

TECNICAS PARA LA PRESERVACION DE MADERAS

Documento Técnico 65/1998

Rosa Beatriz Vaca de Fuentes
Universidad Autónoma Juan Misael Saracho

Contrato USAID: 511-0621-C-00-3027-00
Chemonics International
USAID/Bolivia
Febrero, 1998

Objetivo Estratégico de Medio Ambiente (USAID/Bolivia)

Técnicas para la Preservación de Maderas

Proyecto de Manejo Forestal Sostenible BOLFOR

Cuarto Anillo
esquina Av. 2 de Agosto
Casilla 6204
Teléfonos: 480766 - 480767
Fax: 480854
e-mail: bolfor@bibosi.scz.entelnet.bo
Santa Cruz, Bolivia

*BOLFOR es un proyecto financiado por USAID y el Gobierno de Bolivia e implementado por
Chemonics International, con la asistencia técnica de Conservation International,
Tropical Research and Development y Wildlife Conservation Society*

TABLA DE CONTENIDO

		Página
SECCION I	INTRODUCCION	I-1
SECCION II	ESTRUCTURA DE LA MADERA	II-1
	A. Albura y Duramen	II-1
SECCION III	EL AGUA EN LA MADERA	III-1
	A. Humedad en la Madera	III-1
	A1. Agua Libre	III-1
	A2. Agua de Saturación o Higroscópica	III-1
	A3. Agua de Constitución	III-1
	B. Determinación del Contenido de Humedad	III-1
	B1. Método de Peso Seco al Horno o de Doble Pesada	III-2
	B2. Método Eléctrico	III-2
	B3. Campos de Aplicación de Madera según su Contenido de Humedad	III-3
SECCION IV	AGENTES DESTRUCTORES DE LA MADERA	IV-1
	A. Principales Causas de Degradación	IV-1
	B. Hongos	IV-2
	B1. Agaricales	IV-2
	B2. Polyporales	IV-2
	B3. Humedad	IV-3
	B4. Temperatura	IV-3
	B5. Oxígeno	IV-4
	B6. pH	IV-4
	B7. Alimento	IV-4
	C. Mohos	IV-4

SECCION V	DEGRADACION DE LA MADERA EN SUS COMPONENTES QUIMICOS	V-1
	A. Pudrición Blanca	V-1
	B. Pudrición Marrón o Parda	V-2
	C. Efectos del Ataque del Hongo de Pudrición sobre las Propiedades de la Madera	V-3
	D. Agentes Destruedores de Origen Animal	V-3
	D1. Ciclo de Vida de los Insectos Xilófagos	V-4
	E. Orden Coleópteros: Familia Anóbidos	V-5
	E1. Familia Lictidos	V-5
	E2. Familia Cerambícidos	V-6
	E3. Familia Escolitidos	V-6
SECCION VI	ISOPTEROS	VI-1
SECCION VII	PERFORADORES MARINOS	VII-1
	A. Molusco	VII-1
	B. Crustáceos	VII-2
SECCION VIII	AGENTES NO BIOLÓGICOS	VIII-1
	A. Acción del Fuego	VIII-1
	B. Temperización	VIII-1
	C. Desgaste Mecánico	VIII-1
SECCION IX	CONSIDERACIONES SOBRE CONSERVACION DE TROZAS	IX-1
SECCION X	PRESERVANTES DE LA MADERA	X-1
	A. Características que debe Reunir un Preservante	X-1
	B. Clasificación de los Preservantes	X-2
	B1. Naftenatos	X-3
	B2. Pentaclorofeno	X-4
	B3. Oxido Tributíl Estannoso	X-4
	B4. Quinolinolato 8 de Cobre	X-5
	C. Productos Inorgánicos	X-5
	C1. Sulfato de Cobre	X-5

	C2. Sales Múltiples	X-6
	C3. Arsénico - Cobre - Amoniacales (A.C.A.)	X-6
	C4. Sales Cupro	X-6
	C5. Sales Cupro - Cromo - Boricas (CCB)	X-7
	C6. Compuestos de Boro	X-7
	C7. Otros Compuestos Hidrosolubles	X-7
SECCION XI	PREPARACION DE LA MADERA ANTES DE SU PRESERVACION	XI-1
SECCION XII	METODOS DE TRATAMIENTO DE LA MADERA	XII-1
	A. Brocheado y Pulverizado	XII-1
	B. Inmersión	XII-2
	C. Inmersión Instantánea	XII-2
	D. Inmersión Caliente	XII-2
	E. Ascensión Simple	XII-2
	F. Ascensión Doble	XII-3
	G. Baño Caliente - Frío	XII-3
	H. Procesos a Presión	XII-3
	H1. Proceso de Bethell o Célula Llena	XII-4
	H2. Proceso Rueping	XII-5
	H3. Proceso Lowry o Célula Vacía	XII-6
SECCION XIII	PROCESOS DIVERSOS: METODO BOUCHERIE	XIII-1
SECCION XIV	CONTROL DE CALIDAD DE LA MADERA TRATADA	XIV-1
	A. Resultado de los Tratamientos	XIV-1
	B. Determinación de la Penetración	XIV-2
	C. Determinación de la Retención	XIV-3
	D. Certificado de Calidad	XIV-4

SECCION XV	DURABILIDAD NATURAL	XV-1
	A. Métodos para Determinación la Durabilidad Natural de la Madera	XV-2
	B. Método de Campo o Cementerios	XV-3
	B1. Factores que Afectan la Preservación	XV-4
	B2. Riesgos contra la Salud	XV-5
	B3. Acciones Curativas	XV-5
SECCION XVI	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	XVI-1

SECCION I INTRODUCCION

La madera ha sido utilizada por el hombre desde hace muchos años atrás y tratada por mecanismos empíricos o rudimentarios con soluciones químicas como los carbonatos y sulfatos de sodio, evitando de esta manera la degradación de la madera. Ejercitada por los chinos quienes practicaban entre otros la inmersión salada, o por medio de la carbonización, aplicación de aceites naturales, caucho, resinas, gomas, látex y alquitranes.

Frente al agotamiento de los bosques naturales de maderas nobles y durables, la preservación es la respuesta técnica, que posibilitará la incorporación de un gran número de especies a los diferentes campos de aplicación, con igual o mayor duración que las tradicionalmente conocidas.

Las propiedades físico mecánicas no sólo pueden permitir determinar el uso más apropiado de la madera, sino también son un instrumento valioso para poder con aproximación conocer la durabilidad natural, aptitud de la tratabilidad de las diferentes especies forestales y el comportamiento de las mismas frente a diferentes sistemas de preservación.

La riqueza de los bosques es cuantiosa a través de los años, la pérdida económica de enormes volúmenes de madera se ha ocasionado a causa de una creciente demanda de un público exigente de productos de calidad.

La preservación le otorga a la madera incrementar su vida útil, mediante procesos físico - químicos, de esta manera se incorporan al mercado nuevas especies maderables, aspecto que incide directamente en el desarrollo económico y social, desde el momento en que adecuadamente aplicada la preservación en los productos maderables llegan a satisfacer efectivamente las necesidades del hombre.

SECCION II

ESTRUCTURA DE LA MADERA

La madera es un material biológico de origen vegetal y composición química muy compleja, formada anatómicamente por la corteza - floema, cambium, albura y duramen. Esta compleja organización estructural hace de la madera un material anisótropo con propiedades diferentes en sus tres planos normales de corte: (transversal, radial y tangencial) que lo convierten en un elemento particular y con propiedades diferentes a otros materiales tradicionalmente empleados en la construcción.

La mayoría de las diferencias entre la albura y el duramen son de naturaleza química ocasionadas por la infiltración en el duramen de aceites, gomas, resinas, taninos, compuestos aromáticos y colorantes convertidos en tejido duro y de color generalmente oscuro que lo diferencia de la albura.

A. Albura y Duramen

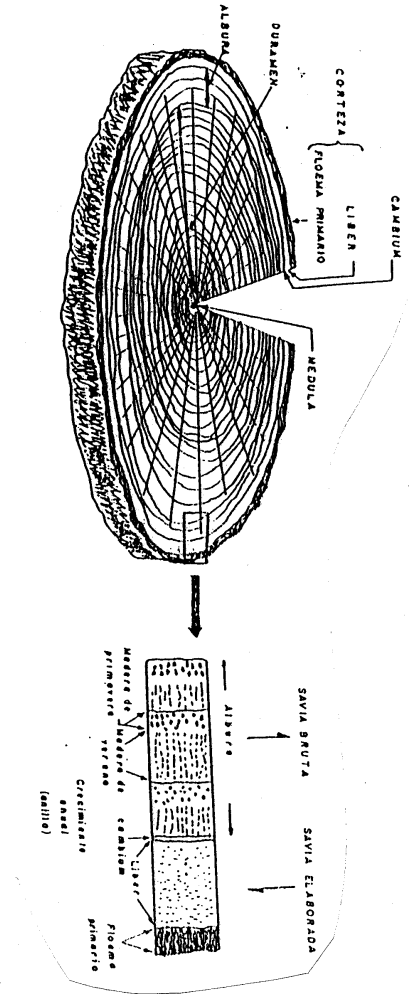
Haciendo un corte transversal en una tronca, se tiene dos zonas diferenciadas: duramen y albura. Cuando el árbol envejece, la parte central del mismo, -el duramen- cesa sus funciones de llevar sus nutrientes, llegándose a constituir en el elemento estructural y de sostén más importante del árbol; la albura, que es la parte más joven y externa del árbol, continúa proporcionando los alimentos y agua para su desarrollo.

La proporción de albura y duramen, es muy variable dependiendo de la especie, son en su mayoría alargadas y ahusadas, de naturaleza porosa y están clasificadas por su estructura en dos grupos: coníferas y latifoliadas.

- Las coníferas conformadas de 80 a 90% por traquéidas que se encuentran dispuestas en el sentido del eje del árbol, alargadas y fusiformes, permiten el paso de los líquidos; cumplen la función de transportar sustancias alimenticias y sirven de sostén a la estructura leñosa, son células de mayor longitud y miden entre 2-5 mm. de dimensión y pueden ser hasta 75 veces mayor que la magnitud de su diámetro.
- Las células parenquimáticas son más delgadas y de menor longitud que las traquéidas, forman canales orientados transversalmente al eje del tronco, cumplen la función de conducir y almacenar sustancias nutritivas desde la corteza hasta la médula (radios medulares).
- Otro de los componentes son los canales resiníferos, ocasionalmente rodeados de tejido parenquimatoso especializado.

Constitución macroscópica de la madera en corte transversal

Fuente: André Leclercq



Constitución macroscópica de la madera en corte transversal
Fuente: André Leclercq

La especie latifoliadas tienen estructura celular más compleja, constituidas por **fibras**, que son células alargadas agrupadas en haces, provistas de puntuaciones para facilitar el paso de nutrientes.

La fibra, principal componente con un 50% o más del volumen de la madera (mayor % de fibra, mayor densidad).

Presentan igualmente **vasos**, que son elementos de conducción de agua y sales minerales, son células tubulares unidas por sus extremos generalmente abiertos y que también pueden formar el 50 % del volumen de la madera.

También presentan células de **parenquima** que cumplen la función de conducción y almacenamiento de nutrientes, no sólo en sentido transversal, sino también en el longitudinal.

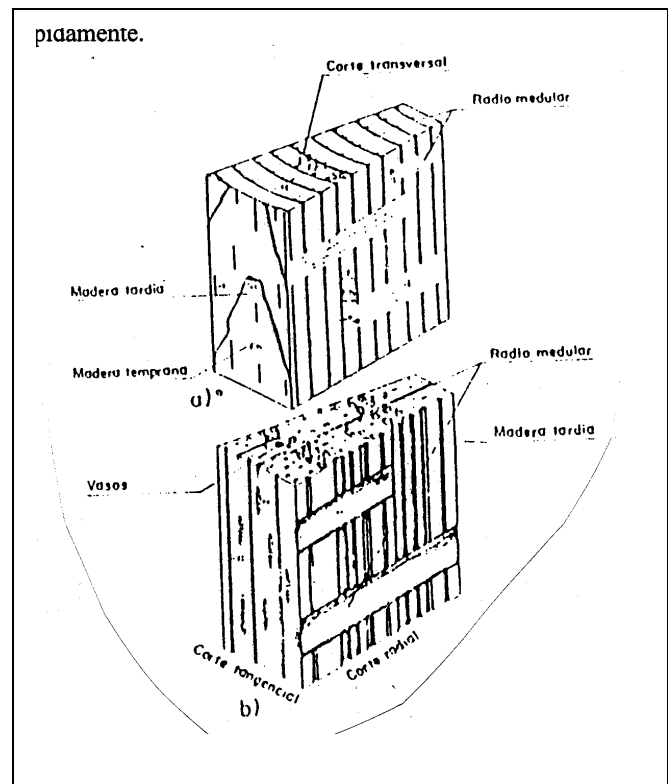
Ocasionalmente se encuentran los canales gomíferos que son células especializadas de parenquima, ubicadas longitudinalmente o dentro de los radios medulares.

Se debe mencionar también, que los contenidos celulares de la madera reaccionan con algunas sustancias químicas, dando lugar a precipitaciones insolubles que disminuyen o impiden la penetración de líquidos en el material al ser preservado, sobre todo si estos precipitados se producen rápidamente.

Existen maderas que por su naturaleza tienen un alto peso específico o baja porosidad y cuyos conductos se hallan taponados por gomas y resinas, esto determina que la madera impida la penetración de líquidos y se hace más difícil la preservación del material.

Fig. 2: Esquema macroscópico de la madera

- a. *Coníferas*
- b. *Latifoliadas*



SECCION III

EL AGUA EN LA MADERA

A. Humedad en la Madera

Cuando un árbol es apeado, la madera posee gran cantidad de agua, este contenido varía según la especie, región de procedencia y época de corta. La madera por ser un material poroso está conformada por células, que tienen la función de conducción como ocurre con la albura que presenta un contenido de humedad mayor que el duramen.

El agua se encuentra dentro de la madera bajo diferentes formas: (*Manual del grupo Andino para la preservación de maderas*).

