

La **madera** es un [material](#) con elasticidad encontrado como principal contenido del tronco de un árbol. Los árboles se caracterizan por tener troncos que crecen cada año y que están compuestos por fibras.

La madera la producen y utilizan con fines estructurales, es un material muy resistente, y gracias a esta característica y a su abundancia natural, es utilizada ampliamente por los humanos ya desde tiempos muy remotos.

Una vez cortada y secada, la madera se utiliza para muchas y diferentes aplicaciones, es también un material de construcción muy importante desde los comienzos de las construcciones humanas y continúa siéndolo hoy.

Una parte de la madera importante es la localizada en la zona central del tronco. Representa la parte más antigua del árbol, tiende a ser de color oscuro y de mayor durabilidad natural.

Podemos clasificar a los árboles en dos tipos:

- **Árboles [caducifolios](#):** son los árboles en los que las hojas se caen en el otoño o invierno y vuelven a salir en la primavera. Los más característicos son: el [roble](#), el [almendro](#), el [manzano](#) y bastantes [árboles frutales](#).
- **Árboles [perennifolios](#):** son por el contrario los que se caracterizan por mantener la hoja todo el año, es decir, que no se les caen las hojas. Los más característicos son: el [pino](#), el [ciprés](#), el [abeto](#), el [tejo](#)... Estos árboles suelen proporcionar una madera más blanda que la de los caducifolios.

[Duramen](#) (o corazón): es la madera dura y consistente. Está formada por células fisiológicamente inactivas y se encuentra en el centro del árbol. Es más oscura que la albura y la savia ya no fluye por ella.

La dureza de la madera: madera dura tiene los anillos más próximos entre sí que la madera blanda.



Según su dureza, la madera se clasifica en:

- **Maderas duras:** son aquellas que proceden de árboles de un crecimiento lento, por lo que son más densas y soportan mejor las inclemencias del tiempo si se encuentran a la intemperie que las blandas. Estas maderas proceden de árboles de [hoja caduca](#), que tardan décadas, e incluso siglos, en alcanzar el grado de madurez suficiente para ser cortadas y poder ser empleadas en la elaboración de muebles o vigas de los caseríos o viviendas unifamiliares. Son mucho más caras que las blandas, debido a que su lento crecimiento provoca su escasez, pero son mucho más atractivas para construir muebles con ellas. También son muy empleadas para realizar tallas de madera o todo producto en el cual las maderas macizas de calidad son necesarias.

- **Maderas blandas:** el término madera blanda es una denominación genérica que sirve para englobar a la madera de los árboles pertenecientes a la orden de las coníferas. La gran ventaja que tienen respecto a las maderas duras, procedentes de especies de hoja caduca con un periodo de crecimiento mucho más largo, es su ligereza en crecimiento, y su precio, mucho menor. Este tipo de madera no tiene una vida tan larga como las duras, pero puede ser empleada para trabajos específicos. Por ejemplo, la madera de cedro rojo tiene repelentes naturales contra plagas de insectos y hongos, de modo que es casi inmune a la putrefacción y a la descomposición, por lo que es muy utilizada en exteriores. La manipulación de las maderas blandas es mucho más sencilla, aunque tiene la desventaja de producir mayor cantidad de astillas. Además, la carencia de veteado de esta madera le resta atractivo, por lo que casi siempre es necesario pintarla, barnizarla o teñirla.

Proceso de obtención de la madera



- **Apeo, corte o tala:** en este proceso intervienen los leñadores o **la cuadrilla de operarios** que suben al monte y con hachas o sierras eléctricas o de gasolina cortan el árbol y le quitan las ramas, raíces y empiezan a quitarle la corteza para que empiece a secarse. Se suele recomendar que los árboles se los corte en invierno u otoño (con las complicaciones de este tipo de clima frío y lluvioso: barro). Es obligatorio replantar más árboles que los que se cortaron (forestación). Se recuerda que en muchos casos los lugares de extracción son zonas inhóspitas o de difícil penetración.
- **Transporte:** es la segunda fase y es en la que la madera es transportada desde su lugar de corte al aserradero y en esta fase dependen muchas cosas como la orografía y la infraestructura que haya. Normalmente se hace tirando con animales o maquinaria pero hay casos en que hay un río cerca y se aprovecha para que los lleve, si hay buena corriente de agua se sueltan los troncos con cuidado de que no se atasquen pero si hay poca corriente se atan haciendo balsas que se guían hasta donde haga falta. Actualmente con la demanda y exigencias en la extracción se transporta con camiones armados para este tipo de carga.
- **Aserrado:** en esta fase la madera es llevada a unos aserraderos. En los cuales se sigue más o menos ese proceso y el aserradero lo único que hace es dividir en trozos (cortes en medidas determinadas según la demanda) la madera o en especies según el uso que se le dé después. Suelen usar diferentes tipos de sierra como por ejemplo, la sierra alternativa, de cinta, circular o con rodillos. Actualmente se utilizan maquinarias de alta tecnología en corte y clasificación de maderas en cuanto a calidad, texturas, peso, especies, etc. a Algunos aserraderos combinan varias de estas técnicas para mejorar la producción.

