

Unidad 2

PATOLOGIAS Y PROTECCION DE LA MADERA EN SERVICIO



Unidad 2

Centro de Transferencia Tecnológica

UNIDAD 2

PATOLOGIAS Y PROTECCION DE LA MADERA EN SERVICIO

2.1 INTRODUCCIÓN

Los aspectos que serán tratados en esta unidad se refieren a los factores que afectan a la madera por el hecho de ser materia orgánica, susceptible al ataque de seres vivos que pueden provocar su total degradación, a la acción de agentes bióticos que pueden destruirla o degradarla y al tratamiento necesario en función de los requerimientos de durabilidad a que vaya a estar expuesta la madera en servicio o encastillada para ser montada y formar parte de una estructura de una vivienda de madera.

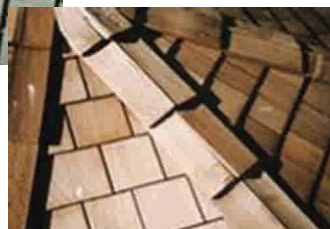
Por estas razones, la imagen generalizada que se tiene de la madera es de un material poco durable. La verdad es que sólo en parte se puede afirmar que es así, ya que si se analiza que frente al oxígeno del aire la madera no reacciona, como sucede con los metales que se oxidan, o que es muy poco sensible a la luz que degrada los plásticos, se puede concluir que la madera es prácticamente inalterable por los agentes físicos del medio ambiente.

Por otro lado, con respecto a la presencia de insectos y hongos (agentes bióticos), la madera no es susceptible de ser atacada en todas las condiciones, existen soluciones arquitectónicas que permiten evitarlo, entre otras formas.

La idea de durabilidad que se tiene de otros materiales es difícil compararla con la de la madera. Si bien la madera se degrada, se debe tener presente en qué condiciones esto ocurre, ya que existen un sinnúmero de protectores que garantizan su durabilidad.



Cubierta de madera sin mantención



Cubierta de madera con mantención

Figura 2-1: Madera con y sin mantención contra agentes externos.

Basta recordar los cientos de años que se han mantenido las estructuras de innumerables catedrales en Europa e iglesias de la isla grande de Chiloé en el Sur de Chile, por el simple hecho de haber previsto una pequeña mantención para proteger la estructura contra la humedad del ambiente.

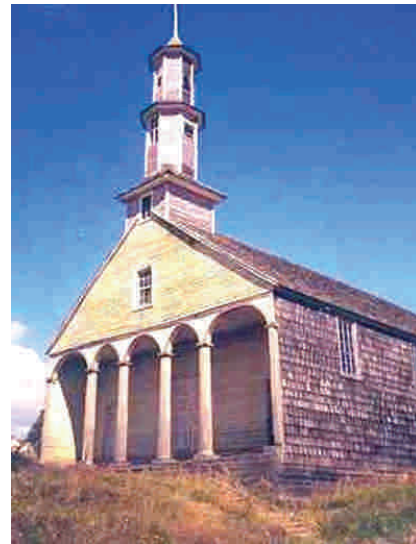


Figura 2 - 2: Iglesia de Vilupulli, con cinco arcadas coronadas por una torre de 22 metros de altura, construcción típica del siglo XVIII, visitada por Darwin en 1834.

2.2 AGENTES BIÓTICOS DESTRUCTORES DE LA MADERA

La degradación de la madera se puede deber a diferentes causas y es importante saber en cada caso, el principal agente causante de dicha degradación, lo que permitirá elegir el modo de proteger la madera.

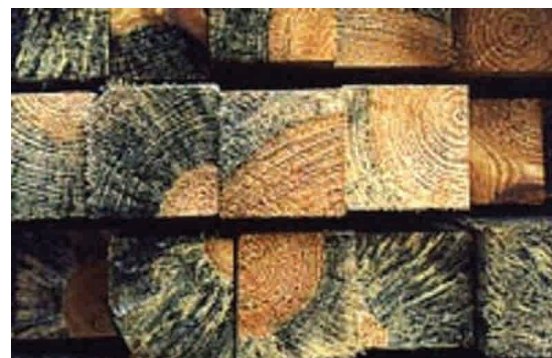


Figura 2 - 3: Degradación de la madera.

2.2.1 Causas biológicas:

Para que los agentes biológicos se desarrollen y subsistan se requiere que existan ciertas condiciones como son:

- Fuente de material alimenticio para su nutrición.
- Temperatura para su desarrollo. El intervalo de temperatura es de 3° a 50°, siendo el óptimo alrededor de los 37 °C.
- Humedad entre el 20 % y el 140 %, para que la madera pueda ser susceptible de ataques de hongos. Por debajo del 20 %, el hongo no puede desarrollarse y por sobre 140 % de humedad, no existe el suficiente oxígeno para que pueda vivir.
- Una fuente de oxígeno suficiente para la subsistencia de los micro-organismos.

Al existir las condiciones descritas, el ataque biológico es factible que ocurra, pudiendo producir alteraciones de importancia en la resistencia mecánica de la madera o en su aspecto exterior.

2.2.1.1 Hongos cromógenos

Se caracterizan por alimentarse de las células vivas de la madera.

El efecto importante que producen es un cambio de coloración, la madera toma un color azulado, pero en general no afecta a su resistencia, dado que no altera la pared celular.

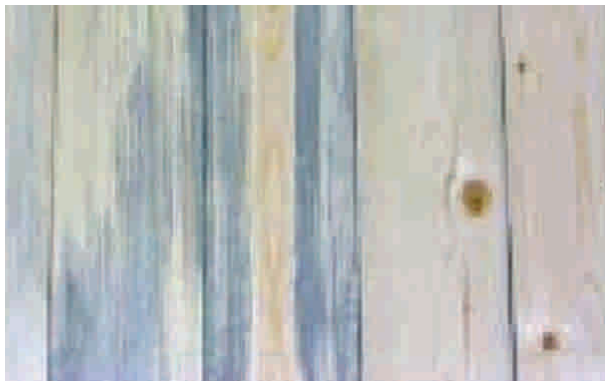


Figura 2 - 4: Piezas de madera machihembrada de Pino Radiata, la que fue atacada por hongos cromógenos estando encastillada.