A1. Agua Libre

Se encuentra ocupando cavidades celulares o lumen de los elementos vasculares, dando a la madera lo que tradicionalmente se ha venido a denominar su condición verde, que al ser sometida al secado pierde por evaporación, hasta alcanzar el punto de saturación de las fibras, que corresponde a un contenido de humedad entre 21-32 % (SEAL 1984). A partir de esta condición conocida como punto de saturación de las fibras (p.s.f.), se produce modificaciones en las propiedades físicas - mecánicas, eléctricas, de secado y tratabilidad de la madera.

A2. Agua de Saturación o Higroscópica

Es la que se encuentra en las paredes celulares y se la conoce también como: *agua de imbibición* o *agua absorbida*, la eliminación de agua ocurre con mayor lentitud, hasta lograr su estado de equilibrio higroscópico, vale decir 12-18 % de humedad dependiendo el lugar donde se realice el secado.

A3. Agua de Constitución

Forma parte de la materia celular de la madera y no puede ser eliminada utilizando las técnicas normales de secado, su eliminación implicaría la destrucción de la madera.

B. Determinación del Contenido de Humedad

El contenido de humedad en la madera se determina considerando sólo los valores del agua libre y agua de saturación llegándose a constituir madera seca, cuando alcanza un peso constante al someter la madera a temperatura 103 " 21C en un horno de secado.

Se define como el peso de la cantidad de agua presente en una pieza de madera, expresado en función del peso de esa pieza seca al horno o anhidra. Su valor numérico se expresa en porcentaje y se calcula por medio de la siguiente fórmula:

$$CH = \frac{Ph - Ps}{Ps} * 100\%$$

Donde:

CH = Humedad de la madera expresada como un porcentaje de su peso anhidro.

Ph = Peso de la madera en estado húmedo o peso inicial.

Ps = Peso de la madera en estado anhidro o peso final.

En algunos casos, como en la industria de la pulpa, el contenido de humedad se basa en el peso húmedo o peso inicial.

$$CH = \frac{Ph - Ps}{Ph} * 100$$

El contenido de humedad de la madera se puede determinar según diferentes procedimientos, siendo los más aceptados el método de peso seco al horno o de doble pesada y los eléctricos muy usados en la industria. Otros como el de secado al vacío mediante sustancias higroscópicas, destilación de la madera, expulsión directa de agua por presión, centrifugación, uso de alcohol y sustancias azucaradas, son métodos muy especializados para la investigación.

B1. Método de Peso Seco al Horno o de Doble Pesada

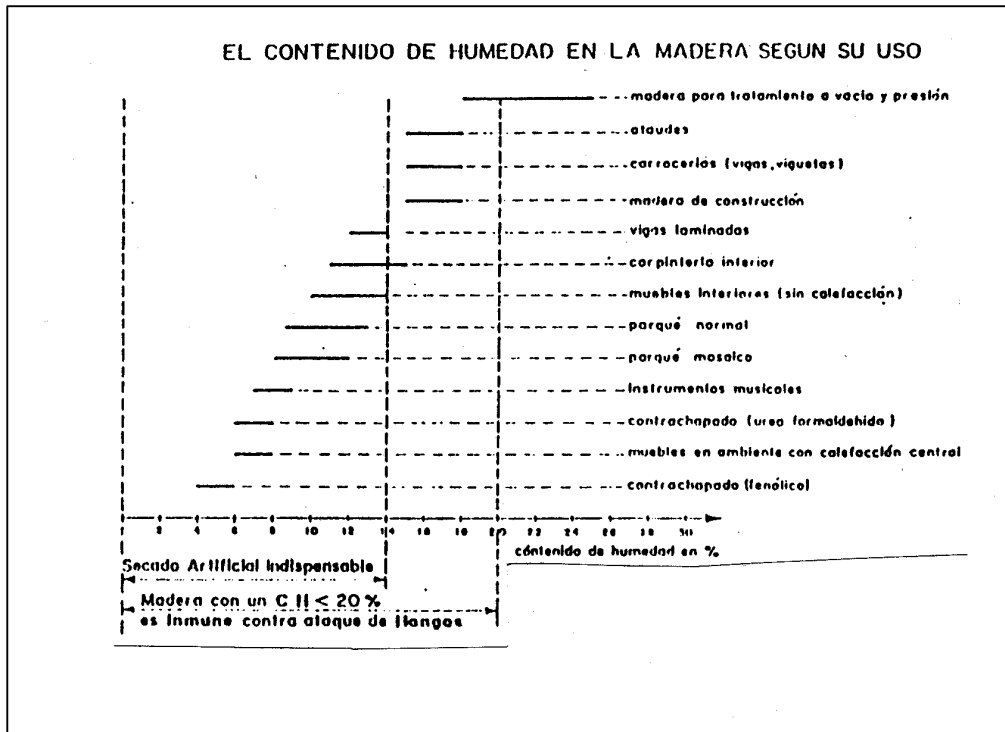
Es un método relativamente exacto y satisfactorio, depende su precisión de la selección correcta y representativa de muestras o probetas para la desecación.

B2. Método Eléctrico

La medición del contenido de humedad por métodos eléctricos, tiene su base en las diferencias de propiedades eléctricas entre la madera seca y humedad, tanto en relación a la resistencia óhmica como a la constante dieléctrica y la pérdida de potencia. Específicamente la resistencia óhmica y las propiedades dieléctricas de la madera dependen, en una forma bien definida, del contenido de humedad en la madera, sobre todo en el rango de 4% a 25% de contenido de humedad.

Se distinguen dos tipos diferentes de medidores eléctricos para determinar el contenido de humedad de la madera, en uno de ellos, se mide el contenido de humedad por su resistencia eléctrica y en el otro por sus propiedades dieléctricas (*Manual del grupo Andino para la preservación de maderas*).

B3. Campos de Aplicación de Madera según su Contenido de Humedad



Fuente: *Manual del Grupo Andino para la Preservación de Maderas*

SECCION IV

AGENTES DESTRUCTORES DE LA MADERA

La madera por ser un material de origen orgánico, está expuesta a una serie de ataques ya sea por microorganismos, bacterias, hongos, insectos, perforadores marinos e inclusive animales superiores o por causas no biológicas como el fuego, desgastes mecánicos y acción de la intemperie.

Estos microorganismos para sobrevivir requieren de:

- Fuente de alimentación
- Humedad adecuada
- Fuente de oxígeno
- Temperatura
- pH adecuado

A. Principales Causas de Degradación

Los agentes biológicos atacan a la madera porque para ellos se constituye en su fuente de alimento o una vía para conseguir el mismo, no todas las maderas se comportan en forma similar frente a estos agentes, algunas especies producen materiales llamados extractivos que le confieren cierto nivel de resistencia frente a hongos e insectos, son aceites esenciales, resinas y taninos, compuestos fenólicos, extractivos que se acumulan en el duramen o cerno y que no se presenta en la albura o sámag; porque la albura almacena azúcares y almidones que son apetecidos por ciertos hongos e insectos xilófagos, en consecuencia la albura es susceptible al ataque de estos agentes.

Los mecanismos de aplicación y la acción de diferentes preservantes, no podrían ser plenamente entendidos sin un conocimiento básico de los procesos de deterioro en la madera.

Las bacterias no constituyen un peligro importante en la destrucción de la madera; sin embargo se ha comprobado que existen relaciones con los ascomicetes que causan cierto tipo de pudrición o mancha. El bacillus polymixa es la bacteria capaz de atacar a la madera sumergida en el agua dulce, pero esta degradación es poco significativa.

Los insectos se constituyen también en los principales agentes capaces de atacar a la madera. Entre ellos tenemos: a los coleópteros (escarabajos), que con las termitas o comegenes hormigas y avispa carpinteras obligan a tomar medidas de protección. Los perforadores marinos atacan todo tipo de madera que se encuentra sumergida en agua de mar.

B. Hongos

Existen muchas variedades de hongos que utilizan a la madera como fuente de alimentación, los daños por estos organismos pueden originarse incluso cuando un árbol está de pie, los altos contenidos de humedad los previene del ataque por hongos e insectos, pero cuando el árbol es derribado, comienza la pérdida del contenido de humedad en sus tejidos, las esporas de los hongos que circulan en el medio encuentran el sustrato apropiado para su germinación y su posterior penetración en el tejido leñoso. Las preferencias alimenticias de los hongos son muy variadas, mientras unos desintegran las paredes celulares causando pudriciones, otros se alimentan de azúcares y almidones que forman parte del contenido celular y originan cambios de coloración en la madera.

Los hongos inferiores llamados también saprófitos son incapaces de producir por si solos sus alimentos. La característica más importante de este grupo de destructores de la madera, es que crecen por micelio y se reproducen mediante esporas.

La constitución de los hongos es relativamente simple, el cuerpo fructífero se conforma de células individuales llamadas hifas, células muy finas, diámetro aproximadamente $2\mu.m.$, microscópicas, poseen ramificaciones, paredes transparentes conformadas por quitina.

El micelio, mediante la secreción de enzimas son las encargadas de suministrar alimento a los hongos, tanto las hifas como el micelio son los verdaderos destructores de la madera.

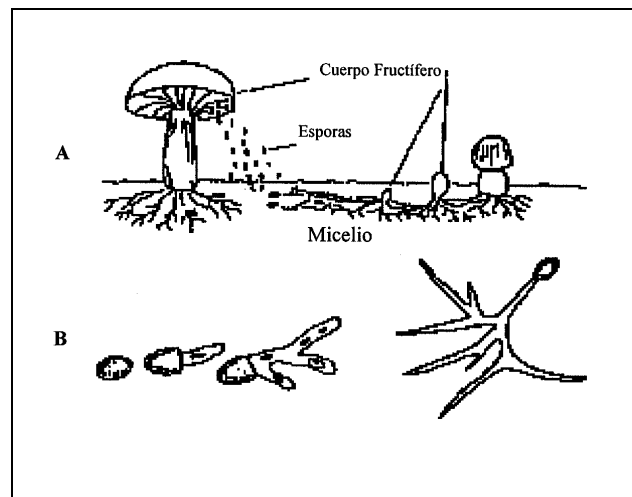
Los hongos se desarrollan mediante las esporas que son las responsables de la propagación y se producen dentro de los cuerpos fructíferos que dan lugar a los principales grupos de agaricales y polyporales.

B1. Agaricales

Cuerpo fructífero laminar de consistencia generalmente suave, llamados hongos de sombrero o setas; himenio con láminas o agallas, láminas pocas veces separadas.

Fig. 3: Ilustración esquemática del desarrollo del hongo

- a) Desarrollo del hongo
- b) Germinación de las esporas y desarrollo del micelio



B2. Polyporales

Cuerpo fructífero en estratos de consistencia generalmente dura o coriacea, llamados hongos en repisa o casco de caballo himenio con tubos o poros, algunas veces en forma laminar.

Las esporas para su germinación necesitan un sustrato y condiciones climáticas (temperatura, humedad). Una vez germinada la espora crece la hifa y luego da origen al micelio, el mismo que adquiere un tamaño adecuado y da lugar a los cuerpos fructíferos con tejido formador de esporas, que son trasladadas por el viento, agua y otros que poniéndose en contacto con el pedazo de madera y que reúne las condiciones forman raíces llamadas hiphae.

Los hongos superiores capaces de producir diferentes pudriciones y deterioro son responsables de desintegrar la materia orgánica. Los basidiomicetes se constituyen en el grupo de hongos de mayor número de especies que se caracterizan por la producción de esporas; su estructura principal son los basidios que se encuentran dispuestos en estratos definidos en el micelio llamado también himenio; el micelio formado por hifas septadas y bien desarrolladas.

Los hongos al desarrollar sus hifas forman el micelio, elemento que penetra y permanece en la madera, en consecuencia la pudrición no es fácil de reconocer en sus primeras etapas, pero sí se los puede detectar cuando la madera cambia de color, pierde peso y poca consistencia cuando el hongo ha cumplido su ciclo biológico con la formación de su esporocarpio. La madera presenta los cuerpos fructíferos o esporocarpos, la remoción de estos no obstaculiza el proceso de degradación.

Para el desarrollo de estos organismos, es necesaria la concurrencia de ciertos factores indispensables para su actividad fisiológica:

B3. Humedad

Es de gran importancia para la germinación, actividad enzimática, la absorción, el transporte de sustancias y se desarrollan entre 30 - 50%.

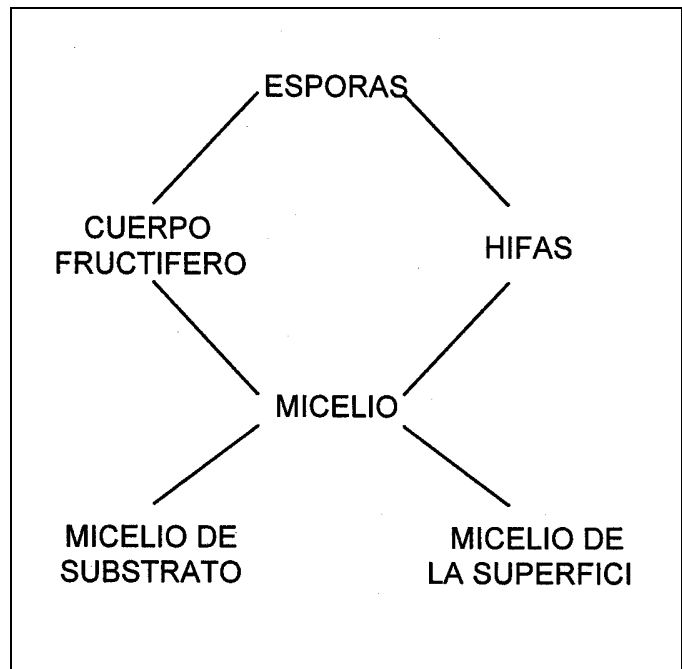


Fig. 4: Ciclo del desarrollo de los hongos

B4. Temperatura

Los hongos necesitan de temperatura moderada para llevar a cabo su actividad vital encontrándose dicha temperatura entre 20 a 40°C, cesando toda actividad por debajo de 31°C.(LECLERCQ-SEUTIN 1989).

