

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES  
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR FORESTAL  
ASIGNATURA: Industrias Forestales

# *GUÍA DE PRESERVACIÓN* DE LA MADERA

Prof. Amarilis Burgos

## PRESERVACIÓN DE LA MADERA

### INTRODUCCIÓN

El árbol es un ser vivo, constituido principalmente por una materia leñosa estructurada, formada por el conjunto de células organizadas con una precisión y complejidad propias de las especies evolucionadas del reino vegetal. En este sentido, posee sus propias capacidades de reacción contra las agresiones exteriores, ya sean de origen mecánico como el viento, climatológica como la sequía y el frío o biológica como los insectos, los hongos y las bacterias. Contra todos estos ataques potenciales, el árbol es casi siempre capaz de defenderse, de cicatrizar sus heridas, de regenerar sus tejidos alterados por las enfermedades.

Una vez talado, el árbol se convierte en madera, materia inerte y sin defensa, biodegradable bajo la acción de un cierto número de agentes biológicos. Estos agentes de degradación - insectos y hongos- se manifestarán esencialmente en función de la especie y de las condiciones del medio seco o húmedo, en el que se encuentran las piezas de madera. Es en este nivel en el que interviene la noción de durabilidad natural de la madera, que va a condicionar en gran parte la duración de servicio de las obras.

Dependiendo de que se pueda suprimir total o en parte estos riesgos biológicos, esta durabilidad será absoluta o solamente relativa. Así, mientras el riesgo esté perfectamente identificado, como por ejemplo el de un ataque de insectos de larvas en una carpintería interior, y que la madera utilizada sea naturalmente resistente frente a este riesgo, la duración vital de la obra es casi ilimitada. La carpintería de las catedrales en caoba está ahí como prueba.

Al contrario, con los riesgos de pudrición por hongos, que son las causas principales de degradación de las obras exteriores, la resistencia podrá ser variable en función no solamente de las especies, sino igualmente de la situación de la obra y en particular de riesgos de humedades de la madera. Además, y sobre todo si la humedad de la madera es efectiva, no importará la durabilidad absoluta, sino solamente el mejor comportamiento de una especie en relación a otra. En este contexto, un tratamiento de protección se define como una alternativa a una ausencia o una insuficiencia de durabilidad natural de la madera.

Esta solución se adoptará, ya sea para mejorar una durabilidad insuficiente de la especie en las condiciones a que se emplee o como una alternativa más económica a una solución que necesita durabilidad natural. En general, las maderas más durables son a menudo las más caras.

Pero no es suficiente recurrir a la necesidad de un tratamiento preventivo para que esta operación sea sistemáticamente posible. Proteger la madera no consiste en una protección física o mecánica superficial. Hay que convertirla definitivamente en insensible a los ataques biológicos en toda la superficie donde se puedan desarrollar.

Proteger la madera es recurrir a dos principios tan indisolubles como indispensables: Hay que definir en primer lugar un volumen a proteger, generalmente en aumento con la importancia del riesgo y luego, *hay que introducir en ese volumen un producto eficaz y en cantidad suficiente.*

Es por eso, que la noción de tratabilidad de la madera es, después de la de durabilidad natural, un elemento fundamental e indudable de una buena protección.

Esta tratabilidad se considera en relación con dos exigencias:  
La profundidad máxima a la que un producto puede penetrar y la concentración máxima en producto que se puede dar en la zona tratada.

Una protección eficaz reposa sobre estos principios básicos, simples pero esenciales.

## METODOLOGÍA DE LA PROTECCIÓN

El objetivo de un tratamiento de protección es conferir la mejor durabilidad posible a un producto u obra en madera. Su éxito depende de la aplicación de un cierto número de principios básicos.

Excepto si la especie utilizada es resistente por naturaleza a los agentes de degradación de la madera (insectos y hongos xilófagos), todo producto en madera en uso está sometido a un cierto número de riesgos biológicos. Estos riesgos llegan a ser peligros potenciales de degradación si se reúnen las condiciones necesarias para el desarrollo de los agentes biológicos. El riesgo de un ataque de hongo y de degradación por pudrición está unido a la humedad que la madera es susceptible de absorber una vez colocada en obra.

*Así, madera en interiores sin contacto con el suelo no puede ser atacada más que por insectos.* Un tratamiento insecticida de superficie será suficiente en este caso para protegerlo definitivamente. En cambio, si la obra está en una situación donde la madera está sistemáticamente húmeda de manera prolongada o permanente, podrá ser atacada por hongos de pudrición. Como en este caso todo el volumen es potencialmente vulnerable a la humedad, se necesita que la profundidad del tratamiento sea al menos igual que la zona vulnerable a la humedad.

### **Los principios básicos de la metodología de la protección son:**

#### **El principio de la normalización**

La evaluación de los riesgos, de la durabilidad natural de las especies y la elección de los tratamientos de protección se abarcan en un conjunto de normas (normas EN, AWPA).

#### **Determinar la clase de riesgo de la obra**

La primera etapa consiste en determinar, por una evaluación de riesgos, en qué tipo de las cinco clases de riesgo biológico se sitúa la obra. Cada clase corresponde a situaciones en servicio o a empleos generales de la madera para los que los agentes de alteración, y en cierta medida su modo de acción o virulencia, son los mismos o al menos comparables. Esta clasificación es el objetivo de la norma EN 335. Solos los riesgos de degradación de la estructura de la madera se tienen en cuenta, con excepción de los daños de orden estético.

#### **Elegir la especie y verificar su durabilidad**

Se verifica después si la especie de madera elegida presenta una durabilidad natural suficiente para el uso al que se va a destinar (EN 350 y EN 460).

#### **Definir el tratamiento de protección**

Si la especie elegida no es suficientemente durable y no se puede sustituir por una especie durable, habrá que protegerla a través de un tratamiento

apropiado, al menos en la zona que puede ser objetivo de un ataque biológico. Es sobre la base de la apreciación de esta superficie “vulnerable” y en relación con la tratabilidad de la especie (EN 350) que van a establecerse las especificaciones de tratamiento apropiadas (EN 351) en términos de profundidad y cantidad de un producto del cual la eficacia intrínseca está verificada y validada (EN 599).

Las especificaciones de tratamiento corresponden exclusivamente a objetivos de resultado, que deben poder ser encontrados en la madera: ¿Qué producto, qué cantidad, qué volumen? Es la identificación de estos tres criterios que permite, por observación y análisis químico, pronunciarse sobre la conformidad del tratamiento a las especificaciones prescritas.

### LAS CLASES DE RIESGO BIOLÓGICO

En una obra o en una función concreta, la madera puede ser sometida a la agresión de uno o varios agentes biológicos. Todas las situaciones pueden ser reagrupadas en categorías en las cuales estos riesgos son los mismos o suficientemente comparables. La norma europea EN 335 describe así cinco “clases de riesgo de ataque biológico” que son esencialmente definidas y jerarquizadas en relación a las posibilidades de humedad de la madera y la duración de esta humedad (Tabla 1).

Tabla 1. Definición de riesgo de ataque biológico (norma EN 335)

CLASES DE RIESGO	SITUACIÓN GENERAL EN SERVICIO	EXPOSICIÓN A LA HUMEDAD EN SERVICIO	HUMEDAD DE LA MADERA EN SERVICIO (1)	APARICIÓN DE AGENTES BIOLÓGICOS			
				HONGOS	COLEÓPTEROS (2)	TERMITAS	PERFORADORES MARINOS
1	Fuera de contacto del suelo, en el interior (seco)	Ninguna	Siempre inferior a 20%		U	L	L
2	Fuera de contacto del suelo, (riesgo de humedad)	Ocasional	Ocasionalmente superior al 20%	U	U	L	L
3	Fuera de contacto del suelo, no abrigado	Frecuente	Frecuentemente superior al 20%	U	U	L	L
4	En contacto con el suelo o el agua dulce	Permanente	Superior al 20% permanentemente	U	U	L	L
5	En agua salada	Permanente	Superior al 20% permanentemente	U	U	L	L

U: Universalmente presente en Europa

L: Localmente presente en Europa

Esta definición normalizada está relativamente resumida. En la práctica, esta presentación no es fácilmente explotable porque no permite identificar la

profundidad o el volumen de la madera que puede llegar a ser el objetivo de un ataque, sobre todo frente a los hongos. Es indispensable comprender lo que representa cada clase, para poder colocar las obras en la buena clase sin riesgo de error, con las exigencias de tratamiento que se derivan. Para hacerlo, el buen razonamiento consiste en identificar los tres parámetros siguientes:

- ◆ La naturaleza de los riesgos biológicos, que va a definir el producto a utilizar.
- ◆ El volumen a tratar, que va a condicionar la elección de la especie (tratabilidad) y/o el proceso de tratamiento.
- ◆ La virulencia de los ataques potenciales de los hongos (débil, moderado o fuerte).

