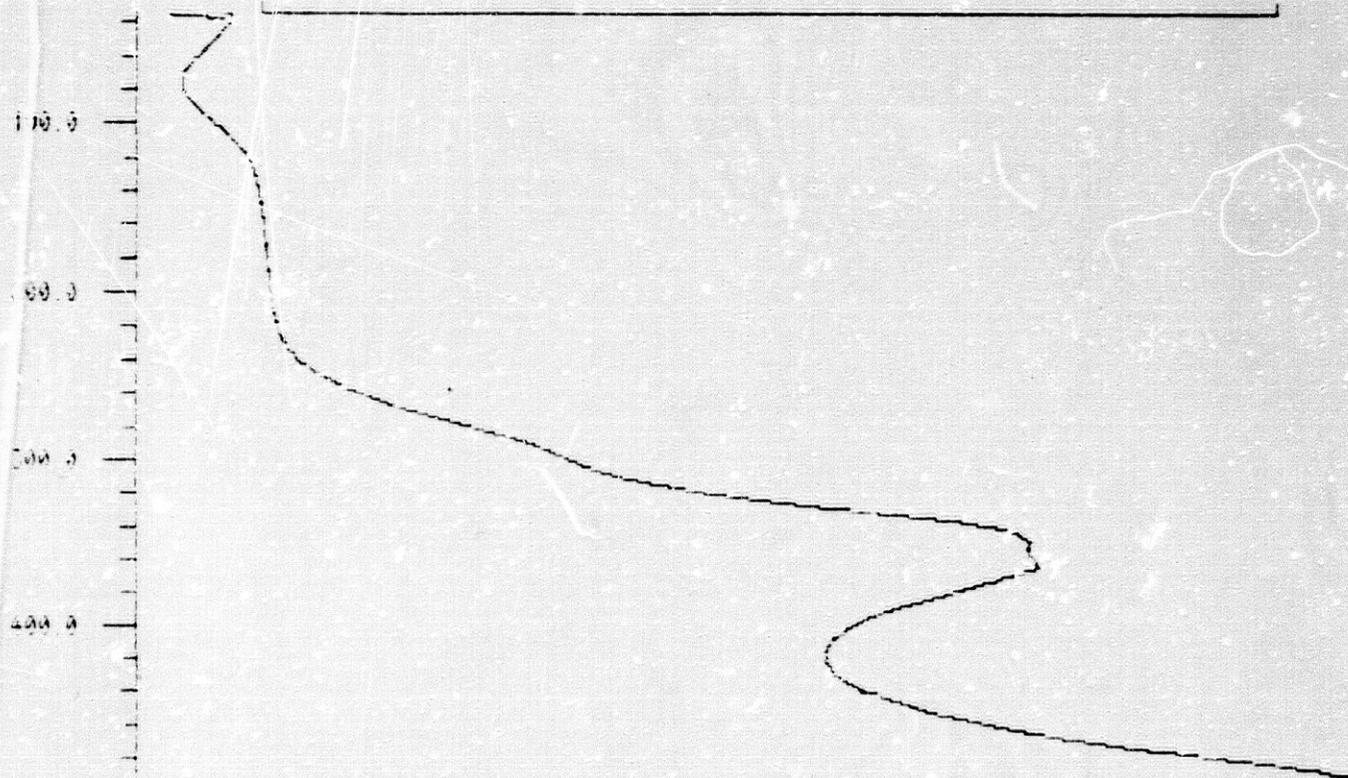
IDENT. NO. 21
WEIGHT mg 4.97

END TEMP. °C 496.5

TEMPERATURE °C

HEAT FLOW
EXOTHERMAL-->

50.000 mW



2-CHOPO (Populus alba).

Es de un gran valor ornamental. Comúnmente se le llama Alamo Blanco y se desarrolla muy bien en las zonas templadas; su rápido crecimiento facilita mucho sus plantaciones.

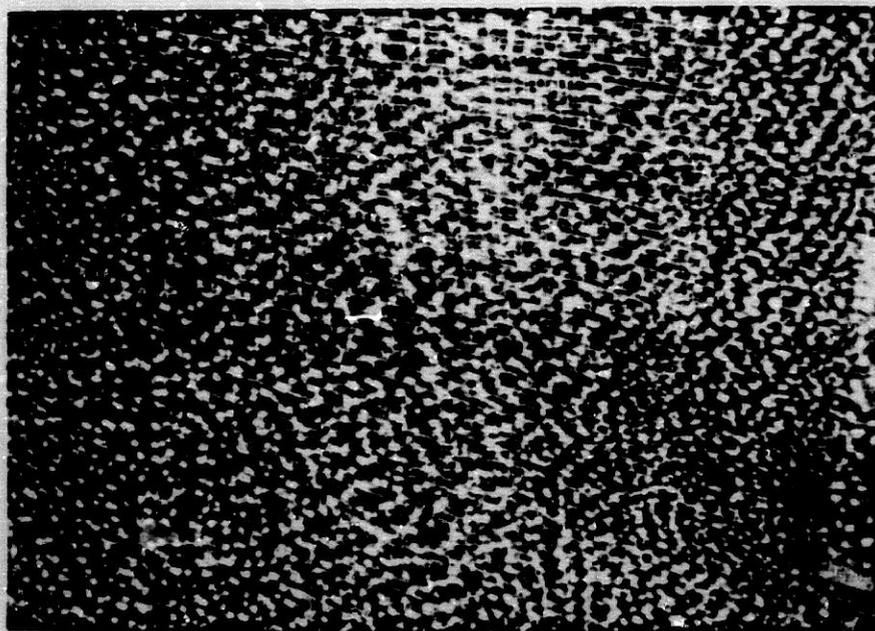
Su madera seca bien aunque no es de gran dureza (68), no obstante es apta para disponer en laminados, también se utiliza en ebanistería y en estructuras ligeras; produce además buenos rendimientos para la fabricación de pulpa de papel.

Su madera de color claro se ha utilizado con fines pictóricos(69).

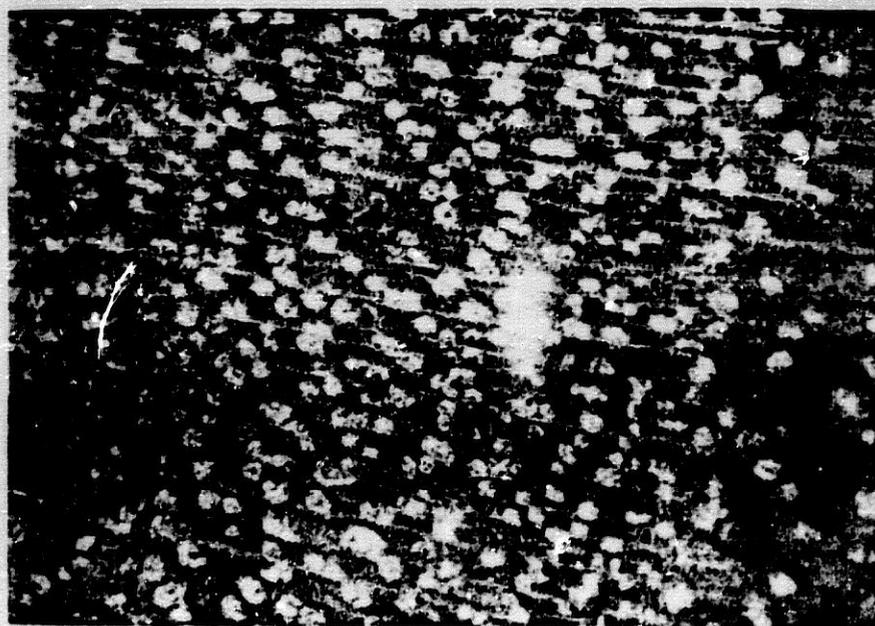
Suele alcanzar una altura de treinta metros, las hojas varían en sus tamaños, según se trate de ramas viejas o nuevas, las últimas poseen hojas lobuladas y de gran tamaño.

Es abundante en Europa Central, así como en Asia, este árbol aparece además en toda la Península, también en el norte de África.

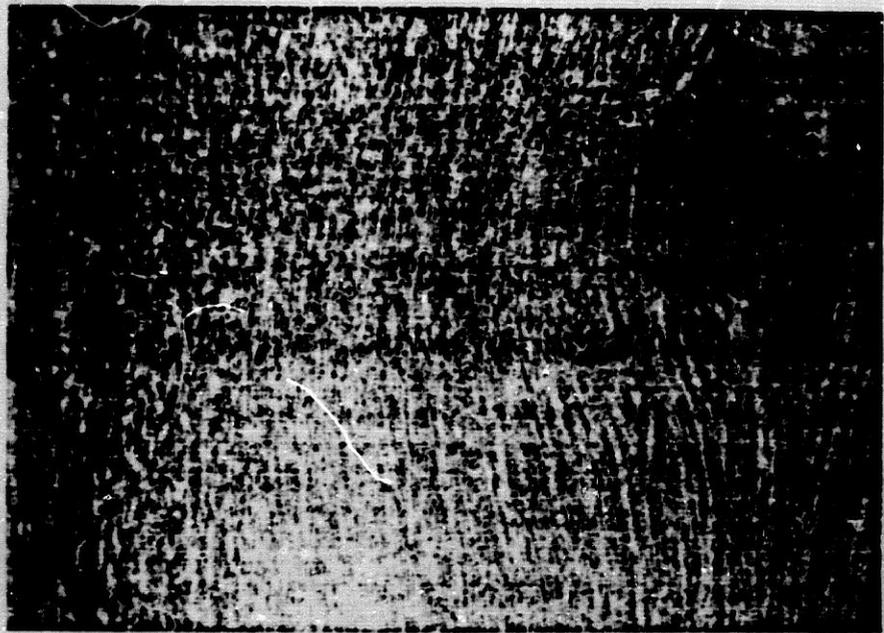
Su crecimiento es rápido y se desarrolla completamente a los 70 u 80 años.



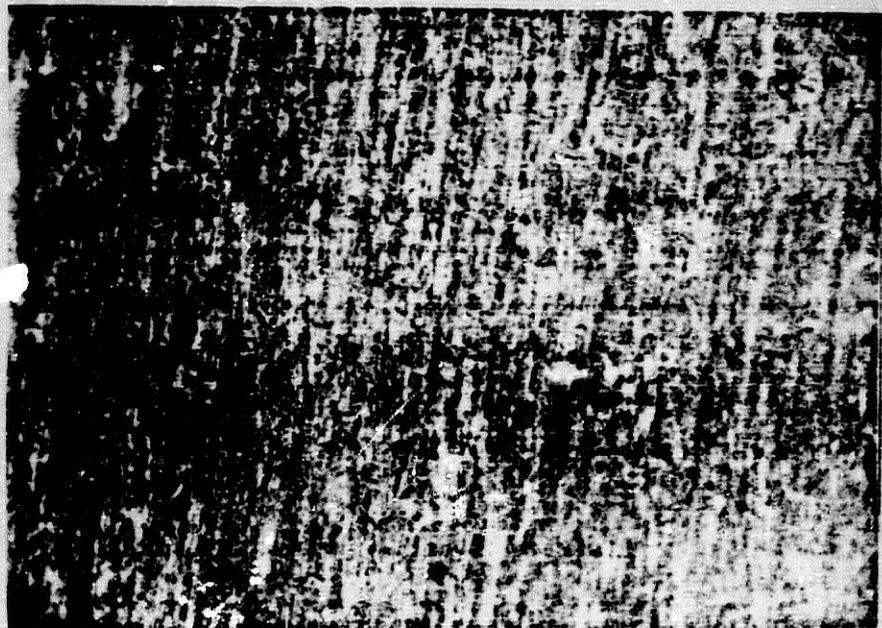
CHOPO; Sección Transversal X 54.



CHOPO; Sección Transversal X 170.



CHOPQ; Sección Tangencial X 54.



CHOPQ; Sección Tangencial X 170.

S C R E E N

16-FEB-87 18:05

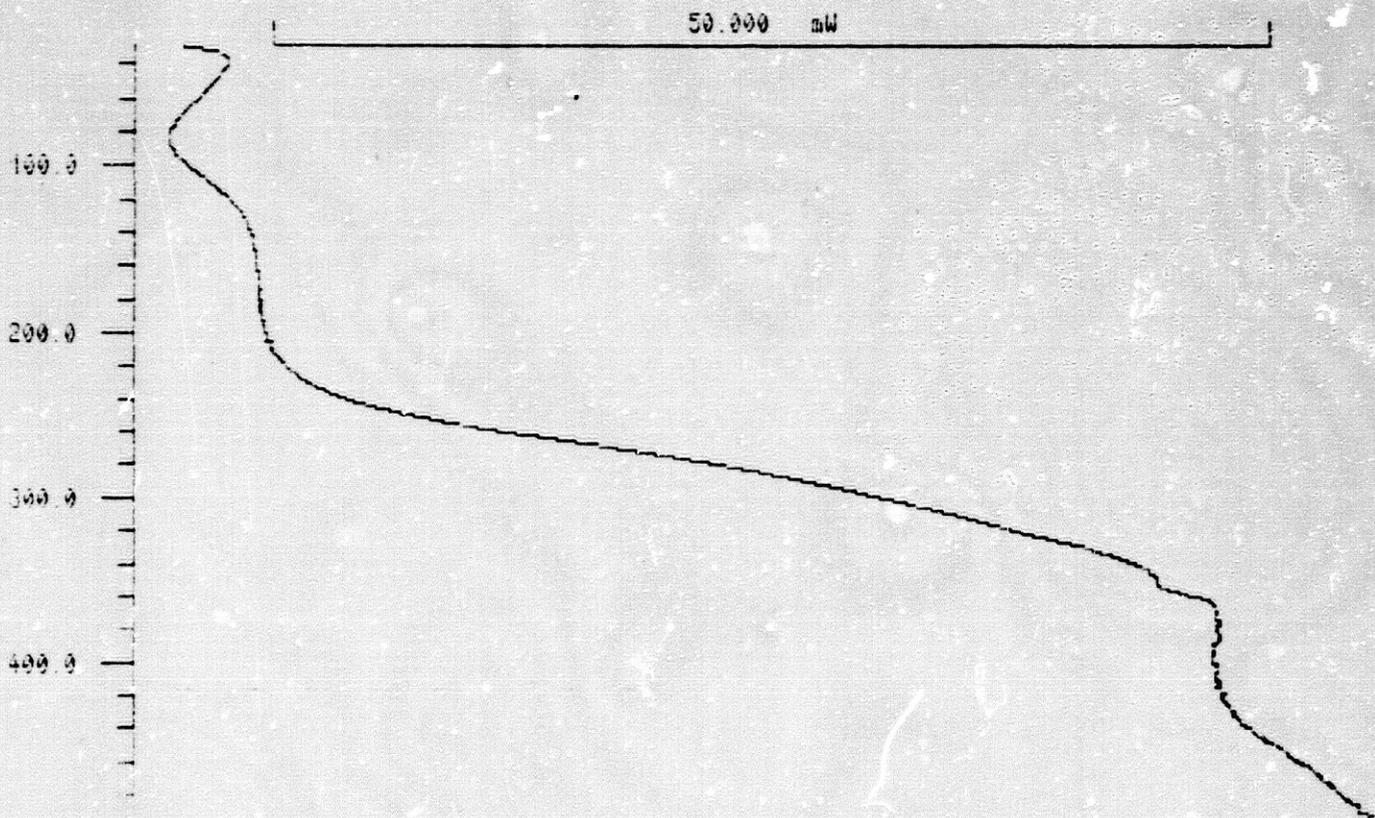
SCAN PARAMETERS
START TEMP. °C 30
RATE K/MIN. 10
END TEMP. °C 500
TIME ISO. MIN. 0
PLOT CM 0
PAN TYPE 1/2 1
SCREEN
DYN/ISO 1/2 1
START 30
END 500
BASELINE TYPE 1
PLOT CM 10
PLOT MODE 1

IDENT. NO. 22
WEIGHT mg 6.67

END TEMP. °C 496.6

TEMPERATURE °C

HEAT FLOW
EXOTHERMAL-->



S C R E E N

16-FEB-87 19:11

SCAN PARAMETERS

START TEMP. °C	30
RATE K/MIN.	10
END TEMP. °C	500
TIME ISO. MIN.	0
PLOT CM	0
FAN TYPE 1/2	1
SCREEN	
DYN/ISO 1/2	1
START	30
END	500
BASELINE TYPE	1
PLOT CM	10
PLOT MODE	1
IDENT. NO.	23

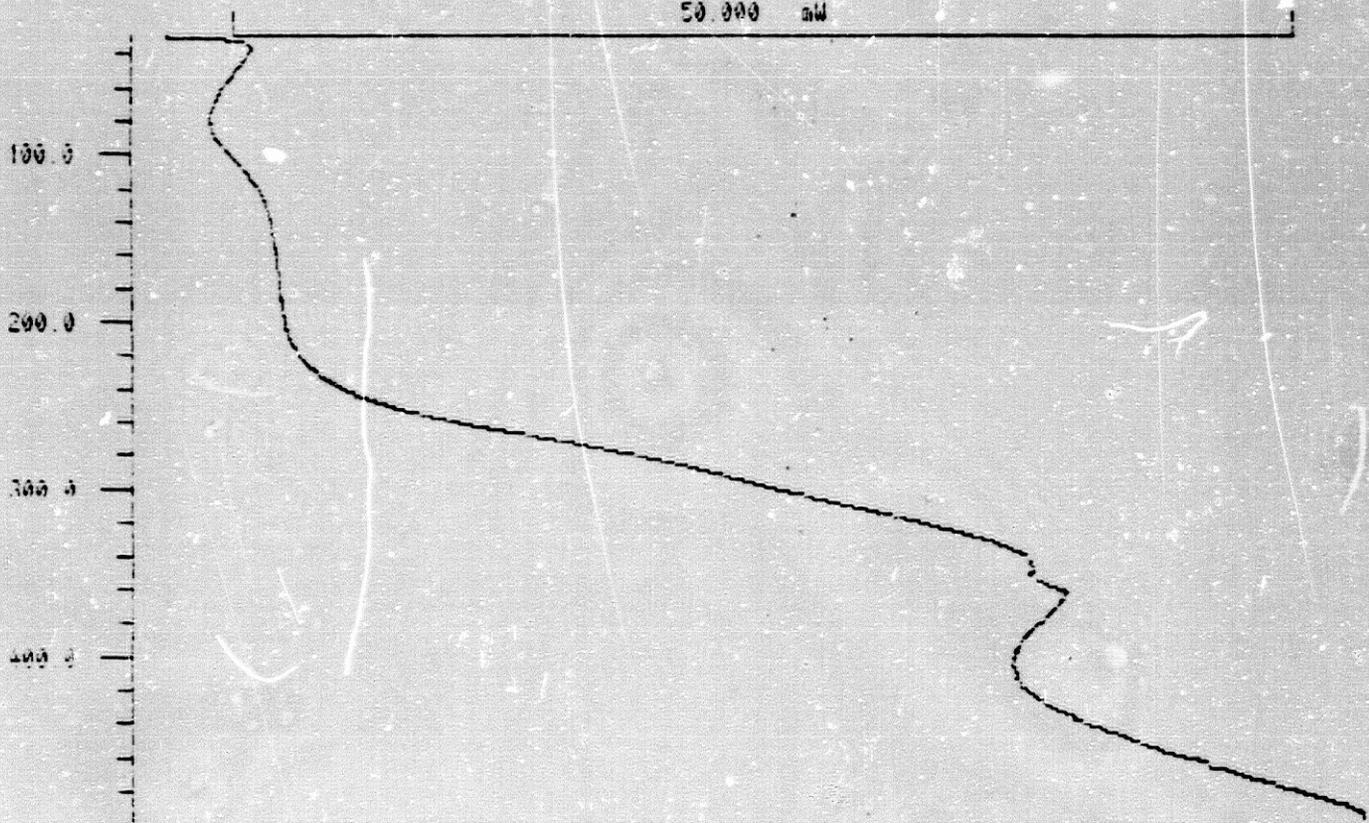
END TEMP. °C

496.6

TEMPERATURE °C

HEAT FLOW
EXOTHERMAL-->

50.000 mW



***** METTLER TA3000 SYSTEM *****

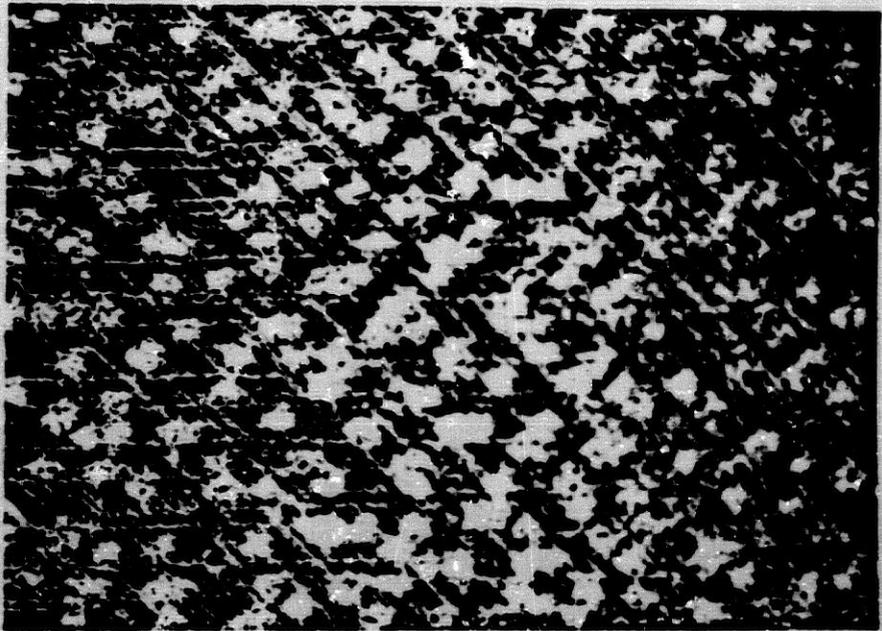
3-EUCALIPTO (Eucalyptus globulus).