Según lo expuesto, una madera azulada no debería depreciarse más que por su aspecto, pero la realidad es que el hecho de presentar dicha coloración, es signo de que la madera ha estado expuesta a condiciones favorables para el desarrollo de hongos de pudrición, y si bien todavía no es visible su ataque, probablemente éste se ha producido en alguna medida.

2.2.1.2 Hongos de pudrición

En este caso los hongos se alimentan de la pared celular, causando una severa pérdida de resistencia, impidiendo cualquier tipo de aplicación, ya que la madera puede desintegrarse por la simple presión de los dedos.

En un ataque de pudrición se suelen desarrollar muchos tipos de hongos, cada uno de los cuales actúa en un determinado intervalo de degradación, dependiendo si el hongo se alimentó de la lignina o de la celulosa.

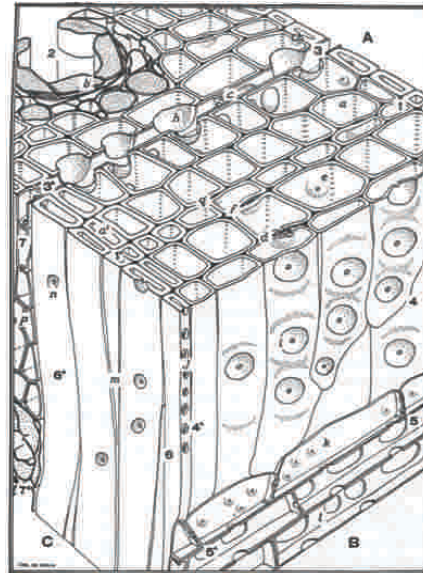


Figura 2 - 5: Estructura anatómica de una especie conífera con hongos que se alimentan de la pared celular.

La pudrición blanca es causada por hongos que se alimentan de la lignina, dejando la celulosa de color blanco. En este caso la madera se rompe en fibras, por lo que también se denomina pudrición fibrosa.

La pudrición parda es causada por hongos que se alimentan de la celulosa dejando la lignina, caracterizada por su color pardo. La madera se desgrana en cubos, por lo que también se le conoce como pudrición cúbica.

UNIDAD 2

PATOLOGIAS Y PROTECCION DE LA MADERA EN SERVICIO

2.2.1.3 Mohos

Son hongos que tienen una apariencia de algodón fino. La extensión de estos depende fundamentalmente de la temperatura y de una humedad abundante.

Afectan a la madera en su aspecto superficial y se pueden eliminar cepillando la pieza, no causan daños a la resistencia ni a otras propiedades.

Si no se eliminan oportunamente puede que la pieza de madera sea fácilmente atacada por hongos de pudrición, ya que el crecimiento de mohos estimula su desarrollo.

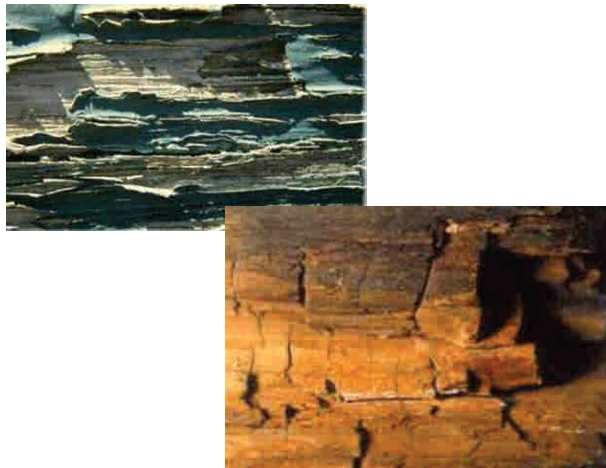


Figura 2 - 6: Pieza de madera atacada por hongo de pudrición.

2.2.1.4 Insectos

Existe una gran cantidad de insectos que usan la madera para reproducirse y vivir y se alimentan de la celulosa que ésta contiene. El daño se produce debido a que sus larvas, orugas y adultos abren galerías en la madera para obtener alimento y protección. Dentro de estos insectos figuran los siguientes:

2.2.1.4.1 Coleópteros

Los coleópteros xilófagos pueden ser agrupados en tres categorías:

- a) Insectos que requieren un contenido de humedad en la madera mayor al 20%, siendo la familia más importante los Cerambícidos, cuyas larvas se alimentan de almidón, azúcares y sustancias albuminoideas de la madera. La mayoría ataca a los árboles en pie y un número reducido de especies invade la madera que se encuentra encastillada, tanto de coníferas como latifoliadas.



Cerambícidos

Figura 2-7: Insecto cerambícido que ataca la madera.

- b) Insectos que atacan maderas parcialmente secas (menos del 18 % de humedad), siendo la albura habitualmente la zona afectada.

A este grupo pertenecen los Lícidos, que se caracterizan porque las larvas se alimentan del almidón contenido en la pared celular, para lo cual practican galerías de alrededor de 1 mm de diámetro, destruyendo la madera y dejando tras de sí un aserrín muy fino.

No atacan a las coníferas, solamente a las latifoliadas.

Lícido



Figura 2-8: El lícido sólo ataca latifoliadas.

- c) Insectos que atacan a las maderas secas, tanto coníferas como latifoliadas, y que pertenecen a la familia de los Anóbidos, comúnmente llamados Carcoma, que se alimentan a expensas de la celulosa y lignina.



Anóbido

Figura 2-9: El anóbido se alimenta de celulosa y lignina.

Su tamaño es relativamente pequeño, con una longitud desde 2,5 mm hasta 8,5 mm y practica galerías de unos 2 a 3 mm de diámetro, dejando tras de sí un aserrín un poco menos fino que el de los Líctidos.