#### LA DURABILIDAD NATURAL

Cuando se habla de la durabilidad natural de la madera, se trata de la durabilidad intrínseca de una especie y no de la durabilidad de una obra realizada con esta especie. Por otro lado, esta durabilidad es siempre relativa: Ella varía en función de los agentes de alteración y de la zona de madera (albura o duramen).

#### DURABILIDAD FRENTE A LOS HONGOS

La durabilidad frente a los hongos está fundada sobre:

- ◆ Ensayos reales (ensayos de campo) consistente en exponer la madera durante numerosos años al contacto del suelo (postes enterrados), hasta su rotura.
- ◆ Ensayos en laboratorio, en el caso en que los datos de campo en contacto con el suelo no están disponibles.

Se deduce de estos ensayos cinco clases de durabilidad natural que no deben ser confundidas con las clases de riesgo biológico:

- ◆ Clase 1: Muy durable
- ◆ Clase 2: Durable
- ◆ Clase 3: Medianamente durable
- ◆ Clase 4: Débilmente durable
- ◆ Clase 5: No durable

La durabilidad frente a los hongos no concierne más que a la madera duramen. Las alburas deben ser consideradas como no durables para todas las especies.

#### DURACIÓN DE SERVICIO Y DURABILIDAD NATURAL

En clases 1 y 2, el criterio dominante es la resistencia a los insectos: Si la especie es resistente por naturaleza, la durabilidad es prácticamente ilimitada.

En clase 3, la aproximación depende más de la concepción y de los fenómenos de retoma de agua. Si la exposición es débil, o si la concepción conduce a un resultado equivalente, se está prácticamente en el mismo caso de figura que en la clase 2 (estructuras ventiladas por ejemplo), bajo la reserva de que la especie sea resistente de manera natural en clase 3. Bajo una exposición más

severa, la humedad será más durable y más profunda, pero si las retenciones y las acumulaciones de agua son evitadas (carpinterías exteriores por ejemplo), se puede pensar de manera razonable con una duración de vida de 20 años o más.

En todos los casos, hay que conservar en mente que la frontera entre una clase 3 "severa" y una clase 4 es muy fluctuante. Así, por ejemplo, una pudrición horizontal en el exterior sometida a riesgos de clase 3, pasa a situación de clase 4 desde que aparecen en su superficie grietas de contracción, sinónimo de acumulación de agua.

En clase 4 (madera en contacto con el suelo, inmersas o en situación de humidificación durable), los riesgos de ataque son muy dependientes de las condiciones de servicio. Por ejemplo, el mismo poste dura dos veces más en un suelo arcilloso y compacto, incluso rico en humedad pero poco permeable al aire, que en un suelo ligero y aireado, donde se encuentra a la vez humedad, calor y oxígeno.

#### LA TRATABILIDAD

Cuando en una situación dada, definida por una clase de riesgo, la durabilidad de la especie elegida es insuficiente, un tratamiento de protección se hace necesario. Pero la posibilidad de este tratamiento está condicionado por una característica esencial y fundamental de la madera: Su tratabilidad. La tratabilidad traduce la capacidad de penetración y de circulación de los líquidos en la madera. Es extremadamente variable según las especies, la zona de madera afectada (albura o duramen), el sentido de circulación (paralelo o perpendicular a la dirección de la fibra) e incluso a veces, por una especie concreta, según de donde proceda o las condiciones de crecimiento.

#### TRATABILIDAD DE LAS ESPECIES

Clases de tratabilidad según la norma EN 350-2

TRATABILIDAD	NOMINACIÓN	DESCRIPCIÓN
1	Tratables	<b>Fácil de tratar:</b> la madera aserrada puede ser impregnada y sin dificultad con un tratamiento bajo presión.
2	Medianamente tratables	<b>Bastante fácil de tratar:</b> en principio, una impregnación completa no es posible, pero después de 2 o 3 horas con un tratamiento bajo presión, una impregnación lateral de más de 6 mm puede ser esperada en las coníferas; En las latifoliadas, una larga proporción de vasos pueden ser impregnados
3	Poco tratables	<b>Difícil de tratar:</b> 3 a 6 mm de impregnación lateral después de 3 a 4 horas de un tratamiento bajo presión

## 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, desgaste mecánico y acción de la intemperie.

Los agentes biológicos atacan la madera porque para ellos se constituye en su fuente de alimento o una vía para conseguirlo. No todas las maderas se comportan de forma similar frente a estos agentes, algunas especies producen materiales llamados extractivos que le confieren cierta resistencia frente a hongos e insectos, son aceites esenciales, resinas y taninos, compuestos fenólicos, extractivos que se acumulan en el duramen y que no se presentan en la albura; porque la albura presenta 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 podían ser plenamente entendidos sin un conocimiento básico de los procesos de deterioro de la madera.

1. **Las bacterias** no constituyen un peligro importante en la destrucción de la madera; sin embargo se ha comprobado que existen relaciones con ciertos 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.

2. **Los 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 en pie. Los altos contenidos de humedad los previene del ataque de hongos e insectos, pero cuando el árbol es talado, comienza la pérdida de humedad de 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.

2.1 **Hongos xilófagos.** Son los responsables, en gran parte, de la desintegración de la madera. La característica más sobresaliente que diferencia a estos hongos de otros, es la producción de esporas en estructuras especializadas, llamadas *basidios*, que se encuentran típicamente dispuestos en estratos definidos del *micelio*, llamada 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 detectar en las primeras etapas, pero si se le puede detectar cuando la madera cambia de color, pierde peso y tiene poca consistencia; cuando el hongo ha cumplido el ciclo biológico con la formación de su esporocarpio.

La constitución de los hongos es relativamente simple, el cuerpo fructífero se conforma de células individuales llamadas hifas, células muy finas, diámetro aproximadamente 2 u.m., microscópicas, poseen ramificaciones, paredes transparentes conformadas por quitina. El micelio, mediante la secreción de enzimas es el encargado de suministrar alimentos al hongo, tanto las hifas como el micelio son los verdaderos destructores de la madera, penetran el sustrato y absorben el alimento. Los hongos se desarrollan mediante las esporas que son las responsables de la propagación y se reproducen dentro de los cuerpos fructíferos.

Los basidiomicetos más dañinos para madera se ubican en las familias AGARICACEAE y POLYPORACEAE, cuyas diferencias más marcadas son:



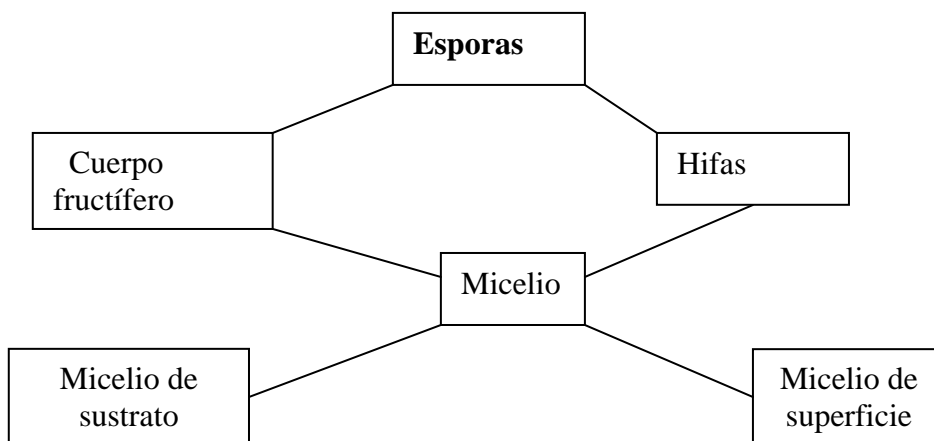
**Agaricales**, cuerpo fructífero laminar de consistencia generalmente suave, llamados hongos de sombrero o setas; himenio con láminas o agallas, láminas pocas veces separadas.