Su tronco es recto, la corteza externa tiende a desprenderse.

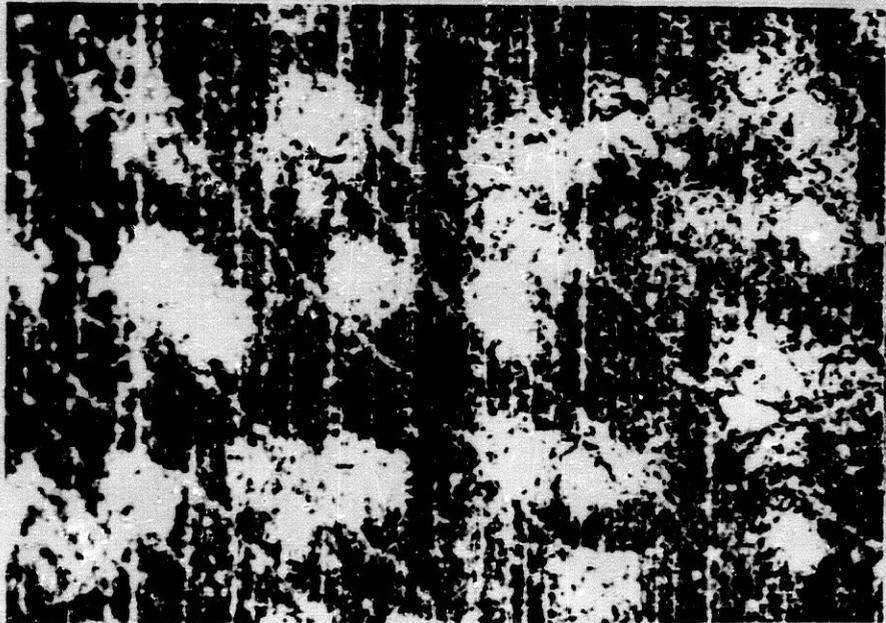
Su madera es de color rosa amarillento aunque también aparece con distintas variantes o matices más o menos intensos, sus anillos anuales son gruesos, en los árboles viejos la madera es pesada. Si se secan muy rápidamente es posible que se resquebrajen, si se asierra la madera esta seca rápidamente, se la suele utilizar para entarimados. Su pulpa es muy apreciada para la fabricación de papel y tableros de fibras, sus plantaciones masivas terminan dejando la tierra en que se desarrolla totalmente estéril, en España se ha abusado en otras épocas cultivándolo inmoderadamente.

Aunque originario de Australia, ha sido plantado en muchos otros lugares, Brasil, Chile, Ecuador, Portugal, EE.UU., Rodesia. En España las principales repoblaciones se centran en Asturias, Vizcaya, Huelva, Santander y Galicia. Se comporta muy bien en suelos silíceos frescos y húmedos.

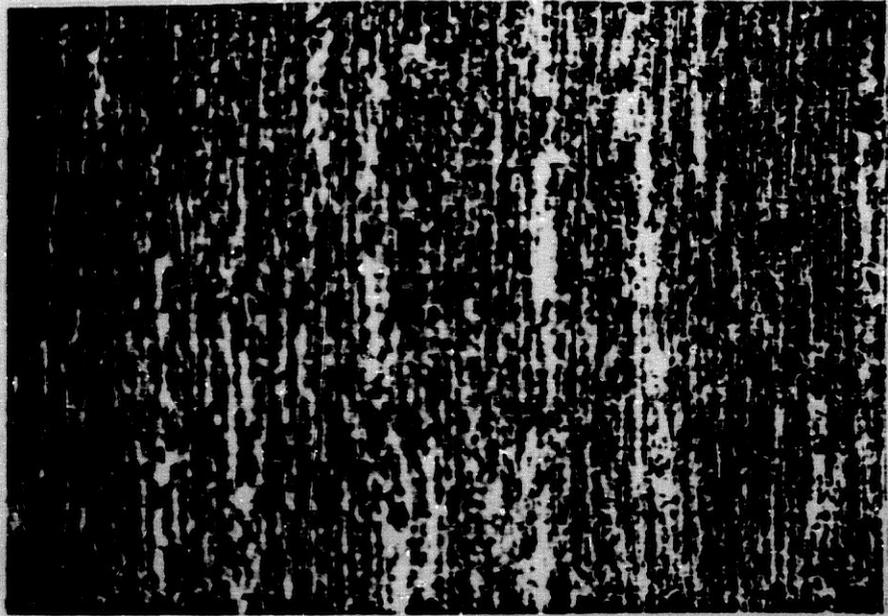
Se le conoce con distintos nombres: Blane Eukalyptus, Blaugummibaum (Alemania), Eucalitto blu, Eucalitto globuloso (Italia), etc.



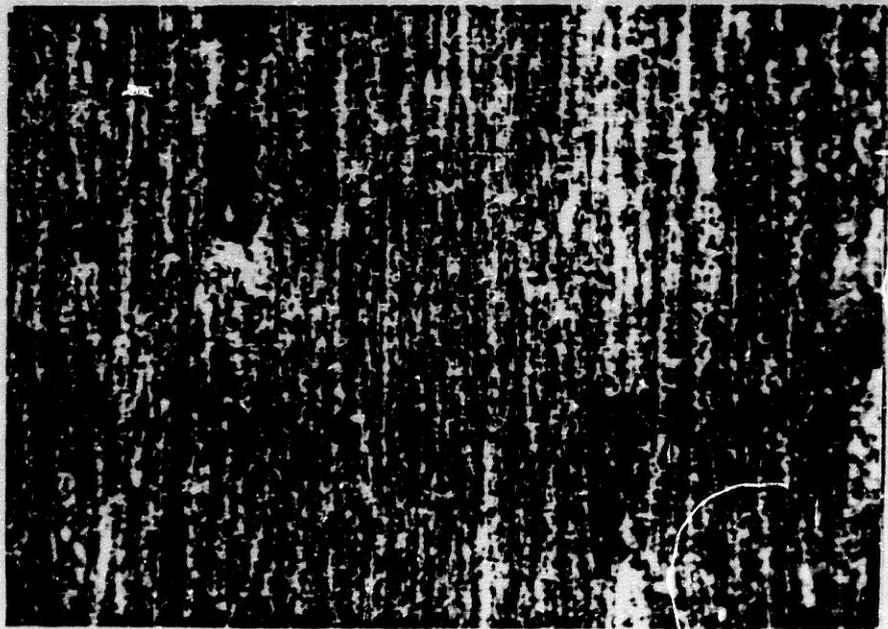
EUCALIPTO; Sección Transversal X 54.



EUCALIPTO; Sección Transversal X 170.



EUCALIPTO; Sección Tangencial X 54.



EUCALIPTO; Sección Tangencial X 170.

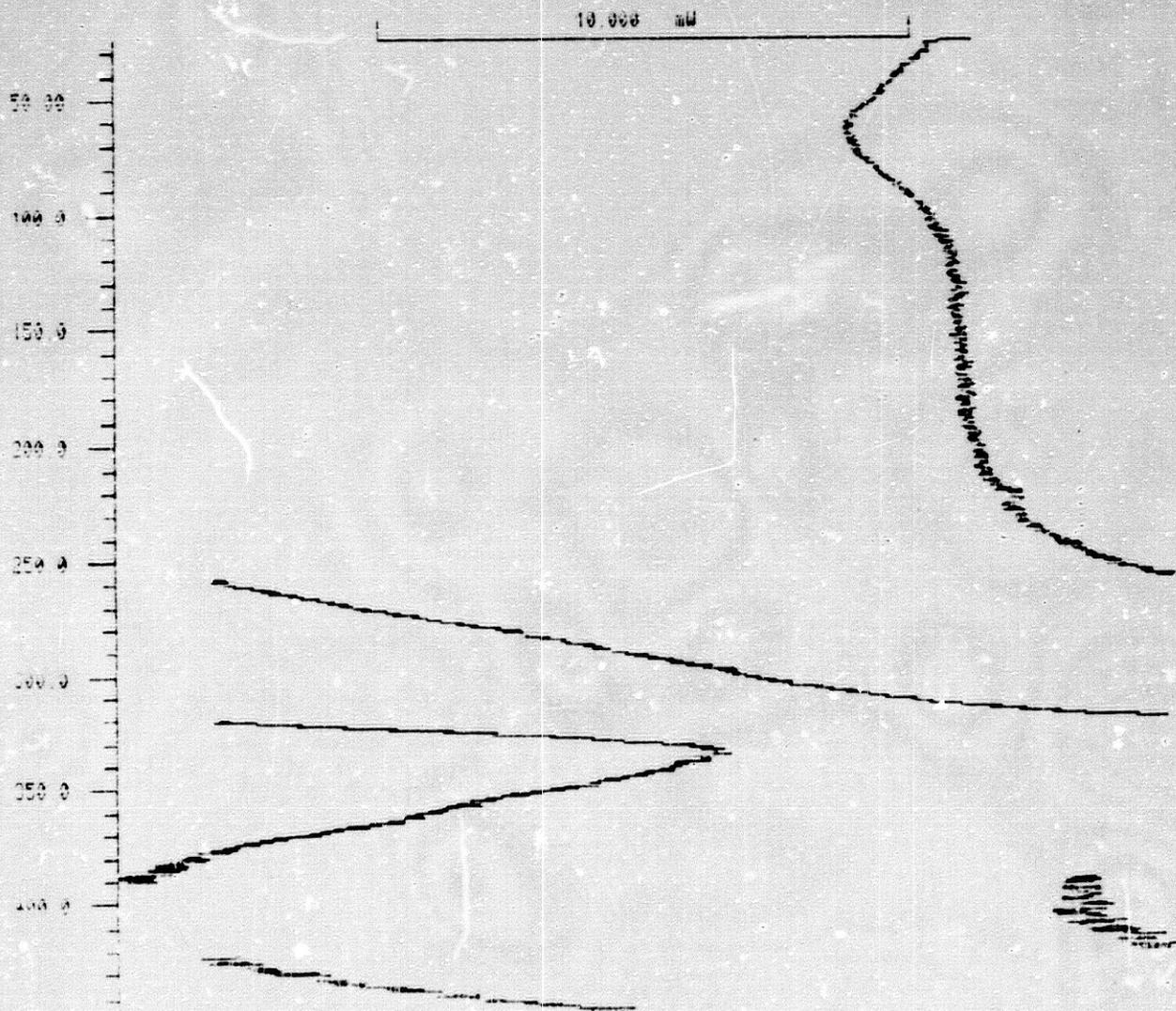
S C R E E N

19-MAY-87 10:28

SCAN PARAMETERS		
START TEMP. °C		25
RATE K/MIN.		10
END TEMP. °C		450
TIME ISO. MIN.		0
PLOT CM		15
RANGE FS μ W		20
OFFSET %		60
PAN TYPE	1/2	1
SCREEN		
DYN/ISO	1/2	1
START		25
END		450
BASELINE TYPE		1
PLOT CM		10
PLOT MODE		1
IDENT. NO.		24
WEIGHT μ G		3.26

TEMPERATURE °C

HEAT FLOW
EXOTHERMAL-->

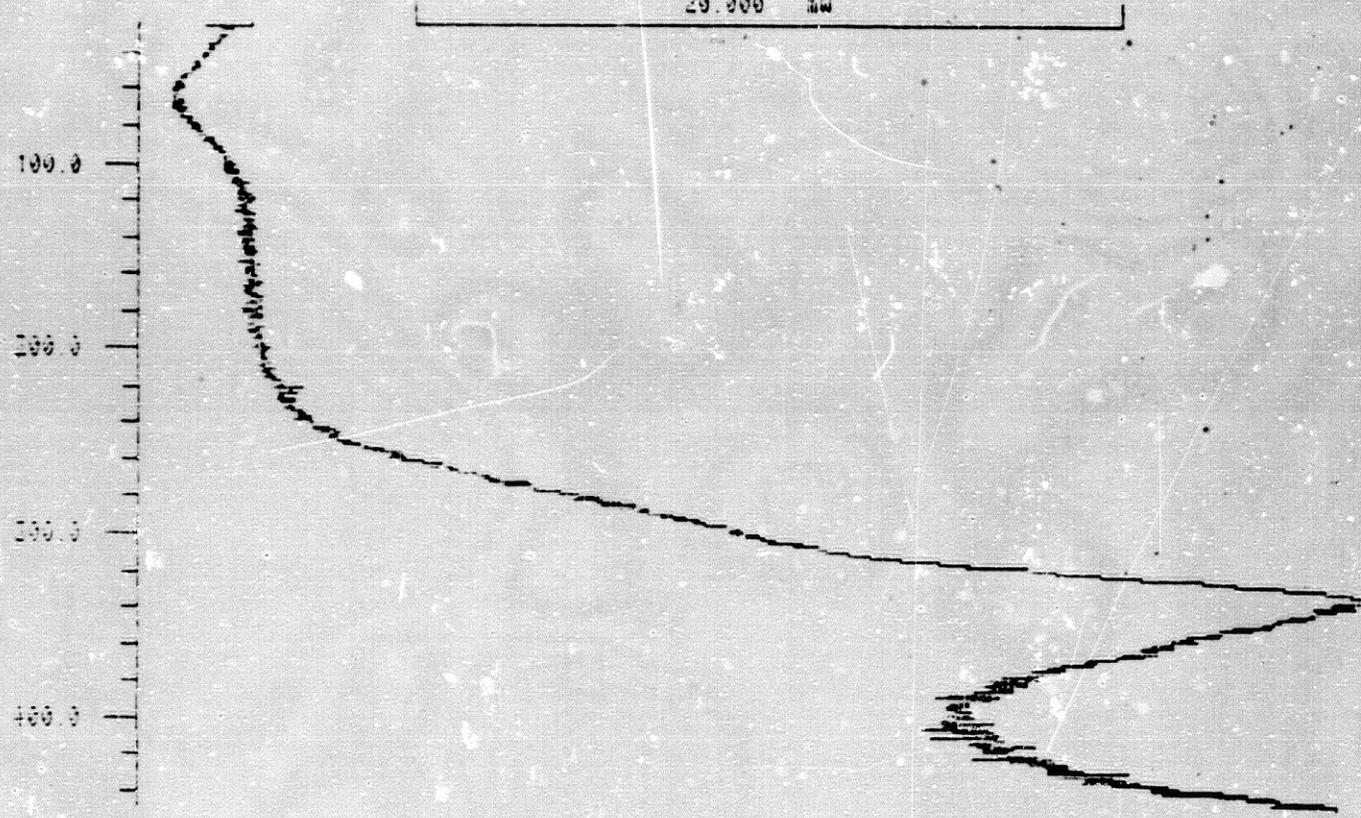


END TEMP. °C 447.5

TEMPERATURE °C

HEAT FLOW
EXOTHERMAL-->

29.000 mW



***** METTLER TA3000 SYSTEM *****

S C R E E N

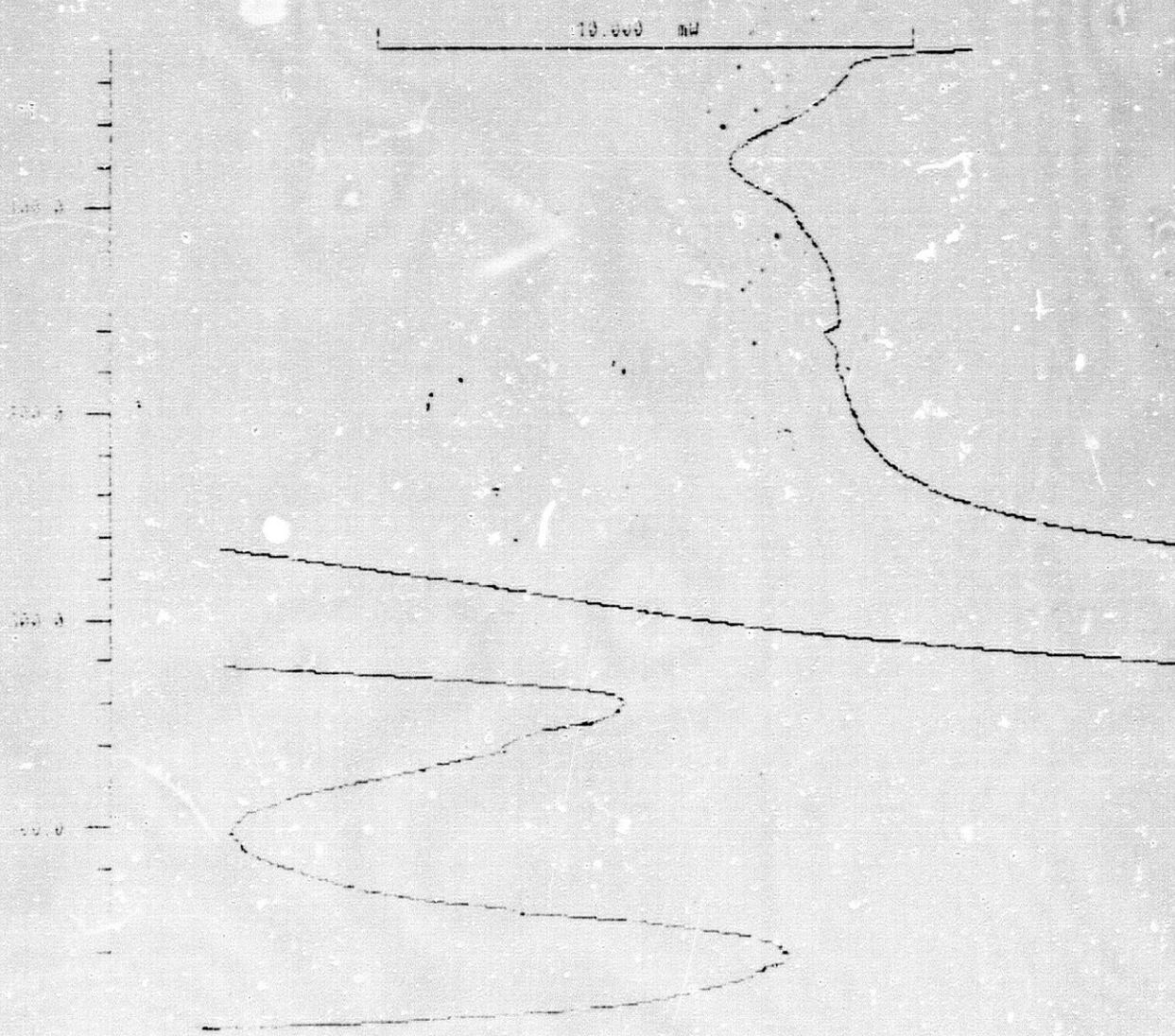
6-MAY-87

12:04

SCAN PARAMETERS		
START TEMP. °C		25
RATE K/MIN.		10
END TEMP. °C		500
TIME ISO. MIN.		0
PLOT CM		15
RANGE FS mW		20
OFFSET %		80
FAN TYPE	1/2	1
SCREEN		
DYN/ISO	1/2	1
START		25
END		500
BASELINE TYPE		1
PLOT CM		10
PLOT MODE		1
IDENT. NO.		35
WEIGHT mg		3.37

TEMPERATURE °C

HEAT FLOW
EXOTHERMAL-->



TEMPERATURE °C

HEAT FLOW
EXOTHERMAL --

20.000 mW



***** HEITLER TABOO SYSTEM *****

4-HAYA (*Fagus sylvatica*).

Su tronco es largo y recto, ya que se ramifica a gran altura; su corteza de color verdoso o pardo (en los viejos ejemplares) es delgada y lisa y no suele resquebrajarse.

Su madera es blanca o de color tierra claro, con un aserrado tangencial se deja aparecer un dibujo de punteado claramente apreciable y al mismo tiempo diferenciador de otras especies.