2.2.1.4.2 Termitas

Son los ataques de estos insectos los que pueden causar mayores daños a la estructura de madera de una vivienda.



Figura 2 - 10: En la imagen se observan termitas subterráneas en pleno ataque a una solera de un tabique.

En Chile tenemos termitas endémicas, muy reconocidas tanto en el Sur como el Norte del país, que construyen sus nidos dentro de la madera a la cual atacaron, alimentándose principalmente en su estado larvario.

La termita subterránea, especie norteamericana introducida a nuestro país a mediados de los años 80 en embalajes de madera, no vive en la madera, sino en termiteros que se ubican normalmente al interior del suelo y árboles (caso no muy común). Las obreras se dirigen a la zona donde existe celulosa para alimentarse, construyendo galerías por el interior del suelo, y por muros exteriores, las que pueden llegar a medir centenares de metros.

Son capaces de introducirse entre los cimientos, sobrecimientos, radieres y muros de las edificaciones taladrando el hormigón, aprovechando las grietas, las cañerías y ductos que atraviesan estas estructuras o practicando galerías exteriores a base de una argamasa extraordinariamente dura.

Las colonias están conformadas por distintas castas como son las reproductoras, soldados y obreras, estas últimas son las que buscan el alimento celulósico y alimentan al resto de la colonia.



Figura 2 - 11: Túneles elaborados por termitas subterráneas desde el terreno, el cual contiene una humedad permanente por no estar ventilado en la zona bajo la plataforma.



Figura 2 - 12: Túneles generados por las termitas subterráneas desde el terreno al friso, formando túneles con barro protector llamados tubo refugio. Conformados por fragmentos de tierra y madera digerida cementada con excrementos de las termitas obreras.

Las obreras desarrollan galerías en dirección de la fibra, dejándolas libres de aserrín, dado que todos los días deben volver a su terrén. Las huellas de ataque son tubos de barro, sin embargo, es usual ver el daño sólo cuando la madera falla por falta de resistencia. Estos insectos requieren de humedad para poder vivir, elementos que se encuentran en el suelo y las áreas húmedas de la estructura, pero atacan maderas secas.



Figura 2 - 13: En tabique sanitario, la presencia de humedad por una pequeña filtración de la cañería de agua, crea el ambiente propicio en el interior del tabique para la presencia de termitas subterráneas. Se puede observar la destrucción del pie derecho y solera inferior.

2.3 AGENTES ABIÓTICOS DE DESTRUCCIÓN O DEGRADACIÓN DE LA MADERA

2.3.1 Degradación por la luz

El espectro ultravioleta de la luz descompone la celulosa de la madera produciendo su degradación.

La acción de la luz es lenta y a medida que transcurre el tiempo la degradación no aumenta, dado que los primeros milímetros afectados sirven de protección al resto.

Así, los efectos de la luz se hacen visibles entre el primer y el séptimo año y la madera cambia de color, oscureciéndose o aclarándose, según el grado de exposición en que se encuentre. La degradación afecta los primeros milímetros de la madera, con mayor intensidad las zonas de primavera que las de otoño, y más la albura que el duramen.

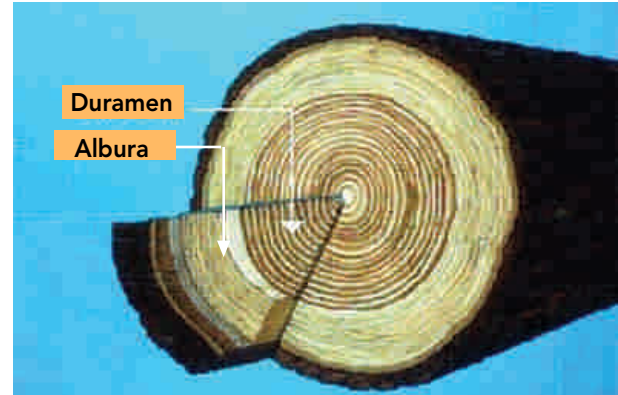


Figura 2 - 14: Corte transversal que muestra la ubicación de duramen y albura.

La degradación por la luz es más rápida si se combina con el deslavado que puede producir la lluvia, que arrastra la celulosa descompuesta de la superficie, produciendo la degradación denominada "madera meteorizada".

El espectro infrarrojo afecta en la medida que calienta la madera, aumentando su incidencia cuanto mayor sea su exposición al sol y más oscura sea. Este calor puede producir secado y con ello merma de la madera, y por ende, agrietamientos en dirección de las vetas por las cuales penetra la humedad, favoreciendo la invasión de los hongos xilófagos.

2.3.2 Humedad atmosférica

La humedad atmosférica produce deterioro por los repetidos cambios de dimensiones que se producen en las capas superficiales de las piezas que se encuentran a la intemperie.

Cabe recordar que la madera es una sustancia higroscópica, influida por los cambios de las condiciones de humedad atmosférica, produciéndose absorción de agua en las superficies que quedan expuestas, hinchándose con clima húmedo y lluvioso y contrayéndose en los periodos de sequía.

En todo caso, la penetración de agua por las razones expuestas es relativamente lenta y no se producen cambios en el contenido de humedad o en el volumen de la pieza, siempre que no haya una condición especial, en que el estado de humedad o sequedad se exceda de lo normal.

Se puede concluir que el daño esperado se concentra en las capas externas de la madera, ya que se producen tensiones alternas de compresión y dilatación que se traducen en una desintegración mecánica de las capas superficiales.

2.3.3 Efecto hielo – deshielo

La humedad contenida en las cavidades celulares se transforma a estado sólido, aumentando el volumen (anomalía del agua) de las fibras leñosas de la madera en estado verde, produciendo un daño en la integridad física del material, lo que puede traducirse en la destrucción de las células ubicadas en la superficie. Si este fenómeno es repetitivo puede afectar la resistencia de la pieza.