SECADO DE LA MADERA



- **Secado natural (oreadas):** se colocan los maderos en pilas separadas del suelo y con huecos para que corra el aire entre ellos y protegidos del agua y el sol para que así se vayan secando. Lo que le pasa a este sistema es que tarda mucho tiempo y eso no es rentable al del aserradero que quiere que eso vaya deprisa.
- **Secado artificial:** dentro de este hay varios métodos distintos:
 - **Secado por inmersión:** en este proceso se mete al tronco o el madero en una piscina, y por el empuje del agua por uno de los lados del madero la savia sale empujada por el lado opuesto así se consigue que al eliminar la savia la madera no se pudra; aunque prive a la madera de algo de dureza y consistencia, ganará

en duración. Este proceso dura varios meses, tras los cuales la madera secará más deprisa porque no hay savia.

- **Secado al vacío:** en este proceso la madera es introducida en unas máquinas de vacío. Es el más seguro y permite conciliar tiempos extremadamente breves de secado con además:
 - Bajas temperaturas de la madera en secado.
 - Limitados gradientes de humedad entre el exterior y la superficie.
 - La eliminación del riesgo de fisuras, hundimiento o alteración del color.
 - Fácil utilización.
 - Mantenimiento reducido de la instalación.
- **Secado por vaporización:** este proceso es muy costoso pero bueno. Se meten los maderos en una nave cerrada a cierta altura del suelo por la que corre una nube de vapor de 80 a 100 °C; con este proceso se consigue que la madera pierda un 25% de su peso en agua y más tarde para completar el proceso se le hace circular una corriente de vapor de aceite de alquitrán que la impermeabilizará y favorecerá su conservación.
- **Secado mixto:** en este proceso se juntan el natural y el artificial: se empieza con un secado natural que elimina la humedad en un 20-25% para proseguir con el secado artificial hasta llegar al punto de secado o de eliminación de humedad deseado.
 - **Secado por bomba de calor:** este proceso es otra aplicación del sistema de secado por vaporización, con la aplicación de la tecnología de "bomba de calor" al secado de la madera permite la utilización de un circuito cerrado de aire en el proceso, ya que al aprovecharse la posibilidad de condensación de agua por parte de la bomba de calor, de manera que no es necesaria la entrada de aire exterior para mantener la humedad relativa de la cámara de la nave ya que si no habría desfases de temperatura, humedad.

El circuito será el siguiente: el aire que ha pasado a través de la madera -frío y cargado de humedad- se hace pasar a través de una batería evaporadora -foco frío- por la que pasa el refrigerante (freón R-134a) en estado líquido a baja presión. El aire se enfría hasta que llegue al punto de rocío y se condensa el agua que se ha separado de la madera. El calor cedido por el agua al pasar de estado vapor a estado líquido es recogido por el freón, que pasa a vapor a baja presión. Este freón en estado gaseoso se hace pasar a través de un compresor, de manera que disponemos de freón en estado gaseoso y alta presión, y por lo tanto alta temperatura, que se aprovecha para calentar el mismo aire de secado y cerrar el ciclo. De esta manera disponemos de aire caliente y seco, que se vuelve a hacer pasar a través de la madera que está en el interior de la nave cerrada.

La gran importancia de este ciclo se debe a que al no hacer que entren grandes cantidades de aire exterior, no se rompa el equilibrio logrado por la madera, y no se producen tensiones, de manera que se logra un secado de alta calidad logrando como producto una madera maciza de alta calidad.

Agentes nocivos de la madera

El deterioro de la madera es un proceso que altera las características de ésta. En amplios términos, puede ser atribuida a dos causas primarias:

- agentes bióticos (que viven)
- agentes físicos (que no viven).

Agentes bióticos del deterioro

La madera es notablemente resistente al daño biológico, pero existe un número de organismos que tienen la capacidad de utilizar la madera de una manera que altera sus características. Los organismos que atacan la madera incluyen: [bacterias](#), [hongos](#), [insectos](#) y perforadores marinos. Algunos de estos organismos utilizan la madera como fuente de alimento, mientras que otros la utilizan para el abrigo.

Requerimientos bióticos

Los agentes bióticos requieren ciertas condiciones para la supervivencia. Estos requisitos incluyen humedad, oxígeno disponible, temperaturas convenientes, y una fuente adecuada de alimento, que generalmente es la madera. Aunque el grado de dependencia de estos organismos varían entre diferentes requerimientos, cada uno de estos deben estar presente para que ocurra el deterioro. Cuando cualquier organismo se remueven de la madera, ésta se asegura de los ataques bióticos.