B5. Oxígeno

Los hongos pertenecen al grupo de organismos aerobios y su respiración es posible cuando existe una cantidad adecuada de oxígeno.

B6. pH

La germinación de las esporas y el crecimiento del micelio dependen en forma considerable del valor pH, las maderas presentan un valor cercano a 5 y se sabe que los valores óptimos para el desarrollo de los hongos están entre 5 y 6 es decir en un medio ligeramente ácido.

B7. Alimento

La madera es el alimento de los hongos, en la mayoría de los casos, aunque todos no pueden alimentarse directamente de ella lo hacen mediante la acción de enzimas que ellos mismos segregan, descomponiéndola en sustancias más simples y fácilmente asimilables.

C. Mohos

Son hongos que desarrollan su micelio en la superficie de la madera (ofreciendo el conjunto de los micelios una cubierta algodonosa blanca), penetrando las hifas en el interior a poca profundidad y provocando coloraciones o manchas, las cuales junto con la pelusa blanquecina, pueden eliminarse mediante un cepillado leve, se alimentan de sustancias en reserva depositadas en el interior de las células parenquimáticas de la albura, no lesionando las paredes celulares por lo que no alteran en grado alguno las propiedades mecánicas de la madera afectada.

Los hongos cromógenos son los que producen manchas en la superficie de la madera, siendo los más comunes la mancha azul, se presentan en madera almacenada, aserrada y en troncos, esta coloración no puede ser eliminada, desvalorizando en algunos usos.

Se alimentan de sustancias de reserva en las células parenquimáticas de la albura, las hifas penetran a través de los radios leñosos mediante presión mecánica del extremo de las hifas, sin secreción de ectoenzimas que producirán la lisis de la pared celular, por esta razón estos hongos no alteran la propiedades físicas y mecánicas de la madera.

SECCION V

DEGRADACION DE LA MADERA EN SUS COMPONENTES QUIMICOS

La madera está conformada fundamentalmente por lignina y celulosa, sustancias muy apetecibles para los hongos de pudrición.

A. Pudrición Blanca

Los hongos responsables de este tipo de pudrición descomponen todos los elementos de la pared celular, entre ellos la lignina mediante la acción de sus ectoenzimas, la madera afectada pierde su color característico, se vuelve fibrosa y se parte con facilidad, la lignina es una sustancia derivada de la unión del fenil propano siringilo y guayacilo, se encuentra como material de incrustación en la lámina media y paredes celulares de la madera, por tratarse de un proceso de oxidación y no de hidrólisis los hongos que degradan lignina deben poseer enzimas catacolasas o difenil oxidasas (LECLERCQ A. 1989).

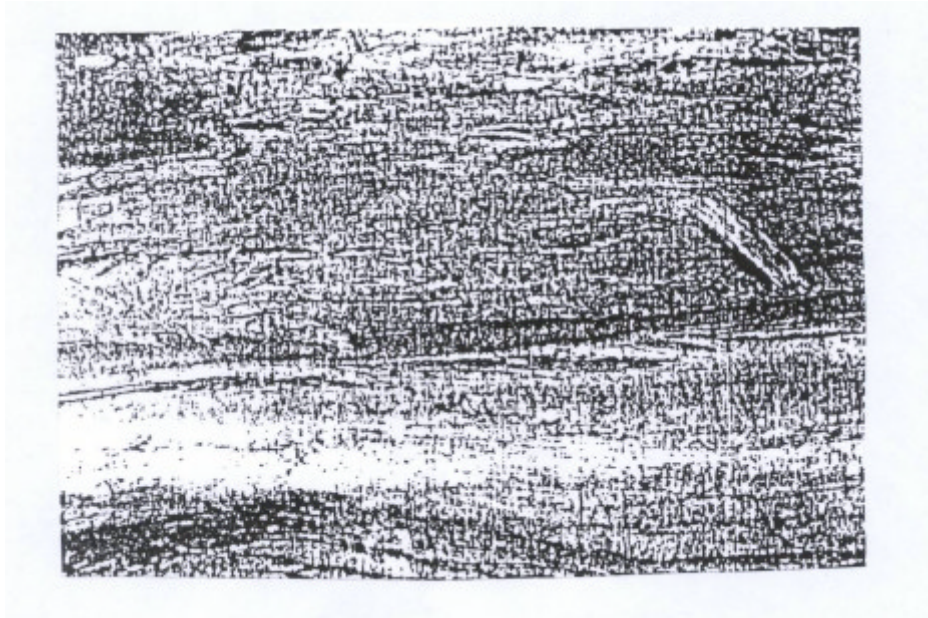


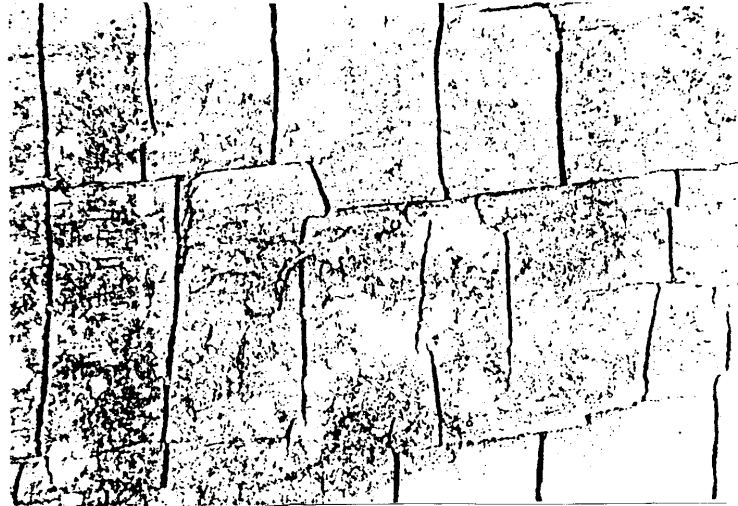
Fig.5: Podredumbre blanca
Fuente : Leclercq A.

B. Pudrición Marrón o Parda

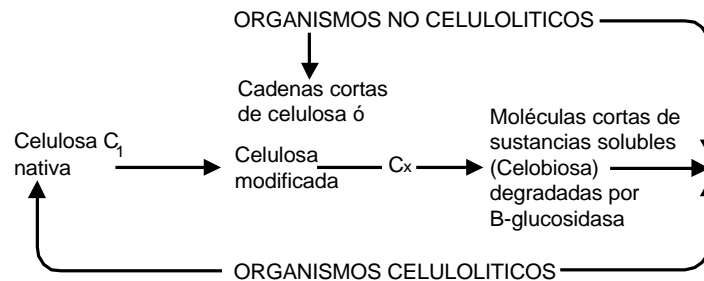
La madera que presenta este tipo de pudrición tiene la apariencia resquebrajada en sentido transversal a la fibra, se la conoce también como pudrición cúbica o rómbica, pierde peso afectando las propiedades físico - mecánicas.

Fig. 6: Podredumbre

cúbica Fuente: Leclercq A.



Este tipo de pudrición se caracteriza por la degradación de la celulosa por acción enzimática, es un proceso complicado, la cadena de celulosa formada por unidades B-D glucosas que es el monómero que se halla unido por enlaces glucosídicos B. Las fases de la degradación de la celulosa son:



Fases de la degradación de la Celulosa

Cuadro 1: Comparación entre Características de las Pudriciones Blanca y Marrón en la Madera

Característica	Pudrición Blanca	Pudrición Marrón/Parda
Color	Apariencia blanquecina	Marrón rojizo o negra
Compuestos removidos	Lignina	Celulosa
Concentración	Más o menos normal	Anormalmente alta, sobre todo longitudinal
Resistencia estática	Se reduce sólo hasta cierto grado	Se reduce enormemente
Tenacidad	Se reduce rápidamente en las etapas iniciales	Se reduce rápidamente, aún en las etapas iniciales
Grado de polimerización	Disminución gradual	Disminución rápida
Rendimiento de pulpa	Similar al de madera sana	Bajo
Calidad de fibra	Comparable a la de madera sana	Pobre
Solubilidad en NaOH al 1%	Ligeramente superior a lo normal	Alta
Sustrato de madera	Latifoliadas	Coníferas

C. Efectos del Ataque del Hongo de Pudrición sobre las Propiedades de la Madera

Cuando se desarrollan estos hongos pueden producir ciertas alteraciones importantes en las características físicas y químicas de la madera infectada, dependiendo de la intensidad de la pudrición y de efectos específicos de los microorganismos.

Los efectos de estos organismos sobre la madera son:

- Alteraciones de la composición química
- Disminución de peso
- Reducción de la resistencia
- Modificación del color natural
- Reducción de la capacidad acuática
- Incremento de inflamabilidad
- Disminución del poder calorífico
- Confiere mayor susceptibilidad al ataque de ciertos insectos

D. Agentes Destruedores de Origen Animal

El segundo grupo de organismos vivos enemigos naturales de la madera son los insectos, el mayor número de estos agentes destructores se ubican taxonómicamente dentro el orden de los coleópteros, siendo los más importantes los escarabajos y los insectos pertenecientes al orden isópteros como las termitas.

D1. Ciclo de Vida de los Insectos Xilófagos

Los insectos xilófagos, en cumplimiento a su ciclo de vida o metamorfosis, pasan por 4 estados conocidos con el nombre de huevo, larva, pupa e insecto adulto o imago.

El material leñoso es afectado cuando las larvas construyen sus galerías en la madera para obtener su alimento y protección. Las hembras colocan sus huevos en lugares protegidos de tal forma que al incubarse y nacer las larvas pueden encontrar su alimento, produciendo galerías que modifican el aspecto y que afecta a las propiedades mecánicas de la madera.

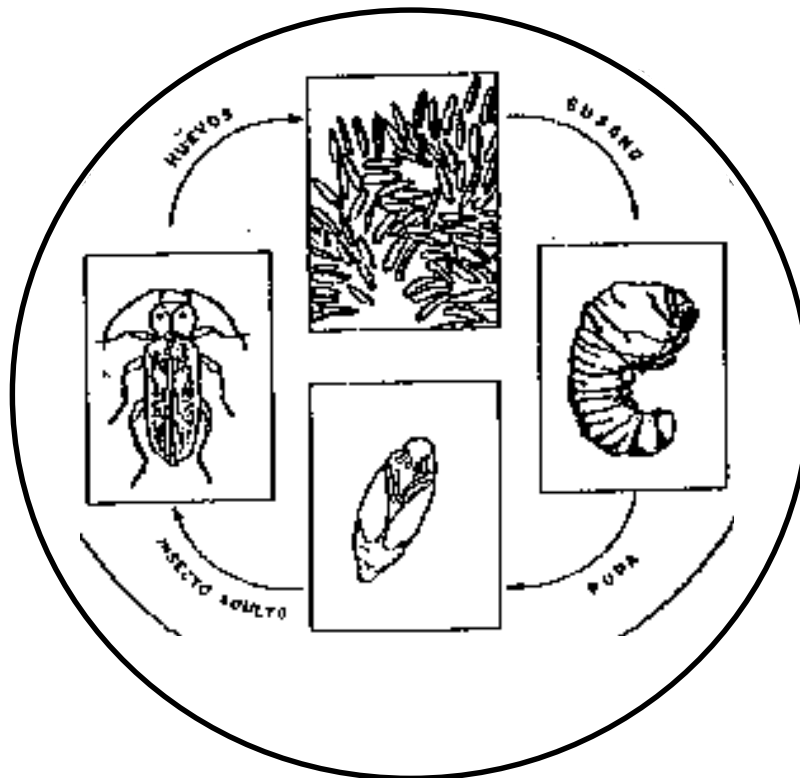


Fig. 7: Ciclo de generación de los insectos.

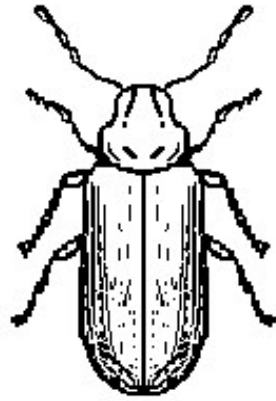
Los insectos no pueden regular la temperatura de su cuerpo, por lo tanto dependen de los cambios que suceden en el medio ambiente, las condiciones favorables no sólo comprometen la existencia y el comportamiento de los insectos, sino que determinan el crecimiento de las larvas, la copulación, ovoposición, pupación y vuelo.

Dentro de los insectos existen familias, órdenes, clases que son importantes por la intensidad y frecuencia de daños que producen en la madera (Tuset 1979).

E. Orden Coleópteros : Familia Anóbidos



a)



b)

Fig. 8: a) Larva de *Anobium punctatum*

b) Adulto de *Anobium punctatum*

Son insectos pequeños que se alimentan de la celulosa, atacan maderas de coníferas y latifoliadas en estado seco, sus daños más importantes los producen en vigas, pilares, muebles y otras piezas de madera.

Las larvas construyen por lo general galerías en dirección de las fibras dejando una capa externa sin destruir que dificulta la determinación e importancia de los daños a simple observación.

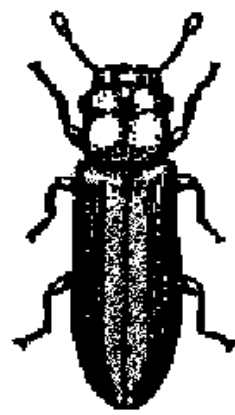
E1. Familia Lictidos



a) Larva de *Lyctus bruneus*



a)



b)

Fig. 9:

b) Adulto de *Lyctus bruneus*

Son insectos de menor tamaño y se alimentan de sustancias de reserva de la madera principalmente del almidón que se encuentra almacenado en la albura. Prefieren a la madera de las latifoliadas y se los reconoce por el fino aserrín de sus galerías.

Su ciclo biológico suele durar un año, de los huevos nacen pequeñas larvas que avanzan por los vasos en busca de almidón, estos escarabajos llamados también polillas o barrenos son del género *lyctus*.