2.3.4 Fuego

Es uno de los agentes destructores que ningún material puede tolerar indefinidamente sin presentar algún deterioro.

La reacción al fuego de las maderas depende de:

- Espesor de la pieza de madera
- Contenido de agua de la madera
- Densidad de la madera (especie)

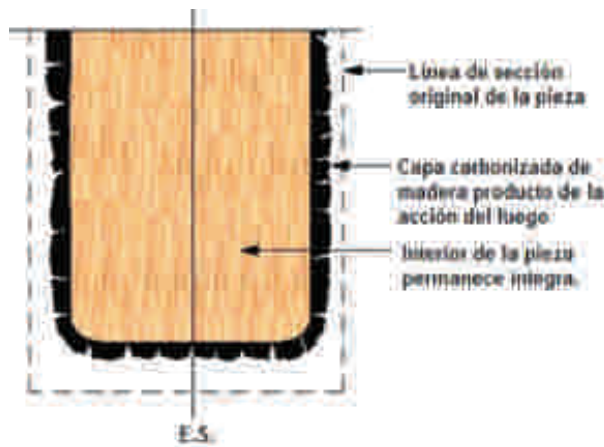


Figura 2-15: La capa de carbón producto de la acción del fuego actúa como protector.

Comportamiento de la madera frente al fuego:

La madera está formada fundamentalmente por celulosa (aproximadamente un 44%) y lignina, materiales ricos en carbono, admitiéndose que la madera contiene aproximadamente un 48 % de carbono.

La temperatura de inflamabilidad de la madera, en circunstancias favorables, es aproximadamente 275°C, siendo un factor importante el tiempo durante el cual es calentada.

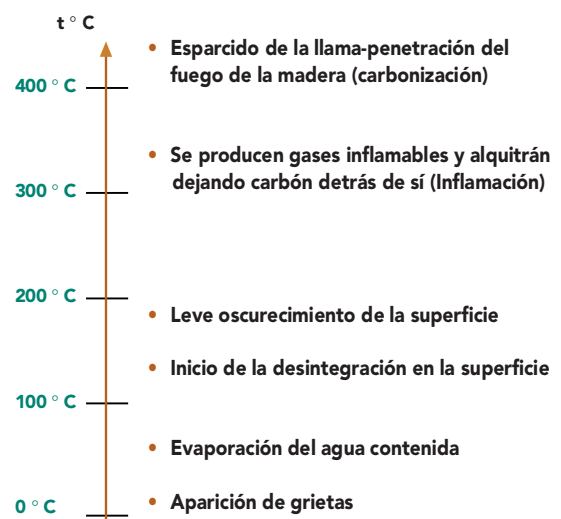
Por debajo de 100°C, casi no se escapa de la madera más que el vapor de agua, incluso si la temperatura externa es superior a 100°C, la de la madera queda igual a 100°C si el agua no se ha desprendido del todo.

De 100°C a 275°C se desprenden gases: CO₂ incombustible, CO combustible y piroleñosos. Hacia los 275°C la reacción es exotérmica. Los gases se desprenden en abundancia, la proporción de CO₂ disminuye rápidamente y aparecen los hidrocarburos. La madera adquiere un color achocolatado. Por encima de los 350°C los desprendimientos gaseosos son menos abundantes, pero son todos combustibles. Más allá de los 450°C el hidrógeno y los carburos constituyen la mayor parte de los gases desprendidos, siendo el residuo sólido carbón de madera, susceptible de quemarse con desprendimiento de gases combustibles.

La temperatura de la madera en el curso de su combustión está comprendida entre los 400°C y 500°C aproximadamente. Esta temperatura es la mínima necesaria para continuar la combustión, por supuesto si existe suficiente oxígeno.

Por otro lado, se ha encontrado que en edificaciones realizadas con el sistema constructivo de poste y viga, las vigas de grandes secciones transversales atacadas por el fuego sólo han comprometido una superficie carbonizada de pequeño espesor, que cubre y protege la madera no afectada por el fuego. La explicación es la baja conductibilidad térmica de la madera, que transmite una pequeña proporción del calor hacia el interior de ella.

Mayores detalles y aspectos que deben ser considerados en el diseño, en la estructuración, así como en la construcción en madera se exponen en el Capítulo III, Unidad 15.



Gráfica 2 - 1: Comportamiento de la madera frente a la acción del fuego.

2.4 TECNOLOGÍA DEL TRATAMIENTO DE LA MADERA

En el tratamiento de la madera se deben definir los requerimientos de durabilidad que son necesarios, o sea, si la madera elegida tiene la capacidad para resistir el ataque de los diferentes agentes de destrucción, una vez puesta en servicio sin ningún tratamiento preservador.

Sólo en caso de que no se puedan utilizar las especies adecuadas a la durabilidad exigida, se debe realizar el tratamiento que corresponda. Recordemos que desde siempre la madera en la arquitectura ha sido considerada como un material importante, no tan sólo en componentes de terminación, sino que también como elemento estructural. Desde este punto de vista, la protección de la madera frente a agentes destructores adquiere vital relevancia al momento del diseño arquitectónico, especialmente si se tiene en cuenta que la especie que hoy se utiliza en forma mayoritaria en nuestro país es el Pino radiata, considerada como poco durable (según norma chilena NCh789/1 Maderas– Parte1: Clasificación de maderas comerciales por su durabilidad natural), la que por ende requiere ser protegida con un preservante adecuado y por medio de un método de impregnación confiable.



Figura 2-16: Es esencial proteger la madera considerando los agentes a que estará expuesta y el tipo de madera que es (densidad).