La humedad

Aunque muchos usuarios de la madera hablan de la pudrición seca, el término es engañoso puesto que la madera debe contener agua para que ocurran los ataques biológicos. El contenido de agua en la madera es un factor determinante e importante de los tipos de organismos presentes que degradan la madera.

Generalmente, la madera bajo el punto de saturación de la fibra no se daña, aunque algunos hongos e insectos especializados pueden atacar la madera en los niveles de humedad mucho más bajos.

La humedad en la madera responde a varios propósitos en el proceso de la pudrición. Hongos e insectos requieren de muchos procesos metabólicos. Los hongos, también proporcionan un medio de difusión para que las enzimas degraden la estructura de la madera. Cuando el agua entra en la madera, la microestructura se hincha hasta alcanzar el punto de saturación de la fibra (sobre un 30% del contenido de humedad en la madera). En este punto, el agua libre en las cavidades de las células de la madera, el hongo puede comenzar a degradarla. La hinchazón asociada con el agua se cree que hace a la celulosa más accesible a las enzimas de los hongos, aumentando la velocidad de pudrición de la madera. Además, la repetida adherencia del agua, la sequedad o la continua exposición con la humedad pueden dar a lugar a una lixiviación de los extractos tóxicos y de algunos preservantes de la madera, reduciendo la resistencia al daño.

El oxígeno

Con la excepción de las bacterias anaeróbicas, todos los organismos requieren del oxígeno para su respiración. Mientras se priven de oxígeno puede parecerse una estrategia lógica para el control de la decadencia de la madera, puesto que la mayoría de los hongos pueden sobrevivir en niveles muy bajos de oxígeno. Una excepción está en sumergir totalmente la madera en agua. En ambientes marinos, se puede envolver en plástico o en concreto de modo que los perforadores marinos no puedan intercambiar los nutrientes ni el con el agua de mar circundante. En muchos casos, la madera no tratada decaerá en agua dulce, pero permanece la implicación submarina donde está ausente el oxígeno.

La temperatura

La mayoría de los organismos prospera en un rango óptimo de temperatura de 21 °C a 30 °C; sin embargo, son capaces de sobrevivir sobre una considerable gama de temperatura. En temperaturas bajo 0 °C, el metabolismo de la mayoría de los organismos se retarda. Mientras que la temperatura suba por encima de cero grados, ellos comienzan nuevamente a atacar la madera, pero la actividad se retarda rápidamente mientras que la temperatura se acerca a 32 °C.

En temperaturas sobre 32 °C, el crecimiento de la mayoría de los organismos declina, aunque un cierto de especies continúe extremadamente tolerante a prosperar hasta 40 °C. La mayoría de los organismos mueren a la exposición prolongada sobre este nivel, y generalmente se acepta que en 75 minutos de exposición a la temperatura de 65,6 °C todos los hongos que están establecidos en la madera decaen.

El alimento

La mayoría de los agentes bióticos que atacan la madera la usan como fuente de alimento. Cuando la madera esta tratada con preservantes, la fuente de alimento se envenena, y la infección puede ocurrir solamente donde el tratamiento está incorrecto. Si la madera expuesta es de una especie naturalmente durable tendrá inicialmente cierto grado de resistencia al ataque, pero esta resistencia será reducida rápidamente por el desgaste de la acción atmosférica y la lixiviación. Mantener un tratamiento preservativo eficaz es esencial para prevenir el ataque biótico.

Las bacterias

Las bacterias son pequeños organismos unicelulares que están entre los más comunes de la tierra. Se ha demostrado recientemente que son importantes en la infección de la madera no tratada expuesta en ambientes muy húmedos, causando aumento de la permeabilidad y ablandamiento en la superficie de la madera. La desintegración bacteriana es normalmente un proceso extremadamente lento, pero puede llegar a ser serio en situaciones donde la madera no tratada está sumergida por largos períodos. Muchas bacterias son también capaces de degradar los preservantes pudiendo modificar la madera tratada de una manera tal que ésta llegue a ser más susceptible químicamente a organismos que menos toleran. Aunque la pérdida significativa de la resistencia puede desarrollarse en los restos de la madera no tratada

saturada por períodos muy largos, el decaimiento bacteriano no parece ser un peligro significativo en la madera tratada a presión usada típicamente para la construcción.

Los hongos

Los hongos son simples organismos que utilizan la madera como fuente de alimento. Se mueven a través de la madera como una red microscópica que crecen a través de los agujeros o directamente penetrando la pared celular de la madera. Las Hifas producen las enzimas que degradan la celulosa, hemicelulosa, o lignina que absorbe el material degradado para terminar el proceso de desintegración.