E2. Familia Cerambícidos

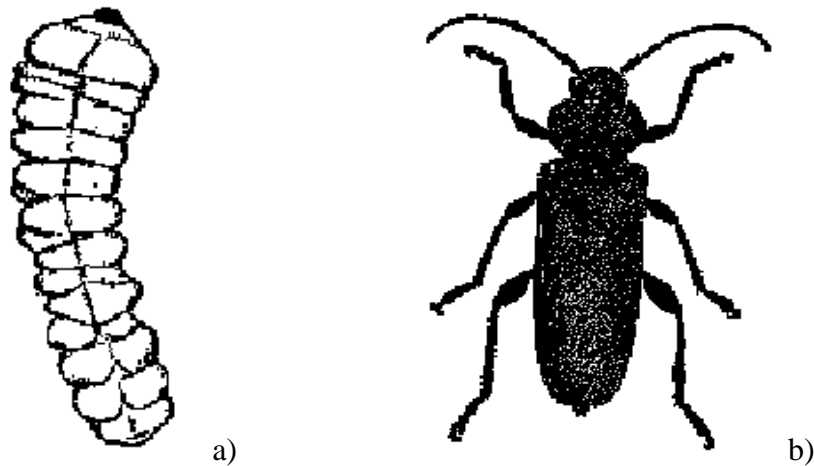


Fig. 10: a) Larva de *Hylotrupes bajulus*

b) Adulto de *Hylotrupes bajulus*

Comprenden insectos de mediano y gran tamaño, se los reconoce por sus largas antenas, su alimento son las sustancias de reserva contenidos en latifoliadas y coníferas, atacan la albura, algunas veces el duramen, pudiéndolos identificar y localizar por las galerías que elaboran en sentido de los anillos de crecimiento.

Los adultos son de forma aplastada y salen de la madera por orificios elípticos. Existen dos especies importantes: *Hylotrupes bajulus* lynn (taladro de la madera de pino) y *Phoracantha semipunctata* Fabr. (taladro del eucalipto).

E3. Familia Escolítidos

Son insectos pequeños, de cuerpo endurecido y colores apagados que pueden ser: negro, pardo o castaño, de forma cilíndrica con cabeza escondida parcialmente bajo la primera parte del tórax, patas cortas y no robustas, las larvas ligeramente curvadas desarrollan hábitos alimenticios variables por lo que se los divide en dos grupos:

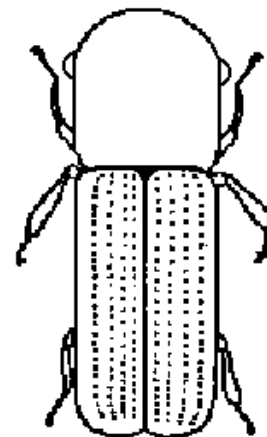


Fig. 11: Adulto de un Escolítido

- Los que se alimentan de la madera o corteza generalmente realizan un sistema de galerías por debajo de la corteza en árboles debilitados, la característica es la existencia de especies que son portadoras de hongos como la mancha azul.
- El otro grupo son los insectos "*Pin ole borers*" o "*Ambrosia bethes*", perforan profundamente los árboles debilitados y troncos recién apeados, construyendo túneles largos y derechos, no se alimentan de madera, sino que lo hacen de un hongo conocido como ambrosía que cultivan tanto para alimentarse ellos como sus larvas. La hembra deposita sus huevos en galerías y durante la incubación se dan la tarea de cubrir las paredes de los túneles con el hongo ambrosía.

El ataque puede continuar mientras las condiciones de la madera sean adecuadas para el crecimiento del hongo, por ello el daño generalmente ocurre en los meses de verano.

SECCION VI ISOPTEROS

Son insectos que habitan en zonas tropicales, presentan metamorfosis incompleta (huevo, ninfa, adulto), realizan la función de desintegración de la madera y otros materiales celulósicos, generalmente se alimentan de madera aserrada y utilizada en construcción, no solo malogran el aspecto estructural, sino alteran seriamente a su resistencia mecánica. De acuerdo a su exigencia y hábitos se dividen en tres grupos:

- Termitas de madera seca, madera verde, y termitas subterráneas.
Las termitas de madera seca no requieren de suministros especiales de agua, abren galerías y aprovechan las grietas existentes donde inician su actividad formando colonias, son de color pálido cremoso y por esta razón se las denomina hormigas blancas, la cabeza es algo aplanada, bien desarrollada y lleva fuertes mandíbulas, el macho es el único que presenta alas.

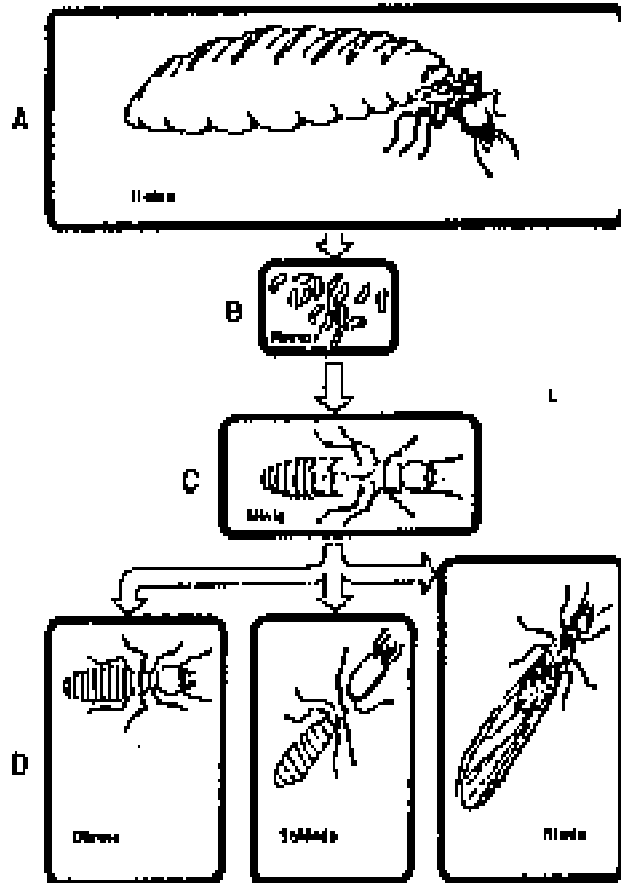


Fig. 12: Ciclo biológico de un termita subterráneo
a) Reina, b) Huevos, c) Ninfa, d) obrera

El hecho de que las galerías se orientan siempre paralelas a las fibras hace dificultoso detectar el ataque en forma temprana, generalmente se puede determinar el ataque cuando la pieza se encuentra bastante destruida interiormente, notándose solamente la presencia de pequeños orificios circulares abiertos para expeler los excrementos de las galerías hacia el exterior y para permitir la salida de los adultos alados.

- Las especies que se alimentan de madera seca habitan en el suelo con galerías dispuestas parcialmente, las colonias están situadas parcialmente en el suelo, su actividad desarrolla casi o exclusivamente en la madera por encima del suelo y los géneros más importantes son: *Cryptotermes* y *Heterotermes*.

Las termitas que se alimentan de madera húmeda por lo general efectúan su ataque cuando esta se encuentra como trozas, rollos, tocones, las colonias son pequeñas y muchas veces no tienen obreras y las ninfas son las que realizan las tareas. Pertenecen a este grupo las especies kalotermitidae con colonias difusas.

- Las especies subterráneas habitan en la tierra y a través de galerías logran alcanzar la madera fuente de sustento, son individuos que atacan edificaciones, puentes, construcciones de madera, cubiertas y pisos. La existencia de madera masticada en las estructuras es muestra evidente del ataque de termitas subterráneas.

SECCION VII PERFORADORES MARINOS

El tercer grupo de enemigos de la madera son los horadadores marinos, destruyen a la madera de astilleros, embarcaciones, muelles, otras estructuras, fijas y flotantes, establecidas en el mar, revisten mucha importancia tropicales y subtropicales donde se encuentran todas las especies capaces de atacar a la maderas; entre estos perforadores marinos se ubican taxonómicamente en dos grupos Moluscos y Crustáceos.

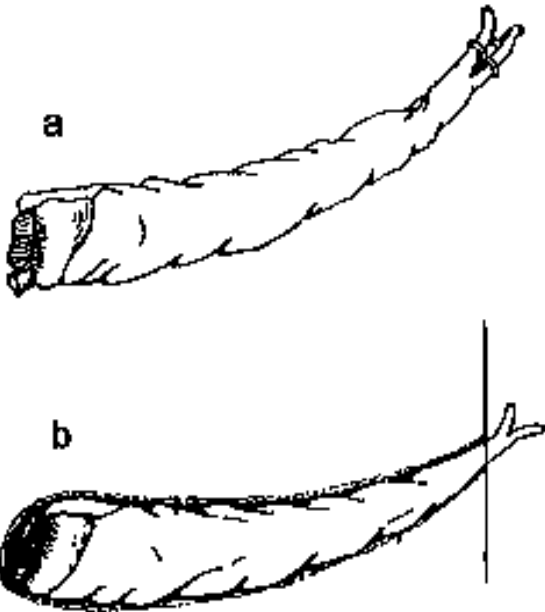
A. Moluscos

Estos perforadores de madera se encuentran en el orden Eulamellibranchiata y pertenecen a dos familias Teredinidae, con los géneros *Teredo* y *Bankia* y Pholodiadae con el género *Martesia*.

La familia Teredinidae agrupa a una serie de especies en forma muy similar a la de un gusano con un cuerpo alargado y un par de apéndices que le sirven para remar y posteriormente cerrar la apertura de galería, tienen el habito de perforar túneles en la madera y dejar en su galería una capa de una sustancia parecida a la de su carapacho, estos túneles pueden ser de longitud de más de un metro.



Fig. 13 Género *Martesia*



El ciclo biológico es sencillo y algunas especies del género *Bankia* está formado por una serie de segmentos más o menos articulados, los huevos y el esperma son liberados en el agua y deben encontrarse por casualidad, fecundado el huevo se desarrolla rápidamente y al cabo de tres horas una larva aparece libremente nadando son diminutas y con cilias que le sirven de aparato locomotor para capturar su alimento. En otro de los géneros *Teredo*, la hembra retiene a sus huevos hasta que es fertilizada por el esperma. El ciclo de vida similar en todos los moluscos, viven y se desarrollan en aguas que tengan no menos que el 10 % de salinidad.

Fig. 14:

a) *Teredo navilis*

b) *Teredo navilis* en su cama calcera

B. Crustáceos

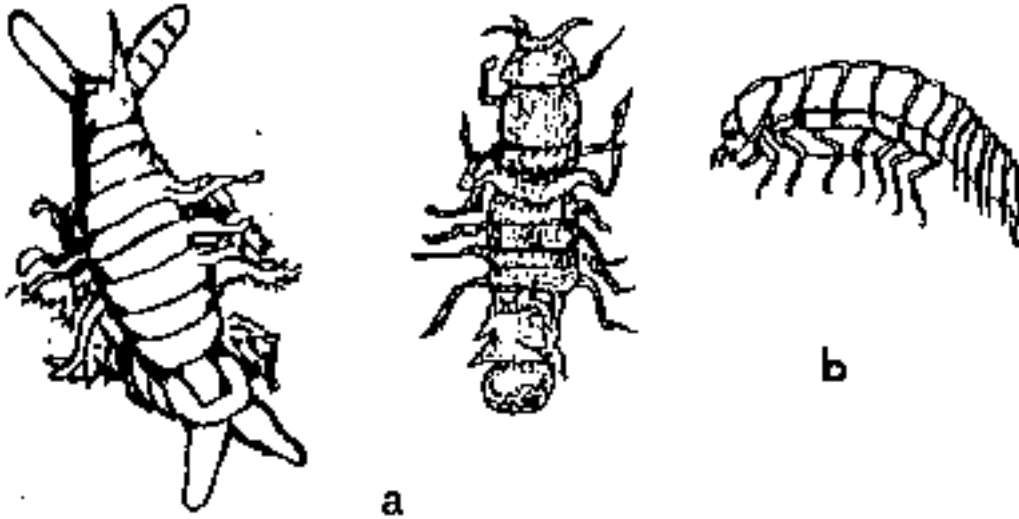


Fig. 15: Perforadores marinos a) *Chelura* sp. b) *Limnoria* sp.

Estos horadadores marinos se distinguen por poseer un cuerpo dividido en dos partes; dos pares de antenas y por lo menos cinco pares de patas. Comprende el suborden Isópoda con un género barrenador bastante común. *Limnoria* sp. son pequeños de 3 mm., redondeados y pueden desarrollarse para formar una bola, a medida que los huevos eclosionan los limnoria inmaduros comienzan a barrenar la madera, el daño causado es debido al gran número de perforaciones.

Cuadro 2: Identificación por los Daños, de los Grupos más Comunes de Insectos Xilofagos

	Anóbidos	Líctidos	Escolíticos	Cerambícidos	Termites
Madera atacada	principalmente sáмого de coníferas	solamente sáмого de latifoliadas	cualquier madera	principalmente sáмого	cualquier madera
Estado de la madera cuando ocurre el ataque	seca; a menudo bastante vieja	parcial o totalmente seca	verde	seca en el caso de Hylotrupes; verde en caso de Phoracantha	generalmente seca
Perforaciones (formas y tamaño)	por lo común redondos, de aprox. 1,5 mm. de diámetro	por lo común redondos, de 1,0 a 1,5 mm. de diámetro	por lo común redondos, a menudo menores de 1,0 mm. de diámetro	por lo común elípticas, de tamaño variable según especie	pocas perforaciones visibles o expuestas
Túneles	paralelos al grano y transversales a él, dando apariencia de panal; un alfiler penetrará solo a muy corta distancia.	Paralelos al grano principalmente; la totalidad del sáмого puede ser reducida a polvo; un alfiler penetrará solo a muy corta distancia.	Transversal al grano principalmente; aislados, de diámetro uniforme; un alfiler podrá penetrar profundamente, a menudo en toda su longitud.	Paralelos al grano principalmente; ovals y de formas irregulares, variando de ancho en su trayecto	paralelos al grano generalmente
Tipo y cantidad de polvo	flojo en los túneles, fino, arenoso, a veces eyectado en pequeñas cantidades por los agujeros de salida.	Compactado en los túneles, harinoso, a menudo saliendo abundante por los agujeros de salida.	Poco o ninguno en los túneles	harinoso y también como aserrín fino, con partículas de excremento de madera.	Túneles ligeramente llenos de excrementos de madera, no muy aglomerados con aserrín pulverulento; cantidad variable con la especie.