2.4.1 Tipos de productos protectores

Los productos protectores se clasifican según los siguientes aspectos:

2.4.1.1 Por la acción protectora que realizan:

- **Insecticidas:** protegen frente a la acción de los insectos xilófagos, destacan el tipo Piretrinas o Clorpirifos.
- **Fungicidas:** protegen frente a la acción de hongos xilófagos. Si es pudrición se emplean productos con contenidos de cromo, cobre y arsénico (CCA); cobre, azoles orgánicos (CA); cobres, azoles orgánicos y boro (CAB); cobre y amonios cuaternarios (ACQ) y boro.

Si se trata de mancha azul, los productos más utilizados son el tribromofenato de sodio, quinolatos de cobre y carbendazimas.

- **Ignífugos o retardadores de fuego:** protegen frente a la acción del fuego convirtiendo a la madera desde un material combustible, a uno difícilmente combustible. En este grupo se distinguen los que impiden que llegue oxígeno a la madera durante algunos minutos y los que basan su acción ignífuga en que reaccionan con el calor, emitiendo sustancias que acaparan el oxígeno del aire, impidiendo que la madera se queme.
- **Protectores de la luz:** Pinturas con pigmentos metálicos que sellan la veta de la madera. Se mantiene la veta, oscureciéndola en algún grado.

2.4.1.2 Por el tipo de preservante:

- **Solventes orgánicos:** Son los protectores que con mayor facilidad penetran en la madera, no producen manchas y son compatibles con la mayoría de los barnices de fondo y acabados, lo que hace que sean los más utilizados en la carpintería de terminación. Son aplicados a maderas secas por su característica de no otorgar humedad a ésta.
- **Hidrosolubles:** el disolvente es el agua, se utiliza para el tratamiento industrial de maderas húmedas, bajo el 28% (en Chile vía vacío y presión).
- **Creosotados:** Son derivados del petróleo y la hulla, su penetración en la madera es dificultosa y además la mancha, haciendo incompatible la madera tratada con cualquier terminación a la vista.

2.4.1.3 Por el tipo protección que se desea lograr:

- **Protección preventiva:** Productos que evitan que la madera pueda ser atacada por agentes destructores, entre los cuales se distinguen:
 - **Temporal:** cuya eficacia preventiva se limita a un determinado tiempo, generalmente los tratamientos superficiales como pinturas y barnices entran en este grupo o como el típico tratamiento antimancha de la madera.
 - **Permanente:** cuya eficacia preventiva es permanente, por lo menos duran varias decenas de años, el producto protector queda fijo en la madera independientemente de que sufra humedecimiento o secado. En este grupo están los tratamientos industriales de la madera a través de vacío-presión o vacío-vacío.
- **Protección curativa:** en este caso la madera se encuentra atacada, por lo que la protección curativa pretende eliminar dichos agentes, como por ejemplo mediante el simple oreado o secado de la madera, cuando el ataque que presenta es de hongos.

En el caso de los insectos existen los siguientes tratamientos:

- **En insectos de ciclo larvario:** la larva se encuentra en el interior de la madera, lo que hace necesario introducir insecticida para que al entrar en contacto elimine al insecto. La aplicación puede ser inyectando insecticida líquido o gases que sean capaces de introducirse hasta el interior de la madera, mediante un tratamiento térmico u otros más sofisticados.
- **En caso de termitas:** en este caso, el insecto no vive en el interior de la madera, por lo que su eliminación es difícil. Existen trazadores radioactivos mediante soluciones ionizantes (Na24, P32, Cl36, Ca45), con los que se capturan varios insectos, los que son sumergidos en una solución radiactiva y se les sigue hasta su termitero y al localizarlo se procede a su destrucción.

Las colonias son atacadas mediante sistemas de cebos a base de celulosa, a los que se les añade un insecticida y se les ubica cada cierta distancia alrededor de la vivienda. Hoy en Chile se utilizan productos antiquinizantes que impiden la muda de los insectos, los que mueren desecados. Las termitas obreras ingieren este producto, alimentan con sus jugos a todas las castas, y tanto las obreras como las ninfas, cuando van a mudar mueren, con lo que la colonia no puede funcionar ni alimentarse. Investigaciones del tema y cientos de pruebas comerciales han demostrado la eliminación de colonias de termitas subterráneas ocupando esta tecnología de cebos.



Figura 2 - 17: Los cebos se colocan alrededor de la vivienda, equidistante a lo menos 50 centímetros.



Figura 2 - 18: Tubos de plástico en cuyo interior se ubican los cebos. Por las ranuras ingresan y salen las termitas con la alimentación, bajo tierra, ya que el tubo se entierra en forma vertical hasta el anillo superior, por donde se registra.

Por ser las termitas un tema desconocido y recurrente en nuestro país, es preciso tratarlo más en extenso.

Las termitas han habitado la tierra durante millones de años, incluso antes que la humanidad. No se requiere hacer desaparecer a las termitas del planeta, sino que arquitectos, constructores y mandantes o propietarios adopten las medidas al diseñar, construir y mantener las edificaciones ya materializadas libres de termitas.

En países como Estados Unidos, las termitas subterráneas han producido más daño económico que huracanes y tornados en conjunto, afectando cinco veces más casas que los incendios que normalmente suceden.



Figura 2 – 19: El no tomar resguardo contra las termitas y asesorarse por expertos puede tener consecuencias de alto costo en las viviendas.

Por ello se debe cambiar de estrategia:

Lo primero que se debe pensar si se construye en zona de termitas, con el sistema constructivo que sea (madera, acero, hormigón o albañilería), es en tener la asesoría inmediata de un especialista o de una empresa experta en la materia, así como la consulta de normas y literatura referente al tema, que permita contar con el máximo de antecedentes sobre la estrategia de diseño contra las termitas. Antes de realizar la instalación de faena, es necesario eliminar las colonias de termitas existentes, así como posibles lugares propicios para su desarrollo, extrayendo raíces y trozos de maderas no tratados que estén enterrados.