Una vez que el hongo obtiene una suficiente cantidad de energía de la madera, produce un cuerpo fructífero sexual o asexual para distribuir las esporas reproductivas que pueden invadir otras madera. Los cuerpos fructíferos varían de las esporas unicelulares producidas al final de las hifas para elaborar cuerpos fructíferos perennes que producen millones de esporas. Estas esporas son separadas extensamente por el viento, los insectos, y otros medios que pueden ser encontrados en la mayoría de las superficies expuestas. Consecuentemente, todas las estructuras de madera están conforme al ataque de los hongos cuando la humedad y otros requisitos adecuados al crecimiento de los hongos estén presentes.

El moho y el hongo de la mancha

El moho y el hongo de la [mancha azul](#) (blue stain) colonizan muy rápido la madera una vez que ésta se corta y continua su crecimiento mientras el contenido de humedad sigue siendo óptimo (sobre aproximadamente 25 por ciento para las maderas blandas. El efecto primario de estos hongos es manchar o descolorar la madera. Se consideran hongos inofensivos y son de consecuencia práctica sobre todo donde la madera se utiliza por sus calidades estéticas. El moho infecta la superficie de madera, causando los defectos que se pueden quitar generalmente con cepillo o cepillando, solamente las preocupaciones serias es del hongo de la mancha azul porque éstos penetran profundamente y descoloran la madera. Bajo condiciones óptimas, algún hongo de la mancha azul puede también continuar a degradar la madera, causando disminución de la dureza y un aumento de permeabilidad; por lo tanto, la madera manchada es generalmente rechazada para las aplicaciones estructurales.

El moho y el hongo de la mancha utilizan el contenido de la célula de la madera para el alimento, y no degrada la pared celular. Pero su presencia puede indicar condiciones favorables para el desarrollo de otros hongos

El hongo de la pudrición

La pudrición en la madera es causada normalmente por el hongo de la pudrición. Este hongo se agrupa en tres amplias clases basadas en la forma del ataque y de la apariencia del material podrido. Los tres tipos de hongo de la pudrición son: el hongo de la pudrición parda, el hongo de la pudrición blanca, y el hongo de la pudrición suave. El Hongo de la pudrición parda, como el nombre lo indica, da a la madera un color parduzco. En etapas avanzadas, la madera descompuesta es frágil y tiene numerosas líneas cruzadas, similar a un aspecto de quemado. Las pudriciones pardas atacan sobre todo la celulosa y las fracciones de la hemicelulosa de la pared celular de la madera y modifican la lignina residual, causando pérdidas del peso de casi el 70 por ciento.

Debido a que la celulosa proporciona la resistencia primaria a la pared celular, los hongos de la pudrición parda causan pérdidas substanciales de resistencia en las primeras etapas de pudrición. En este punto, la madera aparenta un daño leve y el hongo puede haber quitado solamente 1 a 5 por ciento del peso de la madera, pero algunas características de la resistencia pueden ser disminuidas hasta un 60 por ciento.

De los tres tipos del hongo de la pudrición, las pudriciones pardas están entre las más serias debido a su patrón de ataque. Las enzimas producidas por estos hongos se desplazan o propagan lejos del punto donde las hifas del hongo están creciendo. Consecuentemente, la pérdida de resistencia en la madera puede ampliar una distancia substancial de las localizaciones en donde la pudrición puede ser detectada visiblemente.

- *Pudrición blanca* producida por el hongo de la pudrición, se asemeja al aspecto normal de la madera, pero puede ser tan blanquecino o ligero en color con rayas oscuras. En las etapas avanzadas de la pudrición, la madera infectada tiene una textura suave distinta, y las fibras individuales se pueden desprender de la madera. Las

podriciones blancas diferencian de podriciones pardas, en la que atacan los tres componentes de la pared celular de la madera, causando pérdida del peso de hasta 97 por ciento. En la mayoría de los casos, la pérdida asociada de resistencia es aproximadamente comparable a la pérdida del peso. Las enzimas producidas por el hongo de la pudrición blanca normalmente permanecen cerradas para el crecimiento de las hifas, y los efectos de la infección no son sensibles en las etapas tempranas de la pudrición.