SECCION VIII
AGENTES NO BIOLÓGICOS

A. Acción del Fuego

Cuando una madera se calienta, el calor se consume rápidamente, debido a la reacción endotérmica que se produce; pero a partir de 250°C se inicia una reacción exotérmica con una rápida elevación de temperatura, que favorece la combustión y la formación de gases inflamables que contribuyen a la destrucción total del leño (Tuset 1979).

La pirólisis puede ser rápida o lenta dependiendo de un gran número de factores, tales como temperatura, presión, tiempo, condiciones ambientales.

La pirólisis rápida que ocurre cuando la madera quema, produce más gases inflamables y alquitranes, en cambio en la pirólisis lenta se produce más carbón (forma una capa aislante) y menos gases inflamables, por que los productos empleados en la preservación de la madera contra el fuego, tendrán como cometido favorecer la pirólisis lenta como forma de protección (Tuset 1979).

B. Temperización

La madera también se deteriora con la exposición a diversos agentes de tipo climático que con su acción combinada provocan su desgaste.

Las continuas fluctuaciones de temperatura y humedad por ejemplo causan la contracción o hinchamiento de las capas superficiales de la madera, lo que trae como consecuencia la formación de pequeñas grietas y su posterior desfibramiento, dejando al descubierto nuevas capas que serán afectadas por un proceso similar.

El viento arrastra partículas de polvo y arena que golpean a la madera contribuyendo también a su desgaste, existe una acción química donde intervienen el oxígeno del aire y la acción de los rayos solares que afectan en grado considerable la integridad de la madera.

C. Desgaste Mecánico

Cuando la madera se encuentra sometida a condiciones de movimiento esta expuesta al deterioro por desgaste mecánico, como en el caso de los durmientes de ferrocarril, maderas de puentes y muchas más que se encuentran expuestas a la acción de rozamiento.

SECCION IX

CONSIDERACIONES SOBRE CONSERVACION DE TROZAS

Por la estructura y estado de la madera, se hace necesario tener que utilizar ciertas técnicas que ayuden a la conservación de trozas recién apeadas, medidas profilácticas que contribuyan a que la madera permanezca exenta de agentes xilófagos en el bosque hasta antes de ser procesada.

El tratamiento profiláctico preliminar de la madera rolliza es importante en el rendimiento económico de los productos maderables y su aplicación correcta reduce a un mínimo las pérdidas de materia prima, su acción depende fundamentalmente de su aplicación y de que el mismo haya sido realizado en el momento oportuno, antes que los organismos hayan logrado penetrar y dañar la madera.

Existen diversos métodos que ayudan a proteger a la madera extraída del bosque, lo importante es recordar que es indispensable la aplicación de un tratamiento profiláctico que permita conservar al máximo la calidad del material.

La mejor medida profiláctica sería su inmediato transporte al sitio de procesamiento y su transformación, otras posibilidades se indican seguidamente:

- Colocar en la parte inferior el material más resistente al ataque de agentes xilófagos, para posteriormente ir colocando el más susceptible aislando de esta forma su contacto con el suelo.
- Protección de los extremos de las trozas expuestas al sol y humedad, para evitar el rápido secado que ayuda al agrietamiento a lo largo de la fibra y facilita el ataque de los agentes destructores.

La mejor protección de los extremos de las trozas en el bosque es el sellado con pinturas a base de caucho parafina caliente, una mezcla de cal y sal o un sellador a base de resina sintética mezclada con un preservante.

La fumigación de las trozas con un preservante inmediatamente después del apeo, es el sistema profiláctico más apropiado para las zonas tropicales, el objetivo principal es el de impedir la entrada de agentes xilófagos en las trozas terminadas de derribar.

La duración efectiva del tratamiento se ve dañada por muchos factores que obligan a una nueva aplicación en muchos casos.

El almacenamiento temporal de las trozas en patios deben reunir ciertas condiciones de sanidad, ausencia de malezas, un buen drenaje, ubicación, buena circulación de aire y acceso rápido para permitir el movimiento de la madera rolliza. Sobre estas trozas se puede usar

soluciones de sulfato de cobre al 2%, agregando pentaclorofenato de sodio y bórax en diferentes porcentajes para reforzar la actividad del cobre.

Las trozas sumergidas en estanques no se rajan ni se agrietan y por el alto contenido de humedad tampoco son atacadas por los insectos y hongos. Las especies maderables no todas tiene la misma densidad, razón por la cual deberá tenerse una especial atención con aquellas especies de baja densidad y que muy fácilmente pueden flotar y exponer parte del material a la acción destructiva de agentes biológicos y la acción del sol.

SECCION X

PRESERVANTES DE LA MADERA

La industria de la preservación de maderas, ha descubierto numerosas sustancias tóxicas, que aplicadas racional y convenientemente, protegen la madera de sus enemigos naturales.

Estos compuestos químicos puros o mezclados, varían ampliamente en naturaleza, costo y eficacia; aspectos que están directamente relacionados con el uso al que se va destinar la madera.

A. Características que Debe Reunir un Preservante

Un preservante debe reunir ciertas características:

- Toxicidad, es fundamental para poder controlar o anular la actividad de los agentes biológicos que afectan a la madera.

Para que una sustancia o producto químico ejerza su acción en forma prolongada debe ser soluble en los líquidos celulares de los agentes xilófagos. Existen casos como el de la creosota y pentaclorofenol que son insolubles en agua, pero son suficientemente solubles en la fisiología de los insectos, hongos, produciendo en ellos su muerte.

La toxicidad del producto esta dada por la menor cantidad de producto químico activo .

- Penetrabilidad para alcanzar efectividad en este sentido es necesario contar con factores como el de contenido de humedad, porosidad de la madera y el grado de viscosidad del producto químico, En algunos casos las substancias químicas reaccionan con la madera produciendo precipitados insolubles que disminuyen o impiden la penetración del preservante.

Algunas maderas por su naturaleza tienen alto peso específico o baja porosidad y a veces sus conductos se hallan taponados por gomas o resinas lo cual hace impermeable y en consecuencia difícil la tarea de impregnar.

- Permanencia, para que el preservante ofrezca a la madera una garantía de permanencia debe poseer componentes tóxicos que puedan fijarse en forma permanente, sin producir soluciones químicas, y que conserven sus características y no se alteren por lixiviación, volatilización o por cambios químicos.
- Inocuidad, todo preservante debe ser seguro de manipular, no deben exigir del hombre y animales domésticos otros cuidados que los requeridos por los productos químicos convenientes y cuando este presenta riesgo especial se lo debe clasificar como peligroso.

- No corrosivos, un buen preservador no debe ser corrosivo para los metales como ser alambres, clavos pernos y equipos .
- No combustibles, las sustancias químicas tóxicas o preservantes no deben aumentar el poder de combustión de la madera tratada. Debe tomarse nota de que el riesgo es menor cuando la madera se trata con productos hidrosolubles y que con los oleosolubles que están expuestos por la eliminación de su exudado son mayores los riesgos a la inflamabilidad.

El preservante no debe ofrecer dificultad para su incorporación a la madera y permitir buenos acabados en el material.

- No fitotóxicos, cuando la madera tratada será utilizada en ciertos cultivos agrícolas, debe tomarse el cuidado de que el producto químico no contamine los productos alimenticios.
- Económicos y accesibles, los costos de los preservantes influyen sobre el valor final de la madera tratada, con un costo que pueda impedir que ella compita, con otras sin tratamiento o con materiales capaces de sustituirla.

B. Clasificación de los Preservantes

Se tiene diversas formas de clasificar a los preservantes indicaremos a esta por su origen o uso.

1.- CREOSOTAS

- Creosota ordinaria
- Creosota líquida
- Mezclas de creosota

2.- PRODUCTOS ORGANICOS (oleosolubles)

- Naftenatos
- Pentaclorofenol
- Pentaclorofenato de sodio (soluble en agua)
- Oxido tributil estannico
- Quinolinolato de cobre

3.- PRODUCTOS INORGANICOS (hidrosolubles)

- Sales múltiples
Arsénico cobre - Amoniacales (A.C.A.)
Cupro-Cromo-Arsenicales (C.C.A.)
Cupro-Cromo-Bóricas (C.C.B.)
- Compuestos de boro
- Otros compuestos hidrosolubles

Según las norma americanas AWWA, la creosota se obtiene de la destilación de alquitrán de hulla, producido por carbonización a temperatura elevada de la hulla bituminosa; es una mezcla extraordinariamente compleja que contiene sustancias neutras, ácidas y alcalinas, las separación industrial de los componentes de alquitrán se hacen por medios químicos, entre estas sustancias tenemos a los hidrocarburos aromáticos que componen el grupo mayoritario (80-90 %), otros como el antraceno, naftaleno, benceno xileno; la fracción ácida que es 5% de la creosota total constituida por fenoles creosoles xilenoles y naftoles de alto poder fungicida e insecticida, finalmente la fracción básica también el 5% de la creosota, constituida por peridinas, quinolinas y acridinas.

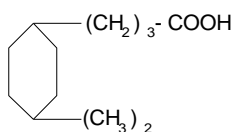
Las características de la creosota son: insoluble en el agua, de alta toxicidad contra hongos e insectos, de buena permanencia, no tiene acción corrosiva con los metales, de olor fuerte y penetrante, no aconsejable para interiores de viviendas, no puede ser la madera pintada ni barnizada, la madera impregnada queda muy sucia y produce irritación en la piel, debido a su compleja composición, es muy difícil trabajar con un producto homogéneo.

También la creosota debe reunir ciertas exigencias y normas que se hacen necesarias no solo para tener seguridad de trabajar sino como un material lo más uniforme posible con un máximo fijado de residuo de coke (2%) que corresponde al residuo que normalmente se encuentra en la creosota pura.

En este grupo se encuentra una variedad de sustancias que se ha ido desarrollando recientemente, tomando en cuenta que su característica principal de ser solubles en solventes oleosos derivados del petróleo, la eficiencia de estos productos químicos puede variar en función a las concentraciones y solventes. Entre los principales preservantes figuran los naftenatos, el pentaclorofenol, el óxido tributil estannoso y el quinolinolato de cobre.

B1. Naftenatos

Son sustancias provenientes de la combinación de ácidos naftenicos obtenido como subproductos en la refinación de petróleo y sales de elementos metálicos como el cobre y el zinc la formula de este ácido naftenico es: $C_{11} H_{20} O_2$

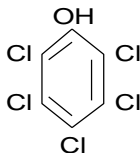


Los naftenatos son compuestos cerosos o gomosos no cristalinos y solubles en aceite. El naftenato de cobre es el más generalizado en la preservación de maderas, de color verde oscuro y olor desagradable, de gran toxicidad para hongos para su preparación y aplicación se utiliza soluciones al 5%, donde el cobre metálico se encuentra al 0.5%, la madera tratada con esta sustancia no es fácil de pintar pues el color verde oscuro exuda a través de la pintura.

También se ha experimentado con el naftenato de zinc que es casi incoloro y menos tóxico, como con naftenato de mercurio y hierro que no son eficaces para el tratamiento de la madera .

B2. Pentaclorofenol

El pentaclorofenol es un compuesto químico cristalino formado por reacción de cloro sobre el fenol su fórmula C_6Cl_5OH su estructura es:



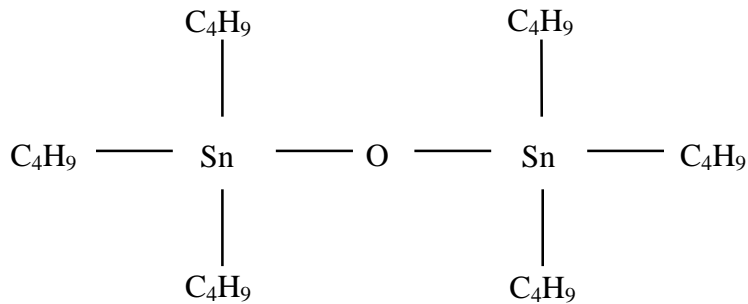
Se lo fabricó en escala industrial en E.E.U.U. a partir de 1936 con el nombre abreviado de penta, es el más tóxico y empleado dentro de los preservantes orgánicos oleosolubles, resulta eficaz para hongos e insectos pero ineficaz contra los perforadores marinos.

Para su empleo como preservador, se disuelve en aceite y su aplicación puede ser inmediata y contiene el 5%, de producto activo, el penta como sustancia química es un producto escamoso granulado de color parduzco insoluble en agua. Su punto de solidificación es de 174 °C como mínimo y la máxima cantidad de insolubles en álcali es de 1%, es ligeramente ácido y reacciona con los álcalis fuertes de sodio y potasio para formar sales solubles en agua; se utiliza para combatir a la mancha azul de la madera, puede ser descompuesto por los agentes oxidantes fuertes, como el ácido nítrico, con el que forma el tetracloro - quinona o clorametil.

La AWWA establece en sus normas técnicas los pasos a seguir mediante tablas y factores de corrección para los aceites y temperaturas utilizadas. Es irritante a la piel y las mucosas. Entre las principales características del penta como producto preservante se encuentra, su baja volatilidad y gran estabilidad química.

B3. Oxido Tributil Estannoso

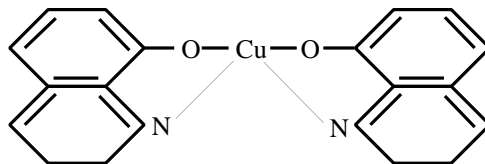
Es un producto de alto poder fungicida e insecticida y se fija bien en la madera, es incoloro e insoluble en agua y es soluble en la mayoría de los solvente orgánicos, su formula:



Este preservante tiene una afinidad natural por los materiales celulósicos, por lo que controla muy bien a los hongos que son causantes de la pudrición parda en la madera; presenta la característica de no ser fácilmente lixiviable.