Durante el proceso de construcción se debe cuidar de no dejar estacas o trozos de madera enterrados o en contacto con el hormigón, muchas veces se dejan partes de los moldajes de las fundaciones olvidadas bajo tierra. En general, se debe evitar dejar cualquier remanente fabricado en celulosa, como por ejemplo, almacenar cajas de cartón en lugares de difícil acceso.

En la actualidad, la manera más efectiva para combatir las termitas ha sido mantener el suelo de fundación y sus alrededores en condiciones que minimicen el posible desarrollo de colonias, implementando tecnologías que produzcan barreras infranqueables o que eliminen a las colonias, como las barreras físicas, químicas y cebos.

Las barreras físicas consisten en la instalación de mallas de acero inoxidable y barreras de arena, cuidadosamente construidas para que las termitas no las puedan penetrar, colocadas debajo de los cimientos y extendidas hacia la superficie alrededor de la edificación. Ambas técnicas han sido aplicadas con éxito en países con concentraciones activas de termitas, como Australia y Hawaii.

En Chile, en los últimos años las barreras químicas continuas son las que se han aplicado masivamente con óptimos resultados, utilizan productos tóxicos para las termitas, que se aplican directamente al terreno antes de la materialización de las fundaciones de cimientos continuos o aislados y protegen a la estructura por largos períodos (años). La aplicación la realizan profesionales capacitados, no presentando riesgos a humanos, animales, ni al ambiente.

En caso de post-construcción, según la situación, pueden ser controladas instalando barreras no continuas para evitar romper los interiores de las estructuras para la colocación de termicidas bajo los radiers. La eliminación de las colonias de termitas subterráneas se puede lograr ocupando la tecnología de cebos, que no requiere intervenir las estructuras interiores, resultando ser la más adecuada.

Las medidas preventivas mínimas que deben considerar los diseñadores, constructores y propietarios de viviendas en general son:

- Diseñar los cimientos de forma que sobresalgan como mínimo 200 mm sobre el nivel del terreno del punto más desfavorable, para permitir inspeccionar y buscar túneles de barro protectores o también llamados tubos refugio que construyen las termitas para entrar en la edificación.
- Especificar que las maderas que estén en contacto con el sobrecimiento estén protegidas del hormigón por un fieltro doble de 15 libras. Se recomienda que sean tratadas con CCA, CA, CAB, ACQ o boro, los que también protegen contra el deterioro y son preservantes que han sido utilizados en forma segura por décadas.
- Para usos a la intemperie, en que es probable la exposición a la humedad, lo más seguro es impregnar la madera con CCA, CA, CAB y ACQ.

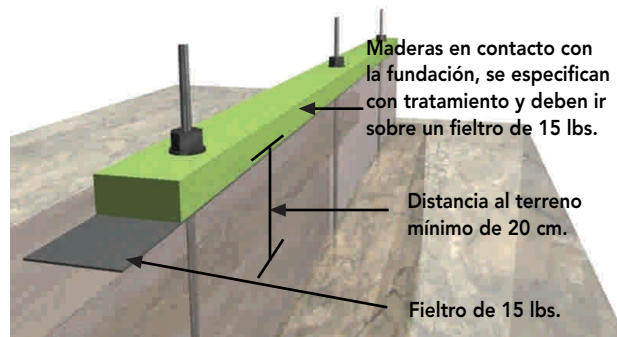


Figura 2 – 20: Fundación continua de hormigón de altura mínima de 20 cm en punto más desfavorable.

Los propietarios de viviendas de cualquier sistema constructivo en que habitan termitas, deben practicar una mantención preventiva de su vivienda que considere:

- Inspección profesional a lo menos una vez al año, se debe actuar con suficiente anticipación en la detección de estos insectos o evaluar los daños ya causados antes que sea demasiado tarde.
- Identificar posibles rutas de entrada de termitas y sellarlas, ya que este insecto puede ingresar por una ranura de 1,5 mm.
- Eliminar y mantener limpio el jardín y patio de leña, de pedazos de madera, cajas de cartón o cualquier material que contenga celulosa.
- Mantener secos los materiales que contengan celulosa, reparar en forma urgente filtraciones por la cubierta o por cañerías de desagües de aguas lluvias o por agua potable.
- Mantención de drenajes de aguas lluvias en viviendas que especialmente se han diseñado para estos fines.
- Mantener separadas las tuberías de descarga de aguas lluvia, de los muros perimetrales de la edificación, de modo que no haya una humedad constante en dicho sector.
- En caso de tener barreras físicas como arena o mallas para protección de la vivienda, no se debe colocar tierra o corteza de árboles ni permitir que crezcan raíces en ellas.

2.4.2. Tipos de tratamientos

2.4.2.1 Tratamientos superficiales

Se caracterizan porque la penetración del protector en la madera apenas supera unos milímetros de profundidad.

Son recomendables en la prevención de ataques superficiales como la mancha azul. No son indicados en los casos de ataques en profundidad, como es el caso de hongos a mediano y largo plazo, cuando vaya a estar expuesta a riesgos de humedades más o menos constantes, o del ataque de termitas, como es el caso de maderas situadas en el interior de la vivienda.

Estos tipos de tratamientos son aplicados mediante brochas, pulverizadores o inmersión rápida de la madera en un producto protector formado a partir de insecticidas y fungicidas.

La penetración de unos milímetros del producto químico es suficiente como para evitar los ataques superficiales. La profundidad del tratamiento va a depender del tipo de producto, fundamentalmente del tipo de disolvente, la mayor o menor penetrabilidad de la madera y de las condiciones de ésta.

2.4.2.2 Tratamientos en profundidad

Son los más indicados cuando la madera está expuesta a humedad del exterior, o en contacto con el suelo o bien que estando en el interior tenga el riesgo de ataques de termitas.

Son variados los sistemas, el boucherie o de sustitución de savia, consiste en que se introduce la madera en un depósito por varios minutos para que el producto protector vaya ocupando la savia del árbol. Los productos utilizados son sales, los que con la humedad de la madera y con el movimiento de la savia se introducen al interior por difusión. Este tratamiento se aplica a maderas que se utilizan en cierros y estacas en general.