- *Hongo de la pudrición suave* es un grupo más recientemente reconocido que restringe su ataque a la superficie externa de la madera. Atacan típicamente a la madera muy húmeda, producida por las condiciones cambiantes de humedad, el ataque también puede ocurrir con poco oxígeno o en ambientes que inhiben el hongo de la pudrición. La mayoría de los hongos de la pudrición suave requieren de la adición de alimentos exógenos para causar el ataque substancial. Estos alimentos a menudo son proporcionados inadvertidamente por los fertilizantes en suelos agrícolas, restos de basura en torres de enfriamiento, y otras fuentes nutritivas. Aunque pueden ser encontrados en algunas situaciones, los hongos de la pudrición suave no se asocian normalmente a pérdidas significativas de la resistencia en los componentes de una estructura. Para propósitos descriptivos, el grado de daño en la madera se puede clasificar en tres etapas: incipiente, intermedia, y avanzado. El daño incipiente ocurre en el margen en que la infección avanza a nuevas partes, donde es difícil de detectar el daño porque no hay muestras visibles del ataque. Los cambios significativos en las características de la madera pueden ocurrir en las etapas incipientes. Mientras que el daño que incorpora la etapa intermedia, la madera se ablanda, se descolora, y se conserva poco.

En las etapas de daño avanzado, la madera no conserva virtualmente ninguna resistencia, se forman los bolsillos de pudrición, o la madera se disuelve literalmente. La detección del daño en la etapa inicial o incipiente es la más difícil, pero también la parte más importante de la inspección. A este punto, el daño puede ser efectivamente controlado para prevenir más daños severos a la estructura.

Los insectos y crustáceos

Los insectos están entre los organismos más comunes en la tierra, y muchas de sus especies poseen la capacidad de utilizar la madera para abrigo o alimento. De los 26 órdenes de insectos, 6 causan daño a la madera. Termitas ([Isoptera](#)), escarabajos ([Coleoptera](#)), [abejas](#), [avispas](#), y las [hormigas](#) (himenópteros) son las causas primarias de la mayoría de la destrucción en la madera.

El ataque del insecto es evidente generalmente desde túneles o cavidades en la madera, que contienen a menudo polvo o aserrín (heces del insecto) de madera. La presencia de polvo al pie de la madera o aserrín sobre la superficie de la madera, son muestras de un ataque.

Las termitas

Existen 2.000 [especies](#) de termitas que se distribuyen en áreas donde el promedio anual de temperatura es de 10 °C o superior. En algunos casos, las termitas prolongan su progresión en climas más frescos viviendo en estructuras cálidas hechas por el hombre. Atacan la mayoría de las especies de madera. Las termitas son insectos sociales, organizados en una serie de clases que realizan funciones específicas. El líder de la colonia es una reina cuyo único propósito es poner huevos. La reina es protegida por los soldados y es fortalecida y alimentada por las obreras, que también construyen el nido y causan el daño a la madera. Como todas las criaturas, las termitas tienen ciertos requisitos, incluyendo la madera de un alto contenido de humedad, una fuente conveniente de alimento, un alto nivel de dióxido de carbono, y el oxígeno. Las colonias de termitas se extienden en cantidad desde hasta un millón o más.

Las termitas subterráneas

Las termitas subterráneas ([Rhinotermitidae](#)) atacan implícitamente cualquier madera disponible, pero necesitan de una fuente de humedad y típicamente un nido en la tierra. Han desarrollado la capacidad de atacar a la madera sobre tierra construyendo tubos de tierra que los protegen contra la luz y llevan la humedad a la madera. La madera dañada por las termitas subterráneas tienen numerosos túneles a través de la madera de primavera pero no hay ningún orificio de salida a la superficie que indique la presencia de termitas. A menudo, un golpecito agudo en la superficie de la madera revelará que solamente hay una placa fina de restos de madera. Los túneles subterráneos de las termitas se llenan de una mezcla de restos y heces dando un aspecto sucio.

La termita de la madera húmeda

Las termitas de la madera húmeda son comunes en el Pacífico Noroeste, aunque un grupo es encontrado en el sudoeste más árido. La especie de la madera húmeda más común se encuentra a lo largo de la costa Pacífica del norte de California en la Columbia Británica. Como termitas subterráneas, las especies de la madera húmeda necesitan madera que este muy mojada, y su ataque se asocia a menudo con el daño. Estos insectos son un problema para la madera de construcción recién cortada, postes para uso general, y cualquier madera no tratada que esté en contacto con la tierra. Los túneles hechos por las termitas de la madera húmeda son bastante grandes, como la especie subterránea, tienden a evitar la madera de verano más dura. Los túneles contienen a menudo pequeñas cantidades de aserrín, sin embargo el aspecto de la madera algo más limpias son las atacadas por la especie subterránea. El ataque de la termita de la madera húmeda se puede prevenir o detener quitando la fuente de humedad o usando la madera tratada con preservante en las situaciones que requiere el contacto con la tierra.