B4. Quinolinolato 8 de Cobre

Es un producto de color ligeramente amarillento, se disuelve en solventes ligeros, además de la protección contra hongos tiene buena fijación en la madera, y se recomienda su utilización en madera que tiene contacto con productos alimenticios, no es irritable a la piel, su fórmula química es:



C. Productos Inorgánicos

A este grupo corresponde una serie de sustancias o mezclas químicas que se emplean utilizando el agua como solvente, tienen gran poder fungicida e insecticida, son buenos fijadores, reducen la acidez y el efecto corrosivo, no son fitotóxicos, carecen de olor y no son inflamables, algunos preservantes de este grupo son altamente fijados en la madera, siendo muy resistentes a la lixiviación, permiten un buen acabado en la madera. La desventaja es que, hinchan a la madera recién impregnada y obliga en algunos casos a secar nuevamente a las piezas cortadas a una temperatura máxima de 60 °C, porque se corre el riesgo de la descomposición del preservante (sulfato de cobre) (Balant M. Toussaint A. 1987).

C1. Sulfato de Cobre

Este preservante ha sido utilizado en tratamientos de postes para alambrado y como sostén de las espaldares de viñas. Utilizado desde el año 1767 en Francia y patentado por M. BOUCHERIE, tiene un gran poder fungicida y costo reducido, las desventajas son: es corrosivo

al acero, y permanece soluble dentro de la madera, por lo que es propenso a ser eliminado, por lixiviación, durante su puesta en servicio, disminuyendo sus propiedades de protección, su dosificación corriente es al 5% de concentración en agua y los tratamientos recomendados son el de ascensión y Boucherie con sus modificaciones (Tuset 1979).

C2. Sales Múltiples

Las sales preservantes tienen en su composición un elemento fungicida como el cobre y un insecticida como el arsénico o el boro; además se incluye un fijador como el cromo, las características de estas sales son; alta resistencia a la lixiviación especialmente en maderas de coníferas, buena fijación de los principios activos, se debe tener precaución para su manipulación.

Para logra una protección efectiva en la madera es necesario conocer el uso que se le va a dar y la única base objetiva para comparar la toxicidad de las sales preservadoras, es la cantidad de sustancias tóxicas inyectadas en la madera tratada.

Entre las principales sales múltiples utilizadas tenemos:

C3. Arsenico - Cobre - Amoniacales (A.C.A.)

Está formada por cobre en forma de óxido cúprico CuO y arsénico en forma de óxido arsénico, deben ser disueltos en amoníaco, a las dos o tres semanas de tratada la madera, se evapora el amoníaco que solubiliza a la materia activa en agua y los precipitados de cobre y arsénico se fijan definitivamente en la madera, estas sales son eficaces contra hongos e insectos cuando están en contacto con el suelo y su uso ha sido oficializado por la AWPA mediante norma P5 - 83.

C4. Sales Cupro

Este preservante es una mezcla de los óxidos de cromo y arsénico, la reacción química que permite la fijación en la madera es compleja, en términos generales los óxidos metálicos, son reducidos por los azúcares de la madera, para formar precipitados insolubles y no lixiviables, los precipitados CCA se fijan permanentemente a la madera, no son volátiles ni se evaporan. Son muy eficaces en la protección de madera, en contacto directo con el suelo y bajo las condiciones más desfavorables como el agua de mar.

La asociación de normas AWPA en uno de sus capítulos P5-83 reconoce tres tipos distintos de sales CCA tipo A, B y C con sus características siguientes:

	TIPO A			TIPO B			TIPO C		
	Min.	Prom.	Máx	Min.	Prom.	Máx	Min.	Prom.	Máx
CrO ₃	59.4	65.5	69.3	33.0	35.3	38.0	44.5	47.5	50.5
CuO	16.0	18.1	29.9	18.0	19.6	22.0	17.0	18.5	21.0
Ar ₂ O ₅	14.7	16.4	19.7	42.0	45.1	48.0	30.0	34.0	38.0

Cuadro porcentual de las sales CCA

C5. Sales Cupro - Cromo - Boricas (CCB)

Los componentes activos de las sales CCB, combinan la acción fungicida del cobre con el insecticida del boro y con el poder de fijación del cromo para evitar la lixiviación.

Es un preservante insecticida y fungicida para la aplicación de árboles recién apeados, adquieren una coloración verdosa, puede ser pintada, de fácil manipulación, no despiden olores ni vapores irritantes, utilizadas para la construcción rural, postaje, se utiliza concentraciones no menor al 5% y la madera que está en contacto directo con el suelo requiere como mínimo de retención de 12 kg./cm³, la fijación de estas sales en la madera es muy lenta, y cuando es tratada con esta sal se recomienda dejar secar por lo menos de 6 a 8 semanas antes de usar. Estas sales han sido patentadas por el Dr. Karl H. Wolmann en Alemania (1913) y según Richradson (1978) los componentes activos de estas sales son los siguientes:

Cobre en forma de óxido cúprico	10.8%
Cromo en forma de óxido crómico	26.4%
Boro en forma de ácido bórico	25.5%

C6. Compuestos de Boro

Los compuestos de boro no tiñen a la madera, son tóxicos para los insectos y hongos, estos productos fueron utilizados como producto retardadores de la acción del fuego, pero, luego se pudo evidenciar que tenían acción efectiva contra los degradadores de madera (insectos).

A partir de entonces se intensificaron las investigaciones se intensifiquen para reconocer a estos productos como preservantes, con mucho cuidado la madera tratada con componentes de boro se utilizan en lugares secos y en interiores para evitar que el producto químico no se lixivie por la humedad.

También estos compuestos de boro son algo corrosivos, por eso deben mezclarse con equivalentes de oxido bórico o bórax para contrarrestar su efecto negativo.

C7. Otros Compuestos Hidrosolubles

Existe en el mercado internacional una cantidad de compuestos hidrosolubles para proteger la madera, aunque en muchas situaciones su uso es restringido y se los compara con las sales CCA.

Se tiene por ejemplo sales que combinan la acción del cobre y cromo con la de flúor o el fósforo y sales cromo - zinc - cloro y flúor - cromo - arsénico - fenol.

SECCION XI

PREPARACION DE LA MADERA ANTES DE SU PRESERVACION

La madera antes de ser sometida al tratamiento de presión u otros procesos debe tener cierta preparación.

- **Descortezado.-** La presencia de corteza en la troza impide un buen proceso de impregnación y para facilitar el mismo es necesario realizar el descortezado y evitar que los preservantes se impermeabilicen. La corteza se elimina en forma manual utilizando utensilios manuales y sencillos o en forma mecánica con maquinas fabricadas para este fin.
- **Humedad de la madera.-** En la mayoría de los métodos de impregnación, la presencia de cantidad de agua libre en las cavidades de las células puede dificultar o impedir la entrada del preservante en la madera. En el tratamiento de vacío - presión, es necesario tener un contenido de humedad menor a 28% (valor considerado como el punto de saturación de la fibra) (Tuset 1979).
- **Dimensionamiento .-** Es necesario hacer el acondicionamiento de la madera para facilitar la penetración del preservante y tiene que realizar los despuntes, cortes, cepillado o algún tipo de perforación, antes de someter a la pieza al proceso de impregnación.

SECCION XII

METODOS DE TRATAMIENTO DE LA MADERA

La preservación consiste básicamente en incorporar a la madera las sustancias químicas adecuadas para controlar el alimento de los agentes biológicos y/o degradantes, prolongando de esta manera la duración de este material.

El método o proceso de aplicación que se tenga con el preservante tiene mucha importancia en el resultado del tratamiento. Para el éxito de la preservación, es necesario que la madera contenga una cantidad adecuada de preservante para el uso que se le desea dar. Sin embargo es necesario resaltar que hasta la fecha no se ha logrado idear un método práctico para preservar que se garantice la penetración profunda y uniforme en todas las especies y a un costo razonable.

Los tratamientos se agrupan en dos categorías, en profilácticos y de preservación. Los métodos profilácticos conservan la calidad de la madera por un tiempo relativamente corto antes de ser procesadas, aserradas, y secadas.

Entre los métodos de preservación que protegen la madera a largo plazo se tienen los siguientes procesos:

- a) Procesos sin presión
- b) Procesos a presión
- c) Procesos especiales

Métodos de tratamiento sin presión

- Brochado
- Pulverización
- Inmersión en frío
- Inmersión instantánea
- Inmersión en caliente
- Ascensión simple
- Ascensión doble
- Baño caliente - frío

A. Brocheado y Pulverizado

Son métodos sencillos en los que se aplican sustancias tóxicas a la madera ya instalada o a puesta en servicio y utilizada en construcciones, se logran penetraciones pequeñas y los productos más utilizados son los oleosolubles, es necesario aplicar dos a tres veces para cubrir totalmente la superficie, al manipular el producto para proteger la madera se debe tener mucho cuidado.

B. Inmersión

En este método se presentan dos modalidades:

- a) Utilización de preservadores oleosolubles y oleosos.
- b) Empleo de preservadores hidrosolubles

En ambos casos el método, consiste en sumergir las piezas de madera en un recipiente apropiado, de modo que puedan quedar las piezas totalmente cubiertas con el producto o sustancia química.

C. Inmersión Instantánea

Este método también consiste, en sumergir a la madera en estado verde en un recipiente que contiene la solución preservante hidrosoluble, luego de este proceso, es necesario colocar a las piezas tratadas una cubierta de plástico u otro material para evitar la evaporación y permitir que el preservante se difunda dentro de la madera. El tiempo está relacionado con el tamaño de la pieza, la retención del preservante en la superficie de la madera mejorará si dicha superficie no ha sido cepillada, la difusión del preservante estará sujeto a varios factores: espesor, contenido de humedad, peso específico de la madera, concentración de la solución, tiempo y coeficiente de difusión.

Generalmente se utilizan mezclas químicas de bórax y ácido bórico, a concentraciones de 20-30 % y se logra una mayor cantidad de radicales activos, proporcionando una mayor efectividad en la protección de la madera.

Es necesario tomar ciertas precauciones, como el de no cepillar las superficies tratadas, utilizar maderas menos densas.

D. Inmersión Caliente

Generalmente este proceso se efectúa en maderas que se utilizarán para la construcción y consiste en sumergir las piezas dentro de un tanque conteniendo una solución caliente de compuestos de boro con una concentración de 3 a 6% de equivalente en ácido bórico, durante la inmersión, el preservante se difunde dentro de la madera, el tiempo de inmersión varía de acuerdo a factores como concentración de la solución y dimensión de las piezas.

E. Ascensión Simple

Es un método que consiste en colocar postes con extremos gruesos dentro de un tanque conteniendo solución de una sal o una mezcla de sales hidrosolubles, para la realización de un tratamiento correcto, es necesario que el contenido de humedad sea alto, el reactivo asciende por capilaridad favorecida por la evaporación del agua de la madera.

La duración del tratamiento varía en función a la temperatura, dimensiones y densidad. Para lograr un tratamiento efectivo debe estimarse de 5 a 10 días y el proceso es de bajo costo y un mínimo de requerimiento de equipos necesarios. La protección es muy limitada en la madera, no es uniforme el tratamiento, las condiciones no son fácilmente contables, algunos preservantes tienen propiedad de ser lixiviables y disminuyen el tiempo de eficiencia del tratamiento.

F. Ascensión Doble

Este tratamiento es similar al anterior con la diferencia de que el proceso se repite dos veces cambiando de preservante, se utiliza madera verde descortezada. La eficiencia de este método está relacionada con las sustancias químicas empleadas y se puede obtener una buena protección.

G. Baño Caliente - Frío

Para la aplicación de este método, la madera debe ser descortezada, con un contenido de humedad no mayor a 30%, se utiliza preservantes oleosos u oleosolubles durante un tiempo determinado que dependerá de la especie, del tipo de solución y dimensiones de la madera, y la temperatura que debe estar entre 80 a 100 °C. sin poner en peligro la marcha de la operación o la eficacia del preservante utilizado. Las sales hidrosolubles no son adecuadas para este tratamiento, porque se descomponen al calentarlas por encima de los 45°C.

Al calentarse la madera, el aire contenido en el interior se expande y sale de ella, luego durante el enfriamiento se produce el vacío parcial que favorece la penetración e incrementa la absorción del preservante.

H. Procesos a Presión

Este tipo de procesos permiten regular las condiciones del tratamiento y es posible variar la penetración y retención del producto para satisfacer las exigencias de la utilización de la madera.

Son instalaciones costosas, el equipo de impregnación donde se requiere una gran producción que justifique la inversión realizada, pero a la vez son métodos que proporcionan una protección a la madera. Entre los tratamientos con presión en autoclave se destacan los siguientes:

- Bethell
- Rueping
- Lowry

Una planta a presión consiste en bombas, válvulas, reservorios de almacenamiento, de mezcla, equipo de control, autoclave o cilindro de impregnación.

H1. Proceso de Bethell o Célula Llena

Este proceso, es el más conocido y empleado en la industria de la impregnación, patentado en 1838 por John Bethell, permite inyectar a la madera la mayor cantidad de solución preservante en la zona tratada. La madera debe presentar ciertas características, como ser contenido de humedad de 25 - 28%, libre de corteza, tener buena terminación cubicada y pesada.

Se inicia el proceso cuando la madera es introducida al autoclave con un vacío de 0.60 kg./cm² para la eliminación del aire contenido en la madera y en el cilindro, por un tiempo de 15 a 20 minutos de acuerdo a la especie. Seguidamente la admisión de la solución hasta llenar completamente el cilindro.

Luego se aplica presión (del orden de 8 a 14 kg./cm²) cuya duración depende de la especie a tratar. Se va midiendo la cantidad de preservante que penetra, manteniendo una presión constante hasta la retención deseada. Terminada la impregnación, se devuelve la solución al tanque de almacenamiento. Finalmente la aplicación de un período de vacío para la recuperación del exceso de preservante.