Tiene una textura uniforme y peso medio, aparte de su dureza (70) es fácil de trabajar y se puede torneear y curvar bien, aunque seca rápida, siempre mantiene grandes cambios de volumen (71) con las variaciones de temperatura y humedad.

Las hojas jóvenes mantienen un color verde claro, aunque más tarde tienden a oscurecerse; este árbol llega a alcanzar una altura de 30 m

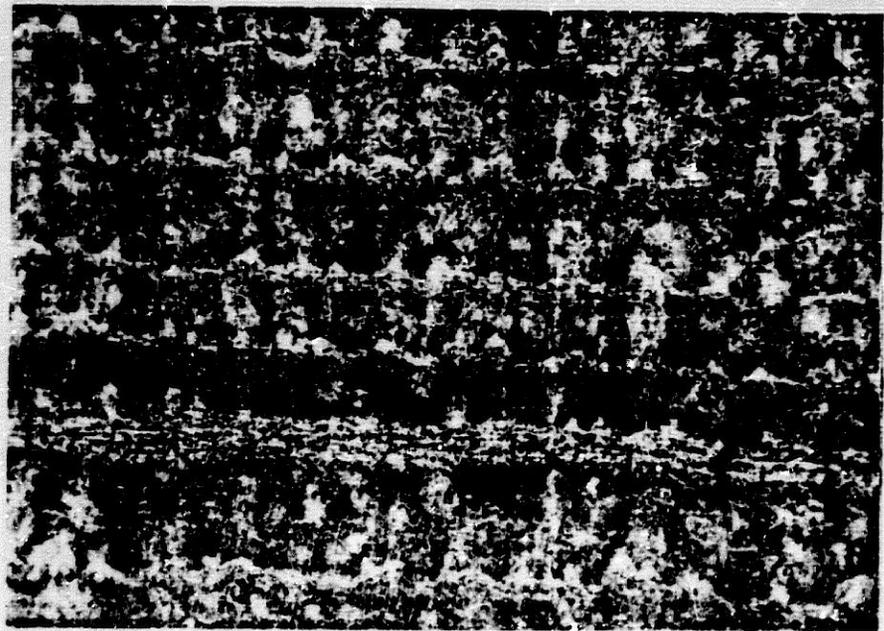
A simple vista se observa claramente la diferencia entre la albura y el duramen.

Abunda en Europa y Asia Menor, en la Península Ibérica aparece en Navarra, León, Santander, Cataluña, Burgos, de forma generalizada.

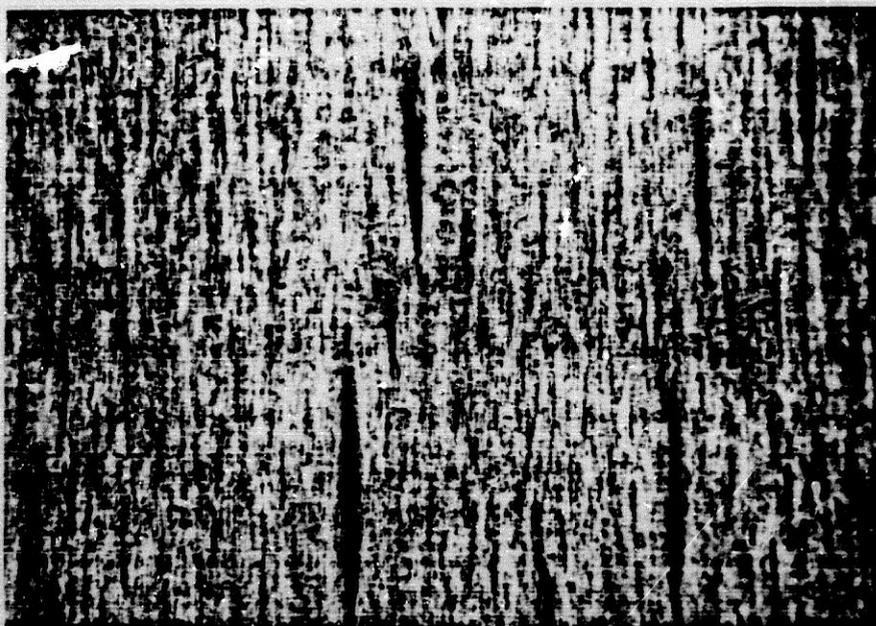
La pintura al temple de los siglos XII y XIII se basa principalmente en esta madera, localizándose especialmente en el sur de Alemania.



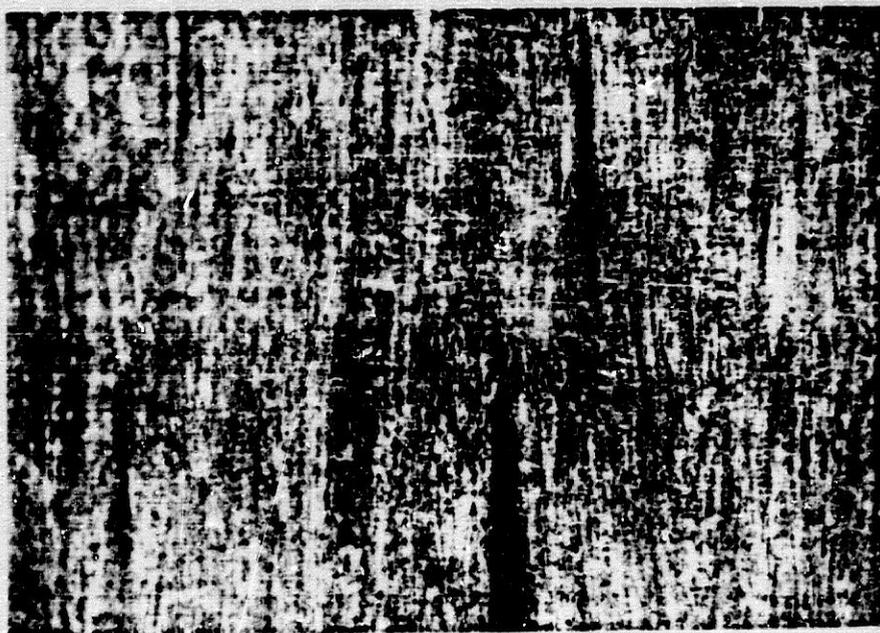
HAYA; Sección Transversal X 54.



HAYA; Sección Transversal X 170.



HAYA; Sección Tangencial X 54.



HAYA; Sección Tangencial X 170.

S C R E E N

19-MAY-87

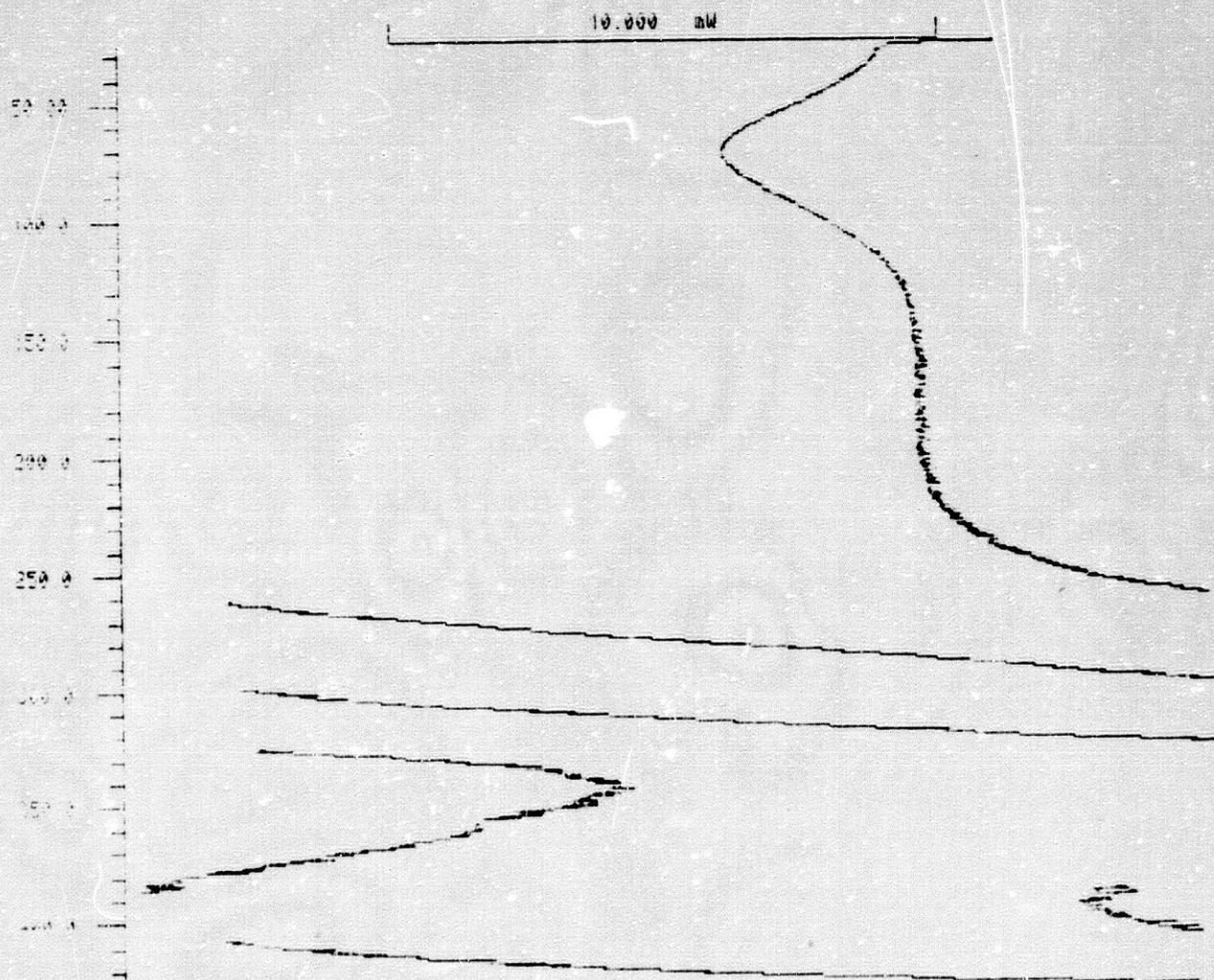
9:00

SCAN PARAMETERS

START TEMP. °C	25
RATE K/MIN.	10
END TEMP. °C	450
TIME ISO. MIN.	0
PLOT CM	15
RANGE FS mW	20
OFFSET %	80
PAN TYPE 1/2	1
SCREEN	
DYN/ISO 1/2	1
START	25
END	450
BASELINE TYPE	1
PLOT CM	10
PLOT MODE	1
IDENT. NO.	26
WEIGHT mg	5.47

TEMPERATURE °C

HEAT FLOW
EXOTHERMAL -->



END TEMP. °C 447.5

TEMPERATURE °C

HEAT FLOW
EXOTHERMAL-->

50.000 mW



***** METTLER TA3000 SYSTEM *****

***** METTLER TA3000 SYSTEM *****

S C R E E N

18-MAY-87 14:40

SCAN PARAMETERS

START TEMP. °C	25
RATE K/MIN.	10
END TEMP. °C	450
TIME ISO. MIN.	0
PLOT CM	15
RANGE FS μ W	20
OFFSET %	80
PAN TYPE 1/2	1
SCREEN	
DYN/ISO 1/2	1
START	25
END	450
BASELINE TYPE	1
PLOT CM	10
PLOT MODE	1
IDENT. NO.	260
WEIGHT mg	5.27

TEMPERATURE °C

HEAT FLOW
EXOTHERMAL -->

10.000 mW

50.00

100.0

150.0

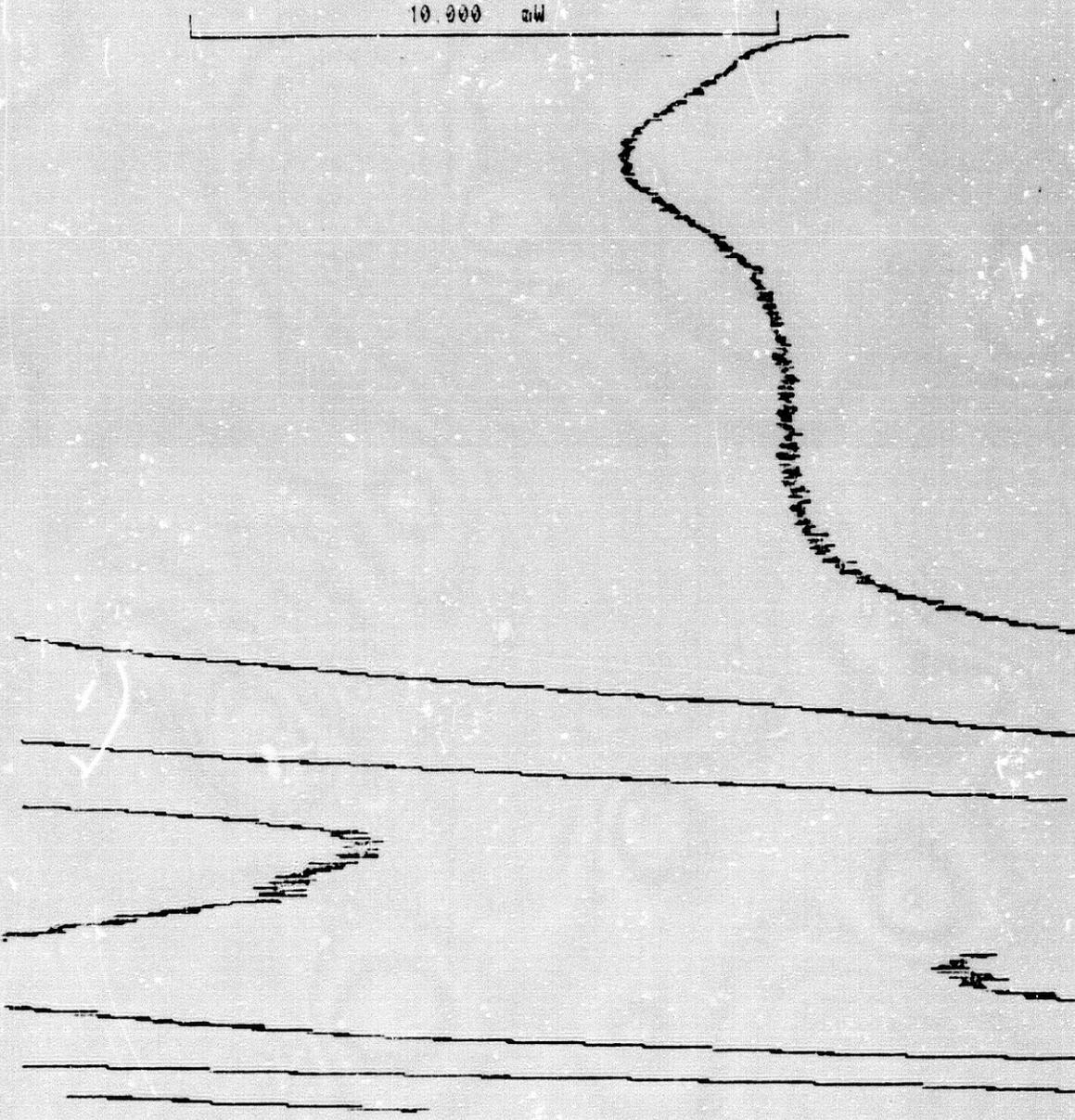
200.0

250.0

300.0

350.0

400.0



END TEMP. °C 447.5

TEMPERATURE °C

HEAT FLOW
EXOTHERMAL -->

50.000 mW



***** METTLER TAS000 SYSTEM *****

5-MORAL BLANCO (*Morus alba*).

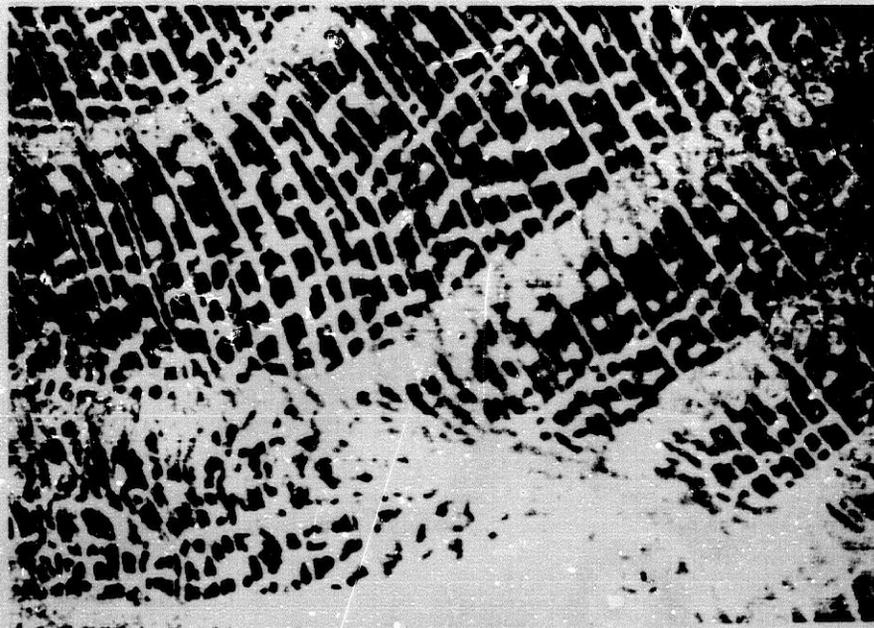
Sus hojas son dentadas; su corteza gris-clara; la madera de color amarillento y mantiene una textura heterogénea, los anillos anuales en su zona de primavera presentan un color marrón oscuro.

Es un árbol que una vez desarrollado resiste bien las inclemencias estacionales, sin embargo en su juventud necesita protegerse de los fríos.

Su madera es bastante flexible (72) por lo que es idónea para algunos usos artesanales que necesitan de esta característica, como por ejemplo en carretería y tonelería, para ebanistería llega a adquirir un bello pulimento.

Al Moral blanco también se le llama en España vulgarmente Morera. En Italia Moro bianco, en Francia Murier blanc, en Inglaterra Silkworm mulberry, etc.

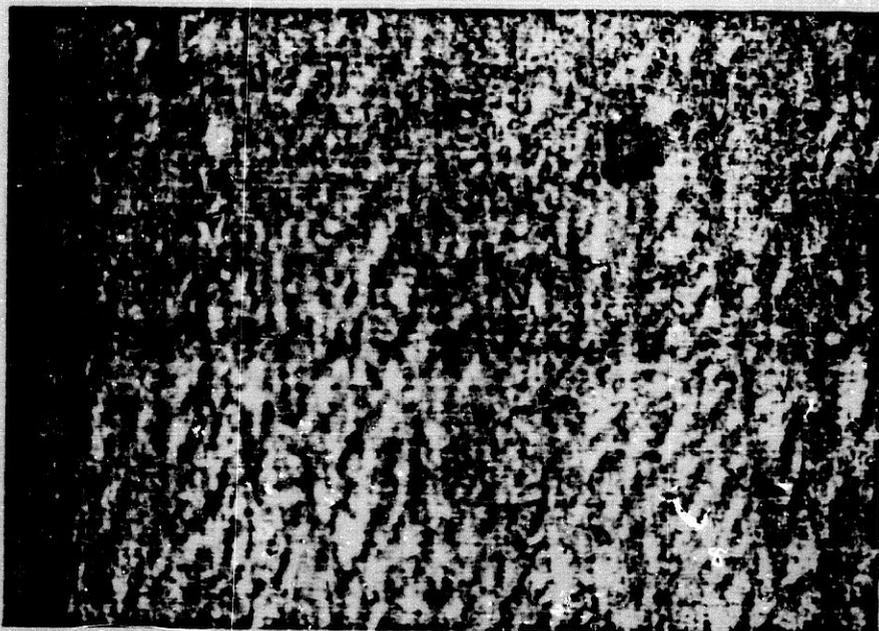
En pleno desarrollo puede superar los 15 metros de altura y los 3 metros de diámetro.



MORAL BLANCO; Sección Transversal X 54.



MORAL BLANCO; Sección Transversal X 170.



MORAL BLANCO; Sección Tangencial X 54.



MORAL BLANCO; Sección Tangencial X 170.