Las termitas de la madera seca

Las termitas de la madera seca ([Kalotermitidae](#)) se diferencian de las termitas subterráneas de la madera húmeda por su capacidad de atacar la madera que es extremadamente seca; (5 a 6 por ciento de contenido de humedad). Como resultado, el ataque de las termitas de la madera seca no están en contacto con la tierra y también están lejos de fuentes visibles de humedad. Los daños en la madera por estos insectos, son largos túneles lisos que están libres de aserrín o de restos. Además, no hay variación de los ataques entre la madera de primavera y la madera de verano. Las termitas de la madera seca limpian con frecuencia el nido masticando las superficies del túnel, golpeando y echando hacia fuera los restos, en el cual la madera infectada se acumula abajo. Aunque los túneles se resellan, la presencia de restos debajo de la abertura es una buena señal de ataque. En general, los racimos de infecciones se encuentran en una área geográfica, y la prevención plantea una cierta dificultad. Mientras una infección ocurre, el uso de la fumigación estructural se ha generalizado para ser eficaz. Afortunadamente, la termita de la madera seca se confina en una región geográfica relativamente pequeña.

Los escarabajos

Los escarabajos (Coleóptero) representan el orden más grande de insectos que causan daño substancial a la madera. Muchos escarabajos atacan solamente a árboles vivos o cortan la madera fresca, pero son combatidos brevemente ya que sus daños pueden ser encontrados durante la inspección.

Los escarabajos pulverizadores de madera

Los escarabajos pulverizadores de madera son insectos que cuyas larvas atacan la madera, yéndose detrás de una serie de pequeños túneles embalados con excremento. Las tres familias de escarabajos pulverizadores de madera son el Anóbido, el Bostrícido, y el Líctido. Estos insectos causan serios daños a la madera y son un problema particular en museos, donde los artefactos de madera pueden pasar inadvertidos por largos períodos. El Anóbido y el Bostrícido atacan a las ramas muertas de la madera húmeda pero también atacaran a la madera no tratada. El daño es empeorado por los adultos que emergen reinfectando el mismo trozo de madera. El Líctido, o escarabajo pulverizador verdadero, se encuentra a través del mundo en maderas duras y ataca a ésta con un contenido de humedad sobre el 8 por ciento. Las larvas de estos escarabajos hacen el túnel, y además expulsan el excremento fuera de la madera. Estos excrementos se acumulan al pie de la madera afectada y es una buena muestra de la infección del pulverizador. El uso de tratamientos preservantes en la madera prevendrá la infección del Líctido. Sin embargo, el ataque del escarabajo pulverizador de madera puede convertirse en un problema, donde la madera no tratada es utilizada en estructuras existentes antiguas.

El buprestido

El Buprestido, también llamado cabeza plana o perforadores metálicos de la madera, son casi enteramente dependiente de los árboles que terminan su ciclo vital. Causan daño significativo atacando a los árboles vivos, dejando daños que puede ser evidentes en la madera de construcción u otros productos de la madera. Este escarabajo pone sus huevos en las superficies de la corteza o en las heridas del árbol. Sobre su curso de 1 a 3 años de sus ciclos vitales, las larvas hacen extensivamente un túnel en la madera, dejando galerías embaladas firmemente con sus excrementos. Las crisálidas maduras de las larvas y el adulto, mastican una escape a través de un agujero formando la salida. Además de las especies que atacan árboles vivos, una especie, el buprestido de oro ([Buprestis aurulenta](#)), es capaz de atacar un Abeto

Douglas en servicio. Este escarabajo causa un serio daño a los postes de uso general, donde estos ataques a menudo están asociados con el daño extensivo.

El escarabajos de cuernos largos

Los escarabajos de cuernos largos (Cerambícidos) incluyen un número de degradadores de la madera que generalmente tienen antenas más largas que sus cuerpos. Atacan la madera en todas las condiciones, dependiendo de la especie, y causan daño substancial. Algunos, como el perforador del arce de azúcar y el perforador del álamo, atacan solamente a árboles vivos, matándolos y reduciendo el valor de la madera. Otras especies atacan el Pino recientemente cortado, y degradando rápidamente la madera.

Un atacante interesante de la madera verde es el poderoso perforador, cuyas larvas atacan al Abeto Douglas y al Pino, produciendo túneles de casi una pulgada de diámetro. Aunque esta larva puede terminar su desarrollo en la madera aserrada, no recontamina la madera experimentada.

Además de los escarabajos de cuernos largos que atacan la vida a árboles recientemente cosechados, varias especies causan daño a la madera en servicio. Otras especies, el perforador de casas viejas, es uno de los perforadores de madera más destructivos y prefiere la madera seca de coníferas.

Las hormigas, abejas y avispas

Las [hormigas](#), [abejas](#) y [avisvas](#) se incluyen colectivamente en el grupo de los [himenópteros](#).

Varios tipos de este grupo pueden atacar a la madera, pero aquí las discusiones se limitan a las hormigas y abejas carpinteras, porque estos dos grupos atacan a la madera en servicio.