DIAGRAMA PARA TRATAMIENTO EN AUTOCLAVE

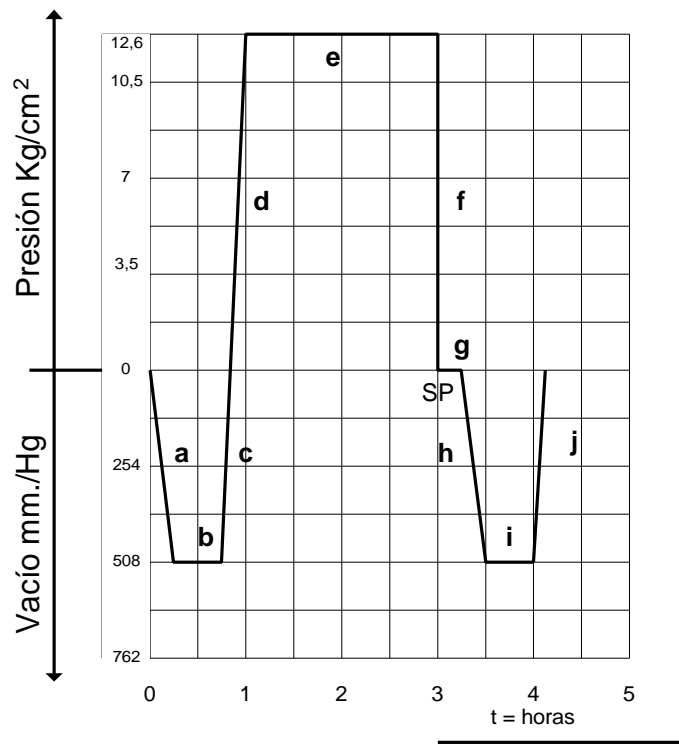


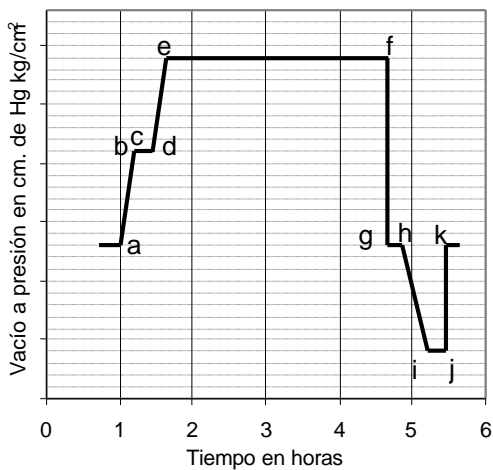
Fig. 16: Proceso Bethell

H2. Proceso Rueping

Generalmente este proceso es empleado para soluciones oleosolubles, tiene como característica principal la aplicación de una presión preliminar de aire a la madera antes de inyectar el preservante caliente oleosoluble, esta presión inicial suele ser de 4-5 kg./cm², llenando el autoclave con el producto químico, de manera que el aire inyectado quede aprisionado en la madera.

La penetración del producto es mediante la aplicación de una presión mayor, hasta obtener la absorción deseada comprimiendo aún más el aire que había quedado en la madera. Finalmente se disminuye la presión; se vacía el autoclave y se somete la carga a un vacío final.

Fig. 17: Proceso RUEPING.



- a-b : Presión preliminar de aire.
- b-d : Llenado del autoclave.
- d-e-f : Presión de tratamiento.
- f-g : Restablecimiento de la presión atmosférica.
- g-k : Vacío final, fin del proceso.

PROCESO RUEPING MEJORADO

Las modificaciones que han sido realizadas en este proceso consisten en el calentamiento rápido de la madera a una temperatura de 100°C. , manteniéndose por un período de 2 horas a una presión de 4 bar. El proceso doble se inicia una vez garantizado el calentamiento completo de la carga de madera.

Cuando se disminuye la presión, se expande el aire comprimido en la madera y expulsa una cantidad considerable de preservante. También se conoce con el nombre de proceso de célula vacía.

H3. Proceso Lowry o Célula Vacía

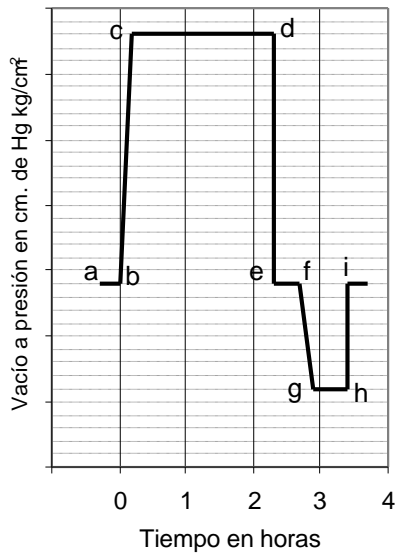


Fig. 18: Proceso Lowry

- a-b: Llenado del Autoclave con el preservante.
- b-d: Presión de tratamiento.
- d-e: Restablecimiento de la presión atmosférica.
- e-i : Vacío final y fin del proceso.

Este proceso también es denominado de célula vacía al igual que el Rueping, sus absorciones son relativamente bajas, son muy útiles para preservar maderas permeables, no se hace presión inicial con el método Bethell, sino que una vez colocada la madera

en el cilindro de tratamiento, se llena con la solución a presión atmosférica, se eleva la presión a 10 -12 kg./cm² manteniendo a cierto tiempo, luego se bombea el preservante al tanque de almacenamiento y se hace el vacío final, para luego recuperar el exceso de líquido y secar la superficie de la madera.

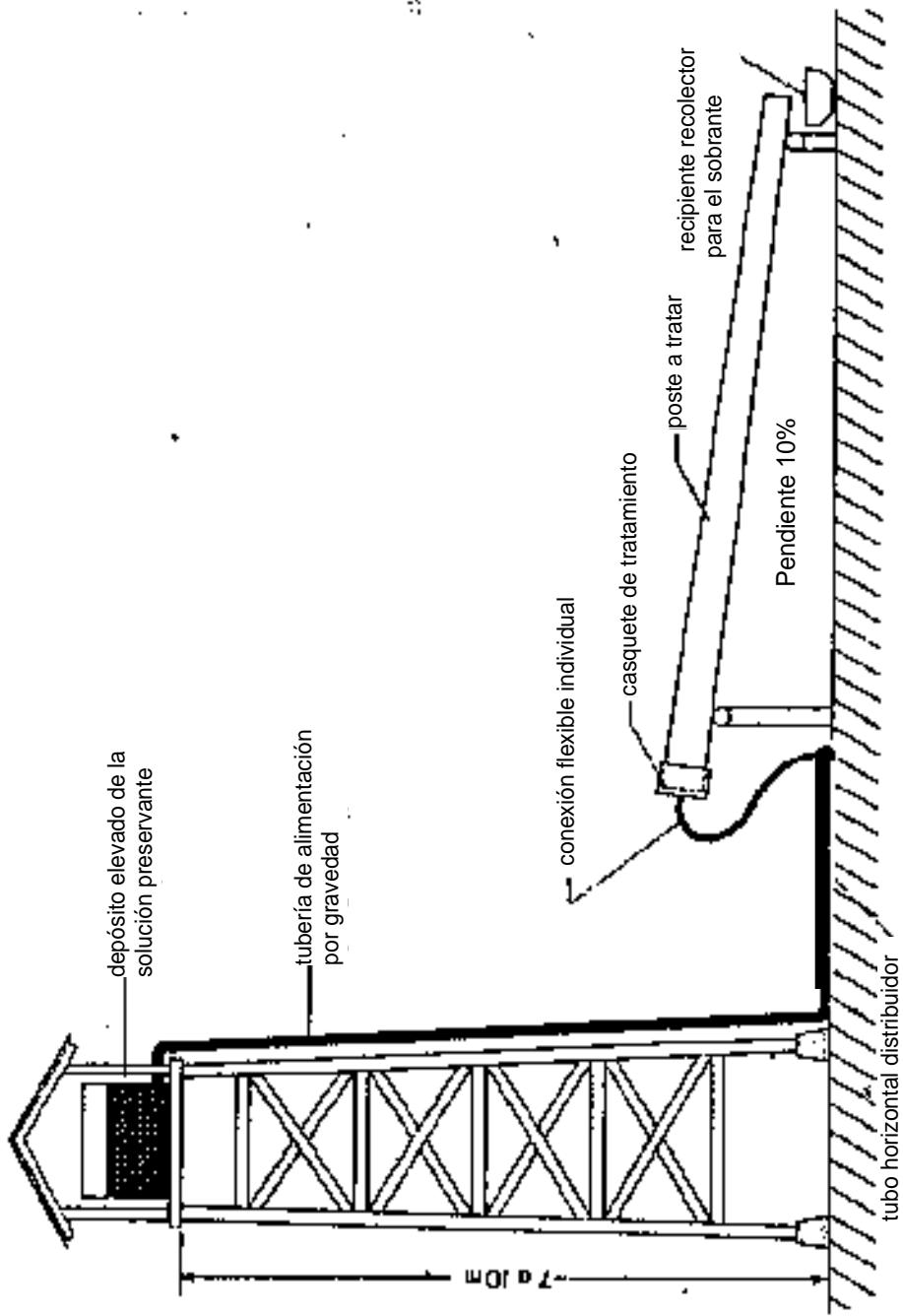
SECCION XIII
PROCESOS DIVERSOS: METODO BOUCHERIE

También existen varios procesos de impregnación que se utiliza con algún tipo de presión, el más generalizado es el ideado por M.A. Boucherie, exclusivo para la protección de la albura en la madera rolliza y en estado verde. El tiempo de procedimiento es variable, consiste en reemplazar la savia de la madera por una solución de sales hidrosolubles, con un equipo sencillo que consta de un recipiente instalado a 7 ó 10 m. de altura, colocado sobre una torre y con la cañería matriz que conecta a los casquetes de tratamiento.

Cada poste que se va a tratar debe conservar su corteza, colocado sobre soportes inclinados con la base más elevada, para facilitar el desplazamiento de la savia. Después de haber realizado el tratamiento se debe estacionar la madera para la fijación de las sales. Existen algunas limitantes de este proceso como ser el peligro de rajaduras después del tratamiento, la determinación del tiempo empleado, influencia de la temperatura y peligro de contaminación .

ESQUEMA DE UNA INSTALACION DE TRATAMIENTO SEGUN SISTEMA BOUCHERIE

Fig. 19:



SECCION XIV

CONTROL DE CALIDAD DE LA MADERA TRATADA

El eficaz control de calidad determinará el éxito en la preservación y garantizará una larga vida útil de la madera tratada.

La calidad es el grado de ciertos requisitos que debe cumplir el tratamiento a un costo razonable. El control de calidad comprende todas las actividades que se puedan realizar para obtener un producto económico y útil para satisfacer los requerimientos del consumidor.

Para el cumplimiento de los requisitos de calidad, se debe contar con un personal que pueda desarrollar pruebas de calidad y demás detalles necesarios.

- Control de calidad de la materia prima
- Control de calidad del proceso
- Certificado de calidad

Para poder aplicar el tratamiento, se debe hacer una inspección del material como ser especie, dimensiones, presencia de nudos, rajaduras, ataque de hongos e insectos, de acuerdo a normas de preservación, se observará también el corte, el diámetro, perforaciones cortas y marcas. El contenido de humedad debe ser el más apropiado para poder alcanzar el porcentaje adecuado de protección.

Respecto al control del proceso de preservación se verificará ciertos aspectos relativos al poder activo, las características del tratamiento y los resultados obtenidos.

Para tener un control de calidad de las sales utilizadas se determinará la densidad, concentración, composición química observando la solución en cada carga; con una inspección de acuerdo a las normas de la AMERICAN WOOD PRESERVERS ASSOCIATION (AWPA) que establece la frecuencia de análisis mínimos de los preservantes.

El tratamiento debe contar con un registro de control de cada proceso con cuadros gráficos e informes de planta y debe detallarse:

- Número y fecha de operación
- Volumen de madera y especie forestal procesada
- Volumen o cantidad de producto consumido por la madera y retención del preservante
- Condiciones del tratamiento (vacío - presión, duración)

A. Resultado de los Tratamientos

Para un buen resultado del tratamiento, es necesario realizar una inspección de daños y defectos tanto del proceso, penetración y retención del producto utilizado en la madera.

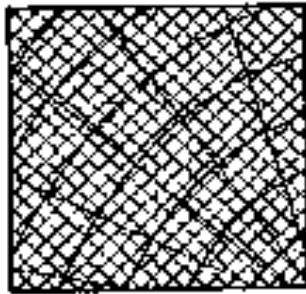
B. Determinación de la Penetración

La penetración es la profundidad de la capa teórica con que se protege a la madera. La industria de la preservación de maderas establece requisitos mínimos y especificaciones que deben cumplir. La sustancia o producto utilizado puede determinarse con reactivos de contacto con la madera tratada, revelando la presencia o grado de penetración de los distintos preservadores y examinar inmediatamente la penetración y distribución.

Lo más recomendable es trabajar con el barreno, el cual permite la obtención de tarugos que conformarían la muestra para el análisis de penetración.

La toma de muestra se realiza en el plano longitudinal y en dirección radial, existen dificultades para la observación en aquellos preservantes que cambian el color de la madera tratada, sin embargo para los que dejan la madera del mismo color, se requiere la utilización de los métodos calorímetros apropiados para cada caso.

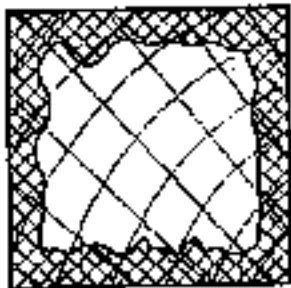
Fig. 20: Tipos de Penetración en la Madera



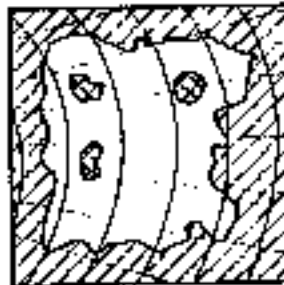
1. Total regular: Cuando toda la sección está penetrada con concentración uniforme.



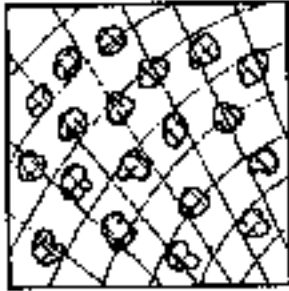
2. Total irregular: Cuando existen lagunas muy pequeñas en la zona penetrada con zonas de mayor concentración



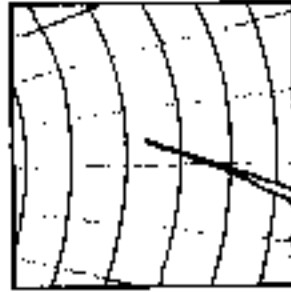
3. Parcial regular: Cuando la zona penetrada es periférica y más o menos uniforme.