**Polyporales**, cuerpo fructífero en estrato de consistencia generalmente dura o coriácea, 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 y 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 que reúne las condiciones adecuadas forman raíces llamadas hifas.

**Ciclo de desarrollo de los hongos**



El cuerpo fructífero o parte visible de los hongos, compuesto por un tejido densificado de hifas, toma forma, tamaño y color característico para cada especie, razón por la cual a través de el se puede llegar a su identificación taxonómica. Las esporas son las responsables de la propagación de los hongos. Para la germinación de las esporas se necesita un sustrato (madera) y condiciones climáticas adecuadas. Una vez germinada la espora se forman las hifas que crecen por alargamiento de las puntas y también por ramificación. La proliferación de hifas, resultante de este crecimiento, se llama micelio. Cuando el micelio se desarrolla puede llegar a formar grandes cuerpos fructíferos.

Para el desarrollo de los hongos es necesaria la concurrencia de ciertos factores indispensables para su actividad fisiológica:

- ❖ **Humedad.** Es de gran importancia para la germinación, actividad enzimática, la absorción, el transporte de sustancias y se desarrollan entre 30 y 50% de humedad.
- ❖ **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 3 °C.



- ❖ **Oxígeno.** Los hongos pertenecen al grupo de organismos aerobios y su respiración es posible cuando existe oxígeno.
- ❖ **Ph.** La germinación de las esporas y el crecimiento del micelio dependen de forma considerable del valor del 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.
- ❖ **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.

### DEGRADACIÓN DE LA MADERA

La madera está conformada fundamentalmente por lignina, celulosa y hemicelulosa, sustancias muy apetecibles por los hongos. La celulosa es un polímero de anhídrido glucosa con uniones 1-4. Las hemicelulosas consisten de polímeros similares de glucosa con otras uniones o polímeros de monosacáridos diferentes a la glucosa. La lignina es un polímero complejo de unidades fenólicas. La madera de coníferas, en general tiene un mayor contenido de lignina (27-35%) que la madera de angiospermas dicotiledóneas o "latifoliadas" (19-24%).

Los hongos pudridores de madera pueden ser agrupados en categorías según la forma en la cual pudren la madera. Estos grupos son denominados hongos de **pudrición blanca**, hongos de **pudrición marrón** o parda y hongos de **pudrición blanda**.

Los hongos de **pudrición blanca** tienen un sistema de enzimas celulasa y lignasa que le permiten degradar todos los componentes de las paredes celulares de la madera. Algunos, sin embargo, remueven lignina más rápido.

La madera podrida por hongos de pudrición blanca tiende a perder gradualmente sus propiedades de solidez y retiene su estructura fibrosa aún en estados avanzados. La madera podrida se vuelve esponjosa, filamentosa, o laminada y usualmente está manchada y descolorida en relación a la madera sana.

Los hongos de **pudrición marrón** remueven selectivamente celulosa y hemicelulosa de la madera. La madera podrida por hongos de pudrición marrón pierde rápidamente sus propiedades de solidez y experimentan roturas drásticas. En estados avanzados la madera es reducida a un residuo de trozos amorfos, blandos, marrón, cúbicos, compuestos mayormente de lignina ligeramente modificada.

Los hongos de **pudrición blanda**, atacan el duramen de algunas especies durables y tienen cierta tolerancia a ciertos componentes de algunos preservantes. Sin embargo, son muy sensibles a compuestos de cobre. A diferencia de los hongos de pudrición marrón y blanca, donde las hifas se desarrollan dentro de los lúmenes, las hifas de los hongos de pudrición blanda crecen en la pared celular de las fibras, originando túneles o cavidades.

### Efectos del ataque de hongos 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 los hongos sobre la madera: son:

1. Alteraciones de la composición química
2. Disminución de peso
3. Reducción de la resistencia
4. Modificación del color natural

5. Incremento de inflamabilidad
6. Disminución del poder calorífico
7. Confiere mayor susceptibilidad al ataque de ciertos insectos

2.2 **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.

2.3 **Los hongos cromógenos** son los que producen manchas en la superficie de la madera, siendo los más común la mancha azul, se presentan en madera almacenada, aserrada y en rolas, esta coloración no puede ser eliminada, desvalorizando la madera en algunos usos. Se alimentan de sustancias de reservas en las células parenquimáticas de la albura, las hifas penetran a través de los radios leñosos mediante presión mecánica de los extremos de las hifas, sin secreción de ectoenzimas, por esta razón estos hongos no alteran las propiedades físicas y mecánicas de la madera afectada.

3. **Los insectos.** 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 del orden de los coleópteros. Entre los insectos tenemos a los coleópteros (escarabajos), que con las termitas o comejenas, hormigas y avispas carpinteras obligan a tomar medidas de protección.

#### Ciclo de vida de los insectos xilófagos

Los insectos xilófagos, en cumplimiento a su ciclo de vida o metamorfosis, pasan por cuatro 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 incubar y nacer las larvas pueda encontrar su alimento, produciendo galerías que modifican el aspecto y que afectan las propiedades mecánicas de la madera.

Dentro de los insectos existen familias, ordenes, clases que son importantes por la intensidad y frecuencia de daños que producen en la madera.

#### 3.1. Orden coleópteros:

❖ **Familia Anóbidos.** Son insectos pequeños que se alimentan de la celulosa, atacan maderas coníferas y latifoliadas en estado seco, (CH menores de 15%), sus daños más importantes los producen en vigas, pilares, muebles y otras piezas de madera. las larvas construyen por lo general galerías en la dirección de las fibras dejando una capa externa sin destruir que dificulta la determinación e importancia de los daños a simple inspección.



Las hembras de las diferentes especies de **carcoma**, depositan sus huevos en las grietas superficiales de la madera y en los orificios de antiguas infestaciones; a los pocos días salen las larvas, que pueden permanecer en la madera entre uno y tres años (llegando en algunos casos a los 10 años si las condiciones son idóneas).

Al cabo de estos inician su metamorfosis, saliendo al exterior los insectos perfectos a través de unos orificios superficiales de sección redonda u oval, realizando los vuelos de apareamiento y realizar las puestas de huevos en las maderas próximas, avanzando la infestación de las maderas presentes en el recinto.

Los daños, aunque no se producen tan rápidamente como en el caso de las termitas, son importantes, dado el elevado número de individuos que atacan conjuntamente.

Estos daños, pueden llegar a dejar la madera literalmente en una masa de aserrín, por lo cual el tratamiento anticarcoma no se debe demorar mucho tiempo, sobre todo en el caso de maderas estructurales.

La detección de una madera infestada de carcoma es relativamente fácil, la aparición en la superficie de la madera de orificios redondos u ovalados (mas grandes) y la presencia de aserrín son señales inequívocas de presencia de carcoma.

❖ **Familia Líctidos.** 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 latifoliadas y se les 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. Atacan madera seca (CH de 15 a 20%).



❖ **Familia Cerambícidos.** Comprenden insectos de mediano y gran tamaño, se les reconoce por sus larga antenas, su alimento son las sustancias de reserva contenidas en las coníferas y latifoliadas, atacan la albura y algunas veces el duramen, pudiéndolos identificar y localizar por las galerías que elaboran en el sentido de los anillo de crecimiento. Los adultos son de forma aplastada y salen de la madera por orificios elípticos. Existen dos especies importantes: *Hilotrupes bajulus lynn* (taladro de la madera de pino) y *Phoracantha semipunctata Fabr.* (taladro del eucalipto). También está el *Brasilianus locurdaire* (taladro del gateado).



❖ **Familia Escolitidos.** 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 les divide en dos grupos: 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 de ambrosía, perforan profundamente los árboles debilitados y troncos recién apeados, construyendo túneles largos y derechos, no se alimentan de madera, sino del hongo ambrosía que cultivan para alimentarse de ellos.