Las hormigas carpinteras

Las hormigas carpinteras difieren de los insectos previamente discutidos, ya que utilizan la madera como refugio más bien que como alimento. Son insectos sociales con una organización compleja que gira alrededor de la reina. Para sostener a la colonia y para alzar sus jóvenes, las hormigas carpinteras obreras deben cubrir grandes distancias desde su nido para obtener el alimento, que puede consistir en secreciones de insectos, y fuentes azucaradas. Como la colonia crece de la reina original en unos 100.000 miembros, las obreras agrandan gradualmente su nido, causando serios daños internos en la madera.

Las abejas carpinteras

Como hormigas y abejas carpinteras utilizan la madera solamente para el refugio y para criar a sus jóvenes. En este proceso, hacen un túnel a lo largo de las fibras de las maderas coníferas, creando galerías de 13 a 46 [cm](#) de largo por 0,8 a 1 cm de ancho. Las abejas carpinteras parecen notablemente similares a los abejorros pero se diferencian levemente en la coloración. No son comunes, pero cuando ocurre la infección, los daños pueden ser serios.

Los adultos de esta especie hacen un túnel en la madera y ponen sus huevos en células individuales que son abastecidas con alimento para larvas crecientes. Los adultos emergen y pueden recontaminar la madera. Estos insectos también se han encontrado atacando la madera tratada con arsenicales inorgánicos en las retenciones sobre la tierra.

Los perforadores marinos

Cuando las subestructuras de la madera están situadas en aguas saladas, el daño severo puede ocurrir por el ataque de los perforadores marinos. Los perforadores marinos que causan el daño en la madera, se clasifican en tres grupos basados sobre su morfología y patrón de ataque a la madera: polas, gusano de barco y Limnoria.

Los polas

Son moluscos, que se refugian en la madera y filtran el alimento del agua circundante. Comienzan la vida como minúsculas larvas de libre natación que se instalan eventualmente sobre una superficie favorable de la madera hasta establecerse permanentemente. Los polas crecen aproximadamente 64 [mm](#) de largo y deja un agujero de entrada en la superficie de la madera de cerca de 6 mm de diámetro. Mientras que los polas viven en la madera, la superficie eventualmente se debilita y tiende a romperse bajo la acción de la ola. El daño interno es generalmente identificable por la característica en forma de pera. Eventualmente, el área de la madera disminuye al punto donde éste falla. El ataque se puede prevenir con el uso de creosotados en la madera; sin embargo, otros organismos que degradan la madera en ambientes tropicales son resistentes a la creosota así que se requiere un tratamiento dual con creosota y un arsénico inorgánico flotante. En rocas de aguas templadas, la madriguera de los polas también causan daño a las estructuras de hormigón.

El gusano de barco

Los gusanos de barco son largos, los moluscos causan daño interno en la madera mientras que dejan solamente un agujero pequeño en la superficie como evidencia de su ataque. Como los polas, los gusanos de barco comienzan la vida como pequeñas larvas nadando libremente, después comienzan su vida sedentaria habitando en la madera. En el año 1700, los capitanes de barcos explotaron esta porción del ciclo vital navegando sus barcos de madera infectada en agua dulce donde los gusanos de barco atrapados morían por la carencia de sal.

Mientras que los gusanos de barco se establecen en la madera, con las tapas de sus cabezas comienzan a raspar la madera, haciendo un túnel con una característica capa blanca. El gusano de barco agranda gradualmente el túnel dentro de la madera, pero el agujero inicial agranda raramente más allá de 15 mm de diámetro. Para la seguridad de su madriguera en la madera, los gusanos de barco extienden un par de sifones plumosos en el agua circundante. Estos sifones funcionan de intercambio de alimentos, oxígeno, y de residuos. En cualquier muestra de peligro, los sifones son contraídos y el agujero superficial es cubierto por una plataforma endurecida que protege el organismo contra el ataque. La protección de la plataforma permite que el gusano de barco sobreviva en la madera fuera del agua por 7 a 10 días. El tamaño pequeño del agujero superficial y la presencia de la plataforma, hace la detección visual del ataque interno del gusano de barco, pero los avances en la detección acústica han mejorado las perspectivas de detectar infecciones antes de que ocurra el daño substancial.

La Limnoria

La Limnoria son crustáceos móviles que se diferencian de los gusanos de barco y de los polas en su habilidad de moverse de un tramo de madera a otros durante su ciclo de vida. Hay 20 especies de Limnoria que atacan la madera en aguas marinas, pero solamente 3 causan daños importantes. Dos de éstas especies son capaces de atacar solamente la madera sin tratamiento, pero la otra especie ataca la madera tratada con cerosota. Los especímenes de esta especie se han removido de la madera creosotada y el preservante se puede exprimir literalmente de sus cuerpos, con todo eso continúan atacando la madera. Esta resistencia notable ha fascinado y dificultado a científicos, quienes tendrán que desarrollar una explicación loable para este fenómeno.