S C R E E N

18-MAY-87 15:55

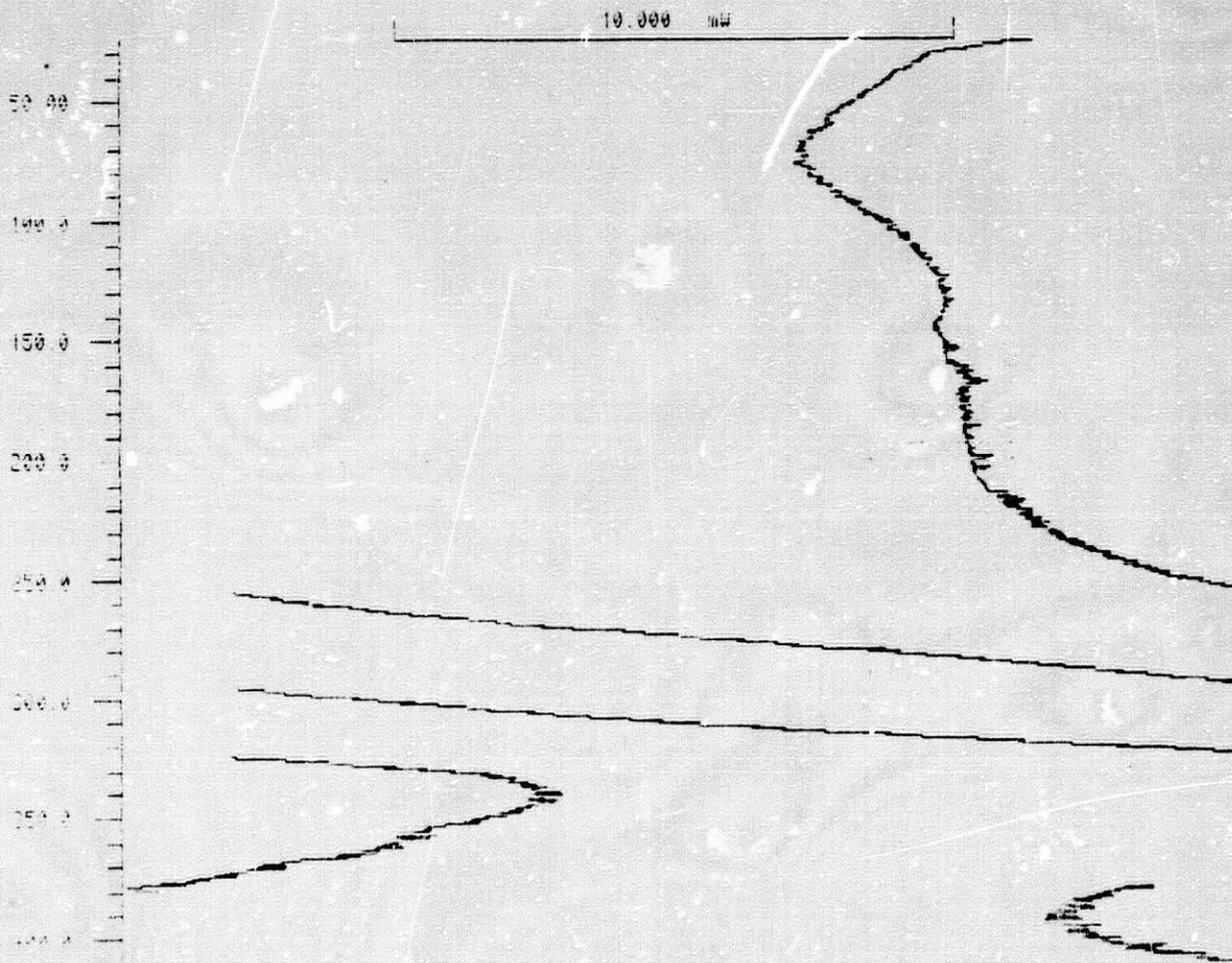
SCAN PARAMETERS

START TEMP. °C	25
RATE K/MIN.	10
END TEMP. °C	450
TIME ISO. MIN.	0
PLOT CM	15
RANGE FS mW	20
OFFSET %	80
PAN TYPE	1/2
SCREEN	
DYN/ISO	1/2
START	25
END	450
BASELINE TYPE	1
PLOT CM	10
PLOT MODE	1

IDENT. NO.	29
WEIGHT mg	6.37

TEMPERATURE °C

HEAT FLOW
EXOTHERMAL-->



END TEMP. °C

447.5

TEMPERATURE °C

HEAT FLOW
EXOTHERMAL-->

50.000 mW



S C R E E N

18-MAY-87 17:04

SCREEN
DYN/ISO 1/2 1
START 25
END 450
BASELINE TYPE 1
PLOT CM 10
PLOT MODE 1

IDENT N^o 290
WEIGHT mg 3137 °C 447.5
END TEMP.

TEMPERATURE °C

HEAT FLOW
EXOTHERMAL-->

50.000 mW



***** METTLER TAS500 SYSTEM *****

6-NOGAL (Juglans regia).

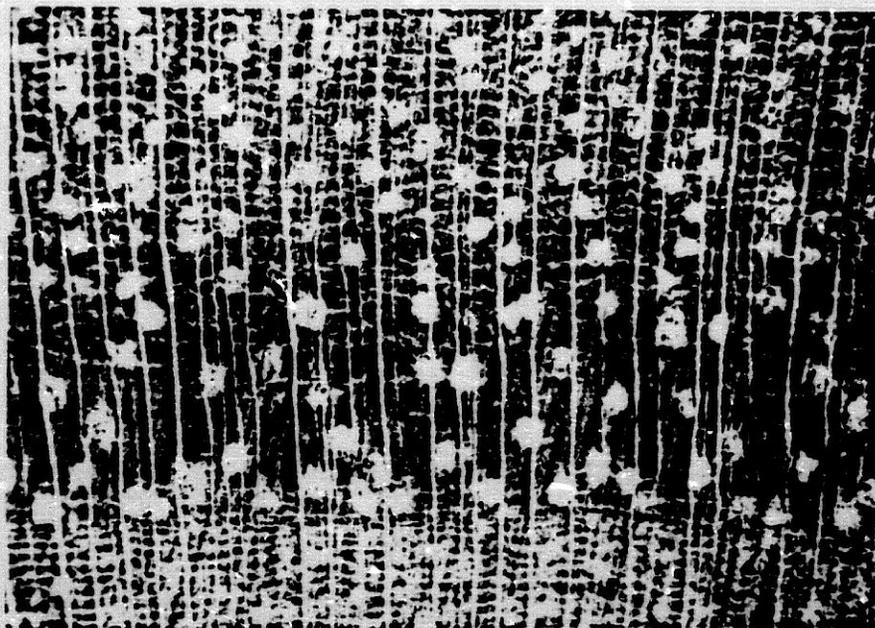
Sus raíces son robustas, su caña o fuste resulta recto y amplio. Su crecimiento es rápido sin embargo algunos ejemplares superan los dos siglos, a pesar de lo cual no resulta rentable prolongar su vida de los 100 años.

Su madera y su albura aparecen diferenciadas por el color, su secado es lento, pero cuando se estabiliza se suele mantener muy bien, sin cambios(73).

Es una de las maderas más decorativas que existen, por lo que resulta muy apreciada para ebanistería, si bien se ha utilizado mucho maciza, en la actualidad su alto precio condiciona una utilización de contrachapado.

El Nogal se encuentra muy extendido en la actualidad en el Sudeste de Europa y Asia Central, algunos investigadores lo sitúan originariamente en Persia y otros en China y Japón.

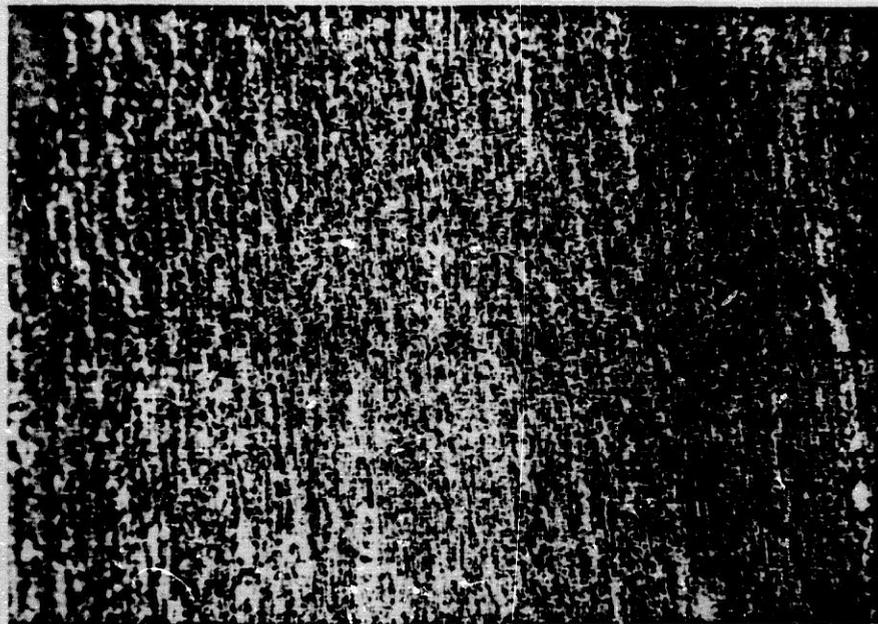
Se desarrolla bien en suelos calizos y silíceos aunque son óptimos los suelos fértiles, profundos y permeables, tiene problemas en lugares muy húmedos; puede alcanzar perfectamente alturas de 15 ó 20 metros.



NOGAL; Sección Transversal X 54.



NOGAL; Sección Transversal X 170.



NOGAL; Sección Tangencial X 54.



NOGAL; Sección Tangencial X 170.

SCREEN

18-MAY-87

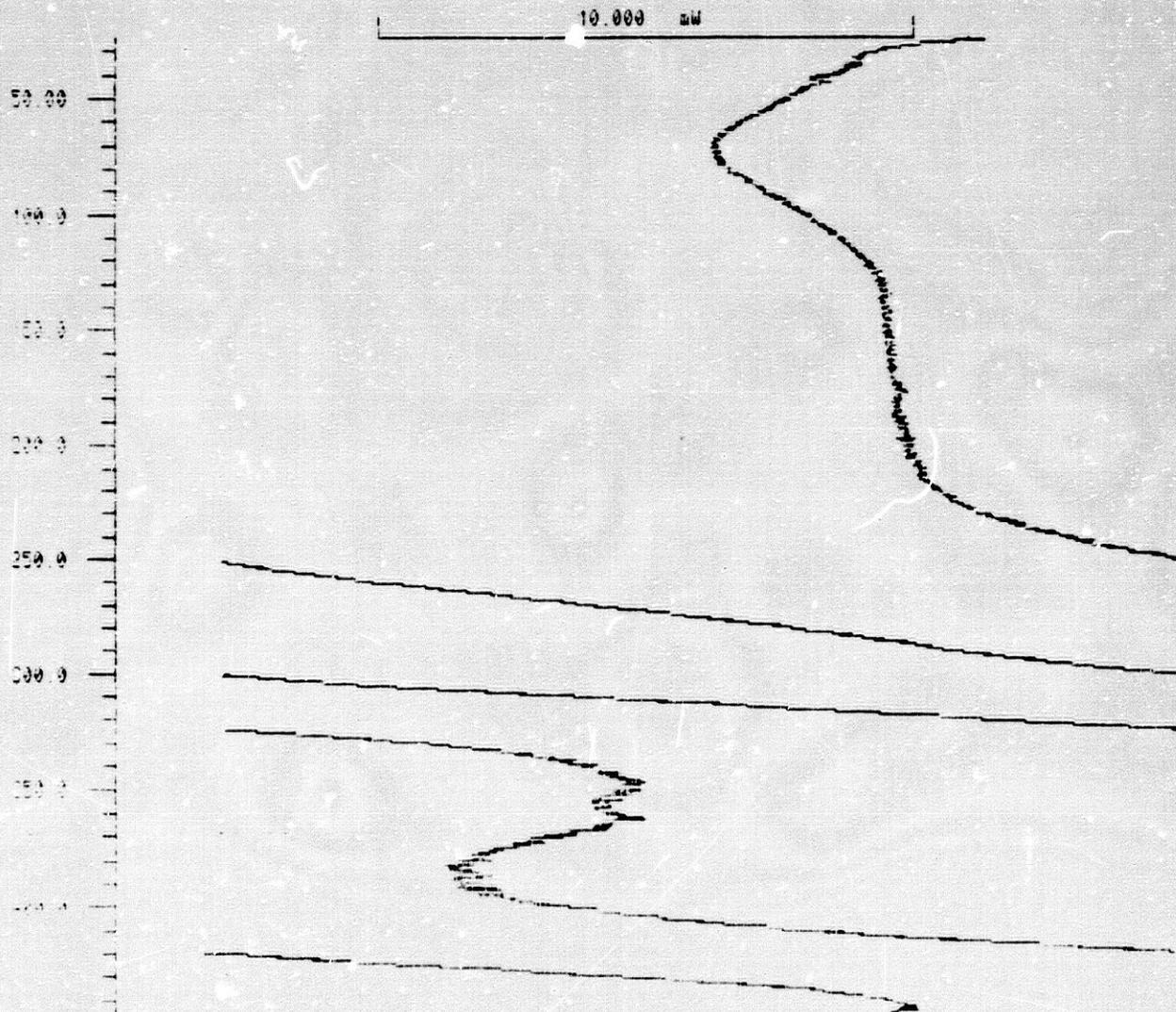
13:11

SCAN PARAMETERS

START TEMP. °C	25
RATE K/MIN.	10
END TEMP. °C	450
TIME ISO. MIN.	0
PLOT CM	15
RANGE FS mW	20
OFFSET %/0	80
PAN TYPE 1/2	1
SCREEN	
DYN/ISO 1/2	1
START	25
END	450
BASELINE TYPE	1
PLOT CM	10
PLOT MODE	1
IDENT. NO.	31
WEIGHT mg	5.73

TEMPERATURE °C

HEAT FLOW
EXOTHERMAL-->



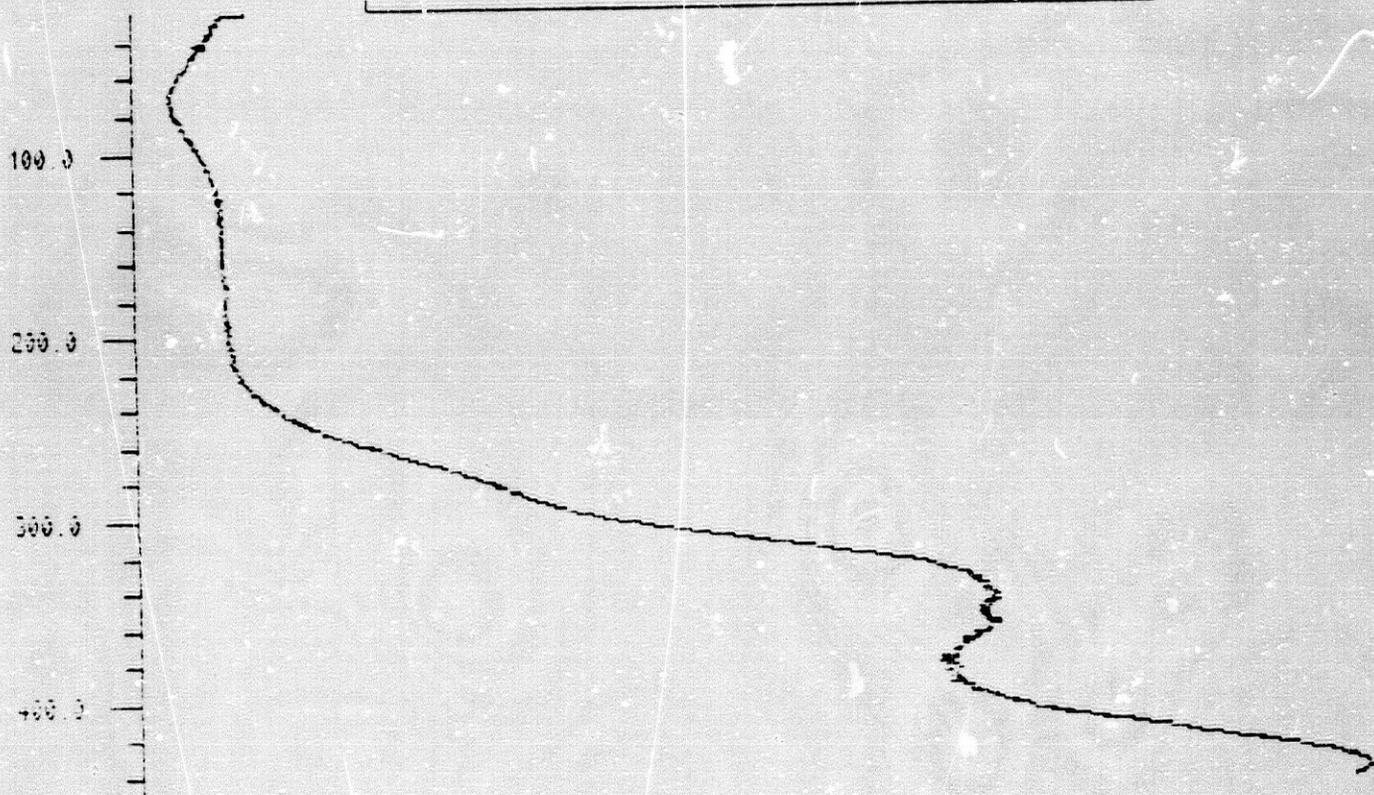
END TEMP. °C

447.5

TEMPERATURE °C

HEAT FLOW
EXOTHERMAL -->

50.000 mW



***** METTLER TAS000 SYSTEM *****

S C R E E N

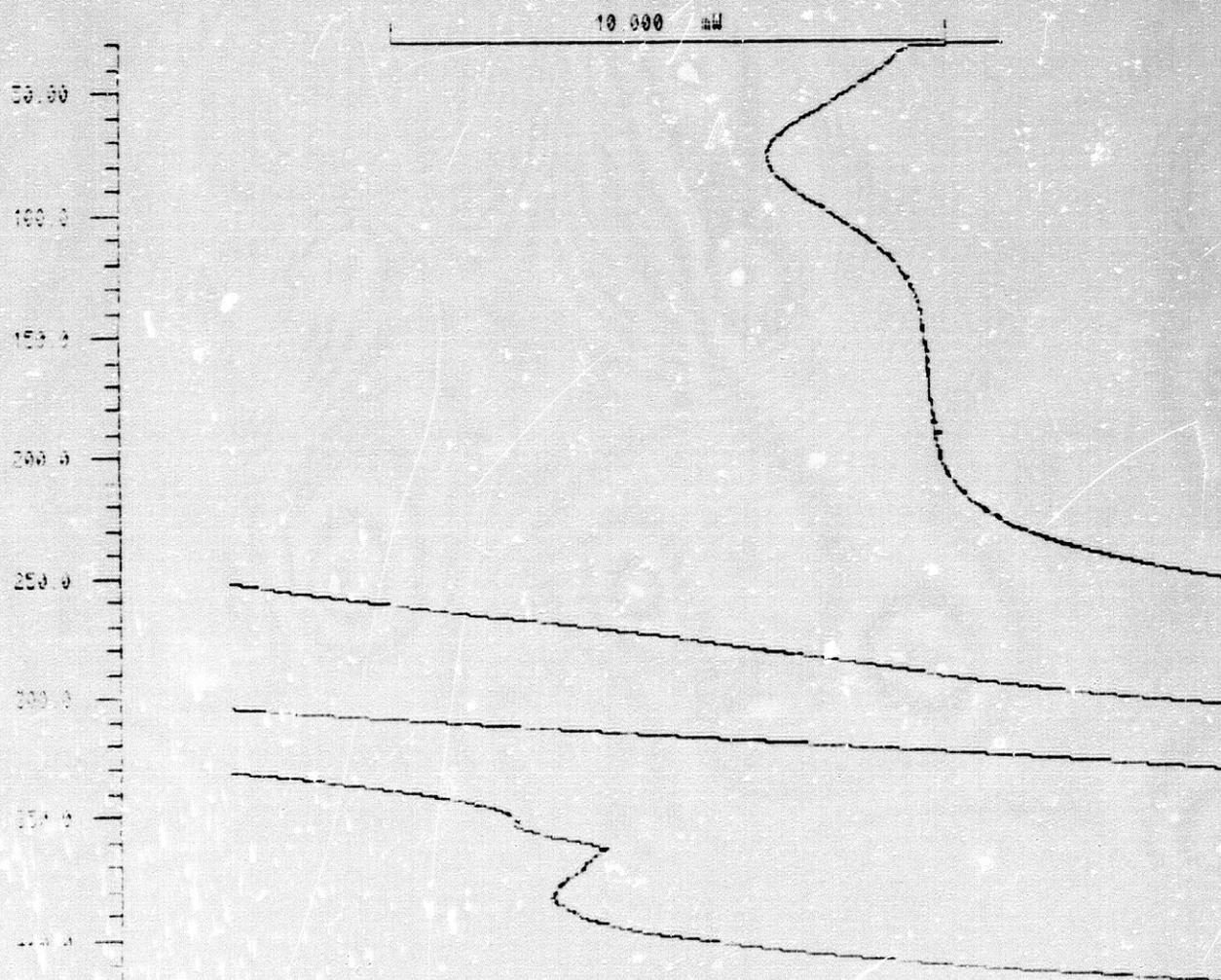
19-MAY-87 14:35

SCAN PARAMETERS
START TEMP. °C 30
RATE K/MIN. 10
END TEMP. °C 450
TIME ISO. MIN. 0
PLOT CM 15
RANGE FS mW 20
OFFSET % 80
PAN TYPE 1/2 1
SCREEN
DYN/ISO 1/2 1
START 30
END 450
BASELINE TYPE 1
PLOT CM 10
PLOT MODE 1