Otro sistema es el caliente y frío, en el que se introduce la madera en un depósito con agua caliente por algunos minutos para abrir los poros, lo que permite facilitar la entrada del producto protector y luego se introduce la madera por varias horas en otro depósito que contiene las sales protectoras. Este tratamiento es utilizado para postes, vigas y piezas que en general quedarán a la intemperie.

Existe un tratamiento en autoclave, el que por ser de carácter industrial, es el único que puede garantizar su profundidad, las retenciones del producto protector y con ello su eficiencia.

El autoclave es un sistema conformado por un cilindro de acero, una bomba de vacío y otra de presión. Con la bomba de vacío se extrae el aire de la madera conjuntamente con abrir los poros y con la bomba de presión se introduce el producto protector.

Según la facilidad o dificultad de tratamiento y el tipo de producto utilizado, será diferente el vacío, la presión y el tiempo de cada una de las fases del tratamiento.



Figura 2 - 21: Planta de tratamiento mediante vacío/presión.

Además se cuenta con una norma chilena, NCh 819 Of 2003 Madera preservada – Pino radiata - Clasificación según uso y riesgo en servicio y muestreo.

Clasificación	Uso/Agentes de deterioración
Grupo 1 (R1)	Maderas usadas en interiores, ambientes secos, con riesgo de ataque de insectos solamente, incluida la termita subterránea.
Grupo 2 (R2)	Maderas usadas en interiores, con posibilidad de adquirir humedad, ambientes mal ventilados. Riesgo de ataque de hongos de pudrición e insectos.
Grupo 3 (R3)	Maderas usadas en exteriores, sin contacto con el suelo, expuestas a las condiciones climáticas. Riesgo de ataque de hongos de pudrición e insectos.
Grupo 4 (R4)	Maderas enterradas o apoyadas en el terreno, con posibilidades de contacto esporádico con agua dulce. Riesgo de ataque de hongos de pudrición e insectos.
Grupo 5 (R5)	Maderas enterradas en el suelo, componentes estructurales críticos, en contacto con aguas dulces. Riesgo de ataque de hongos e insectos.
Grupo 6 (R6)	Maderas expuestas a la acción de agua marina y para torres de enfriamiento. Riesgo de ataque de horadores marinos.

Tabla 2-1 : Clasificación de la madera de Pino radiata según uso y riesgo esperado de servicio.

Tipo de Preservante	Norma	Descripción
CCA	NCh 790	Oxidos de cobre, cromo y arsénico
Boro (SBX)	AWPA P5. 9	Boro expresado como oxidos de boro
CPF	AWPA P8.11	Clorpirifos
CA-B	AWPA P5.18	Cobre-azole tipo B
CBA-A	AWPA P5.17	Cobre-azole Tipo A
ACQ	AWPA	Cobre-amonio cuaternario

Tabla 2 - 2 : Descripción de los preservantes.

Preservante	Sistema de Aplicación
CCA	Vacío-presión
Boro	Vacío-presión/Difusión
Clorpirifos	Vacío-presión/Inmersión/Vacío-Vacío
CBA-A	Vacío-presión
CA-B	Vacío-presión
ACQ-D	Vacío-Presión

Tabla 2 - 3 - Sistema de aplicación de preservantes especificados en Tabla 2 – 2 .

Grupo	CCA (Kg./m3)	Boro (Kg./m3)	CPF (Kg./m3)	CBA-A (Kg./m3)*	CA-B (Kg./m3)	ACQ
1	4,0	4.4	0.5	3.3	1.7	4,0
2	4,0	4.4	No se aplica	3.3	1.7	4,0
3	4,0	No se aplica	No se aplica	3.3	1.7	4,0
4	6.4	No se aplica	No se aplica	6.5	3.3	6,4
5	9.6	No se aplica	No se aplica	9.8	5.0	9,6
6	40.0-24.0 (zona exterior)	No se aplica	No se aplica	No se aplica	No se aplica	No se aplica
	24.0-14.0 (zona interior)	No se aplica	No se aplica	No se aplica	No se aplica	No se aplica

Tabla 2 - 4 : Retención mínima neta del preservante - Mínimo por ensayo.

* La retención mayor se debe usar cuando existe riesgo de ataque de *Teredo* y *Limnoria Tripunctata*.

Producto	Clasificación de riesgo	Zona de ensayo
Madera aserrada de espesor menor o igual a 50 mm	R1,R2,R3,R4	15 mm desde la superficie (0-15 mm)
Madera aserrada de espesor mayor a 50 mm	R1,R2,R3,R4	25 mm desde la superficie (0-25 mm)
Madera aserrada utilizada en fundaciones (R5)	R5	35 mm desde la superficie (0-35)
Polines Polines	R4, R2, R3	25 mm desde la superficie 15 mm desde la superficie
Postes y otros elementos estructurales redondos	R5	12-50 mm (tarugo de 50 mm de largo, eliminando tramo de 12 mm exterior)
Fundaciones de madera redonda enterradas en suelo y/o agua dulce	R5	50 mm desde la superficie
Contrachapados < a 16 mm Contrachapados > o = a 16 mm	R1,R2,R3,R4,R5,R6	Todo el espesor 16 mm desde la superficie, por la contracara
Pilotes marinos (redondos)	R6	50 mm desde la superficie

Tabla 2 - 5 : Zona de ensayo para determinar la retención de preservante en la madera.

Producto	Clasificación de riesgo	Requisitos mínimos de penetración en albura profundidad mínima (mm) en las caras	
		Albura	Profundidad mínima (en caso de duramen expuesto o baja porción de albura en la superficie)
Madera aserrada y elaborada	R1, R2, R3, R4	100%	10 mm
Madera aserrada utilizada en fundaciones	R5	100%	64 mm
Polines	R4	100%	25 mm
Polines	R3	100%	10 mm
Postes y otros elementos redondos	R5	90%	89 mm
Fundaciones de madera redonda enterradas en suelo y/o aguas dulces	R5	100%	64 mm
Contrachapados	R1,R2,R3,R4,R5,R6	Cada una de las chapas debe estar penetrada	-
Maderas redondas para pilotes marinos	R6	100%	64 mm

Tabla 2 - 6 : Penetración de los preservantes.