3.2. Las **termitas** son insectos sociales que se alimentan de la celulosa de la gran mayoría de las especies de madera, en distintas formas: madera, aglomerados, papel, cartón, tejidos, etc. Las termitas son muy destructivas, llegando a consumir toda la carpintería de una casa en pocos meses, siendo especialmente peligroso el ataque a los elementos estructurales (vigas de techos, tejados, etc.) pudiendo provocar incluso el hundimiento del edificio.



De acuerdo a su existencia 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

pardo cremoso y por esta razón las denominan hormigas blancas, la cabeza es algo aplanada, bien desarrollada y lleva fuertes mandíbulas, el macho es el único que presente alas. El hecho de que las galerías se orientan siempre paralelas a las fibras hace dificultoso detectar el ataque en forma temprana, generalmente se detecta cuando la pieza se encuentra bastante destruida interiormente, notándose solamente la presencia de pequeños orificios circulares abiertos para expeler los excrementos de la galerías hacia el exterior y para permitir la salida de los elementos alados.

❖ Las **termitas** que se alimentan **de madera húmeda** por lo general efectúan su ataque cuando ésta se encuentra como trozas, rolas, tocones, las colonias son pequeñas y muchas veces no tienen obreras y las ninfas son las que desarrollan 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 su sustento. Las comunidades son muy numerosas, característica que los convierte en individuos de mayor peligro como atacantes de edificaciones, puentes, construcciones de madera, cubiertas y piso. La presencia de tubos o caminos cubiertos sobre paredes, pisos, lo mismo que la existencia de tierra o mezcla de arena y madera masticada en las estructura es muestra evidente del ataque de termitas subterráneas. Lamentablemente la forma mas habitual de detectar la presencia de termitas es los daños que producen en los elementos de madera o aglomerado, las termitas al alimentarse de la celulosa de la madera, dejan las piezas atacadas completamente huecas, excepto una fina capa externa que cede ante una simple presión.

Otra forma de detectar la presencia de termitas es tener la oportunidad de observar la salida al exterior de las termitas en su fase alada, estas salen en forma de grandes bandadas similares a hormigas con alas más pequeñas.

Hay tres tipos de tratamientos y prevención de las termitas:

- Barreras químicas de defensa
- Tratamiento curativo y preventivo de la madera estructural - igual que el tratamiento de carcinoma
- Sistema de testigos-cebos

Las barreras químicas y el tratamiento de la madera estructural (efectividad inmediata), protegen el edificio del ataque de las termitas.

Sistema de testigos-cebos (efectividad a medio-largo plazo), no defiende el edificio a corto plazo, se suele utilizar combinado con la barrera química, exige un seguimiento regular a lo largo de los años pero puede conseguir la eliminación de los termiteros, este sistema (con el seguimiento adecuado), sirve a su vez para la detección de termitas de por vida, permitiendo una acción precoz antes de que los daños sean cuantiosos. Sin embargo, el sistema más apropiado para el control de las zonas de influencia es la utilización de madera preservada.

#### 4. Perforadores marinos

El tercer grupo de enemigos de la madera son los taladradores marinos, destruyen a la madera de astilleros, embarcaciones, muelles, otras estructuras fijas y flotantes, establecidas en el mar, especialmente en el trópico. Los perforadores marinos se ubican taxonómicamente en dos grupos Moluscos y Crustáceos.

4.1 **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 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 la galería, tienen el hábito 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.

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 es similar a todos los moluscos, viven y se desarrollan en aguas que tengan no menos de 10% de salinidad.

**4.2 Crustáceos.** Estos taladradores marinos se distinguen por poseer un cuerpo dividido en dos partes; dos pares de antenas y por lo menos cinco patas. Comprende el suborden Isópida con 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 limnorios inmaduros comienzan a barrenar la madera, el daño causado es debido al gran número de perforaciones-

## 5. Agentes no biológicos

**5.1. 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.

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 se 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 lo que los productos empleados en la preservación de la madera contra el fuego, tendrán como cometido favorecer la pirolisis lenta como forma de protección.

**5.2. Acción climática.** La madera también se deteriora con la exposición a diversos agentes de tipo climáticos que con su acción combinada provocan su desgaste. Las continuas fluctuaciones de temperatura y humedad por ejemplo causan la contracción o hinchazón 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 la madera contribuyendo también a su desgaste, existe acción química donde interviene el oxígeno del aire y la acción de los rayos solares que afectan en grado considerable la integridad de la madera.

**5.3. Desgaste mecánico.** Cuando la madera se encuentra sometida a condiciones de movimiento está 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.

## CONSIDERACIÓN SOBRE CONSERVACIÓN DE TROZAS

Por la estructura y estado de la madera, se hace necesario utilizar ciertas técnicas que ayuden a la conservación de trozas recién cortadas, medidas profilácticas que contribuyen 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.

La mejor medida profiláctica es el transporte inmediato al sitio de procesamiento y su transformación, otras posibilidades son:

- ❖ 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 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 preservante inmediatamente después del apeo. El objetivo principal es el de impedir la entrada de agentes xilófagos en las trozas terminadas de tumbar.
- ❖ El patio de almacenamiento temporal de las rolas debe reunir ciertas condiciones de sanidad, ausencia de maleza, buen drenaje, ubicación, buena circulación de aire y acceso rápido para permitir el movimiento de las trozas. 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 acción 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.

### **PRESERVANTES DE LA MADERA**

La industria de la preservación de la madera ha descubierto numerosas sustancias tóxicas, que aplicadas racional y convenientemente, protegen la madera de sus enemigos naturales. Estos componentes químicos puros o mezclados, varían ampliamente en naturaleza, costo y eficiencia; aspectos que están directamente relacionados con el uso al que se va a destinar la madera.

#### **Los componentes de un producto**

Todo producto de protección contiene necesariamente tres elementos fundamentales:

- Materias activas, para conferir la eficacia biológica.
- Un vehículo o disolvente, para transportar estas materias activas al interior de la madera.
- Principios de fijación, para asegurar el mantenimiento de la protección durante toda la duración del servicio de la obra.

Las materias activas son pesticidas, que, para satisfacer los tests biológicos, deben presentar una eficacia fungicida y/o insecticida frente a los agentes de alteración a los que se tenga que enfrentar. Según su naturaleza, estas materias activas serán, pues, eficaces contra uno u otro insecto, uno u otro hongo o en ocasiones para el conjunto de los riesgos asociados a un uso.

Según el caso, una molécula única cubre el conjunto de las necesidades, o varias moléculas aseguran por sí mismas una protección específica en el factor donde presenta la mejor eficacia intrínseca: Insectos, termitas, hongos. Las materias activas actualmente utilizadas son esencialmente:

- Sustancias minerales, en particular sales metálicas a base de cobre, fluor, arsénico, utilizadas solas o en asociación.

- Sustancias de síntesis, moléculas químicas más o menos complejas, como por ejemplo los derivados del estaño, los ázoes, los piretroides (cipermetrina, permetrina), los amonios cuaternarios, los carbamatos, etc. Excepto en ocasiones, estas sustancias son o bien fungicidas o insecticidas, y deben a menudo ser utilizadas en asociación

Por razones de toxicidad y de ecotoxicidad, moléculas muy utilizadas en el pasado, están actualmente prohibidas, como la aldrina (decreto n° 92-1074 aplicada desde octubre de 1994) o reglamentadas, como el pentaclorofenol (decreto n° 94-647) o el HCH (decreto n° 92-1074).

El vehículo más comúnmente llamado disolvente, su papel es transportar las materias activas en la madera, depositarlas ahí y eliminarse después, generalmente por secado natural. Se utilizan dos tipos de disolventes:

- Los disolventes a base de petróleo, de tipo aguarrás, que permiten solubilizar la mayor parte de las sustancias de síntesis y presentan un buen poder de penetración y de difusión en la madera seca. Se distingue:

- Los disolventes ligeros, con combustión entre 40 y 80°C y con evaporación relativamente rápida.

- Los disolventes pesados, más grasos, que ofrecen un buen poder de difusión pero que presentan ciertos inconvenientes: Secado lento, olor persistente, riesgos de manchas, problemas de pegado....