IDENT. NO. 310
WEIGHT mg 5.70

TEMPERATURE °C

HEAT FLOW
EXOTHERMAL-->

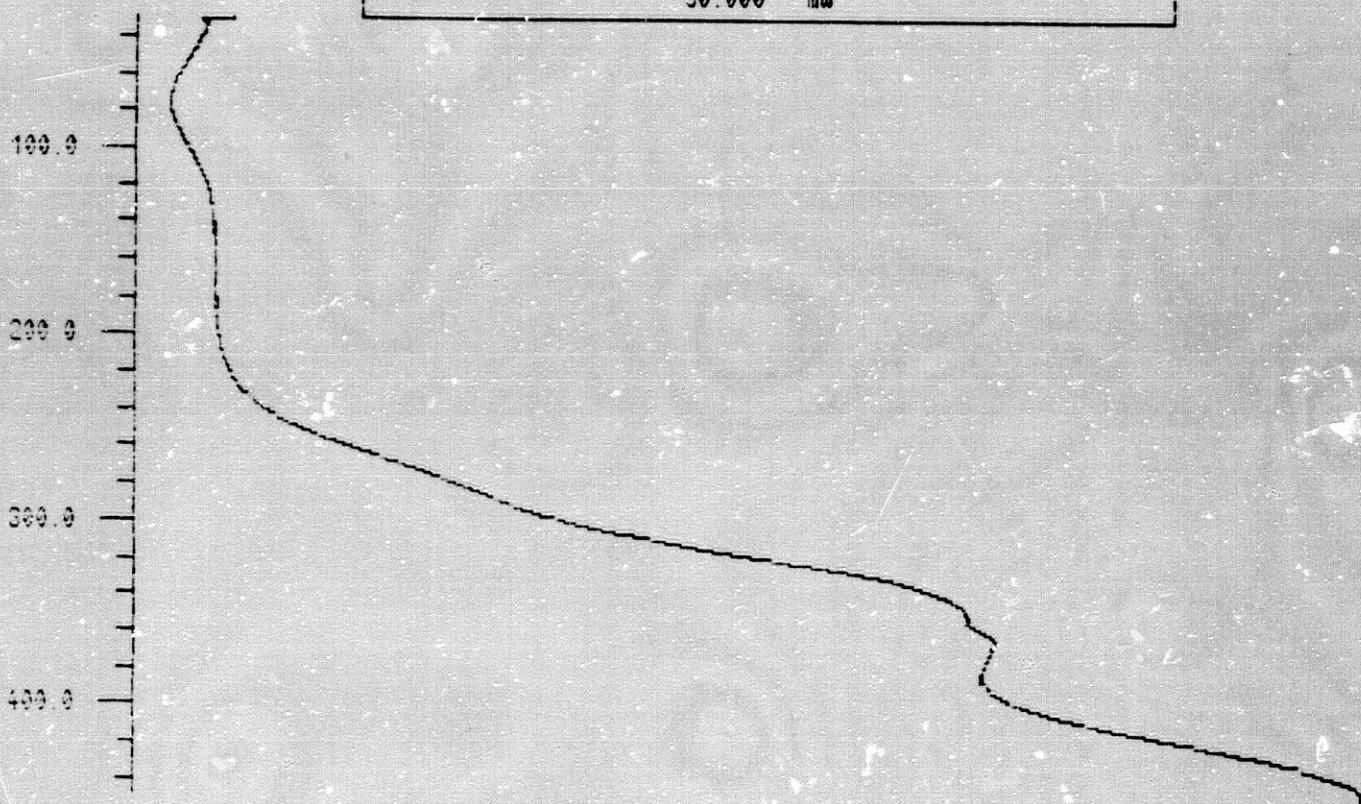


END TEMP. °C 447.5

TEMPERATURE °C

HEAT FLOW
EXOTHERMAL-->

50.000 mW



***** METTLER TA3000 SYSTEM *****

7-PINO ALBAR (Pinus silvestris).

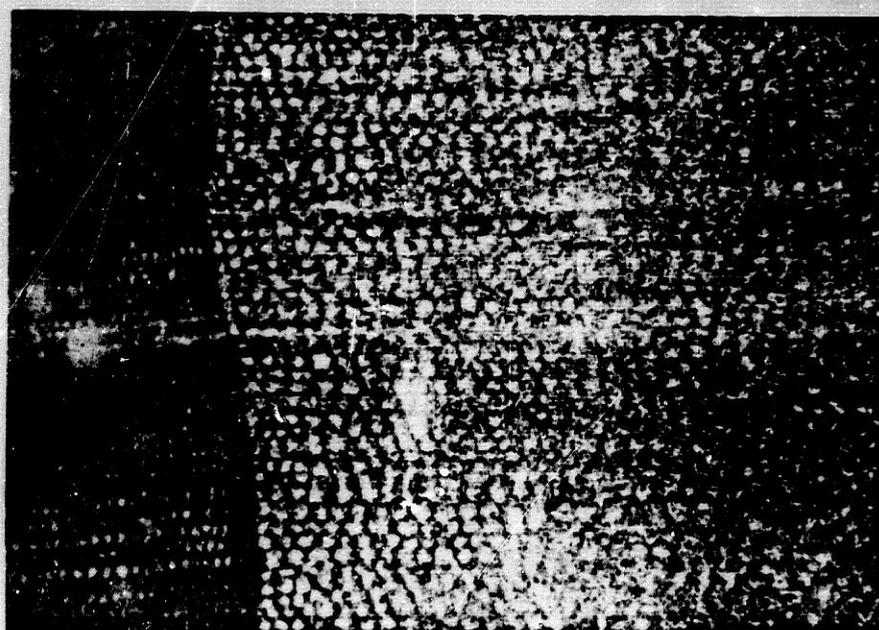
El Pino Silvestre común, se llama también Secoya, debido a que produce un duramen de color rojizo. Sus anillos de crecimiento destacan perfectamente a simple vista por su acentuado contraste.

Su secado es rápido y estable, se presta a las labores de carpintería ya que se trabaja bastante bien, aunque dependiendo de su calidad se puede utilizar para labores de fina ebanistería o bien en la fabricación de muebles más vulgares. También resulta rentable para la fabricación de papel a partir de su pulpa.

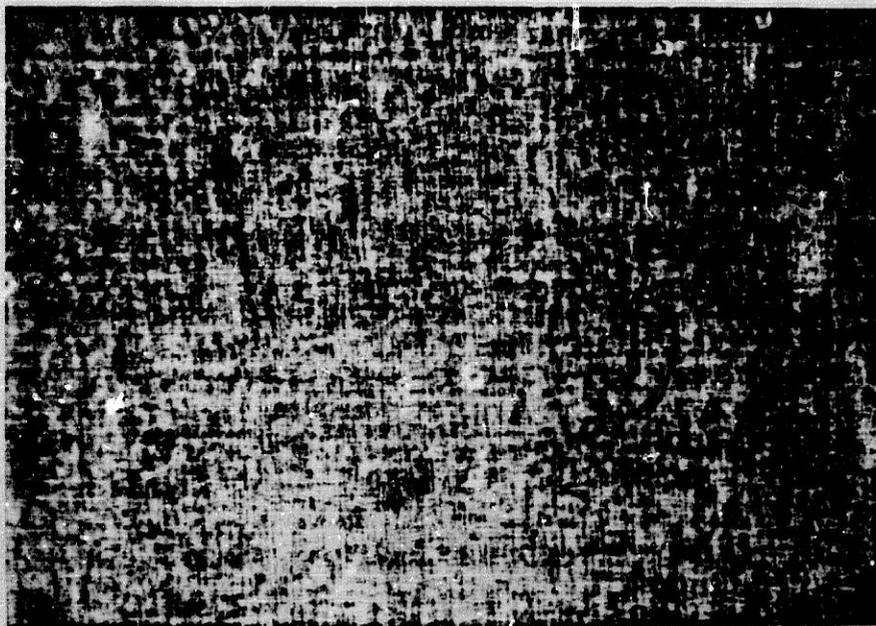
Su localización se centra en el Asia Central y Europa, llega a alcanzar en pleno desarrollo una altura de hasta 30 m.



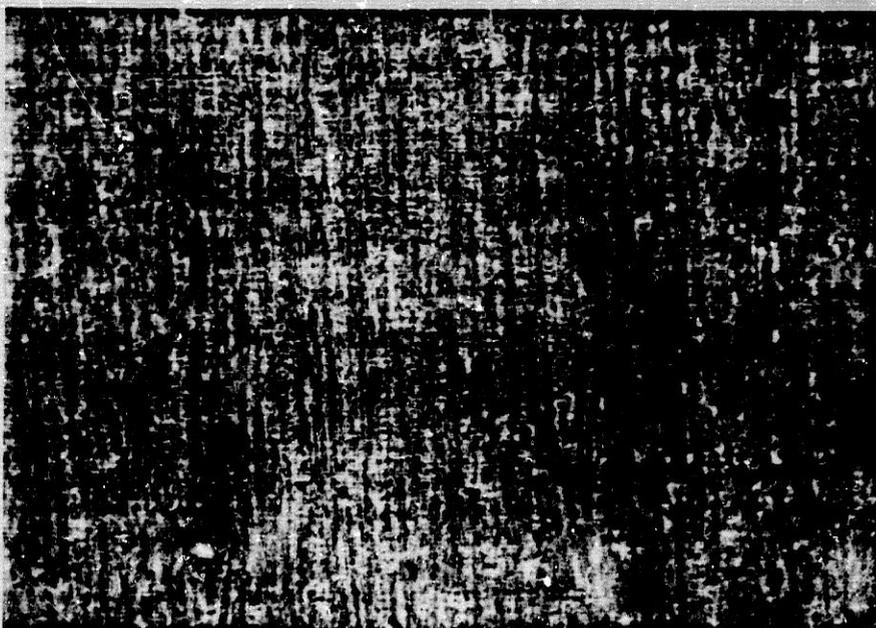
PINO ALBAR; Sección Transversal X 54.



PINO ALBAR; Sección Transversal X 170.



PINO ALBAR; Sección Tangencial X 54.



PINO ALBAR; Sección Tangencial X 170.

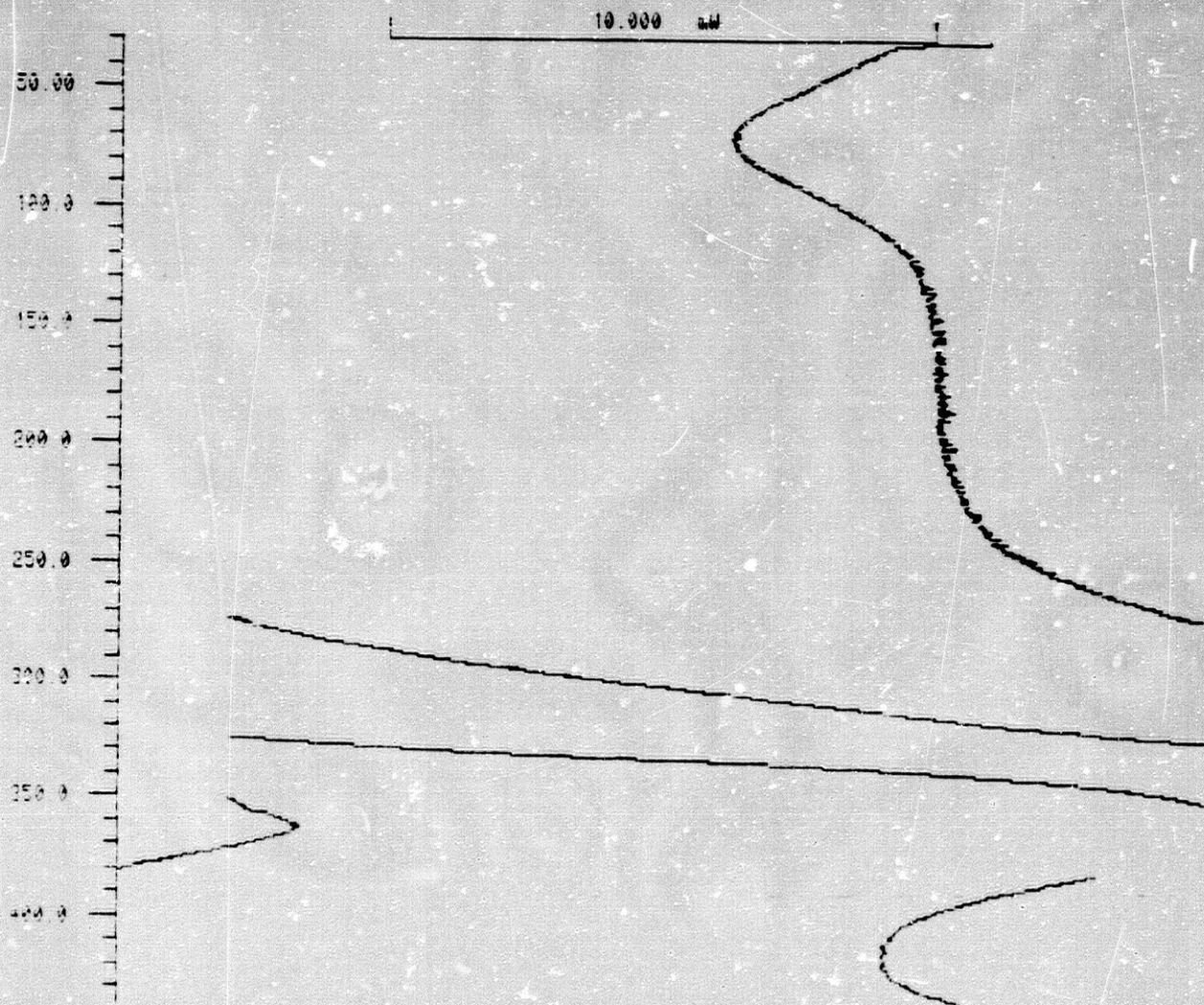
S C R E E N

19-MAY-87 13:09

SCAN PARAMETERS		
START TEMP. °C		30
RATE K/MIN.		10
END TEMP. °C		450
TIME ISO. MIN.		0
PLOT CM		15
RANGE FS μ W		20
OFFSET %		80
PAN TYPE	1/2	1
SCREEN		
DYN/ISO	1/2	1
START		30
END		450
BASELINE TYPE		1
PLOT CM		10
PLOT MODE		1
IDENT. NO.		32
WEIGHT mg		5.78

TEMPERATURE °C

HEAT FLOW
EXOTHERMAL -->

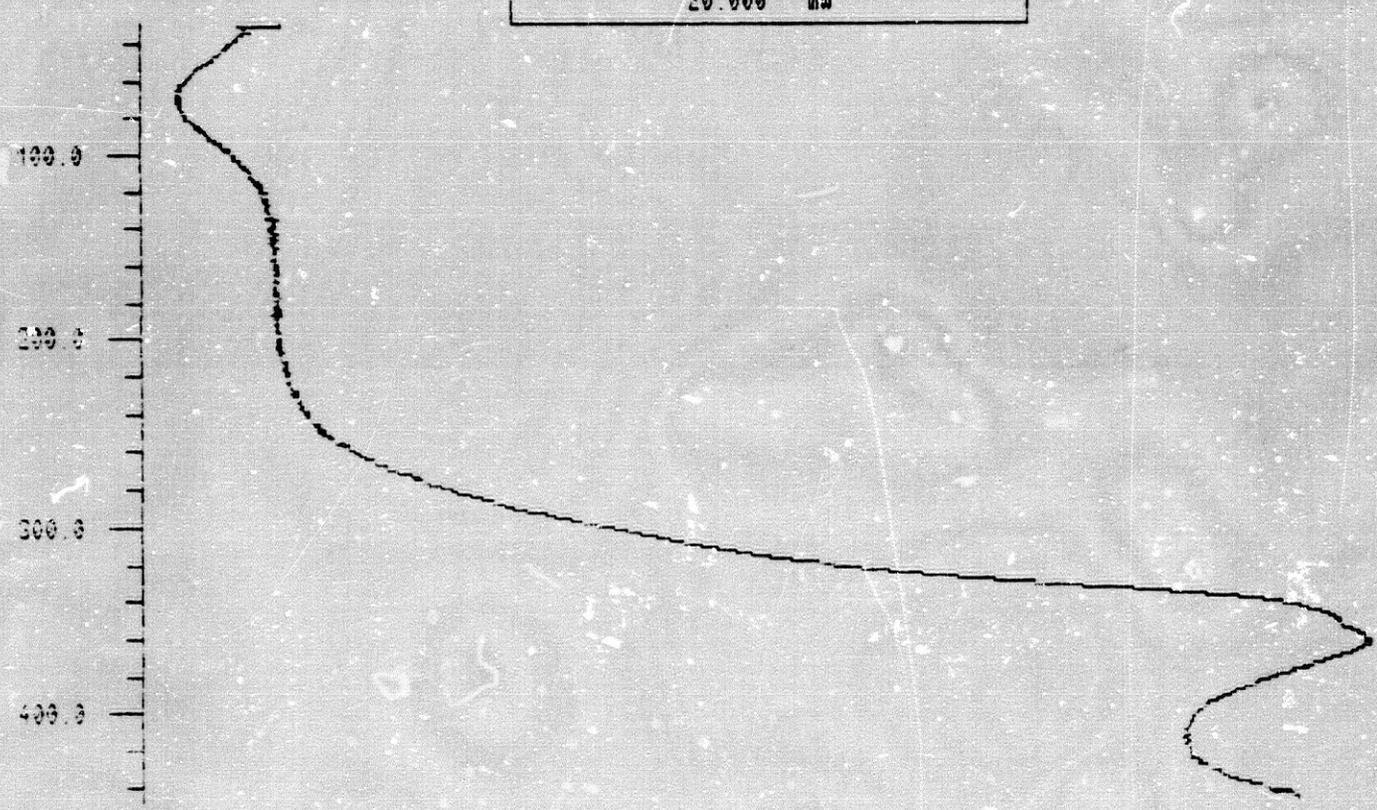


END TEMP. °C 447.5

TEMPERATURE °C

HEAT FLOW
EXOTHERMAL-->

20.000 mW



***** METTLER TA3000 SYSTEM *****

S C R E E N

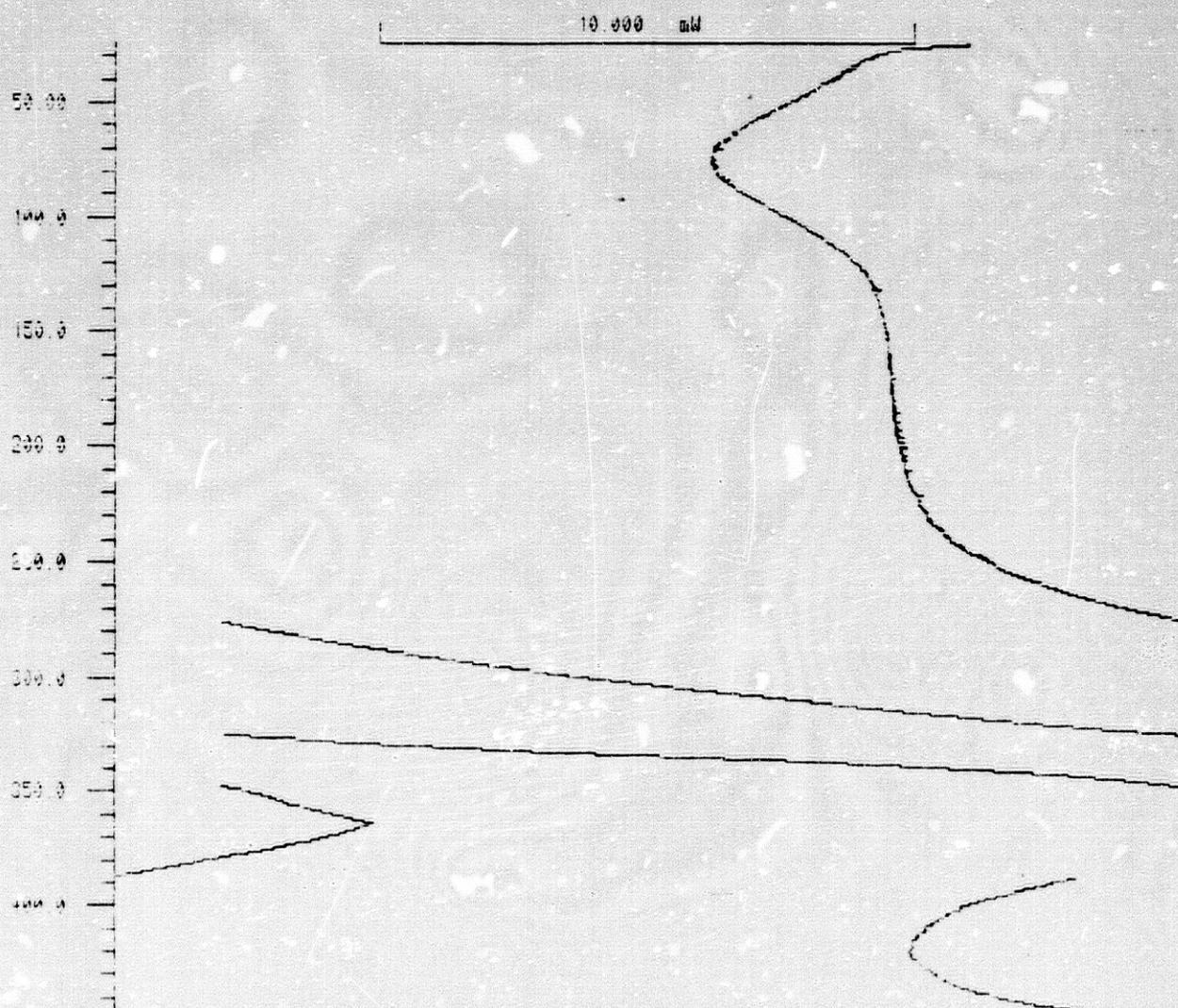
18-MAY-87 17:47

SCAN PARAMETERS

START TEMP. °C	25
RATE K/MIN.	10
END TEMP. °C	450
TIME ISO. MIN.	0
PLOT CM	15
RANGE FS mW	20
OFFSET %	80
PAN TYPE 1/2	1
SCREEN	
DYN/ISO 1/2	1
START	25
END	450
BASELINE TYPE	1
PLOT CM	10
PLOT MODE	1
IDENT. NO.	320
WEIGHT mg	6.13