4. Parcial irregular: Cuando existen lagunas o la penetración es difusa y la zona no rige el patrón fijo.



5. Parcial vascular: Cuando la penetración se realiza siguiendo los elementos de conducción (penetración longitudinal).



6. Penetración nula: Cuando no hay penetración significativa en la zona examinada.

C. Determinación de la Retención

Para obtener la retención real del preservante se aplican métodos químicos cuantitativos.

- a) Por peso; el procedimiento consiste en pesar piezas de madera antes y después del tratamiento determinándose por diferencia, la cantidad del preservante absorbido por las mismas. Dividiendo el valor de la absorción total por el número de piezas se obtiene el promedio de absorción.

$$An p = \frac{\sum An}{n}$$

donde:

$\sum An p$ = Absorción neta promedio de la carga de madera en Kg./pieza.

An = Sumatoria de las absorciones.

n = Número de piezas.

- b) Determinación de la retención; la retención del producto preservante seco se determina luego empleando la fórmula siguiente:

$$R = \frac{An p * n * e}{Vc}$$

donde:

$An p$ = Absorción neta promedio de la carga de madera en Kg./pieza.

An = Sumatoria de las absorciones.

n = Número de piezas.

Existen otros análisis cuantitativos para la determinación de la retención, como el método de las cenizas, que generalmente es aplicado cuando se utiliza sales hidrosolubles. También se puede indicar los métodos químicos, espectroscópicos, rayos x.

D. Certificado de Calidad

Las empresas que realizan tratamientos de madera deben tener la capacidad de certificar la calidad del producto, con registros, gráficos, análisis de laboratorio de acuerdo a normas y especificaciones técnicas establecidas.

SECCION XV DURABILIDAD NATURAL

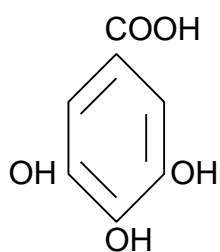
Los compuestos orgánicos que se encuentran presentes dentro de la madera: como ser la celulosa, lignina, que ciertos organismos son capaces de degradar de acuerdo a sus exigencias biológicas específicas.

La durabilidad natural, propiedad de la madera de resistir en mayor o menor grado el ataque de los agentes de destrucción en condiciones naturales de uso. El grado de durabilidad de una pieza de madera varía en función de las especies leñosas. Fisiológicamente la albura carece de esta propiedad, por el contrario el duramen es más resistente, después de largos períodos de exposición, esto se debe a que durante el proceso normal de crecimiento del árbol, las células del duramen se lignifican y en sus cavidades se depositan sustancias tóxicas que limitan o impiden el ataque de organismos degradantes.

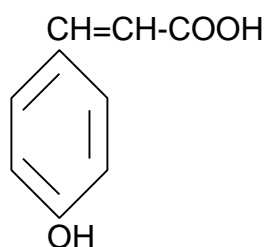
La durabilidad natural depende también de las condiciones de utilización, por ejemplo la madera será más susceptible a ser atacada en condiciones cálidas y húmedas, que en climas fríos y secos, la posibilidad de ataque será mayor si ésta se encuentra en contacto directo con el suelo.

Existen ciertas especies que tienen buena durabilidad natural debido a ciertos constituyentes como los fenoles en mayor porcentaje, antocianinas, antoxantinas, ácido hidroxibenzolico, glucósidos y otros que hasta hace muy poco se los llamaba taninos y que actualmente reciben el nombre de polifenoles. Los polifenoles son compuestos que tienen más de un grupo oxidrilo (OH) en su anillo benzoico.

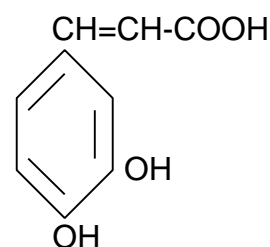
Los principales polifenoles tóxicos para los hongos e insectos, considerados como preservadores naturales de la madera son los siguientes :



Acido Shiquímico



Acido Cinámico



Acido Caféico

La naturaleza y la cantidad de los extractivos del tejido leñoso son muy variables entre las especies durables, algunas veces la durabilidad es debida a la toxicidad para los hongos de los compuestos que se solubilizan en el alcohol - benceno, otras en cambio se deben a los solubles en agua caliente.

A. Métodos para Determinar la Durabilidad Natural de la Madera

Para determinar la durabilidad natural de la madera se deben realizar diferentes pruebas o ensayos en el laboratorio o en cementerios de madera.

Para la realización de los ensayos de laboratorio se cuenta con las normas americanas y europeas que consisten en la siembra de trozos de carpóforos en el medio de cultivo malta - agar, para luego realizar el aislamiento del hongo en las cajas Petri a temperatura $25 \pm 2^\circ\text{C}$. y $70 \pm 5\%$ de humedad por el tiempo de 14 días en cámaras de incubación.

Se utilizan probetas de madera para la determinación de la durabilidad natural, sus dimensiones son de acuerdo a las normas a seguir, con ciertas características en sentido de las fibras, libres de pudrición, libres de defectos, sometidas a un secado de rango $103 \pm 2^\circ\text{C}$. durante 24 horas. Luego repartirlas en los recipientes del ensayo, según las normas americanas en erlenmeyers de 125 ml. de capacidad y cajas Petri, en cambio las normas europeas (EN 113) utilizan frascos Kolle para la inoculación del hongo más la probeta de madera y someterlas por el espacio de 16 semanas. Otras normas recomiendan por lo menos un tiempo de doce semanas.

El objetivo principal que se persigue al ejecutar este ensayo, es determinar la masa de cada probeta mediante la diferencia de pesadas antes y después de haber estado expuesta al cultivo de hongo por el tiempo indicado.

Se utiliza la siguiente fórmula para la determinación de la pérdida de peso.

$$\% = \frac{\text{Ps1} - \text{Ps2}}{\text{Ps1}} * 100$$

donde:

% = Pérdida de masa

Ps1 = Peso de la probeta antes del ensayo

Ps2 = Peso de la probeta después del ensayo

CLASIFICACION DE LA MADERA POR SU DURABILIDAD

Los ensayos anteriormente indicados son sencillos de realizar, lo que permite obtener resultados que determinarán la eficiencia de los preservantes en madera tratada. Se debe contar con una muestra testigo y sin tratar con productos químicos preservantes para poder comparar los daños obtenidos. Actualmente se trabaja con un método denominado Soil - Block que se colocan las probetas de madera sobre tierra, lo que permite estudiar el comportamiento tóxico de varios preservantes, obteniéndose comparaciones con las probetas tratadas y es posible determinar los puntos fungistáticos y fungicida para los hongos, con la dosis límite para evitar la continuación del ciclo biológico del hongo. Con los resultados de los trabajos de laboratorio se determinará con exactitud la resistencia ofrecida por la madera para cada especie de hongo.

Con la interpretación de los resultados se puede tener una clasificación de la madera por su durabilidad natural, siempre bajo ciertas técnicas y especificaciones de las normas, ya sea americanas ASTM D-2017 y EN113 de las europeas.

Cuadro: Clasificación de la Madera por su Durabilidad

Categoría AR (Altamente Resistentes)
Pérdida de peso entre 0 y 1% con una duración en uso exterior de más de 15 años. Son en general maderas de alta densidad y de duramen que no es posible tratar.
Categoría R (Resistentes)
Pérdida de peso entre 1 a 5% con una duración en uso exterior de 10 a 15 años. Son maderas de alta densidad y tratabilidad variable para el duramen.
Categoría MR (Moderadamente Resistentes)
Pérdida de peso entre 5 y 10%, con una duración en uso exterior de 1 a 10 años. Son generalmente, maderas de alta densidad y con posibilidades de recibir tratamiento
Categoría MPR (Muy Poco Resistentes)
Pérdida de peso entre 10 y 30%, con una duración en uso exterior de 1 a 5 años. Son maderas de densidad media y buena tratabilidad.
Categoría NR (No Resistentes)
Pérdida de peso de mayor del 30% y una duración de uso exterior menor que un año. Son en general, maderas de muy baja densidad y muy buena tratabilidad.

B. Método de Campo o Cementerios

Estas pruebas permiten, al igual que las de laboratorio, determinar la durabilidad y la efectividad tóxica de los productos químicos preservantes, la diferencia fundamental es que en los ensayos de campo, los factores climáticos tienen influencia directa con el desarrollo del organismo xilófago.

Los cementerios de ensayo de durabilidad natural deben contar con ciertos requisitos para tener un acertado resultado. Deben garantizar la permanencia de su funcionamiento porque son de largos períodos de observación y no tener influencia de personas y animales. El ambiente tiene que reunir condiciones favorables para la actividad biológica para insectos y hongos, con buena exposición solar y el terreno no haya sido utilizado en cultivos agrícolas.

El tamaño de las muestras en los cementerios es variada, desde pequeñas hasta postes, y las evaluaciones se hacen por la intensidad de daños y con la clave se interpretarán los resultados de la inspección.

Clave para Interpretación de Resultados durante la Inspección de la Madera en Estudio

Grado de Pudrición	Descripción de la Madera en Observación	Puntaje o Porcentaje
1	Sana (ninguna señal de pudrición)	100
2	Superficie blanda o indicios de pudrición	75
3	Pudrición comprobada poco avanzada	50
4	Pudrición profunda o intensa	25
5	Pudrición total o destrucción	0

Es necesario numerar claramente cada estaca del ensayo y un plano de ubicación para tener un buen registro.

B1. Factores que Afectan la Preservación

Los factores que afectan la penetración de líquidos en el interior de la madera, pueden ser de carácter anatómico, la forma de preparación de la madera para su preservación, el tipo de preservante a utilizar y el tratamiento a utilizar (presión, temperatura y tiempo).

Existen marcadas diferencias en la penetración de líquidos, considerando los tres planos típicos de corte de las maderas, en el sentido longitudinal la penetración se realiza con facilidad, mientras que en direcciones transversales (tangencial y radial) la dificultad es de manera considerable.

En el caso de las coníferas por las numerosas puntuaciones en las paredes radiales de las traqueidas, que permiten un flujo adecuado de líquido en sentido tangencial pero no se observa en el radial, debido al número de puntuaciones en las paredes tangenciales de las traqueidas es mínimo.

Las maderas de especies latifoliadas, la entrada del líquido se hace fundamentalmente a través de los vasos leñosos, deduciéndose que la porosidad de una madera tiene influencia en la penetración y distribución del preservante.

La temperatura juega un papel importante en el proceso de preservación, cuando se aplican preservadores del orden oleoso u oleosoluble y se debe calentar a temperaturas 80 - 100 °C., en las sales hidrosolubles pueden presentar ciertas alteraciones debido a que si se trabaja con altas temperaturas se precipita alguno de sus componentes químicos e ingredientes activos y restarles eficiencia al preservante.

Entre otro de los factores que influyen en la preservación de la madera, se tiene a la presión, que para el desplazamiento del preservante en el interior de la madera, es necesario su aplicación y que tiene que mantenerse constante durante un determinado tiempo y obtener de esta manera una impregnación óptima.

El tiempo de los procesos de preservación es muy importante y estará directamente relacionado con la especie a tratarse, dimensiones de la pieza y el proceso a emplearse.

B2. Riesgos contra la Salud

Para poder proteger a la madera contra los hongos y ataque de insectos, los preservantes requieren de componentes tóxicos específicos.

Se debe tomar en cuenta ciertas precauciones:

- La madera seca tratada con cualquier sal hidrosoluble u oleosoluble no presenta riesgo alguno para la vida humana y animal.
- La madera húmeda, recién tratada debe manipularse con cuidado, se recomienda el uso de guantes, las partes del cuerpo que hayan tenido contacto directo con las piezas tratadas, se debe lavar con abundante agua y jabón.

Si se presentara alguna herida, se debe limpiar y proteger.

- En caso de preservantes en polvo se deben tomar precauciones para evitar que el viento esparza al vaciar las bolsas al recipiente mezclador, se debe utilizar para realizar este trabajo máscaras apropiadas.
- Como regla general el operador debe tener cuidado al estar en contacto con estos preservantes, su higiene personal debe ser impecable antes de comer cualquier alimento o fumar.

Sin embargo se debe tener presente que si se manipula estos preservantes con cuidado, no existe peligro, pero se tendrán ciertas precauciones, pues los individuos tienen diferente sensibilidad frente a los componentes químicos y cualquier persona que sufra alergias al preservante debe recurrir al médico.

B3. Acciones Curativas

- En el caso de infecciones a los ojos, se debe lavar con abundante agua limpia hasta que desaparezca la irritación. El uso de gafas protectoras puede ayudar en este sentido.
- En el caso que haya contaminación sólo en la boca, será suficiente unas gárgaras con agua tibia, y si es ingestión, producir vómitos haciendo beber agua salada.
- Si los malestares continúan es necesario que el individuo visite al médico.

SECCION XVI
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Baillod G: “Madera Wolmanizada Tratada a Vacío - Presión” Uruguay, 45 pag.

Balant M. Toussaint A. 1989: “Recherches Sur Le Bois Lamelle-Colle de la Firme Bonnay”
Bélgica. 164 pag.

Fuentes Vaca, R. B. de 1994: “Tratamiento por Método Vacío - Presión de las Especies Cedro:
Cedrela sp. y Nogal : Juglans australis. Tarija - Bolivia.

Indargentol S. A. “Tancas el Preservante de la Madera” Argentina. 20 pag.

Junta de Acuerdo de Cartagena: “Manual del Grupo Andino para la Preservación de Maderas”.
Colombia 210 pag.

Leclercq A. Seutin E. 1989: “Les Ennenis Naturels du Bois D`Oeuvre”. Bélgica, 140 pag.

Tuset R. ; Duran F. 1979: “Manual de Maderas Comerciales, Equipos y Procesos de Utilización”,
Uruguay, 687 pag.

Vaca, R. B. 1990: “Propiedades Tecnológicas de la Gmelina Arbórea Roxb.”, Bélgica, 80 pag.