- El agua, que permite solubilizar todas las sustancias hidrosolubles y netamente las sales minerales y ciertas sales orgánicas (pentaclorofenato de sodio, amonios cuaternarios, etc.). El agua permite igualmente colocar en emulsión las sustancias de síntesis que no son solubles al agua. Según las formulaciones, la emulsión podrá ser más o menos fina y más o menos estable.

Los principios de fijación se identifican en relación a dos tipos de deterioros que son las pérdidas por evaporación y por deslavado. Ciertas sustancias son por naturaleza insensibles a un tipo de deterioro. Así, las sales metálicas no tienen pérdidas por evaporación y pueden considerarse como fijas en relación a este riesgo. Por otra parte, para ciertos usos, los riesgos de deterioro no existen. Así, el riesgo de deslavado en clase de riesgo 1 (madera en el interior y seco permanentemente) no es para ser tenido en consideración, con la condición de que en ningún momento la madera pueda ser sometida a un riesgo, incluso temporal, de deslavado. En la práctica, se distinguen dos grandes principios de fijación:

- La fijación por reacción química, como con las sales metálicas complejas en las que el cromo juega el papel de elemento fijador del cobre, del arsénico o en algunos casos del cobre; El ejemplo tipo de este mecanismo es la fijación de sales CCA (cobre-cromo-arsénico), que son, actualmente, los productos que presentan el grado de fijación más elevado.

- La fijación por resinas, actúan por "pegado" de las materias activas; Esta solución es principalmente usada para fijar las sustancias de síntesis.

Otros tipos de fijación se desarrollan igualmente desde estos diez últimos años; recurren a ciertas propiedades físico-químicas: Afinidad, tenso-activos.

### **Las familias de los productos**

Según el tipo de asociación entre materias activas, vehículos y principios de fijación, se encuentran actualmente en el mercado un cierto número de familias de productos, muy específicos de ciertos usos o procedimientos de tratamiento:

- Las sales sin fijación, que son sales mono-componentes (flúor, boro o cobre) utilizadas en solución en el agua. Resisten a la evaporación, pero no al deslavado.

- Las sales fijadoras, que son sales metálicas complejas, que tienen cromo para fijar los metales "activos". Durante los últimos 60 años, numerosas combinaciones se han sucedido, asociando parcialmente el cobre, el arsénico, el fluor, el cromo, el boro, el mercurio, el fósforo. Actualmente, las únicas combinaciones utilizadas de manera significativa son ante todo, las CCA (Cobre-Cromo-Arsénico) y, en menor medida, las CC (Cobre-Cromo) y las CCB (Cobre-Cromo-Boro) en las que sólo el cobre entra, con el cromo en la reacción de fijación, quedándose el boro sobrante soluble. Las CCA son conocidas por su gran poder de resistencia al deslavado y la durabilidad de la protección conferida.

- Los productos "orgánicos", llamados así porque contienen disolventes con petróleo para solubilizar sustancias activas de síntesis: Permetrina, lindano, donde la fijación se asegura por la incorporación de resinas. Estos productos son generalmente buenos penetrantes y muy estables.

- La creosota, que es un producto de uso muy corriente para utilizaciones específicas (protección de cruces de vías de trenes y postes de línea esencialmente). Difiere de los productos precedentes por dos particularidades. Por una parte, las sustancias activas son un conjunto de numerosas moléculas (casi 100) salidas de la destilación de la hulla (entre 100 y 500 °C). Por otra parte, no contiene vehículo o disolvente susceptibles de evaporarse de la madera: Todo el producto introducido se queda de manera estable en la madera tratada, durante la duración del servicio requerido.

CLASES DE RIESGO ACCESIBLES POR TIPOS DE PRODUCTOS

Por la naturaleza de sus sustancias activas, su formulación o sus principios de fijación, cada familia de productos puede o no cubrir una clase de riesgo. La tabla siguiente resume los casos posibles, entendiéndose que esta fiabilidad va igualmente a estar condicionada por la especie de madera y el procedimiento de tratamiento.

Tabla de clases de riesgo cubiertas por el tipo de producto

TIPO DE PRODUCTO	CLASES DE RIESGO				
	1	2	3	4	5
Sales metálicas no fijadoras	x				
Sales metálicas fijadoras	x	x	x	x	x
Productos orgánicos	x	x	x		
Emulsiones	x	x	depende del procedimiento		
Productos "mixtos"	x	x	x	x	sin datos
Creosota (1)	uso desaconsejado	uso desaconsejado	uso restringido	x	uso desaconsejado

(1) Las restricciones de uso no surgen de una no fiabilidad técnica, sino de especificaciones reglamentarias, sanitarias o de simple confort.

**1. Requisitos de un preservante**

Para que una sustancia química pueda ser reconocida como preservadora de la madera, debe reunir ciertas características como:

❖ **Toxicidad**, es fundamental para poder controlar o anular la actividad de los agentes biológicos que afectan 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 el pentaclorofenol que son insolubles en agua, pero son lo



suficiente solubles en la fisiología de los insectos y hongos produciendo en ellos la muerte. La toxicidad del producto está dada por la menor cantidad del producto activo.

- ❖ **Penetrabilidad**, para alcanzar efectividad en este sentido es necesario contar con factores como el contenido de humedad, porosidad de la madera y el grado de viscosidad del producto químico. En algunos casos la sustancia química reacciona 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 hayan taponados por goma o resinas lo cual hace impermeable y en consecuencia difícil la tarea de impregnar.
- ❖ **Permanencia**, para que el preservante le ofrezca a la madera una garantía de permanencia debe contener 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 los animales domésticos otros cuidados que los requeridos por los productos químicos convenientes y cuando este presente riesgo especial se lo debe clasificar como peligroso.
- ❖ **No corrosivo**, un buen preservante no debe ser corrosivo para los metales como alambres, clavos, pernos y equipos.
- ❖ **No combustible**, los 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 que con los oleosolubles que están expuestos por la eliminación de su exudado a mayores riesgos a la inflamabilidad.
- ❖ El preservante no debe ofrecer dificultad para su incorporación a la madera y **permitir buenos acabados** a la madera.
- ❖ **No fitotóxico**, 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 preservantes influyen sobre el valor final de la madera tratada, con un costo que puede impedir que ella compita, con otras sin tratamiento o con materiales capaces de sustituirla.

## 2. Clasificación de preservantes para madera

Existen diversas formas de clasificar los preservantes, aunque, tradicionalmente, se hace de acuerdo a su origen o uso. A continuación se presenta una clasificación de estos productos por su naturaleza u origen.

2.1 **La creosota** empleada para tratar madera es de origen mineral, tuvo su origen en Inglaterra en 1838. Desde entonces, se le consideró un preservante por excelencia para el tratamiento de postes y durmientes principalmente; pero actualmente se usa en muy pocos países.

2.2 **Productos orgánicos** (oleosolubles). Son sustancias oleosolubles, muchas de ellas de gran toxicidad para los elementos biológicos y que presentan cualidades como: no son corrosivos, tienen gran poder de penetración, no son inflamables y permiten acabados con barniz, laca o pintura una vez que el solvente se ha evaporado.

Entre los principales preservantes de este grupo figuran los naftenatos, el pentaclorofenol, el óxido tributil estañoso y el quinolinolato 8 de cobre.

- ❖ **Naftenatos**. Son sustancias preservantes provenientes de la combinación de ácidos nafténicos obtenidos como subproductos en la refinación de petróleo y sales de elementos

metálicos como el cobre y el zinc. Son compuestos cerosos o gomosos, no cristalinos y solubles en aceite, se aplican con brocha, aspersión o inmersión.

El naftenato de cobre es el más usado en la preservación de la madera, es de color verde oscuro y de olor ligeramente desagradable pero no es irritante a la piel. Es de gran toxicidad para los hongos. La madera tratada con esta sustancia no es fácil de pintar, pues el color verde oscuro exuda a través de la pintura.