TEMPERATURE °C

HEAT FLOW
EXOTHERMAL-->

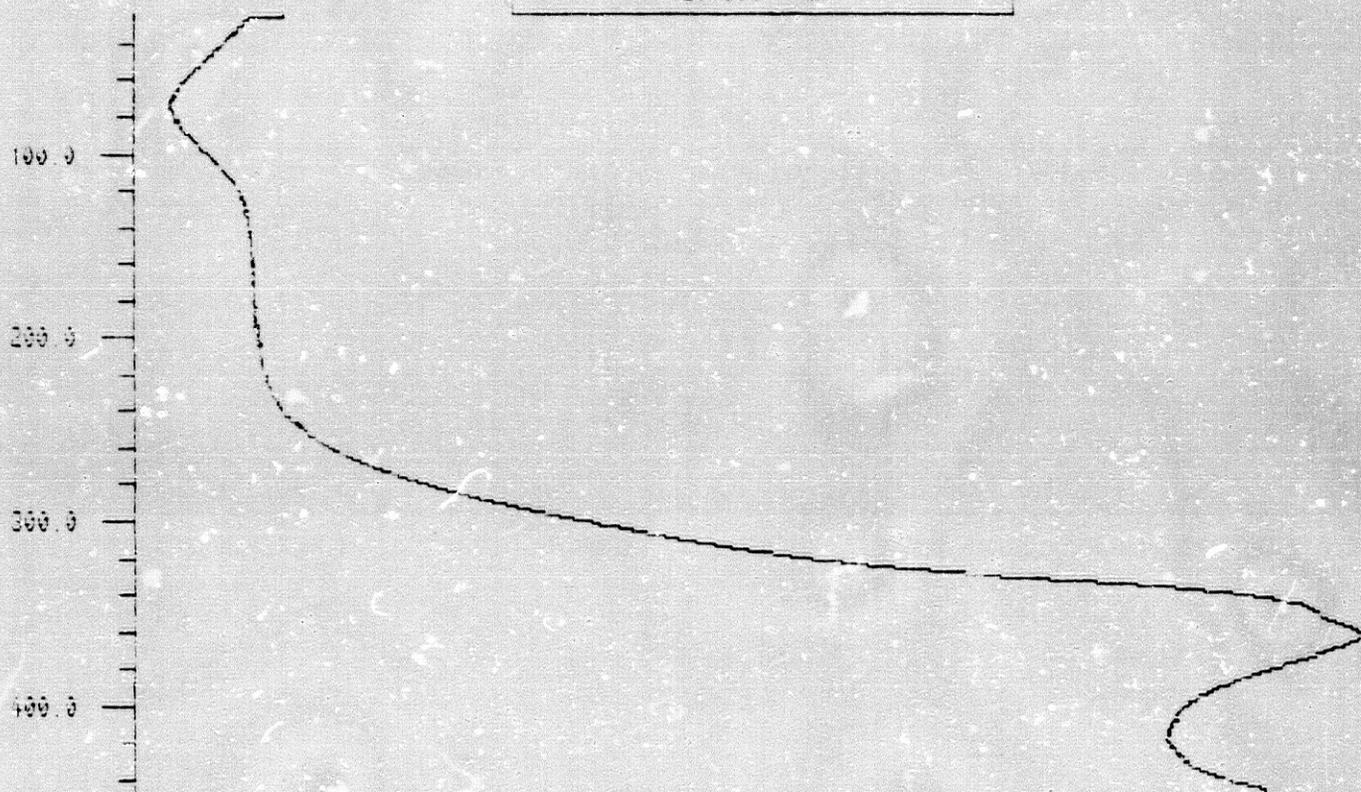


END TEMP. °C 447.5

TEMPERATURE °C

HEAT FLOW
EXOTHERMAL -->

20.000 mW



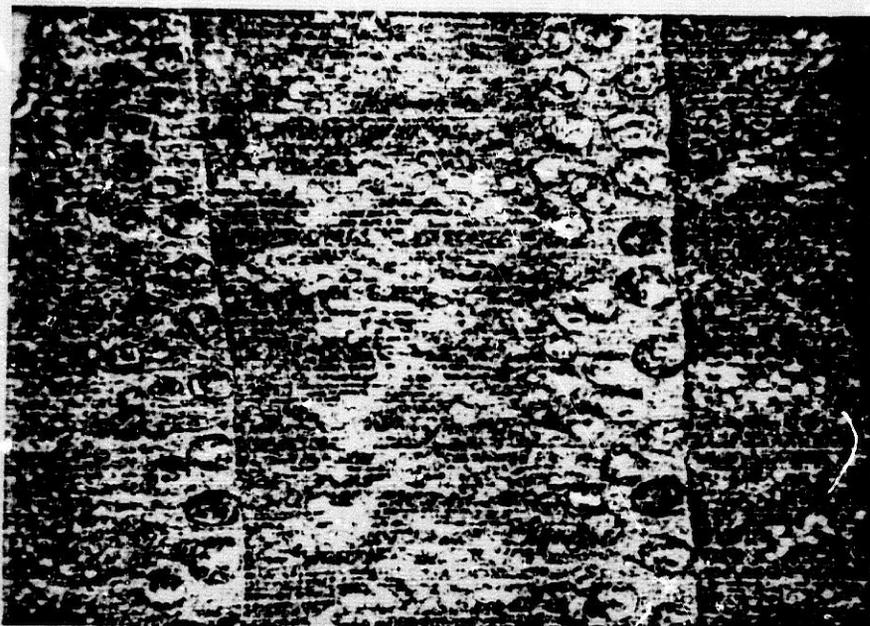
***** METTLER TAS000 SYSTEM *****

8-ROBLE (Quercus robur).

En condiciones optimas puede alcanzar hasta 50 m de altura. Sus raíces son muy profundas y amplias, sus hojas miden de 8 a 12 cm. de largo por 3 ó 5 de ancho, el color de las mismas es verde intenso.

Su crecimiento es lento, aunque su vida se puede prolongar por encima de los 500 años.

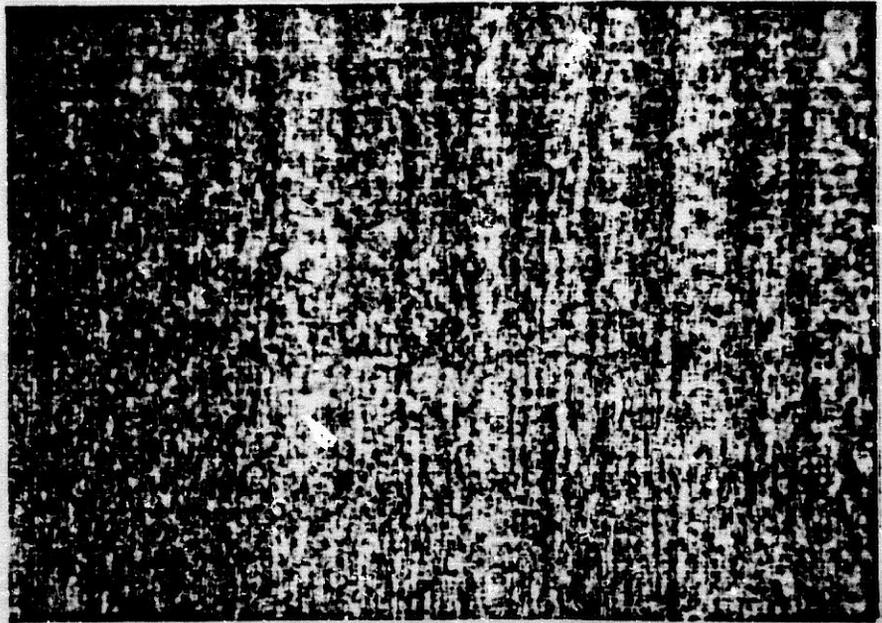
Su albura es blanca y el duramen amarillento por lo que se aprecia claramente su dibujo; su gran dureza (74) le ha hecho muy adecuado para usos estructurales en edificios históricos, ha sido muy empleada en las catedrales góticas de Francia, en ebanistería también es muy apreciada, fue también muy estimada en otras épocas para la construcción naval, en la escultura ha sido la materia prima de determinados periodos. Los pintores medievales (75) hicieron buen uso de ella. Es muy abundante en Europa y Asia, en España se ha encontrado especialmente en Santander, Asturias, Galicia, Navarra, aunque no en Cataluña.



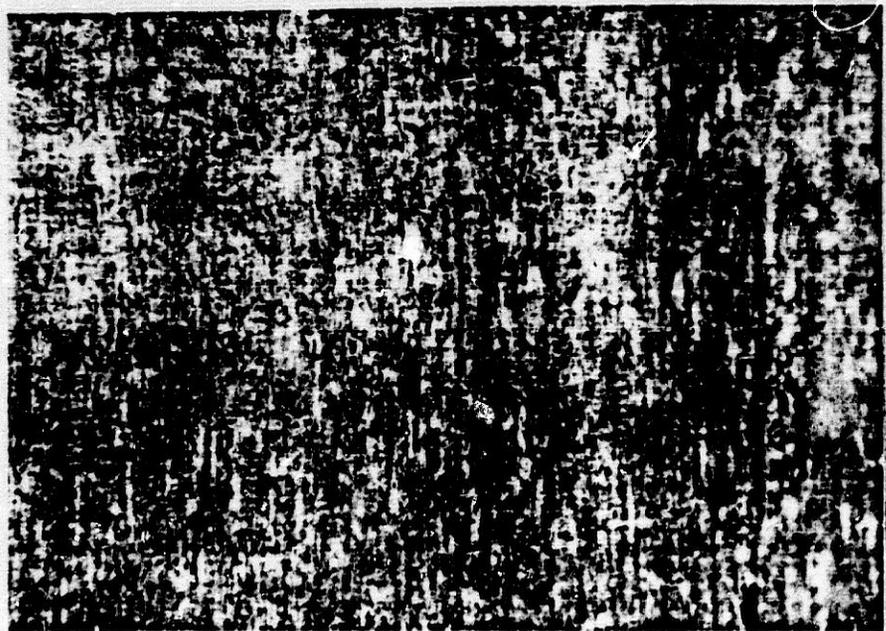
ROBLE; Sección Transversal X 54.



ROBLE; Sección Transversal X 170.



ROBLE; Sección Tangencial X 54.



ROBLE; Sección Tangencial X 170.

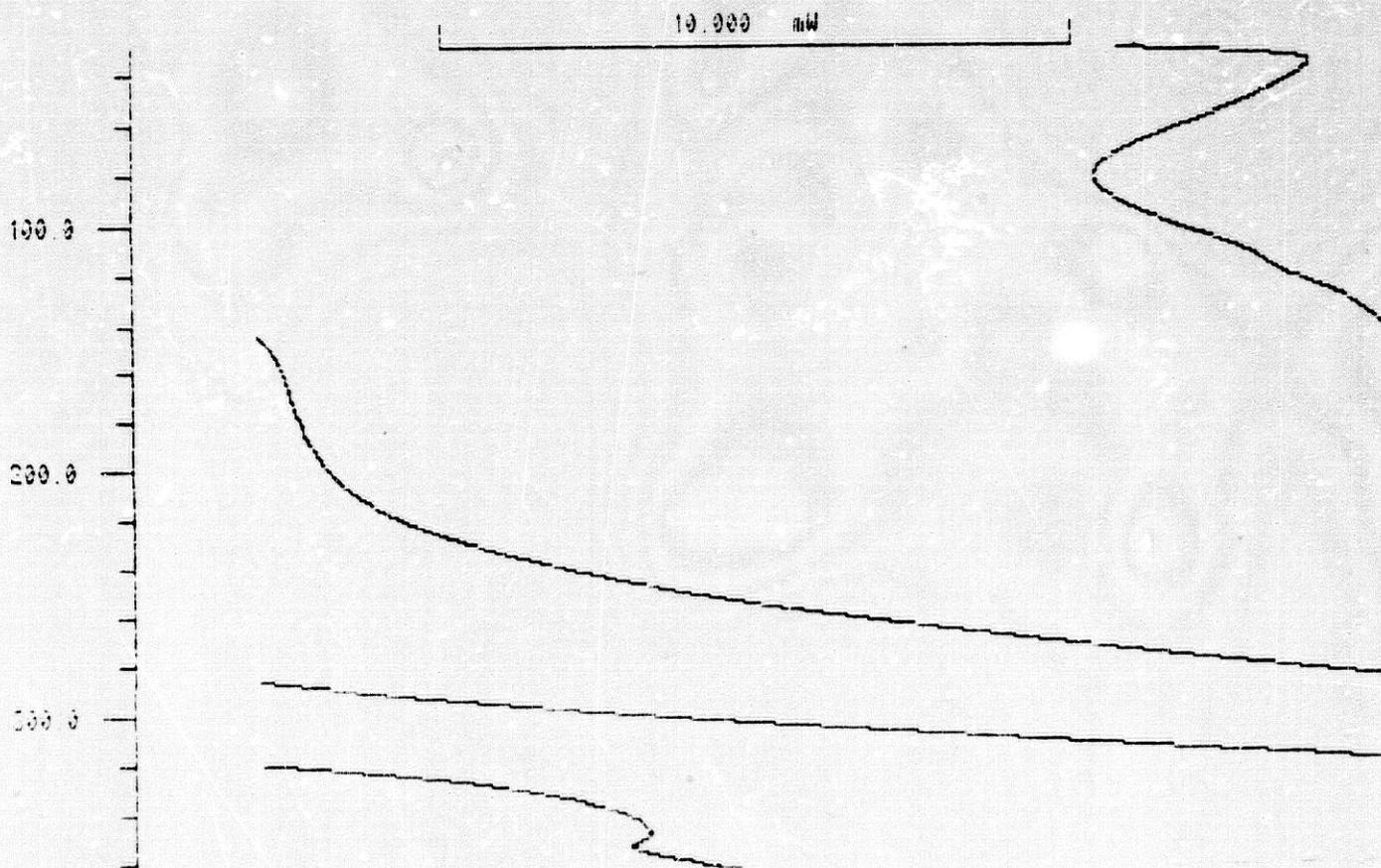
S C R E E N

18-FEB-67 17:39

SCAN PARAMETERS	
START TEMP. °C	30
RATE K/MIN.	10
END TEMP. °C	500
TIME ISO. MIN.	0
PLOT CM	15
RANGE FS mW	20
OFFSET %	80
PAN TYPE	1/2
SCREEN	
DYN/ISO	1/2
START	30
END	500
BASELINE TYPE	1
FLOT CM	10
PLOT MODE	1
IDENT. NO.	34
WEIGHT mg	7.26