La Limnoria daña la madera con su madriguera de pequeño diámetro (30 mm), la cual hace un túnel cerca de la superficie. Aunque el daño es mínimo, el retiro continuado de madera debilitada por la acción de la ola, expone a la madera nueva al ataque. Eventualmente, el área de madera se reduce al punto donde la estructura falla o debe ser substituida. Una muestra clásica del ataque de la Limnoria es de forma de reloj de arena que ataca seriamente el trozo tomado sobre la zona de marea; sin embargo, el ataque puede y se extiende a la línea de fango, si el oxígeno y las condiciones de salinidad son convenientes.

Agentes físicos del deterioro

Aunque el deterioro de la madera se ve tradicionalmente como proceso biológico, la madera se puede también degradar por los agentes físicos. Los agentes son generalmente de actuar lento, pero pueden llegar a ser absolutamente serios en localizaciones específicas. Los agentes físicos incluyen abrasión mecánica o impacto, luz ultravioleta, subproductos de corrosión del metal, y ácidos o bases fuertes. El daño por los agentes físicos se puede confundir por ataque biótico, pero la carencia de muestras visibles de los hongos, insectos, o perforadores marinos, más el aspecto general de la madera, puede advertir al inspector por la naturaleza del daño. Aunque destructivo en sus derechos propios, los agentes físicos

pueden también dañar el tratamiento de preservación, y exponer a la madera no tratada al ataque de los agentes bióticos.

Los daños mecánicos

Los daños mecánicos son probablemente el agente físico más significativo del deterioro del puente de madera. Es causado por un número de factores y, considerablemente varios en sus efectos sobre la estructura. Los daños mecánicos más comunes es la abrasión del vehículo, que produce superficies gastadas o estropeadas y reduce la sección de la madera. Los ejemplos obvios de este daño ocurren en el área de la cubierta del puente donde la abrasión produce la degradación de la superficie. Un daño mecánico más severo puede ser causado por la exposición a largo plazo a las sobrecargas del vehículo, a las instalaciones de fundación, a cataclismos o a témpanos de hielo en la corriente de un canal.

La degradación por luz ultravioleta

Es el deterioro más visible en la madera, resulta de la acción ultravioleta del sol que químicamente degrada la lignina cerca de la superficie de la madera. La degradación ultravioleta típicamente hace a las maderas ligeras oscurecer y acelerar a las maderas oscuras, pero estos daños penetran solamente a una distancia corta debajo de la superficie.

La madera dañada es levemente más débil, pero la baja profundidad del daño hace que influya poco sobre la resistencia a menos que se retire el trozo de madera donde está dañada reduciendo eventualmente las dimensiones de la pieza...

La corrosión

La degradación de la madera por la corrosión del metal, frecuentemente se pasa por alto como una causa de deterioro de una estructura. Este tipo de degradación puede ser revelador en algunas situaciones, particularmente en ambientes marinos donde las células galvánicas del agua salada forman y acelera la corrosión. La degradación comienza cuando la humedad en la madera reacciona con el hierro en un mecanismo de unión, lanzando iones férricos alternadamente, deteriorando la pared celular de la madera.

Mientras que progresa la corrosión, el mecanismo de unión se convierte en una pila electrolítica con un extremo ácido (ánodo) y un extremo alcalino (cátodo). Aunque las condiciones del cátodo no son severas, la acidez del ánodo causa la hidrólisis de la celulosa y reduce seriamente la resistencia de la madera en la zona afectada. La madera atacada de esta manera es a menudo oscura y se presenta suave. En muchas especies de maderas, la descoloración también ocurre donde el metal entra en contacto con el corazón de ésta.

Además del deterioro causada por la corrosión, las alta condiciones de humedad asociadas a este daño pueden favorecer inicialmente el desarrollo del hongo de pudrición. Como progresa la corrosión, la toxicidad de los iones del metal y el pH bajo en la madera, elimina eventualmente los hongos de la zona afectada, aunque la pudrición puede continuar a una cierta distancia del mecanismo de unión. El efecto de la corrosión del metal en la madera puede ser limitado usando uniones galvanizadas o de un material que no sea metálico.

La degradación química

En casos aislados, la presencia de fuertes ácidos o bases pueden causar daño substancial a la madera. Las bases fuertes atacan la hemicelulosa y la lignina, saliendo de la madera un color blanco descolorado. Los fuertes ácidos atacan la celulosa y la hemicelulosa, causando pérdidas de peso y de resistencia. La madera dañada por el ácido es de color oscuro y su aspecto es similar a la de la madera dañada por el fuego. Los fuertes productos químicos no entrarán en contacto normalmente con un puente de madera a menos que ocurran derrames accidentales.