❖ **Pentaclorofenol.** Es un compuesto cristalino formado por reacción del cloro sobre el fenol, es eficaz contra hongos e insectos xilófagos, pero ineficaz contra perforadores marinos. Sin embargo, está prohibido para el contacto con el ser humano en las normas AWPA y totalmente prohibido en las normas NWPC (Nordic Wood Preservation Council).

❖ **Óxido Tributílic Esteañoso.** Es un compuesto de alto poder fungicida e insecticida que se fija muy bien en la madera tratada. No tiene color, olor, insoluble en agua pero soluble en la mayoría de los solventes orgánicos. Controla muy bien la pudrición marrón, no así la blanca para lo cual hay que añadirle pentaclorofenol para que se fije en la lignina.

❖ **Quinolato 8 de Cobre.** Este producto se formula con repelentes de agua para además de darle a la madera protección contra hongos de pudrición darle también estabilidad dimensional. Por su buena fijación en la madera, se le recomienda en los casos en que la madera debe estar en contacto íntimo con productos alimenticios como embalajes de frutas, alacenas, etc.

### 2.3. Productos inorgánicos (hidrosolubles)

2.3.1. **Sales múltiples.** Las sales preservantes tienen en su composición un elemento fungicida como el cobre y un insecticida como el arsénico o el boro y un fijador como el cromo. La toxicidad de las sales se expresa como FACTOR OXIDO, que es la sumatoria de los pesos porcentuales de cada componente, expresados como óxidos ya que son éstos los que determinan la actividad tóxica de la sal.

❖ **Arsénico-Cobre-Amoniacales (ACA).** Estas sales son muy eficaces contra hongos e insectos cuando la madera está en contacto con el suelo y su uso ha sido oficializado por la AWPA mediante la norma P5-83, su composición es:

Óxido Cúprico (CuO)	49,8%
Óxido Arsénico As <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	50,2%

Estos dos componentes deben ser disueltos en una solución de amoníaco (NH<sub>3</sub>). A las dos o tres semanas de tratada la madera, se evapora el amoníaco que solubiliza la materia activa en agua y los precipitados de cobre y arsénico se fijan definitivamente en la madera.

❖ **Cupro-Cromo\_Arsenicales (CCA).** Estas sales predominan hoy día en el mercado mundial de las sales hidrosolubles, ya que poseen el factor óxido más alto. Son muy eficaces en la protección de madera en contacto directo con el suelo y bajo las condiciones más adversas, como el agua del mar. Recientemente, varias organizaciones han prohibido el uso de madera tratada con CCA, arsénico es el químico que genera la mayoría de preocupación sobre la seguridad humana o ambiental. En respuesta a esta prohibición han salido al mercado algunos preservantes alternativos como son:

- **Cobre Amoniacal Quat (ACQ-TIPOS A, B, C)**- madera tratada con este preservativo es vendida bajo la marca ACQ.
- **Cobre amine quat (ACQ-D)**- ingredientes activos parecidos al ACQ-A pero usa etanolamina en vez de amoníaco para servir como el portador de la solución tratada. Madera. madera tratada con este preservativo es vendida bajo el nombre de Nature Wood por Osmose.

Colectivamente, todos los productos tipo ACQ son referidos como preservativos cobre alcalino quat.

- **Cobre azole-** Tipo A (CBA-A) , preservativo que contiene cobre y boro, vendido por Arch Wood Protección (anteriormente Hickson).
- **Oxido Borado (SBX)** – una clase de preservativo para madera que contiene boro como ingrediente activo. No se recomienda para madera en contacto con el suelo.

❖ **Cupro-Cromo-Boro (CCB).** Estas sales se fijan más lentamente en la madera que las sales CCA, se recomienda que el material tratado se deje secar por un lapso de 6 – 8 semanas antes de ponerlo en servicio, para que se fijen mejor las sales, ya que son algo lixiviable y se recomienda una retención mínima de 12 kg/m<sup>3</sup> de componente activo.

2.3.2. **Compuestos de Boro.** Estos no tiñen la madera y son tóxicos para los hongos e insectos, pero inocuos para el hombre y los animales domésticos. Tienen el inconveniente de que se lixivian con la humedad por lo que la madera tratada con boro solamente puede ser empleada en interiores o lugares secos, sin contacto con el suelo.

Los compuestos de boro son algo corrosivo, por lo que se recomienda mezclar cantidades equivalentes de ácido bórico y bórax para contrarrestar ese efecto negativo. La proporción más recomendada es 40% de ácido bórico y 60% de bórax. (1:1,5)

2.3.3. Otros compuestos hidrosolubles. En la actualidad existen en el mercado una gran cantidad de compuestos hidrosolubles para preservar la madera, pero su uso es muy restringido si se les compara con las sales CCA. También se está investigando la eficacia de productos preservantes más amigables con el ambiente.

## PREPARACIÓN DE LA MADERA ANTES DE SU PRESERVACIÓN

La madera antes de ser sometido a tratamiento de presión u otros procesos debe tener cierta preparación.

❖ **Descortezado.** La presencia de la corteza en la troza impide un buen proceso de impregnación y para facilitar el proceso se retira de forma manual utilizando utensilios manuales o en forma mecánica con máquinas.

❖ **Humedad de la madera.** en la mayoría de los tratamientos de impregnación, la presencia de cantidad de agua libre en las cavidades de las células puede dificultar o impedir la entrada de preservante en la madera. en el tratamiento de vacío-presión, es necesario tener un contenido de humedad menor a 28%.

❖ **Dimensionamiento.** Es necesario hacer el acondicionamiento de la madera para facilitar la penetración del preservante realizando los despuntes, cortes, cepillado o algún tipo de perforación, antes de someter la pieza al proceso de impregnación.

## MÉTODOS DE TRATAMIENTOS 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 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 a la madera a largo plazo se tienen:

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

## 1. Métodos de tratamientos sin presión

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

❖ **Difusión.** 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 está sujeta a varios factores: espesor, contenidos de humedad, peso específico de la madera, concentración de la solución, tiempo y coeficiente de difusión. Generalmente se utilizan mezclas de ácido bórico y bórax.

❖ **Inmersión.** Este tratamiento consiste en sumergir la madera en una solución preservante. Según el tiempo que dure el tratamiento, la inmersión puede ser breve o prolongada, en el primer caso la madera y el preservante permanecen en contacto por segundos o minutos, mientras que en el segundo se pueden emplear horas o días. Después de impregnada la madera debe secarse antes de ser puesta en obra, no solo para que escurra sino también para dar lugar a la fijación del producto químico. Este tratamiento se recomienda para piezas acabadas de poco espesor y que han de ser colocadas en sitios de poco riesgo, ya que la retención que se obtiene es baja.

❖ **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 oleosolubles y oleosos 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. Lo más recomendado para maderas tropicales es que la duración del baño frío sea el doble del tiempo empleado en el caliente; es decir, si el baño caliente dura 8 horas, el frío durará 16 horas, teniendo un tiempo total de 24 horas. Como guía se puede considerar que por cada centímetro de madera a penetrar se requiere una hora de calentamiento. Las sales hidrosolubles no se recomiendan para este tratamiento, porque se descomponen al calentarlas por encima de 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.

## 2. Métodos de tratamiento con 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.

Hay muchos usos residenciales para la madera tratada con presión incluyendo los porches, muebles para uso externo, murallas de retención, enrejado y una variedad de otros usos.

También se usa para aplicaciones industriales tales como postes de electricidad, durmientes para ferrocarril, apoyos para puentes, y otros usos estructurales que son expuestos a posibilidad de pudrir.

Una planta a presión consiste en bombas, válvulas, tanques de almacenamiento, de mezcla, equipo de control, autoclave o cilindro de impregnación. Son instalaciones costosas, por lo que 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 a presión en autoclave se destacan los siguientes:

- Bethell
- Rueping
- Lowry

❖ **Proceso de Bethel o célula Llena.** Este proceso es el más conocido y empleado en la industria de la impregnación, patentado en 1838 por Jonh Bethell, permite inyectar a la madera la mayor cantidad de preservante en la zona tratada. La madera debe presentar ciertas características, como son contenido de humedad de 25-28%, libre de corteza, tener buena terminación cubicada y pesada.