TEMPERATURE °C

HEAT FLOW
EXOTHERMAL -->



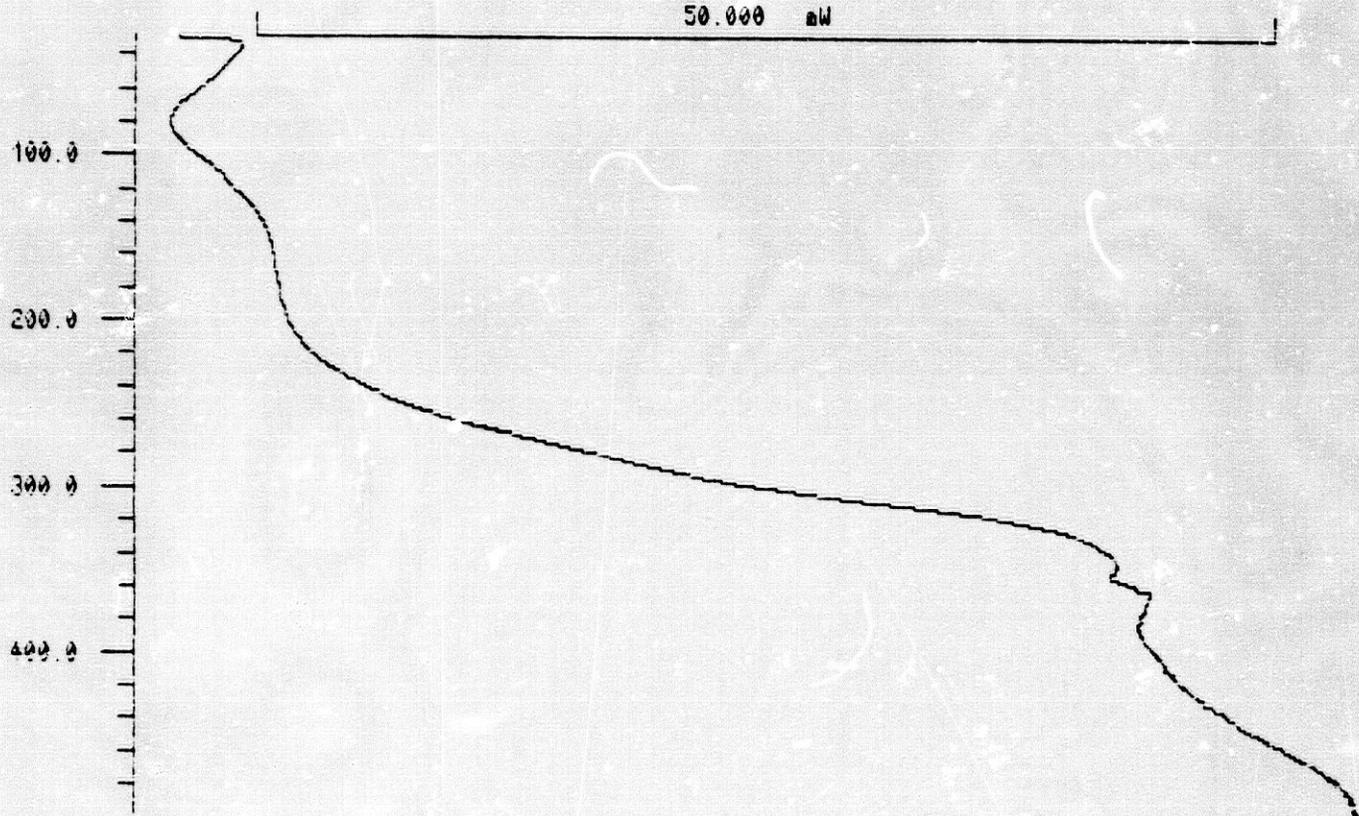
END TEMP. °C

496.6

TEMPERATURE °C

HEAT FLOW
EXOTHERMAL -->

50.000 mW



***** METTLER TA3000 SYSTEM *****

S C R E E N

19-FEB-87

9:23

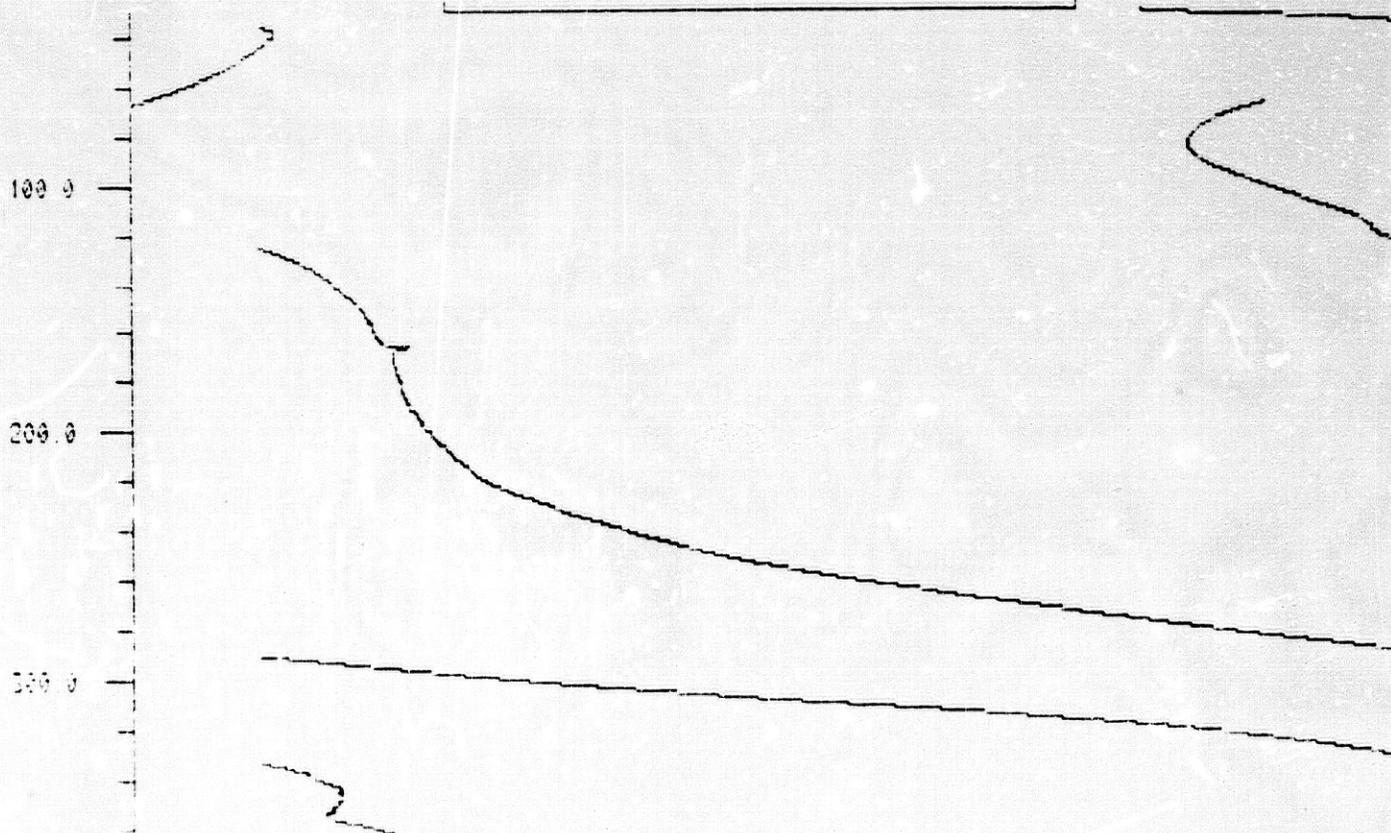
SCAN PARAMETERS

START TEMP. °C	30
RATE K/MIN.	10
END TEMP. °C	500
TIME ISO. MIN.	0
PLOT CM	15
RANGE FC mW	20
OFFSET %/0	80
PAN TYPE 1/2	1
SCREEN	
DYN/ISO 1/2	1
START	30
END	500
BASELINE TYPE	1
PLOT CM	10
PLOT MODE	1
IDENT. NO.	35
WEIGHT mg	6.07

TEMPERATURE °C

HEAT FLOW
EXOTHERMAL-->

10.000 mW



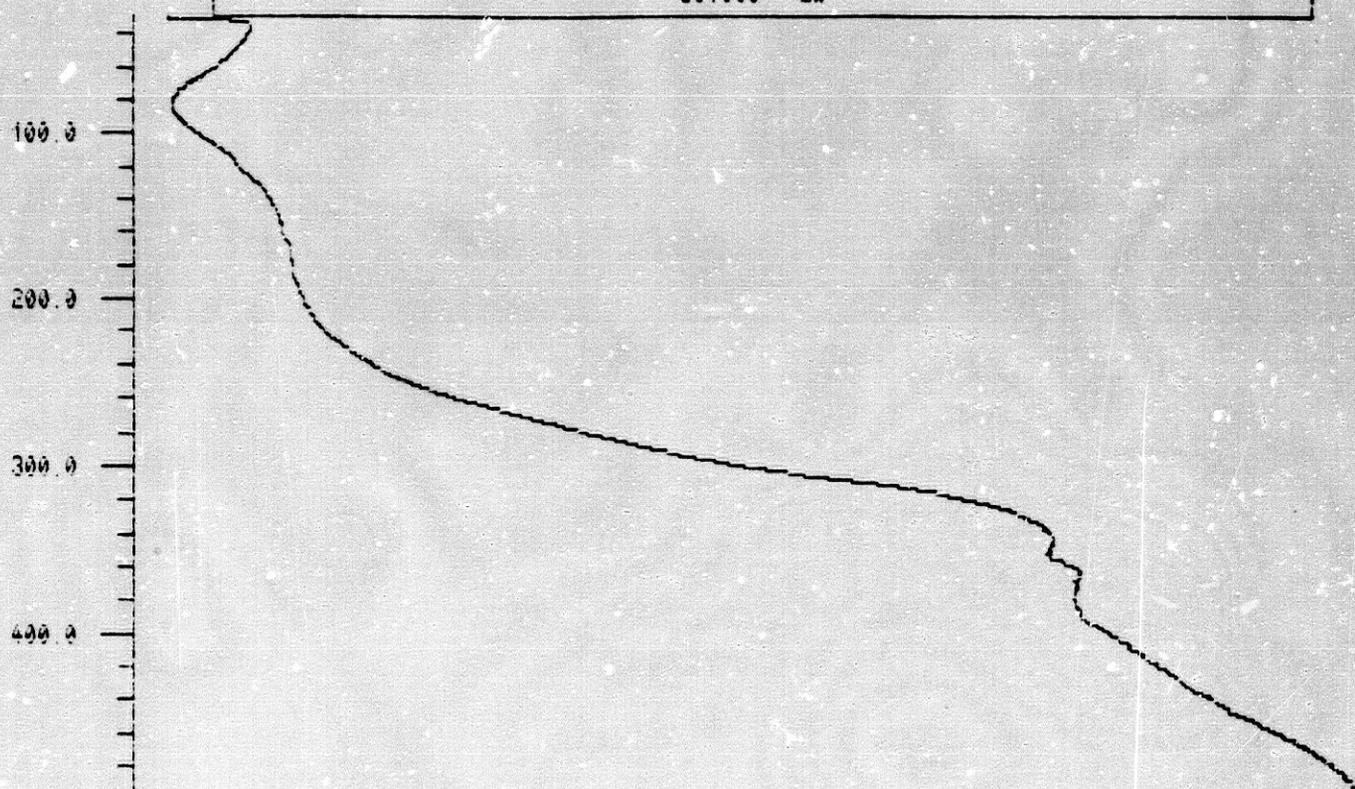
END TEMP. °C

496.5

TEMPERATURE °C

HEAT FLOW
EXOTHERMAL -->

50.000 mW



CONCLUSIONES.

El enfoque dado a este trabajo, supone en primer lugar una aproximación al campo científico, puesto que considera a la madera, además de como soporte artístico, una sustancia con unas características físico-mecánicas y estructurales concretas cuyo conocimiento nos posibilita conservarla y protegerla más adecuadamente, y así poder utilizarla como soporte pictórico o escultórico rehuyendo situaciones comprometidas constatadas a lo largo de esta investigación.

En segundo lugar quiero indicar la innovación que supone mi introducción en el campo de la ciencia al proyectar una parte de la tesis desde una perspectiva de absoluta aportación científica, ya que considero que las investigaciones desarrolladas en el campo de la Calorimetría Diferencial de Barrido suponen la incorporación de un nuevo método de análisis a los existentes hasta ahora para la determinación de la madera.

Personalmente considero, que hoy día las Bellas Artes, no pueden estar al margen de la ciencia, ambas necesitan de una simbiosis que tendría entre otros objetivos un mayor y más completo avance del conocimiento humano.

NOTAS.

PRIMERA PARTE.

CONSTITUCIÓN, CARACTERÍSTICAS Y OTRAS GENERALIDADES DE LA MADERA.

(1)- Se denomina así al estado de la madera exento absolutamente de agua.

(2)- HIGRÓMETRO: aparato para medir el grado de humedad de la atmósfera.

(3)- Algunos autores relacionan las blandas con las coníferas, considerando duras a las no resinosas esta división no es del todo cierta ya que hay especies dentro de las coníferas con un índice de dureza muy superior a otras frondosas.

(4)- Max Doerner al hablar de la humedad de la madera, aconseja (basándose en una vieja regla de pintores) que para su uso artístico habrá de almacenarse de uno a dos años si es de conífera, y de tres a cuatro si es de frondosa.

(5)- Se refiere a la madera escuadrada de esquinas vivas o redondeadas, según la figura 2 (A-B).

(6)- Se argumenta así por parte de Ralph Mayer, (Materiales y Técnicas del Arte., 1ª Ed. Madrid, Editorial Blume, 1985. p.236).

(7)- Ibidem, (p.237).

SEGUNDA PARTE.

AGENTES QUE CAUSAN LA DEGRADACIÓN DE LA MADERA.

(8)- H. Stephen Stoker y Spencer L. Seager., Contaminación del aire y del agua. Barcelona, Editorial Blume, 1981, pp. 57-59.

(9)- Estocolmo. 28 al 30 de junio, de 1982.

(10)- El sustrato (metal en este caso) vuelve a su estado inicial tras colaborar en la transformación de los gases, por lo tanto en las reacciones catalíticas no se consume ningún metal.

(11)- Los elementos traza, se pueden definir como aquellos elementos presentes en la corteza terrestre en una proporción del 0,1% o menos.

(12)- Benito Martínez, J., Conservación de maderas en sus aspectos Teórico, Industrial y Económico, Madrid,

Instituto forestal de investigaciones y experiencias,
1952, pp. 31-32.

(13)- *Ibidem*, p. 40.

(14)- *Ibidem*, p. 41.

(15)- Denominar a un tipo de pudrición húmeda, carece de significado puesto que, esto es genérico para todas las pudriciones de hongos, puesto que el alto contenido de humedad para la madera previamente atacada es necesario.

(16)- Actualmente en conversaciones mantenidas con los directores de un programa de investigación en el Departamento de Fitopatología (Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Granada). Puedo afirmar que se está investigando la posible acción ejercida por las distintas radiaciones sobre estos organismos que atacan la madera.

(17)- Esta mezcla la prepararemos en un recipiente de madera o vidrio ya que ataca al metal.

(18)- Plinio el Viejo, *Historia Natural*, Libro XVII, Capítulo XLII.

(19)- GUTIERREZ OLIVA, Antonio y PLAZA FULGAR, Fernando, Características físico-mecánicas de las maderas españolas, Madrid, Ministerio de Agricultura, 1967, pp. 30-33.

(20)- Plinio el Viejo, en su Historia Natural, menciona el alto grado de desarrollo a que llegan los hongos en presencia de humedad, Libro XI, Capítulo XXXVIII.

(21)- Esta aparición masiva de insectos Plinio el Viejo la atribuye además a las inclemencias atmosféricas, así como a los violentos cambios de temperatura, Historia Natural, Libro XVII, Capítulo XXXVII.

(22)- Plinio en el Libro XVII, Capítulo XLVII de su Historia Natural, recomienda tratar las plagas de los árboles con estiércol de cerdo y paloma.

TERCERA PARTE.

PREVENCIÓN, PROTECCIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE LA MADERA.

(23)- Citado por DOERNER, Max., Los materiales de la pintura y su empleo en el arte, Barcelona, Editorial Reverté, 1980, 4ª ed. p. 131.

(24)- Fue promulgada a modo de Conclusiones de trabajo del "Segundo Congreso Internacional de los Arquitectos y Técnicos de los Monumentos Históricos". Celebrado en Venecia, 25-31 de mayo de 1964.

(25)- Declaración final del "Congreso sobre el Patrimonio Arquitectónico Europeo", organizado por el Consejo de Europa. Amsterdam. 21-25 octubre de 1975.

(26)- De acuerdo con la Carta del Restauo '72, (Art. 7).

(27)- ICOMOS; Coloquio celebrado en Troya (Francia) en Mayo, del 16 al 19, 1979.

(28)- ICOMOS; Coloquio celebrado en Troya (Francia) en Mayo, del 16 al 19, 1979.

(29)- "Carta de Restauo '72", Traducción de Alfonso Jimenez Martín. Colegio Oficial de Arquitectos.

(30)- ICOMOS; Coloquio de Troya. 1979.

(31)- Existen en el mercado una gran gama de productos fungicidas que retardan o potencian la resistencia al fuego de los materiales ligneos.

(32)- "La Conservación de los Bienes Culturales".
UNESCO, 1969. 2ª Ed. (pag. 140, 141...).

(33)- "La Carta de Atenas", Ed. Ciam, congresos
internacionales de arquitectura moderna.

(34)- Alfonso Jimenez Martín., Carta del Restauro '72,
Sevilla, Gráficas del Sur. 1982. 2ª Ed., p. 21.

(35)- Esta posición fue defendida por el arquitecto
restaurador J. Besset en Estocolmo, en unos coloquios
internacionales sobre la conservación de la madera,
del 11 al 14 de Mayo de 1977.

(36)- Es fácil comprar clavos oxidados en piezas de
madera, al mismo tiempo que la ampliación del agujero
ocupado por ellos.

(37)- Extraído del restaurador italiano FEILLEN,
Bernard., «Ética de la conservación de la madera», en
su intervención en el Coloquio de Troya (Francia), 16-
19 de mayo de 1979.

(38)- *Ibidem*, p. 87.

(39)- Dichos materiales se detallan en el apartado
dedicado a consolidantes.

(40)- Según los ensayos realizados por miembros de la comisión de ICOM.

(41)- Este orden fué aprobado por una comisión de ICOM.

(42)- Dichos ensayos fueron realizados por una comisión del ICOM.

(43)- Macromolécula constituida por dos o varias especies de moléculas simples.

(44)- Según los resultados del ICOM, editados en 1955, por la UNESCO, *The care of wood panels*.

(45)- *Ibidem*, p. 181.

(46)- *Ibidem*, p. 181.

(47)- Es dudoso que se puedan aprisionar permanentemente los agentes de dilatación líquidos en la madera, por medio de una barrera por cada uno de los lados del tablero.

(48)- Más bien se trataba de un perfeccionamiento de otro sistema anterior patentado por Breant en Francia el 5 de mayo de 1831, es, en realidad, el precursor de

todos los sistemas de inyección a presión que se emplean actualmente. Se basaba en introducir la madera en una especie de autoclave vertical, en el cual se hacía el vacío por medio de un eyector de vapor y después se comprimía el antiséptico hasta 10 atmósferas mediante una bomba de émbolo. El líquido empleado para la impregnación estaba formado por soluciones acuosas de sulfato de hierro, aceite de linaza, etcétera; el aparato estaba provisto además de un dispositivo de calefacción útil para inyectar resinas, ceras, etc, sustancias que son sólidas en su estado natural.

(49)- El sulfuro de carbono líquido se debe almacenar en un sitio fresco, también estará protegido de la luz del día ya que esta provoca su acidez; (PLENDERLEITH, H. J. La conservación de antigüedades y obras de arte, Madrid, Instituto Central de Conservación y Restauración de Obras de Arte, Arqueología, 1967, p. 143).

(50)- En algunos textos utilizados se invita por parte del restaurador a la construcción de una cámara de fumigación a partir de muebles del hogar, considero muy difícil conferirle a los mismos el carácter hermético.

(51)- Personalmente considero que se debiera respetar al máximo la apariencia formal de los objetos, a no ser que la patina imposibilite completamente una mínima apreciación del objeto.

(52)- Según se cita en "La Conservación de los Bienes Culturales", UNESCO. (Museos y Monumentos, XI).

(53)- Revista "Edificio internacional" mayo-julio 1976, "Actas del Congreso de Oxford" 17-23 septiembre 1978.

(54)- Es similar a nuestra NBE CPI-82 (Norma Básica de la Edificación, donde se estudia la reacción de los distintos materiales frente al fuego).

(55)- NAKHLA, S. M., « A Comparative study of resins for the consolidation of wooden objects », February 1986, Volume 31, Number 1, 45 págs. pp. 38-43.

(56)- Ibidem, p.39.

(57)- Ibidem, p.41.

(58)- Nombre específico que no alude a la composición, pertenece a la multinacional Ciba-Geigy.

CUARTA PARTE.

APORTACIÓN PERSONAL PARA OTROS MÉTODOS DE
ANÁLISIS.

(59)- Capa generadora de madera, entre el líber y la albura de todos los árboles.

(60)- Me refiero al tiempo comprendido por mi disfrute de la citada Beca de Investigación, concedida por el Ministerio de Educación y Ciencia.

(61)- Dichas muestras procedían en un principio de restos de madera procedentes del Conjunto Histórico-Artístico de la Alhambra y Generalife.

(62)- Quiero mencionar aquí la aplicación de una lija por rotación. Aunque normalmente se ha utilizado una lija muy fina sobre la que se movía la muestra físicamente con la propia mano, este sistema tiene inconvenientes puesto que el arrastre horizontal de la muestra de madera sobre el papel de lija implica que la mano no siempre consigue hacer presión sobre la misma zona, por lo que normalmente se termina dificultando o eliminando la homogeneidad del plano de corte y se producen unos rebordes irregulares (redondeados o fibrosos) que son sumamente

desagradables, llegando en ocasiones a inutilizar la muestra.

Vistos todos estos inconvenientes, quiero destacar que para evitar estos problemas se consiguió adherir las lijas a unas superficies rotatorias que eliminaban el torpe movimiento de la mano, su rápida o lenta rotación permitió el que las muestras de madera, además de prepararse en menos tiempo, se consiguieran mucho más perfectas.

(63)- El cuisol es una pequeña cápsula metálica, en la que se incluye la muestra de madera en polvo para introducirla después en el aparato que registrará los cambios producidos en la misma.

(64)- Quiero destacar aquí la importancia fundamental que adquiere con este método la homogeneidad del polvo de madera, ya que se han producido gran cantidad de errores al analizar las muestras que mantenían distinta granulometría y que consideramos es la causa de habernos visto obligados a repetir insistentemente las mismas.

(65)- Quisiera aclarar que aunque sólo se presentan dos gráficos de DSC para cada especie de madera, en general se han realizado gran cantidad de muestras, aunque debido a mis errores de cálculo, homogeneidad

de las muestras, correspondientes, etc, aparte de los problemas en los delicados sensores del aparato, se ha prolongado el número de muestras y repeticiones de las mismas hasta llegar a las definitivas que se exponen.

(66)- Sería necesario, pues, abordar en una futura publicación una serie de tablas con gráficos individualizados para cada especie de madera, no es preciso insistir en el carácter extensivo de la misma, que se desprende de la diversidad de maderas existentes en la actualidad.

(67)- Mantiene una dureza tangencial de 3,07.

(68)- Su poca dureza tangencial 1,5 la hace cómoda de trabajar para fines artísticos.

(69)- DOERNER, Max, cita la madera de Chopo como muy utilizada por los pintores renacentistas para pintar al temple sobre tableros imprimados de Chopo. Principalmente en Italia es donde se generaliza su uso. Los materiales de la pintura y su empleo en el arte. p. 131.

(70)- Posee un grado intermedio, 3,56 de dureza tangencial.

(71)- Contracción volumétrica 20,8 por lo que resulta ser una madera sumamente nerviosa.

(72)- Flexión dinámica 11,5.

(73)- Su contracción volumétrica es pequeña 9,1.

(74)- El roble posee una dureza radial de 9,53, está considerada **muy dura**.

(75)- DOERNER, Max, cita la madera de roble como muy apreciada por los pintores medievales sobre tabla; alemanes, franceses, holandeses e ingleses. Los materiales de la pintura y su empleo en el arte. p. 131.

BIBLIOGRAFIA BASICA UTILIZADA.

- ABELLA, Ignacio; *El hombre y la madera*, (Tomo I y II), Barcelona, Edita Integral, 1984.

- AGUADO MUÑOZ, Ricardo., *Basic Básico*, Madrid, Editorial Computer School, 1986

- ALTÉS, Alvaro; «Lluvia ácida» (Revista), *Integral*, Diciembre 1984, Volumen 7, nº 62, pp. 69-73.

- ALVAREZ LOPERA, José., *La Alhambra entre la conservación y la restauración (1905-1915)*. Cuadernos de Arte de la Universidad de Granada. Editado por el Departamento de Historia del Arte y el Secretariado de Publicaciones, 1977.