2.4.2.3 Requisitos de penetración

La penetración se comprobará según los métodos descritos en NCh 755 Preservación – Medición de la penetración de preservantes de la madera para CCA. Para otros preservantes, los ensayos se realizarán de acuerdo a la última versión de la Norma AWPA A3.

2.4.3 Tratamiento a aplicar

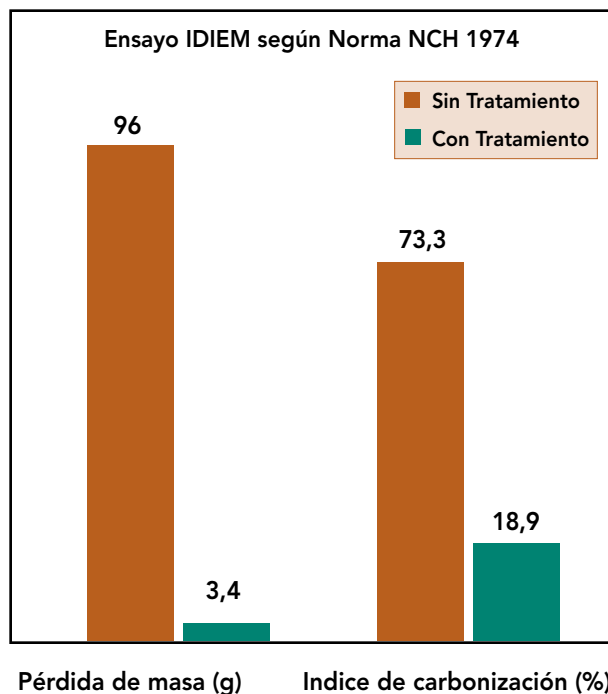
El tipo de producto protector a usar y el sistema de tratamiento más adecuado dependerá del riesgo de los diferentes ataques a que estará expuesta la madera en servicio, como se describe en las tablas anteriores.



Figura 2 - 22: El tipo de tratamiento y el método de aplicación que recibe la madera dependerá del grado de protección que se quiere obtener y contra qué agentes se quiera proteger.

Con respecto a los métodos para reducir la reacción de la madera al fuego, en Chile se utiliza el tratamiento industrial de vacío y presión en autoclaves, logrando absorciones y penetraciones totales del producto. Este aspecto no es menor, pues en obra se puede realizar todo tipo de cortes y uniones, lo que dejaría expuestas zonas de madera no protegidas, como sería si se hubiera aplicado retardadores en forma superficial con brocha o pistolas de presión o simplemente se dejara en manos de lo bien o mal que el encargado haya realizado la aplicación.

Como producto de última generación al cual se le han hecho todas las pruebas y ensayos bajo las normas chilenas en los laboratorios de fuego de IDIEM de la Universidad de Chile, destaca un producto en base a boro que además de ser un retardador del fuego, posee atributos fungicidas e insecticidas, características relevantes en estos tiempos donde el tema de la termita está muy presente. Además, ayuda a disminuir la producción de gases tóxicos, impedir la generación de la llama y reducir la expansión de ésta, ayudando a las estructuras de madera a mantener su resistencia estructural frente a un incendio, a no cambiar su color natural y mantenerse exento de olores.



Gráfica 2-2: Se puede concluir que como resultado de haber aplicado el producto protector a una probeta de madera, disminuye en un alto porcentaje la pérdida de masa, como la carbonización.

BIBLIOGRAFIA

- Canada Mortgage and Housing Corporation, CMHC, "Woodframe Envelopes in the Coastal Climate of British Columbia", Publicado por CMHC, Canadá, 2001.
- Carvallo, V; Pérez, V, "Manual de Construcción en Madera", 2° Edición, Instituto Forestal – Corporación de Fomento de la Producción, Santiago, Chile, Noviembre 1991.
- Jiménez, F; Vignote, S, "Tecnología de la Madera", 2° Edición, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Secretaría General Técnica Centro de Publicaciones, Madrid, España, 2000.
- Hanono, M; "Construcción en Madera", CIMA Producciones Gráficas y Editoriales, Río Negro, Argentina, 2001.
- www.agctr.lsu.edu/termites/ (Louisiana State University).
- www.awpa.com (American Wood-Preservers' Association).
- www.awpi.org (American Wood Preservers Institute).
- www.citw.org (Canadian Institute of Treated Wood).
- www.creativehomeowner.com (The life style publisher for home and garden).
- www.durable-wood.com (Wood Durability Web Site).
- www.fpl.fs.fed.us (Forest Products Laboratory U.S.Department of Agriculture Forest Service).
- www.forintek.ca (Forintek Canada Corp.).
- www.pestworld.org (National Pest Management Association).
- www.preservedwood.com (American Wood Preservers Institute).
- www.utoronto.ca/forest/termite/termite.htm (University of Toronto, Faculty of Forestry).
- NCh 630 Of.98 Madera – Preservación – Terminología.
- NCh 631 Of.95 Madera Preservada – Extracción de muestras.
- NCh 755 Of.96 Madera – Preservación – Medición de penetración de preservantes de la madera.
- NCh 786 Of.95 Madera – Preservación – Clasificación de los preservantes.
- NCh789/1 Of. 87Maderas–Parte1: Clasificación de maderas comerciales por su durabilidad natural.
- NCh 790 Of.95 Madera – Preservación – Composición y requisitos de los preservantes para madera.
- NCh 819 E Of.77 Madera – Preservación – Clasificación de productos preservados y requisitos de penetración y retención.