Se inicia el proceso cuando la madera es introducida en el autoclave, se le aplica un vacío inicial de 600mm de mercurio a nivel del mar 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, manteniendo el vacío. Luego se le aplica presión del orden de 8 a 14 kg/cm<sup>2</sup>, cuya duración depende de la especie a tratar. Se va midiendo la cantidad de preservante que penetra, manteniendo una presión constante hasta la retención fijada o hasta que se produzca el rechazo por parte de la madera. Terminada la impregnación, se devuelve la solución al taque de almacenamiento. Finalmente la aplicación de un periodo de vacío final para la recuperación del exceso de preservante.

❖ **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, esta presión inicial suele ser de de 4 – 5 kg/cm<sup>2</sup>, 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.

❖ **Proceso Lowry.** Este proceso también es denominado de célula vacía al igual que el Rueping, sus absorciones son relativamente bajas, son muy útiles para preservar madera permeables, no se hace vacío inicial como en el método Bethell, sino una vez colocada la madera en el cilindro de tratamiento, se llena con la solución a presión atmosférica, se eleva la presión de 10 a 12 Kg/cm<sup>2</sup>, manteniéndola por 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.

### 3. Método de tratamientos especiales

Método Boucherie. Este método consiste en el reemplazo de la savia por preservantes hidrosolubles, sólo es aplicable en albura y duramen muy permeable de madera rolliza en estado verde y recién cortada.

## 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 inspección del material como especie, dimensiones, presencia de nudos, rajaduras, ataques de hongos e insectos, de acuerdo a normas de preservación, se observa también el corte, el diámetro, perforaciones, cortes 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. 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
- Condición del tratamiento (vacío-presión, duración)

**Resultado de los tratamientos.** Para un buen resultado del tratamiento, es necesario realizar inspección de los daños mecánicos o defectos de tratamiento. Los defectos se refieren a penetración incompleta o desigual en la madera tratada; la efectividad se mide fundamentalmente por los valores de *penetración* y *retención*.

**Determinación de la penetración.** La penetración es la profundidad que alcanza el preservante en la madera tratada. Para que la inyección sea profunda la madera debe estar seca y descortezada, salvo en el caso de tratamientos especiales por capilaridad, difusión y ósmosis, en donde se requiere madera húmeda. La penetración también está influenciada por la naturaleza del preservante.

Las creosotas y los preservantes orgánicos tienen un alto poder de penetración. Los hidrosolubles, por ser los menos viscosos deberían penetrar mejor; sin embargo, por factores de tensión superficial y la incapacidad de mojar por completo la pared celular, son los que menos penetran.

Cuanto más profunda sea la zona penetrada por el preservante, mejor será la protección de la madera. La industria de la preservación de maderas establece requisitos mínimos y especificaciones que debe 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 preservantes y examinar inmediatamente la preservación 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 muestras se realiza en el plano longitudinal y en dirección radial, no existen dificultad 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 calorimétricos apropiados para cada caso.

Para la clasificación de la madera por penetración, se puede emplear la escala que se utilizó en el Estudio Integral de la Madera para la Construcción realizado por la Junta del Acuerdo de Cartagena (JUNAC 1983).

**Determinación de la absorción.** La absorción es la cantidad del preservante que queda en la madera después de la impregnación. La absorción depende del sistema de impregnación utilizado, de la humedad y características de la madera a tratar y de la naturaleza del preservante.

La naturaleza de los productos químicos tiene cierta influencia en la absorción. Los hidrosolubles seguidos de las creosotas y los orgánicos, son los que presentan mayores absorciones cuando la madera es tratada en las mismas condiciones. También la proporción de albura y duramen influyen en la absorción. La albura por ser porosa es muy permeable, mientras que el duramen, muchas veces con obstrucciones, puede resultar impermeable. Al respecto, hay maderas que son muy fáciles de preservar, otras resultan imposibles de preservar y entre estos dos extremos se ubican las moderadas a difíciles de tratar.

La absorción se determina por la diferencia de peso antes y después del tratamiento aplicando la fórmula:

$$A = \frac{P_2 - P_1}{V}$$

Donde:

- A= Absorción, expresada en kg/m<sup>3</sup>
- P<sub>2</sub>= Peso de la madera después del tratamiento, en Kg
- P<sub>1</sub>= Peso de la madera antes del tratamiento, en Kg
- V= Volumen de la madera en m<sup>3</sup>

**Determinación de la retención.** Retención es la cantidad de óxido del preservante que ha quedado en la madera después del tratamiento. La retención es equivalente a la absorción neta y se expresa en kilos de sustancia activa (óxidos del preservante) por metro cúbico de madera. Se calcula multiplicando la absorción por la concentración del preservante mediante la fórmula:

$$R = \frac{P_2 - P_1}{V} * \frac{C}{100}$$

Donde:

- R= Retención del producto preservante seco (componente activo), (kg/m<sup>3</sup>)
- P<sub>2</sub>= Peso de la madera después del tratamiento, en Kg
- P<sub>1</sub>= Peso de la madera antes del tratamiento, en Kg
- V= Volumen de la madera en m<sup>3</sup>
- C= Concentración del preservante, en kg de producto activo por kg de solución

### Cálculo de cantidad necesaria de preservante

Para calcular la cantidad necesaria de preservante que debe ser absorbida por la carga de madera para alcanzar la retención mínima especificada por las normas AWPA según los distintos usos que va a tener la madera preservada, se puede aplicar la siguiente fórmula.

$$V_p = \frac{R * V_c}{C * d} \quad (1)$$

Donde:

- V<sub>p</sub> = Volumen de preservante que debe absorber la madera, en litros
- R = Retención, en kg de producto preservante seco (componente activo) por m<sup>3</sup> de madera

- $V_c$  = Volumen de la carga de madera, en  $M^3$   
 $C$  = Concentración del preservante, en kg de componente activo por kg de solución  
 $D$  = densidad del preservante empleado en el tratamiento, a la temperatura de trabajo, en kg/lit

Para calcular la concentración a la cual se debe preparar la solución preservante se toma en cuenta la retención mínima especificada por las normas AWPA de acuerdo al uso que se le asignará a la madera y al preservante empleado. Esto se hace mediante la fórmula:

$$C = \frac{R * 100}{A} \quad (2)$$

Donde:

- $C$  = Concentración del preservante, en kg de componente activo por kg de solución  
 $R$  = Retención, en kg de producto preservante seco (componente activo) por  $m^3$  de madera  
 $A$  = Absorción obtenida por experiencia, expresada en  $lt/m^3$

Teniendo la retención por la fórmula anterior se calcula el volumen de preservante a preparar a la concentración requerida según la fórmula siguiente:

$$V_f = \frac{P * C_p}{100 * C_r} * 100(\text{litros})$$

(3)

Donde:

- $V_f$  = volumen final de solución preservante a preparar, en litros  
 $P$  = Peso del preservante, en kg  
 $C_p$  = Concentración en óxidos del preservante (%)  
 $C_r$  = Concentración de la solución preservante requerida (%)

**Ejemplo** se requiere preservar una especie maderable que por experiencias anteriores se sabe que absorbe 200 lts/ $m^3$ , la madera tratada será empleada para durmientes, es decir, estará en contacto con el suelo, según las normas AWPA se recomiendan 8  $kg/m^3$  de sales CCA de retención para madera en contacto con el suelo. La concentración de la sal es 72%.

Mediante la fórmula 2 se calcula la concentración a la cual se debe preparar la solución, así:

$$C = \frac{8 * 100}{200} = 4\% ; \text{ Es decir la solución debe prepararse a } 4\% \text{ de concentración para}$$

garantizar que la madera reciba 8  $kg/m^3$  de sales CCA.

Ahora para preparar la solución preservante, por ejemplo se van a preparar 2500 lt de solución al 4%, ¿cuántos kg de preservantes se necesitan?

Se puede calcular de dos maneras:

Utilizando la fórmula n° 3, que la suministra el proveedor de las sales CCA, y despejando el peso del preservante se obtiene:

$$P = \frac{2500 * 4}{72} = 138,889kg , \text{ es decir que para preparar } 2500 \text{ lt de solución al } 4\% \text{ se}$$

necesitan 138,889 kg de sal CCA al 72% de concentración.