- ARAGONÉS DE INÉS, Julio., *Tratamiento y conservación de la madera*, Madrid, Editorial Instituto de Ingenieros Civil, 1976.

- ARQUILLO TORRES, Francisco y otros., *El Retablo Mayor de la Catedral de Sevilla*, Sevilla, Edita Caja de Ahorros y Monte de Piedad de Sevilla, 1981.

- ARREDONDO, F., *Madera y Corcho*, Madrid, Edita Instituto Técnico de la construcción y del cemento, 1961.
- BAZZI, Maria., *Enciclopedia de las técnicas pictóricas*, Barcelona, Editorial Noguer, S.A., 1965.
- BEAZLEY, Mitchell., *La madera*, Barcelona, Editorial Blume, 1978.
- BENITO MARTÍNEZ, José., *Conservación de maderas en sus aspectos teórico, industrial y económico*, (volumen I). Madrid, Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias, coordinado con el Patronato "Juan de la Cierva Codorniu" del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 1952.
- BONTCÁ, J. (seud. Juan Basilio Gómez)., *Técnicas y secretos de la pintura*, Barcelona, L.E.D.A. Las Ediciones de Arte, 1980, 7ª ed.
- BOUANT, Emilio., *Nuevo Diccionario de Química*, Barcelona, Editorial Espasa y Compañía, 1951.
- BRANDENBURGER, Kurt., *La Era de las Materias Plásticas Artificiales*, Barcelona, Editor Manuel Marín, 1943, 2ª ed.

- CABANELAS RODRÍGUEZ, Dario., *Literatura, arte y religión en los palacios de la Alhambra*, Discurso apertura del curso académico 1984-85. Editado por el secretariado de Publicaciones, Universidad de Granada. Hospital Real. Granada. (Revista).

- CARRETERO MARCO, M. Carmen; «*Pintura sobre tabla*» (Revista) *Antiquaria*, Año 1, nº 5, pp. 18-22.

- CASANELLES, Maria Teresa., «*Nofret- La Bella: La mujer en tres mil años de historia* » (Revista, *Antiquaria*, 1986, pp. 10-13.

- CENNINI, Cennino., *Tratado de la Pintura (El libro del Arte)*, Barcelona, Editorial Sucesor de E. Meseguer, 1979, 4ª ed.

- CONTRERAS, Rafael., *Ligero estudio sobre las pinturas de la Alhambra*, Conservador de la Alhambra y miembro de la Comisión de Monumentos Históricos y Artísticos de Granada, y de la Academia de Bellas Artes. Madrid, Imprenta de J. Noguera. 1875. (Revista).

- CORRADO MALTESE., *Las técnicas artísticas*, Madrid, Ediciones Catedra, S.A., 1981, 4ª ed.

- DA VINCI, Leonardo., *Tratado de Pintura*, Madrid, Editora Nacional, 1982, 4ª ed.

- D'ARSIE, Dullio., *Los plásticos reforzados con fibras de vidrio*. Buenos Aires, Editorial Américalee S.R.L., 1980, 7ª ed.

- DIAZ-MARTOS, Arturo., *Restauración y conservación del arte pictórico*, Madrid, Arte Restauro, S.A., 1975.

- DOERNER, Max., *Los materiales de pintura y su empleo en el arte*, Barcelona, Editorial Reverté, S.A., 1980, 4ª ed.

- ECO, Umberto., *Como se hace una tesis.*, Barcelona, Editorial Gedisa, S.A., 1983, 5ª ed.

- EICHLER, Friedrich., *Patología de la construcción*, Barcelona, Editorial Blume/Labor, 1982.

- ELDRIGE, H.J., *Defectos comunes de la madera*, Barcelona, Editorial Gustavo Gili, 1982.

- ENCICLOPEDIA UNIVERSAL ILUSTRADA, Barcelona, Hijos de Spasa editores, 1925.

- ESPARRAGUERA, I., *Dureza y abrasión de maderas radipolimerizadas*, Madrid, Editado por A.I.T.I.M., Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y Corcho, 1975.

- FERNANDEZ MIRANDA, Fernando; «El Estilo Luis XV», (Revista) *Antiquaria*, Año 1, nº 4, pp. 30-37.

- GAVIÑA MUJICA, Miguel., *Secado de la madera*, Madrid, Edita Servicio de la madera, 1959.

- GILMOUR, Jean., *Guía del usuario - CP/M - LOGO*, (Tomos I y II), Madrid, Vector Ediciones, 1986.

- GRINAN, José., *La madera en la construcción*. (Tomos I y II), Barcelona, Ediciones CEAC., 1969, 9ª ed.

- GUARDIA OLMEDO, J., GÓMEZ MORENO, J.M. y otros., *Arte y deterioro en los monumentos granadinos Catedral, Chancillería y Palacio de Carlos V, Granada*, Edita Universidad de Granada y Junta de Andalucía, 1986.

- GUTIERREZ OLIVA, Antonio y PLAZA PULGAR, Fernando., *Características físico-mecánicas de las maderas españolas*, Madrid, Ministerio de Agricultura-I.F.I.E., 1967.

- HARDE, K.W. y SEVERA, F., *Guía de campo de los coleópteros de Europa*, Barcelona, Ediciones Omega, S.A., 1984.
- HARRIS, Edward., *Ebanistería y Carpintería de la construcción*, Oregón, Editorial Mac Graw-Hill. 1971.
- HAYES, Colin., *Guía completa de pintura y dibujo. Técnicas y materiales*, Madrid, Hermann Blume Ediciones, 1980.
- HISCOX, G.D. y HOPKINS, A.A., *Recetario industrial*, Barcelona, Editorial Gustavo Gili, S.A., 1976, 2ª ed.
- HUNT, Morton., *Preservación de la madera*, Barcelona, Editorial Salvat, 1962.
- I.C.O.M.O.S., *Consejo Internacional de Monumentos y Sitios. Coloquios sobre la conservación de la madera*. Estocolmo 11-14 mayo 1977. (inglés).
- ICOMOS et Centre International d'études pour la Conservation et la Restauration des biens culturels., *Colloque sur les problèmes que pose l'antiquité dans les monuments anciens*. ROMA 11-14 X. 1967. Publié par ICOMOS et L'UNESCO.

- ICOMOS y UNESCO., *Estudio de la fotogrametría aplicada a los monumentos históricos*. Saint-Mande, Francia, 4-6-VII. 1968.

- JANNEAU, Guillaume., *Fórmulas y secretos de taller*, Buenos Aires, Ediciones Gustavo Gili, S.A., 1956.

- JANUSZCZAK, Waldemar., *Técnicas de los grandes pintores*, Madrid, Hermann Blume Ediciones, 1981.

- JARA IZQUIERDO Antonio., *Organismos destructores de la madera*, (Hojas divulgadoras), Madrid, Edita Ministerio de Agricultura, Dirección General de Montes, Caza y Pesca Fluvial, 1971.

- JIMÉNEZ MARTÍN, Alfonso., *Carta del Restauo '72*, Sevilla, Editado por el Colegio Oficial de Arquitectos, 1982.

- KELLAWAY, F. W. y MEADWAY, N. P., *Las materias plásticas*, Barcelona, Ediciones Agora, 1946.

- KORLLER KRAEMER, Gustav., *Compendio de la conservación de maderas*, Madrid, Dirección General de Archivos y Bibliotecas, 1973, 2ª ed.

- KOLLMANN, Franz., *Tecnología de la madera y sus aplicaciones* (Tomo primero), Madrid, Ministerio de Agricultura- I. F. I. E., 1959.
- LAFUENTE FERRARI, E., *Las artes de madera en España*, Madrid, Publicaciones de Artes y Oficios, nº 6, 1941.
- LANZARA Paola y PIZZETTI, Mariella., *Guía de arboles*, Barcelona, Ediciones Grijalbo S.A., 1980, 2ª ed.
- LEÓN, Aurora., *El museo, teoría, praxis y utopía*, 2ª ed. Madrid, Ediciones Catedra, S.A., 1982.
- MANAUT VIGLIETTI, J., *Técnica del arte de la pintura*, Madrid, Editorial Dossat, S.A., 1959.
- MARETTE, J., *Connaissance des primitifs par l'étude du bois*, Paris, 1961.
- MARGALEFF, Ramón., *Ecología*, Barcelona, Ediciones Omega, S.A., 1974.
- MARIVELA, Carmen G; «Conservación y restauración» (Revista) *Antiquaria*, Año 1, nº 1, pp. 54-59.

- **MAYER, Ralph.**, *Materiales y técnicas del arte*, Madrid. Editorial Blume, 1985.

- **MINISTERIO DE CULTURA, DIRECCIÓN GENERAL DE BELLAS ARTES Y ARCHIVOS.**, *La madera en la conservación y restauración del Patrimonio Cultural*, Madrid, Edita, Ministerio de Cultura, Dirección General de Bellas Artes y Archivos, 1985.

- **MORAL, B.**, *El hierro y la madera en la construcción*, Barcelona, Editorial Bruguera, 1967, 3ª ed.

- **MOURIER, Henri y WINDING, Ove.**, *Guía de los animales parásitos de nuestras casas*, Barcelona, Ediciones Omega, S.A., 1979.

- **NAJERA Y ANGULO, Fernando y LÓPEZ FRAILE, Valentín.**, *Estudio de las principales maderas comerciales de frondosas peninsulares*, Madrid, Ministerio de Agricultura- I.F.I.E., 1969.

- **NAKHLA, S. M.**, «A comparative study of resins for the consolidation of wooden», *The Journal Of The International Institute For Conservation Of Historic And Artistic Works.*, Studies In Conservation. February 1986, Volume 31, Number 1, p. 33-43.

- NAVARRO BEATO, José., *Estudio de Barnices para la madera, Barnices de urea de fabricación nacional*, Madrid, Edita Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de Madera y Corcho, 1968.

- MUERE MATAUCCO, Enrique; *Carpintería de los Blanco*, Madrid, Ministerio de Cultura, Servicio de publicaciones, 1985.

- PACHECO, Francisco., *Arte de la Pintura*, 2 vols., Ed. a cargo de F.J. Sánchez Cantón, Madrid, Instituto de Valencia de Don Juan, 1956.

- PACIONI, Giovanni., *Guía de hongos*, Barcelona, Ediciones Grijalbo S.A., 1982.

- PERAZA ORAMAS, César y LÓPEZ DE ROMA, Alejandro., *Estudio de las principales maderas de Canarias*, Madrid, Ministerio de Agricultura -I.F.I.E., 1967.

- PERAZA ORAMAS, César y CUINDRO CASASÓS, Antonio., *Tecnología de la madera*, (volumen III). Madrid, Editado por A.I.T.I.M., Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y Corcho, 1974.

- PÉREZ-DOLZ, F., *Iniciación a la técnica de la pintura*. Barcelona, Editorial Apolo, 1941.

- PLENDERLEITH, H.J., *La conservación de antigüedades y obras de arte*, Madrid, Editado por el Instituto central de conservación y restauración de obras de arte, arquitectura y etnología, 1967.

- PLINE., *Histoire Naturelle*, (avec la traduction en français par M.E. Littré, Paris, L'institut de France, 1877.

- PUIG, Francisco-Enrique., *Enfermedades producidas por algunos insectos, Prevención y tratamiento*, Madrid, Edita, Ministerio de Agricultura, Dirección General de Montes, Caza y Pesca Fluvial, 1962.

- REXRODE Charles O. and BAUMGRAS John E., « *Gum spots caused by cambium miners in Black Cherry in West Virginia* » (Revista). Forest Service, Research Paper NE - 463, 1980, pp. 1-9.

- RODRIGUEZ BARREAL, J. Antonio., *Micosis de la madera cortada y puesta en servicio*, Madrid, Fundación Conde del Valle de Salazar - E.T.S. de Ingenieros de Montes, 1983.

- RODRÍGUEZ BARREAL, J. Antonio., *Insectos, moluscos y crustáceos destructores de la madera en uso*, Madrid, Ministerio de Agricultura, 1979.

- ROSELLÓ, Luis R., *Logo, de la tortuga a la inteligencia artificial*, Madrid, Vector Ediciones, 1986.

- SAECHTLING, H., *Los plásticos en la construcción*, Barcelona, Editorial Gustavo Gili, 1978.

- S'AGARO, J. de (seud. de Daniel Basilio Bonet), *El Arte de la Pintura*, Barcelona, Las Ediciones De Arte, s.f.

- SANTINI, L., *Limpieza, pulido, teñido y barnizado de la madera*. Las Fonts de Tarrasa, Barcelona, Ed. Sintés. (5ª Ed. 1985).

- SERVICIO DE PLAGAS FORESTALES., *Principales insectos que atacan a las frondosas en España*, Madrid, Edita Ministerio de Agricultura, Dirección General de Montes, Caza y Pesca Fluvial, 1960.

- SHWENKER, Robert F. y GARN, Paul D., *Thermal Analysis*, New York, Ed. Academic Press.

- SMALLEY, Francis R., « *Gum Spots in Black Cherry* », (Revista), *Northern Logger and timber processor*, November 1983, pp. 13-24.

- SMIT, Stan y TEN HOLT, H.F., *Manual del artista*, Madrid, H. Blume Ediciones, 1982.
- STOKER, H. Stephen y SEAGER, Spencer L., *Química ambiental: Contaminación del aire y del agua*, Barcelona, Ed. Blume, 1ª edición española, 1981.
- STOUT, George L., *Restauración y conservación de pinturas*, Madrid, ed. Tecnos, 1960.
- SZPUMBERG, A; «Lluvia ácida» (Revista), *Nuevo Algo*, Noviembre 1984 pp. 6-9.
- TORRES, Juan J., *El azulado de la madera y su tratamiento*, Madrid, Edita Gráficas Reunidas, 1964.
- UNESCO., *La conservación de los bienes culturales*, París, Unesco, 1979, 2ª ed.
- UNESCO., *The care of wood panels*, UNESCO, 1955.
- VASARI, Giorgio., *Vida de grandes artistas*, Barcelona, Editorial Luís Miracle, 1940.
- VIBERT, J.G., *La science de la peinture*, París, Edition Onzieme, 1986.

- WARRING, R.H., *El libro práctico del poliéster y la fibra de vidrio*, Barcelona, Ediciones Borrás, 1975.

- WILLIAMS, Amancio., *La Carta de Atenas*, Buenos Aires, Editorial Contemporánea, 1957.

- ZAIDENBERG, A., *Manual gráfico y técnico de la pintura*, Buenos Aires, Ediciones Centurión, 1945.

ÍNDICE.

	Pág.
Introducción.....	3

PRIMERA PARTE.

CONSTITUCIÓN, CARACTERÍSTICAS Y OTRAS GENERALIDADES
DE LA MADERA.

I.1.1. Definición y constitución.....	10
I.1.2. División y diferenciación de las maderas.....	10
I.1.3. Caracteres de distinción entre maderas frondosas y coníferas.....	12
I.1.4. Características Físicas y Mecánicas:.....	15
I.1.5. Características Físicas:.....	15
I.1.6. Características Mecánicas:.....	23
I.1.7. Estructura general y desarrollo.....	26
I.1.8. Composición y comportamiento de la pared celu- lar.....	31
I.1.9. La corta de la madera.....	34
I.2.0. Operaciones para la transformación de la madera..	35
I.2.1. Tipos de aserrado.....	36
I.2.2. Tipos de secado.....	39
I.2.3. Defectos de la madera..	47
I.2.4. Distintas calidades de la madera. Derivados.....	53

SEGUNDA PARTE.

AGENTES QUE CAUSAN LA DEGRADACIÓN DE LA MADERA.

II.0.0 Agentes abióticos.....	66
II.1.1. Madera a la intemperie.....	66
II.1.2. Agentes atmosféricos.....	68

II.1.3. Agentes mecánicos.....	70
II.1.4. Resistencia al fuego.....	70
II.1.5. Sorción de agua.....	80
II.1.6. Agentes químicos.....	80
II.1.7. Madera en interiores.....	82
II.1.8. Aire no contaminado.....	83
II.1.9. Aire contaminado.....	86
II.2.0. Monóxido de carbono.....	96
II.2.1. Óxidos de nitrógeno.....	101
II.2.2. Hidrocarburos y oxidantes fotoquímicos.....	105
II.2.3. Óxido de azufre.....	114
II.2.4. La lluvia ácida.....	118
II.2.5. El filtro catalizador.....	126
II.2.6. Partículas.....	130
II.2.7. Tipos de clima, efectos de deterioro.....	135
II.2.8. Otros agentes meteorológicos.....	137
II.2.9. Efectos de la humedad relativa.....	140
II.3.0. Agentes destructores bióticos.....	143
II.3.1. Hongos.....	143
II.3.2. Hongos Cromógenos.....	145
II.3.3. Hongos xilófagos.....	146
II.3.4. Pudriciones.....	148
II.3.5. Condiciones para la vegetación de hongos de ma- dera	151
II.3.6. Tratamientos.....	157
II.3.7. Bacterias y actinomicetos.....	158
II.3.8. Conejos.....	159
II.3.9. Aves.....	160
II.4.0. Insectos xilófagos.....	161
II.4.1. Tratamiento contra insectos.....	169
II.4.2. Isópteros.....	170
II.4.3. Lepidópteros.....	177
II.4.4. Himenópteros.....	179
II.4.5. Coleópteros.....	181
II.4.5.1. Anobidos.....	189
II.4.5.2. Escolitidos y Platipódidos.....	194

II.4.5.3. Cerambicidos.....	198
II.4.6. Daños que ocasionan los xilófagos marinos.....	207
II.4.6.1. Moluscos xilófagos.....	207
II.4.6.2. Crustáceos xilófagos.....	211
II.4.7. Problemas que suponen los plaguicidas.....	213

TERCERA PARTE

PREVENCIÓN, PROTECCIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE LA MADERA.

III.1.0. La madera a lo largo de la historia.....	221
III.1.1. "ética" y normas para un buen uso y conservación de la madera.....	229
III.1.2. Teoría sobre la restauración de la madera.....	230
III.1.3. Autenticidad de la madera.....	232
III.1.4. Distintos grados de actuación.....	235
III.1.5. Anastilosis.....	236
III.1.6. Especies tradicionales y condiciones para su empleo.....	238
III.1.7. Precauciones impuestas por los cambios en la utilización de los locales.....	240
III.1.8. Incidencias de las modificaciones aportadas en las labores de restauración.....	242
III.1.9. Algunas influencias derivadas de los cambios producidos en el medio ambiente exterior.....	245
III.2.0. Elección de especies de reemplazo. Los tratamientos preventivos y curativos.....	246
III.2.1. Grados de Conservación.....	252
III.2.2. Factores que intervienen en la humedad circundante.....	254
III.2.3. Causas de la humedad de condensación.....	256
III.2.4. Medidas a tomar en la lucha contra la humedad del suelo.....	257
III.2.5. Conocimiento de los métodos tradicionales de construcción.....	259
III.2.6. Rehabilitación de edificios mediante tableros	

de fibras de madera.....	261
III.2.7. Condiciones de deterioro: la iluminación.....	265
III.2.8. Preparación de los edificios en que se alberga.	267
III.2.9. Ausencia de aire acondicionado.....	268
III.3.0. Posibles focos de humedad interior.....	270
III.3.1. Relación madera-mortero.....	271
III.3.2. La madera como soporte pictórico.....	273
III.3.3. El aire circundante.....	273
III.3.4. La atmósfera de los museos.....	277
III.3.5. Preparación de las tablas medievales.....	278
III.3.6. Tratamientos aplicados a soportes pictóricos de madera.....	280
III.3.7. Técnicas de conservación de la madera.....	295
III.3.8. Prevención de la madera.....	296
III.3.9. Historia y propiedades de los antisépticos.....	300
III.4.0. Protectores Orgánicos.....	304
III.4.1. Protectores Hidrosolubles.....	311
III.4.2. Creosotas.....	313
III.4.3. Derivados clorados de los hidrocarburos aroma- ticos del alquitrán.....	323
III.4.4. Tratamientos preventivos.....	329
III.4.5. Tratamientos curativos.....	338
III.4.6. Madera sumergida en agua.....	344
III.4.7. Consolidación de la madera.....	349
III.4.8. Técnicas de tratamiento.....	350
III.4.9. Adhesivos y consolidantes.....	365
III.5.0. Técnicas de consolidación de estructuras a partir de resinas epoxi.....	371
III.5.1. Técnica de consolidación de maderas.....	373
III.5.2. Aplicaciones.....	380

CUARTA PARTE
APORTACIÓN PERSONAL HACIA OTROS MÉTODOS DE
ANÁLISIS.

IV.1.0. La Dendrocronología aplicada a la datación de edificios históricos.....	401
IV.1.1. Aportación personal: UN NUEVO MÉTODO DE ANÁLISIS.....	405
CONCLUSIONES.....	471
NOTAS.....	472
BIBLIOGRAFIA.....	485