La otra manera es empleando la fórmula:

$$\text{Soluto} = \frac{C * \text{solución}}{100} \quad (4)$$

Sustituyendo se obtienen 100 kg que al dividirlo por la concentración del preservante se obtienen igualmente 138,889 kg de sales CCA

Con esta solución fueron preservadas las siguientes muestras, obteniéndose los resultados reportados en la tabla siguiente

### HOJA DE CONTROL DE CARGA

**ESPECIE:** Guayabón      **Concentración =** 4%

Muestra	Longitud	ancho	Espesor	Volumen	P. inicial	P. final	Dif de peso	Absorción	Retención
	(m)	(cm)	(cm)	(m <sup>3</sup> )	(Kg)	(Kg)	(Kg)	(Kg/m <sup>3</sup> )	(Kg/m <sup>3</sup> )
1	2,6	30	15	0,117	89	118	29	247,863	9,915
2	2,6	30	15	0,117	71	110	39	333,333	13,333
3	3	35	15	0,158	112	153	41	260,317	10,413
4	2,6	30	15	0,117	89	102	13	111,111	4,444
5	3,6	26	15	0,140	96	131	35	249,288	9,972
			Total	<b>0,649</b>			157	<b>240,383</b>	<b>9,615</b>

En este caso la retención promedio obtenida después de preservar la madera está por arriba de la calculada (8 kg/m<sup>3</sup>), es decir, en la próxima carga hay que introducir menos litros de solución por m<sup>3</sup> o bajar la concentración de la solución para obtener la establecida según normas AWPA.

Actualmente se está empleando el pentaborato (ácido bórico + boro) o compuestos de boro que son más amigables con el ambiente.

actualmente, para preservar guadua se utiliza generalmente pentaborato en concentraciones entre 2 y 4% en relación 1:1,5.

Así por ejemplo, para preparar 100 lts de solución de pentaborato al 4% en relación 1:1,5 se procede de la siguiente manera:

Empleando la fórmula n° 4 se obtiene 4 kg de pentaborato de los cuales 1,600 kg son de ácido bórico y 2,400 kg de bórax.

### Ejemplos de cambios de concentración de las soluciones

Teniendo 50 lts de la solución anterior diluirla al 2% de concentración.

Primero hay que calcular la cantidad de sólido en los 50 lts de solución.

Empleando la fórmula 3 se obtienen 2 kg de sal. Luego hay que calcular la cantidad de agua a añadir, para ello se emplea la misma fórmula y se despeja la variable solución, de donde se obtienen 100 lts, pero como ya se tienen 50 lts, entonces hay que añadir solamente 50 lts de agua para disminuir la concentración de 4 a 2%.

Si por el contrario, es necesario aumentar la concentración, por ejemplo 5%. Igualmente, primero se calcula la cantidad de sal que hay en la solución (50 lts a 4%) y luego se calcula la cantidad de sal que tiene la solución pero a 5% de concentración. Así se tiene que al 5% se necesitan 2,5 kg de sal, pero como ya tiene 2 kg solamente hay que añadir 500 gr de sal de los cuales 200gr corresponden a ácido bórico y 300 grs. de bórax.

**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.

## DURABILIDAD NATURAL

Los compuestos orgánicos que se encuentran presentes dentro de la madera como la celulosa y la 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 periodos de exposición, esto se debe a que durante el proceso normal del 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 xilófagos.

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 llama 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.

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.

### 1. 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 y en el campo.

Para la realización de **ensayos de laboratorio** se cuenta con normas americanas y europeas que consisten en la siembra de trozos de corpóforos en el medio de cultivo malta-agar, para luego realizar el aislamiento del hongo en las cajas Petri a temperatura de  $25 \pm 2$  °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 la dirección de las fibras, libre de pudrición, libres de defectos, sometidas a secado a  $103 \pm 2$  °C durante 24 hrs. Luego retirarlas en los recipientes del ensayo, según las normas americanas en erlenmeyer de 125 ml de capacidad y cajas Petri, en cambio las normas europeas (EN 113) utilizan frascos Kolle para la incubación del hongo más la probeta de madera y someterlas por espacio de 16 semanas. Otras normas recomienda por lo menos un tiempo de 12 semanas.

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

Los **ensayos de campo** consisten en la exposición de muestras de madera al medio ambiente, en terrenos con condiciones ambientales muy favorables para el desarrollo de organismos xilófagos con el objeto de medir los daños que ellos puedan ocasionar. Este tipo de prueba al igual que la de laboratorio permite determinar la durabilidad de las maderas y la efectividad tóxica de productos preservados.

Los cementerios permiten la ubicación de muestras de madera de diferentes tamaños, que van desde el tamaño natural de poste, hasta muestras pequeñas de secciones de láminas. A diferencia de los métodos de laboratorio, donde las evaluaciones se hacen por la medida de pérdida de peso de las probetas, en campo se evalúa el progreso e intensidad de daños asignándole una escala de valores.

Para evitar confusiones en campo, cada estaca debe ser identificada de la mejor forma posible a fin de registrar en la planilla todos los datos relativos al ensayo. Además confeccionar un plano de ubicación de las estacas en el terreno para avanzar con plena seguridad durante la inspección.

Los ensayos indicados anteriormente 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 fungicida y fungistático para los hongos, con la dosis límite para evitar la contaminación del ciclo biológico del hongo.

## 2. Clasificación de la madera por su durabilidad

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

- ❖ **Categoría AR** (Altamente Resistente) 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** (Resistente) Pérdida de peso entre 1 y 5% con una duración en uso exterior de 10 a 15 años. Son maderas de alta densidad y tratabilidad variable para el duramen.
- ❖ **Categoría Moderadamente Resistente (MR)** pérdida de peso entre 5 y 10%, con una duración en uso exterior de 5 a 10 años. Son generalmente, maderas de alta densidad y con posibilidades de recibir tratamiento.
- ❖ **Categoría MPR** (Muy Poco Resistente) 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 Resistente) 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.

### Factores que afectan la preservación

Los factores que afectan la penetrabilidad 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 dirección tangencial y radial la dificultad es de manera considerable. En el caso de las coníferas por las numerosas punteaduras 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 punteaduras en las paredes tangenciales de las traqueadas es mínimo

En 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* también juega un papel importante en el proceso de preservación, especialmente cuando se aplican preservantes oleosolubles que deben calentarse a temperaturas entre 80 a 100 °C., mientras que las sales hidrosolubles pueden presentar ciertas alteraciones debido a que si se trabajan a temperaturas superiores a 65 °C se precipita alguno de sus componentes químicos e ingredientes activos y le resta eficiencia al preservante.

Entre otros factores que influyen en la preservación de la madera, se tiene la *presión*, que para el desplazamiento del preservante en el interior de la madera, es necesaria 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 especie y el proceso a emplearse.

### Bibliografía

<http://fai.unne.edu.ar/biologia/fungi/xilofagos.htm>

[http://www.holzfragen.de/bilder/lyctus\\_frassgaenge\\_2.jpg](http://www.holzfragen.de/bilder/lyctus_frassgaenge_2.jpg)

AWPA. 1977. American Wood Preservers Association Standards. USA.

Hunt, G. and Garat. 1967. Wood Preservation. McGraw – Hill. Nueva York.

JUNAC. 1988. Manual del grupo Andino para la preservación de la madera. Lima. Perú.

Nicholas, D. D. 1973. Wood deterioration and its prevention by preservative treatment. Vol II. Syracuse. Univ. Press, New York.

Richardson, B. 1978. Wood Preservation. The construction press. London.

BAEZA, Mauricio, BRIONES, Rodrigo y HERNANDEZ, Gonzalo. **RETENCIÓN MÍNIMA DE SALES CCA EN MADERA DE PINO RADIATA QUE PROTEGE DEL ATAQUE DE LA TERMITA SUBTERRÁNEA.** *Maderas, Cienc. tecnol.* [online]. 2002, vol.4, no.2 [citado 20 Diciembre 2007], p.186-192. Disponible en la World Wide Web: <[http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-221X2002000200009&Ing=es&nrm=iso](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-221X2002000200009&Ing=es&nrm=iso)>. ISSN 0718-221X.